

Ergonomska analiza procesa ručnog rukovanja materijalom u odabranoj tvrtki

Barbir, Robert

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:047541>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-28**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Robert Barbir

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Goran Đukić, dipl. ing.

Student:

Robert Barbir

Zagreb, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj diplomski rad izradio samostalno, koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Iskreno se zahvaljujem svim profesorima koji su bili dio mog školovanja, a posebno mentoru prof. dr. sc. Goranu Đukiću na pruženoj pomoći, strpljenju i savjetima prilikom izrade ovog rada.

Želim iskazati svoju duboku zahvalnost direktorima u tvrtki Leier, koji su bili otvorena za suradnju. Njihova stručnost, angažman i spremnost da podijele svoje vrijedno iskustvo iznimno su doprinijeli kvaliteti ovog rada.

Neizmjerne zahvalnost ide mojoj obitelji čija je bezuvjetna podrška i vjera u moj uspjeh bila ključna za moju motivaciju da svojim najboljim naporima ostvarim svoje ciljeve.

Također, želim zahvaliti mojoj djevojci i svim prijateljima koji su bili uz mene tijekom cijelog ovog intenzivnog razdoblja studiranja. Njihova prisutnost i podrška su mi neizmjerne uljepšali studijsko iskustvo i učinili ga izuzetno vrijednim.

Robert Barbir



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomске ispite
 Povjerenstvo za diplomске ispite studija strojarstva za smjerove:
 Proizvodno inženjerstvo, inženjerstvo materijala, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
 mehatronika i robotika, autonomni sustavi i računalna inteligencija

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 23 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 23 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Robert Barbir** JMBAG: 0035201824

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Ergonomska analiza procesa ručnog rukovanja materijalom u odabranoj tvrtki**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Ergonomic analysis of the manual material handling process in the selected company**

Opis zadatka:

U većini poduzeća mnogi zadaci rukovanja materijalom, bilo u proizvodnji i montaži bilo u logističkim procesima unutrašnjeg transporta i skladištenja, obavljaju se ručno od strane proizvodnih ili skladišnih djelatnika. Pri tome je, s ciljem smanjenja rizika za mišićno-koštane poremećaje, povećanje produktivnosti i zadovoljstva djelatnika, važno aktivnosti ručnog rukovanja analizirati i odgovarajuće ergonomske oblikovati.

U radu je potrebno:

- uvodno prikazati područje ergonomije i njenu važnost za intralogističke procese ručnog rukovanja materijalom
- dati pregled ergonomske metode procjene rizika, s naglaskom na metode koje se preporučaju u normi ISO 11228
- dati pregled smjernica za ručno rukovanje materijalom, uz pregled dostupne ergonomske opreme
- za odabranu tvrtku napraviti izbor nekoliko radnih zadataka u kojima se ručno rukuje materijalima (diže/spušta, gura/povlači), te korištenjem metoda norme ISO 11228 provesti procjenu rizika
- temeljem rezultata rizika eventualno predložiti promjene načina provedbe radnih zadataka i/ili korištenje ergonomske opreme.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

4. svibnja 2023.

Datum predaje rada:

6. srpnja 2023.

Predviđeni datumi obrane:

17. – 21. srpnja 2023.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Goran Đukić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Ivica Garašić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	5
POPIS SLIKA	7
POPIS TABLICA.....	8
POPIS KRATICA	9
SAŽETAK.....	10
SUMMARY	11
1. UVOD	12
2. ERGONOMIJA.....	13
2.1. Povijest ergonomije	14
2.2 Osnovni koncepti ergonomije	15
2.2.1 Makro ergonomija	16
2.2.2 Mikro ergonomija.....	16
2.3 Podjela ergonomije.....	17
2.3.1 Konceptijska ergonomija.....	17
2.3.2 Sistemska ergonomija	17
2.3.3 Korektivna ergonomija.....	18
2.3.4 Ergonomija programske potpore	18
2.3.5 Ergonomija računalnog sklopovlja.....	18
2.4 Mišićno koštani poremećaji	20
2.4.1 Individualni čimbenici mišićno-koštanih poremećaja.....	20
2.4.2 Prevencija mišićno-koštanih poremećaja	21
2.5 Ozljede na radu.....	22
3. ERGONOMSKE METODE PROCJENE RIZIKA	24
3.1 Pregled ergonomskih metoda	24
3.2 ISO 11228 metode.....	25
3.2.1 ISO 11228-1: Dizanje i nošenje tereta	26
3.2.2 ISO 11228-2: Guranje i povlačenje tereta.....	29
3.2.3 ISO 11228-3: Rukovanje malim opterećenjima visokom frekvencijom.....	31
4 SMJERNICE ZA RUČNO RUKOVANJE MATERIJALOM	33
4.1 Smjernice za siguran ručni rad s teretom	33

4.1.1 Rukovanje bačvama	35
4.1.2 Rukovanje cijevima.....	35
4.1.3 Rukovanje limovima	36
4.1.4 Rukovanje paletama	36
4.1.5 Rukovanje otpadnim materijalom	37
4.2 Pravilnik o zaštiti na radu pri ručnom prenošenju tereta.....	37
5 ERGONOMSKA OPREMA	40
5.1 Podizni stolovi.....	40
5.2 Podesiva platforma za podizanje radnika.....	41
5.3 Balanser	42
5.4 Industrijski manipulator.....	43
5.5 Dizalice za radne stanice	44
5.6 Viličari slagači.....	45
5.7 Pokretne trake ili konvejeri	46
5.8 Paletni inverter	47
6 PROCJENA RIZIKA U ODABRANOJ TVRTKI	49
6.1 Informacije o odabranoj tvrtki.....	49
6.2 Procjena rizika NIOSH metodom	50
6.2.1 Opis prvog radnog mjesta – Automatičar	50
6.2.2 Provedba revidirane NIOSH jednadžbe nad radnim mjestom automatičara.....	52
6.3 Procjena rizika Snook i Ciriello Metode nad radnim mjestom kontrolora kvalitete	55
6.3.1 Opis radnog mjesta - Kontrolor kvalitete	56
6.3.2 Provedba Snook i Ciriello metode nad radnim mjestom kontrolora kvalitete	57
6.4 Rezultati ergonomske analize procesa ručnog rukovanja materijalom u tvrtki Leier	59
7. ZAKLJUČAK	62
LITERATURA.....	63

POPIS SLIKA

Slika 1. Različita područja djelovanja ergonomije [3]	14
Slika 2. Prikaz podjele ergonomije [3]	17
Slika 3. Ergonomski položaj radnika za računalom [3]	19
Slika 4. Ergonomske metode za procjenu rizika [3]	25
Slika 5. Područja interesa u anketi NIOSH metode [3]	27
Slika 6. Različite izvedbe podiznih stolova [19]	41
Slika 7. AWEPE platforma i njena primjena [18]	42
Slika 8. Radnik koji diže blok motora balanserom [20]	43
Slika 9. Industrijski manipulator [21]	44
Slika 10. Radna stanica s dizalicom [22]	45
Slika 11. Manualni hidraulični paletni viličar slagač [23]	46
Slika 12. Valjčani konvejer [24]	47
Slika 13. Paletni inverter [26]	48
Slika 14. Tvrtka Leier-Leitl d.o.o. [29]	49
Slika 15. Prikaz radnog mjesta - Automatičar	52
Slika 16. Prikaz radnog mjesta – kontrolor kvalitete	57
Slika 17. Sustav vizualne kontrole[31]	61

POPIS TABLICA

Tablica 1. Kategorizacija boli prema duljini trajanja, učestalosti pojavljivanja i intenzitetu [3]	27
Tablica 2. Maksimalno dozvoljena masa tereta u kg [17]	39
Tablica 3. Tablica s faktorima horizontalnog množitelja [30]	53
Tablica 4. Tablica s faktorima vertikalnog množitelja [30]	53
Tablica 5. Tablica s faktorima množitelja udaljenosti [30]	54
Tablica 6. Tablica s faktorima uvijanja tijela [30]	54
Tablica 7. Tablica s faktorima množitelja frekvencije [30]	55
Tablica 8. Tablica s multiplikatorom spoja [30]	55
Tablica 9. Snook i Ciriello tablica za akciju guranja [12]	58
Tablica 10. Ozbiljnost situacije ovisno o sintetičkom indeksu rizika [12]	59

POPIS KRATICA

Kratika	Opis
IEA	Međunarodna ergonomska asocijacija (<i>eng. International Ergonomics Association</i>)
MSD	Mišićno-koštani poremećaji (<i>eng. Musculoskeletal Disorders</i>)
EU	Europska Unija (<i>eng. European Union</i>)
HZZO	Hrvatski zavod za zdravstveno osiguranje
NIOSH	Nacionalni institut za sigurnost i zdravlje na radu (<i>eng. The National Institut for Occupational Safety and Health</i>)
ISO	Međunarodna organizacija za standardizaciju (<i>eng. International Organization for Standardization</i>)
RWL	Preporučena granica težine (<i>eng. Recommended weight limit</i>)
OCRA	Radnje koje se ponavljaju (<i>eng. Occupational repetitive actions</i>)
AWEP	Podesive platforme za podizanje radnika (<i>eng. Adjustable worker elevation platform</i>)
FM	Sila održavanja (<i>eng. Maintenance force</i>)
FI	Početna sila (<i>eng. Initial force</i>)

SAŽETAK

Ovaj diplomski rad analizira ergonomiju procesa ručnog rukovanja materijalom u tvrtki Leier. Cilj istraživanja je identificirati rizike i predložiti poboljšanja za veću sigurnost i učinkovitost radnika. U radu se detaljno obrađuju osnovni koncepti ergonomije, metode procjene rizika i smjernice za sigurno rukovanje materijalom. Analizirani su rezultati procjene rizika na odabranim radnim mjestima u tvrtki Leier. Zaključak ističe zadovoljavajuće rezultate i mogućnost daljnje automatizacije pogona u svrhu smanjenja ručnog rukovanja.

Ključne riječi: ergonomija, ručno rukovanje materijalom, analiza rizika, poboljšanja

SUMMARY

This master's thesis examines the ergonomics of the manual material handling processes in the Leier Company. The research aims to identify risks and propose improvements for enhanced worker safety and efficiency. The paper extensively covers fundamental concepts of ergonomics, risk assessment methods, and guidelines for safe material handling. The results of risk assessment at selected workstations in Leier Company were analyzed. The conclusion highlights satisfactory results and the potential for further automation in order to reduce manual handling.

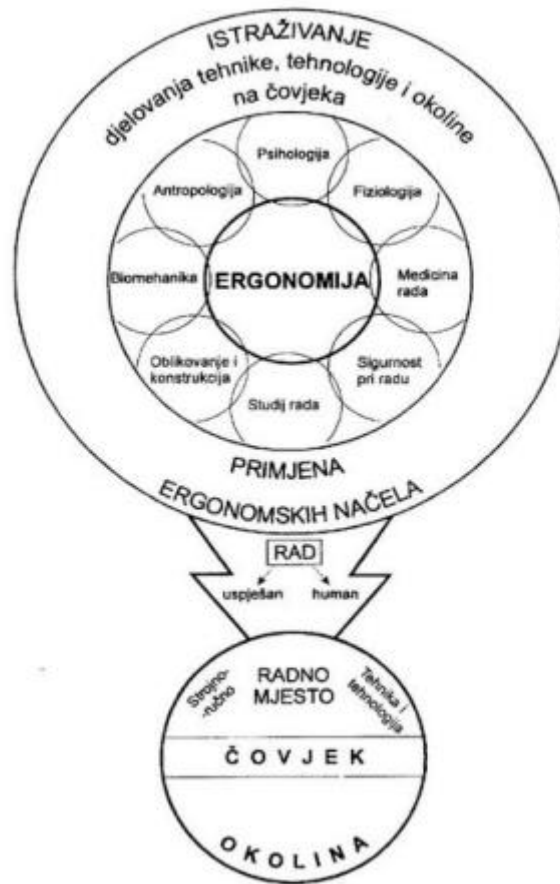
Keywords: ergonomics, manual material handling, risk analysis, improvements

1. UVOD

U današnjem modernom društvu, gdje većinu vremena provodimo sjedeći za radnim stolom ili obavljajući ponavljajuće zadatke, ergonomija postaje sve veći prioritet. Shvaćamo važnost osiguravanja sigurnih i zdravih radnih uvjeta kako bi povećali zadovoljstvo i produktivnost. S obzirom na to, ovaj rad pruža sveobuhvatnu analizu ergonomskih problema, posebno onih povezanih s ručnim rukovanjem materijala. Ručno rukovanje materijalima je neizostavan dio mnogih industrijskih operacija, uključujući proizvodnju, montažu, logističke procese unutrašnjeg transporta i skladištenje. Premještanje materijala s jednog mjesta na drugo zahtijeva od radnika izvođenje različitih radnih zadataka poput dizanja, spuštanja, guranja i povlačenja. Iako ručno rukovanje može biti siguran i učinkovit način manipulacije materijalom, isto tako može predstavljati izvor fizičkog stresa i ozljeda za radnike. Ovaj diplomski rad pruža sveobuhvatan pregled literature o ergonomskim pitanjima koja se odnose na ručno rukovanje materijalom. S posebnim naglaskom na brigu za sigurnost i zdravlje radnika, analizirat će se različite metode procjene rizika, smjernice za ručno rukovanje materijalom i dostupnu ergonomsku opremu. U teorijskom dijelu rada upozna se s poviješću istraživanja ergonomije, različitim metodama ergonomske analize te standardima i smjernicama za ručno rukovanje. Također se pruža pregled ergonomske opreme i uređaja koji su dostupni za smanjenje rizika od ozljeda tijekom ručnog rukovanja. U praktičnom djelu rada provedene su preporučene ergonomske metode nad radnim mjestima te su rezultati analizirani u odabranoj tvrtki. Naposljetku navedene su neke preporuke za poboljšanje sigurnosti i zdravlja radnika uključenih u operacije ručnog rukovanja materijalom. Ovaj rad će poslužiti kao vrijedan izvor informacija i smjernica za stručnjake iz područja ergonomije, menadžere i radnike koji se susreću s izazovima ručnog rukovanja materijalom.

2. ERGONOMIJA

Ergonomija je riječ koja potječe od grčkih riječi "ergon" (rad) i "nomos" (zakon). Sažeta definicija ergonomije je da ona dizajnira aparate, tehničke sustave i zadatke na način koji poboljšava sigurnost, zdravlje, udobnost i performanse ljudi. Formalna definicija ergonomije pak glas: Ergonomija je znanstvena disciplina koja se bavi razumijevanjem interakcija između ljudi i drugih elemenata sustava te struka koja primjenjuje teoriju, principe, podatke i metode prilikom dizajniranja kako bi se optimizirao ljudski blagostanje i ukupne performanse sustava[1]. Međutim, osim fizičkih aspekata, ergonomija također uzima u obzir psihološke čimbenike, poput motivacije i zadovoljstva radnika. Ovo je iznimno važno u kontekstu upravljanja tehnološkim inovacijama, gdje je angažman i uspješnost tehničkih stručnjaka ključna za ostvarenje inovacija i njihovu komercijalizaciju. Upravljanje tehnološkom inovacijom zahtijeva usklađivanje tehničkih aspekata, poput razvoja novih proizvoda i tehnologija, s ljudskim čimbenicima koji se odnose na timski rad, komunikaciju i motivaciju tehničkih stručnjaka. Ergonomija pruža okvir za razumijevanje interakcija između ljudi i tehnoloških sustava, a njeno primjenjivanje u upravljanju inovacijama može donijeti brojne prednosti.[2] Pri dizajniranju radnih i svakodnevnih okruženja, fokus ergonomije je čovjek. Nesigurne, nezdrave, neudobne ili neučinkovite situacije na radu ili u svakodnevnom životu izbjegavaju se uzimajući u obzir fizičke i psihološke sposobnosti i ograničenja ljudi. Veliki broj faktora igra ulogu u ergonomiji, a to uključuje položaj tijela i pokrete (sjedenje, stajanje, dizanje, povlačenje i guranje), okolišne faktore (buka, vibracije, osvjetljenje, klima, kemijske tvari), informacije i operacije (informacije dobivene vizualno ili putem drugih osjetila), kao i organizacija rada. Ti faktori uvelike određuju sigurnost, zdravlje, udobnost i učinkovitost na radnom mjestu i u svakodnevnom životu. Ergonomija crpi znanje iz različitih područja ljudskih znanosti i tehnologije, uključujući antropometriju, biomehaniku, fiziologiju, psihologiju, toksikologiju, strojarstvo, industrijski dizajn, informacijsku tehnologiju i menadžment. Ona je sakupila odabrano i integrirano relevantno znanje iz tih područja. Prilikom primjene ovog znanja koriste se specifične metode i tehnike. Ergonomija se razlikuje od drugih područja po svom interdisciplinarnom pristupu i primijenjenom karakteru kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Različita područja djelovanja ergonomije [3]

Interdisciplinarni karakter ergonomskog pristupa znači da se odnosi na mnoge različite aspekte ljudi. Kao posljedica svog primijenjenog karaktera, ergonomski pristup rezultira prilagodbom radnog mjesta ili okoline kako bi odgovarali ljudima, a ne obrnuto. [1]

2.1. Povijest ergonomije

Razvoj ergonomije kao priznate discipline dogodio se tijekom Drugog svjetskog rata kada su prvi put tehnologija i humanističke znanosti sustavno primijenjene na koordiniran način. Fiziolozi, psiholozi, antropolozi, liječnici, znanstvenici i inženjeri zajednički su se bavili problemima koji su nastajali pri korištenju složene vojne opreme. Rezultati ovog interdisciplinarnog pristupa bili su tako obećavajući da se suradnja nastavila i nakon rata, u industriji. Interes za ovaj pristup brzo je rastao, posebno u Europi i Sjedinjenim Američkim Državama, što je rezultiralo osnivanjem prvog nacionalnog društva za ergonomiju u Engleskoj 1949. godine, kada je i usvojen pojam ergonomija. Nakon toga, 1961. godine osnovana je Međunarodna ergonomska asocijacija (IEA). [1]

Osnove osnovne ergonomije sežu do prvih predaka modernog čovjeka, koji su razvili primitivne alate kako bi olakšali zadatke. Arheološki nalazi iz drevnih egipatskih dinastija i spoznaje iz Grčke iz 5. stoljeća pr. Kr. otkrivaju primjenu sofisticiranih ergonomskih načela u alatima, kućanskim uređajima i drugim ručno izrađenim napravama, s obzirom na standarde tog vremena. Nakon Industrijske revolucije, dizajn tvorničkih strojeva i opreme počeo je uključivati elemente koje danas prepoznajemo kao "ergonomiju". Međutim, ti dizajni uglavnom su se usredotočili na povećanje brzine i učinkovitosti proizvodnje, a manje na udobnost i upotrebljivost radnika. Širenje primjene ergonomije u modernom smislu postalo je sveprisutno tijekom Drugog svjetskog rata. Vojna oprema, strojevi i oružje, posebno zrakoplovi, postajali su sve složeniji. Dizajn pilotskih kabina uključivao je iznimno sofisticirane kontrole, ali budući da su ove kontrole bile malo organizirane, čak i najbolje obučeni piloti često su srušili potpuno funkcionalne avione. Kao rezultat toga, unutrašnjost pilotskih kabina redizajnirana je kako bi uključivala kontrole koje su lakše razlikovati i logičnije rasporediti, grupirajući slične funkcije zajedno. Nakon inovacija tijekom Drugog svjetskog rata, ergonomija je nastavila napredovati, primjenjujući svoja načela na razvijajuće tehnologije. Trka u svemir dovela je do onoga što se može nazvati "hipotetskom ergonomijom", jer su znanstvenici pokušavali predvidjeti učinke bestežinskog stanja i ekstremnih g-sila na ljudske funkcije. Bitan doprinos u razvoju moderne ergonomije donio je odnos i interakcija čovjeka i računala. Znanost moderne ergonomije uključuje rad industrijskih inženjera, liječnika specijalista za radnu medicinu, sigurnosnih inženjera i mnogih drugih koji proučavaju "kognitivnu ergonomiju" (ljudsko ponašanje, procese donošenja odluka, percepciju u odnosu na dizajn, itd.) i "industrijsku ergonomiju" (fizički aspekti radnog mjesta, ljudske tjelesne sposobnosti, itd.). Gotovo svaki aspekt suvremenog života sada uključuje neku razinu ergonomskog dizajna. Unutrašnjost automobila, kuhinjski aparati, uredske stolice i stolovi i druge često korištene naprave dizajnirani su ergonomski. Čak i strojevi i alati koji se koriste za izgradnju i montažu tih uređaja iznimno su ergonomski. [4]

Povijest ergonomije u Hrvatskoj kreće 1970-ih. Grupa entuzijasta preuzela inicijativu i 1974. osnovali su društvo za ergonomiju koje još dan danas okuplja stručnjake iz različitih područja i promovira ergonomiju. Od 1993. godine, društvo je član Međunarodnog ergonomijskog društva (IEA), a 1980-ih ergonomija je postala predmet na visokim učilištima. [5]

2.2 Osnovni koncepti ergonomije

Suvremeni koncept ergonomije uključuje podjelu na mikro ergonomiju i makro ergonomiju. Prednost takvog pristupa ergonomiji leži u pragmatičnom načinu minimiziranja štetnih učinaka bolesti kod ljudi, uglavnom onih povezanih s profesijom. Pažljivo se promatraju veze između

uzroka i posljedica, pri čemu je fokus usmjeren na uklanjanje uzroka koji dovode do opasnosti po zdravlje i ozljeda zaposlenika. [6]

2.2.1 Makro ergonomija

Makro ergonomija predstavlja holistički pristup koji se bavi proučavanjem poslovnog okruženja, korporativne kulture, povijesti i široko postavljenih ciljeva. Ovaj pristup uključuje proaktivne strategije i integrira znanje iz različitih disciplina te primijenjena istraživanja u sveobuhvatne baze podataka. Korištenje tih baza podataka olakšava i optimizira rad, pružajući ekonomske koristi. Makro ergonomija se fokusira na stvaranje globalno primjenjivih baza podataka i modela. Ove baze podataka koriste se u razvoju nacionalnih zakonodavstava i strategija za oblikovanje novih radnih i organizacijskih sustava, kao i za racionalizaciju unutar mikro ergonomije. Ova disciplina primjenjuje se u znanstvenim institucijama i velikim razvijenim tvrtkama koje generiraju obilje znanja o mikro ergonomiji kroz implementaciju ergonomskih programa u svojim operacijama.[6]

2.2.2 Mikro ergonomija

Mikro ergonomija je pristup ergonomiji koji se fokusira na detaljno istraživanje odnosa između čovjeka i stroja na mikrorazini, s posebnim naglaskom na unutarnje faktore. Cilj je rješavanje svakodnevnih poslovnih problema i poboljšanje učinkovitosti ljudskog rada. Tipično se koriste operativni pristupi, uz primjenu načela sudioničke ergonomije. Učinkovitost ljudskog rada smatra se uspješnom kada zaposlenici mogu obavljati svoje radne zadatke na način koji ispunjava kvalitativne i kvantitativne zahtjeve proizvodnje, bez ugrožavanja njihova vlastitog zdravlja. U cilju povećanja konkurentnosti na tržištu, nastoji se obučiti ili zaposliti najprilagodljivije osoblje te opremiti radna mjesta fleksibilnim višenamjenskim uređajima kako bi poduzeće moglo iskoristiti najširi raspon poslovnih prilika u skladu sa stanjem ponude i potražnje na tržištu. U ovim uvjetima, ergonomija nije samo pitanje humanosti i etike, već postaje i predmet ekonomskih aktivnosti. Mikro ergonomija sustavno istražuje pitanja koja se odnose na utjecaj rada i radnog okruženja na osoblje unutar ergonomskih programa, koristeći ergonomske analize. Glavni cilj je identificirati kako negativni čimbenici utječu na zaposlenike. Glavni izvor tih podataka su negativne pritužbe koje ukazuju na nedostatke u ergonomiji radnog mjesta. Na temelju tih saznanja, provodi se ergonomska racionalizacija radi poboljšanja uvjeta rada. Za razliku od približnog makro ergonomskog pristupa, rješavanje problema ovdje se nastavlja sve do potpunog uklanjanja nađenih poremećaja, postizanja pozitivnog utjecaja na zdravlje izloženih radnika i postizanja ekonomskih koristi. Mikro ergonomsko znanje koje je praktično provjereno generalizira

se unutar makro ergonomije, gdje se znanstveno pregledava i sažima u bazama podataka i programima koji zatim služe kao osnova za poduzeća. Također pruža podatke za razvoj strategija održivog razvoja na globalnoj razini (npr. mikro rješenja za makro probleme). Podjela ergonomije prikazana je na slici 2.[6]

2.3 Podjela ergonomije

Ergonomija, kao multidisciplinarno područje, može se podijeliti na nekoliko specifičnih grana: konceptijsku ergonomiju, sistemsku ergonomiju, korektivnu ergonomiju, ergonomiju programske potpore i ergonomiju računalnog sklopovlja. Ova podjela pruža detaljan uvid u različite aspekte ergonomije i ističe njihovu važnost u stvaranju radnih sustava koji su učinkoviti, sigurni i udobni za korisnike. Podjela na specifične grane prikazana je na slici 1.[3]



Slika 2. Prikaz podjele ergonomije [3]

2.3.1 Konceptijska ergonomija

Konceptijska ergonomija fokusira se na dizajniranje ergonomskih mjera u prvobitnim fazama razvoja radnog sustava. Ova grana ergonomije smatra se ključnom jer pravovremeno uključivanje ergonomskih principa može spriječiti kasnije probleme. Njezin glavni cilj je poboljšanje uvjeta života i rada kroz dva ključna područja: humanitet i ekonomičnost. Humanitet podrazumijeva smanjenje opterećenja i opasnosti na radu, osiguranje odmora, povećanje zadovoljstva i motivacije radnika, te stvaranje ugodnijeg radnog okruženja. S druge strane, ekonomičnost se odnosi na smanjenje radnog sadržaja, povećanje preciznosti i ritma rada, smanjenje troškova te poboljšanje razumijevanja informacija i olakšavanje donošenja odluka. [3]

2.3.2 Sistemska ergonomija

Sistemska ergonomija ima zadatak osigurati temeljno usklađivanje funkcija unutar proizvodnog sustava. Ona se bavi osobnim i strojnim funkcijama, kako bi se osiguralo da čovjek u proizvodnom

sustavu nije previše opterećen. Sistemska ergonomija ne obuhvaća samo pojedinačne dijelove sustava, već se fokusira na cjelokupni radni sustav. Ovo područje ergonomije uključuje različite dimenzije radnog sustava koje inženjeri moraju uzeti u obzir prilikom praktične realizacije. To uključuje dizajn radnog okruženja, radnog područja, radnog mjesta, organizaciju radnog sustava, organizaciju radnog procesa te izbor i osposobljavanje zaposlenika. [3]

2.3.3 Korektivna ergonomija

Korektivna ergonomija se primjenjuje u kasnijim fazama razvoja ili uporabe radnog sustava kako bi se zadovoljili ergonomski zahtjevi. Ova grana ergonomije fokusira se na naknadnu prilagodbu sustava radi poboljšanja ergonomije. Međutim, zbog svoje prirode, korektivna ergonomija ima manji uspjeh i veće troškove u usporedbi s konceptualnom i sistemskom ergonomijom. Važno je napomenuti da korektivne mjere imaju ograničenja i najveći problem predstavlja činjenica da je sustav većinom dovršen. Prenamjena tog sustava mu često smanjuje učinkovitost. Zbog toga zanemarivanje ergonomskih načela u početnim fazama razvoja može imati ozbiljne posljedice. [3]

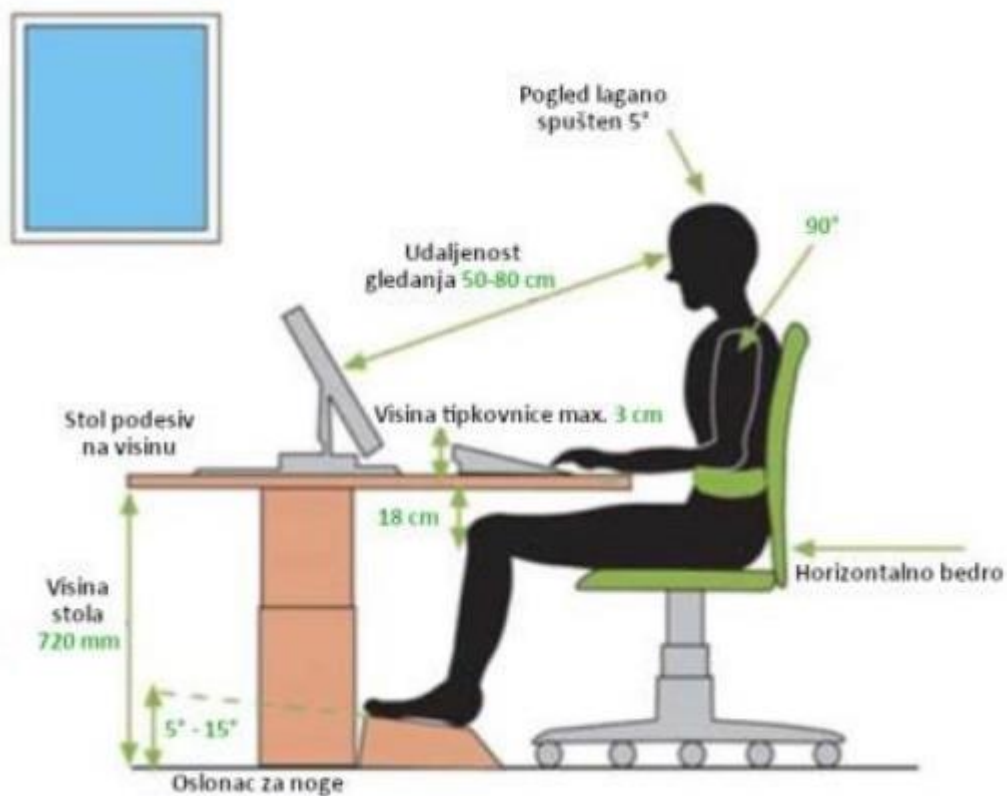
2.3.4 Ergonomija programske potpore

Ergonomija programske potpore je područje koje istražuje i razvija standarde za usporedbu i ocjenu softverskih proizvoda. Cilj je razviti kriterije i metode za ocjenjivanje i uspoređivanje softverskih proizvoda s naglaskom na poboljšanje njihove praktičnosti. Ova grana ergonomije ima veliku važnost kako bi se osiguralo da korištenje softverske potpore ne uzrokuje preveliki stres ili frustraciju kod korisnika. Softver koji nije ergonomski dizajniran može izazvati psihičke napetosti. Ciljevi ergonomije programske potpore uključuju smanjenje stresa prilikom uvođenja novih tehnologija, poboljšanje prihvaćanja tih tehnologija, povećanje motivacije za rad, unapređenje radnih vještina, razvoj osobnosti te poboljšanje korisničkog iskustva. Uvođenjem računala, korisnik ulazi u indirektan odnos s radnim objektom, stoga je važno osigurati odgovarajuće komponente koje će omogućiti korisniku adekvatnu slobodu pri obavljanju radnih zadataka. [3]

2.3.5 Ergonomija računalnog sklopovlja

Ergonomija računalnog sklopovlja je područje ergonomije koje se usredotočuje na tehničke i fizičke komponente računalnih sustava. Njena svrha je osigurati da računalni sustavi budu dizajnirani na način koji pruža optimalne radne uvjete korisnicima. Ova grana ergonomije obuhvaća različite faktore, uključujući vrstu i raspored zaslona i tipkovnice, visinu stolu i druge

čimbenike kako bi se svačije radno mjesto prilagodilo ergonomskim standardima. Ergonomija računalnog sklopovlja također obuhvaća okolnosti koje okružuju računalni sustav, kako bi se stvorilo optimalno radno okruženje za korisnike. To uključuje dizajn radnog mjesta, dimenzije radnog prostora i parametre stola i stolice. Dizajn radnog mjesta trebao bi biti takav da omogući udobnost i produktivnost korisnika. Dimenzije radnog prostora trebaju biti prilagođene tako da korisnici imaju dovoljno prostora za rad, slobodu kretanja i pravilan položaj tijela. Parametri stola i stolice, poput visine, naslona i podrške za ruke, trebaju biti podešeni na način koji smanjuje napor i stres na tijelo korisnika, a prikazani su na slici 3. [3]



Slika 3. Ergonomski položaj radnika za računalom [3]

Kombinacija ovih tehničkih, fizičkih i dizajnerskih aspekata omogućuje cjelovit pristup ergonomskom dizajnu računalnih sustava. Ergonomski prilagođeni računalni sklopovi i radna okruženja ne samo da pomažu u smanjenju rizika od tjelesnih oštećenja i naprezanja, već i potiču produktivnost i učinkovitost korisnika. Kroz primjenu ergonomije računalnog sklopovlja, mogu se stvoriti sigurna, ugodna i poticajna radna okruženja koja doprinose dobrobiti korisnika i pospješuju kvalitetu rada. [3]

2.4 Mišićno koštani poremećaji

Mišićno-koštani poremećaji (eng. *musculoskeletal disorders* ili MSD) česta su pojava u životima mnogih ljudi diljem svijeta. Zbog toga se postavlja bitno pitanje. Koji faktori povećavaju vjerojatnost pojave MSD-a?

Među razmatranim čimbenicima su individualni čimbenici, iako taj termin može imati različito značenje. Individualni čimbenici smatraju se čimbenicima koji utječu na osobne reakcije na radne izloženosti i obično se smatraju fiziološkim i psihološkim svojstvima, za razliku od bio mehaničkih karakteristika. Kao i većina zdravstvenih problema, MSD poremećaji vjerojatno imaju višestruko podrijetlo. Konceptualizacija prirode i značaja individualnih čimbenika stoga ostaje izazov.[7]

2.4.1 Individualni čimbenici mišićno-koštanih poremećaja

Razumijevanje individualnih čimbenika važno je za identifikaciju rizičnih skupina i razvoj preventivnih strategija. Individualni čimbenici mogu biti fizičke, genetske, bihevioralne ili psihološke prirode. U nastavku su opisani neki od ključnih individualnih čimbenika koji su povezani s mišićno-koštanim poremećajima:

- Fizički čimbenici: Dugotrajno izlaganje nepovoljnim radnim uvjetima kao što su teški fizički rad, ponavljajući pokreti ili neugodni radni položaji može dovesti do razvoja mišićno-koštanih poremećaja. Održavanje loše tjelesne forme, pretilost i nedostatak vježbanja također mogu povećati rizik od takvih poremećaja.
- Genetski čimbenici: Nasljeđivanje određenih genetskih predispozicija može povećati osjetljivost pojedinca na mišićno-koštane poremećaje. Na primjer, neki ljudi mogu biti skloniji razvoju artritisa ili osteoporoze zbog genetskih varijacija.
- Bihevioralni čimbenici: Loše navike kao što su pušenje duhana, konzumacija alkohola ili nedostatak pravilne prehrane mogu imati negativan utjecaj na mišićno-koštani sustav. Ti čimbenici mogu oslabiti kosti i mišiće te povećati rizik od ozljeda i poremećaja.
- Psihološki čimbenici: Mentalni i emocionalni faktori također mogu igrati ulogu u mišićno-koštanim poremećajima. Stres, anksioznost, depresija i drugi psihički poremećaji mogu povećati osjetljivost na bol i pogoršati simptome mišićno-koštanih problema.

Važno je napomenuti da ovi čimbenici često djeluju u kombinaciji, međusobno se prepliću i utječući na razvoj mišićno-koštanih poremećaja. Također, važno je istaknuti da neki individualni čimbenici nisu pod našom kontrolom, poput genetskih predispozicija, ali mnogi drugi mogu se modificirati putem promjena u načinu života.

Daljnja istraživanja o individualnim čimbenicima mišićno-koštanih poremećaja ključna su za razumijevanje njihove uloge i razvoj intervencijskih strategija koje bi pomogle u prevenciji i liječenju ovih problema.[7]

2.4.2 Prevencija mišićno-koštanih poremećaja

Prevencija mišićno-koštanih poremećaja ima ključnu ulogu u održavanju zdravlja mišićno-koštanog sustava i smanjenju incidencije ozljeda i bolesti. U nastavku su opisane neke strategije i pristupi koji se mogu primijeniti u prevenciji ovih poremećaja:

- **Edukacija:** Informiranje ljudi o zdravim navikama i pravilnom održavanju mišićno-koštanog sustava može biti vrlo korisno. Edukacija može uključivati razumijevanje pravilne tjelesne mehanike, ergonomije, važnosti vježbanja i pravilne prehrane. Osobe trebaju biti svjesne rizika vezanih uz pretjerano opterećenje mišićno-koštanog sustava i naučiti kako pravilno postupati s opterećenjem kako bi izbjegle ozljede.
- **Ergonomske intervencije:** Promjene u radnom okruženju i uvjetima rada mogu pomoći u smanjenju rizika od mišićno-koštanih poremećaja. Ovo može uključivati prilagodbu radnih položaja, korištenje ergonomskih alata i pomagala te organizacijske promjene koje smanjuju prekomjerno opterećenje mišićno-koštanog sustava.
- **Redovita tjelesna aktivnost:** Fizička aktivnost ima važnu ulogu u održavanju zdravlja mišićno-koštanog sustava. Redovito vježbanje jača mišiće, kosti i zglobove, povećava fleksibilnost i poboljšava opću funkcionalnost tijela. Kombinacija aerobnih vježbi, jačanja mišića i istezanja može biti posebno korisna.
- **Pravilna prehrana:** Uravnotežena prehrana bogata hranjivim tvarima, poput kalcija, vitamina D i proteina, ključna je za zdravlje mišićno-koštanog sustava. Ovi nutrijenti igraju važnu ulogu u održavanju jakih kostiju, mišića i zglobova.

- Održavanje zdrave tjelesne težine: Prekomjerna tjelesna težina može povećati opterećenje mišićno-koštanog sustava, što može dovesti do razvoja poremećaja kao što su osteoartritis i osteoporoza. Održavanje zdrave tjelesne težine može smanjiti rizik od ovih poremećaja i poboljšati opće zdravlje.
- Pravilna higijena spavanja: Kvalitetan san i odmor važni su za oporavak mišićno-koštanog sustava. Pravilna posteljina, udoban madrac i jastuk te dovoljno vremena za odmor mogu pomoći u održavanju zdravlja mišićno-koštanog sustava.
- Rano otkrivanje i liječenje: Redoviti pregledi i rano otkrivanje simptoma mišićno-koštanih poremećaja omogućuju pravovremeno liječenje. Ako se pojave simptomi poput boli, oticanja ili ograničene pokretljivosti, važno je potražiti medicinsku pomoć radi dijagnoze i odgovarajućeg liječenja.

Prevenција mišićno-koštanih poremećaja zahtijeva integrirani pristup koji uključuje promjene u načinu života, radnom okruženju i svakodnevnim navikama. Kombinacija edukacije, promjena u radnom okruženju, tjelesne aktivnosti, pravilne prehrane i svjesnosti o zdravlju ključna je za očuvanje zdravlja mišićno-koštanog sustava i prevenciju problema. [7]

2.5 Ozljede na radu

Pored zdravstvenih i ekonomskih argumenata za primjenu ergonomije, postoje činjenice koje jasno ukazuju na potrebu za ergonomskim pristupom u radnom okruženju. Jedna od tih činjenica su brojevi ozljeda na radu. Prema Europskoj agenciji za sigurnost i zdravlje na radu za 2018. godinu, u Europskoj uniji je zabilježeno gotovo 2,4 milijuna prijavljenih ozljeda na radu, od kojih je 2.954 rezultiralo smrtnim ishodom. Glavni uzroci ozljeda su bili padovi, ozljede mišićno-koštanog sustava, te nesreće s pokretnim strojevima i vozilima. U Hrvatskoj postupak vezan uz ozljede na radu provodi Hrvatski zavod za zdravstveno osiguranje (HZZO) ili poslodavac. [8] U Hrvatskoj, prema podacima Hrvatskog zavoda za zapošljavanje, u 2020. godini prijavljeno je 14.424 ozljeda na radu, od čega su 21 bila smrtna slučaja.[9] Prijavu o ozljedi na radu šaljete HZZO-u i imate vremenski period od 8 dana od kad se ozljeda dogodila. Uz prijavu, također je obavezno priložiti medicinsku i drugu dokumentaciju koja dokazuje vezu između ozljede i samog radnog procesa. Ozljeda na radu obuhvaćaju različite bolesti i ozljede, ali važno je napomenuti da svaka ozljeda ili bolest koja se dogodi na radnom mjestu nije automatski ozljeda na radu. Zakonom je propisano da se ozljeda na radu ne priznaje ako je nastala uslijed neodgovornog ili nesavjesnog ponašanja. [8] Podaci koji su prikazani potvrđuju da ozljede na radu i dalje predstavljaju ozbiljan izazov u raznim

industrijama. No, primjena ergonomskog pristupa u dizajnu radnih mjesta, opreme i procesa može biti ključna u smanjenju rizika od ozljeda i unaprjeđenju sigurnosti radnog okruženja.

3. ERGONOMSKE METODE PROCJENE RIZIKA

U proizvodnim procesima često se susrećemo s problemima vezanim uz oboljenja mišićno-koštanog sustava koji proizlaze iz radnog okruženja koje uključuje nepovoljne radne položaje i ponavljanje radnih zadataka. Kako bi se riješili ovi problemi, razvijene su metode koje omogućuju detaljniju procjenu radnog opterećenja s ciljem pronalaženja nepovoljnih radnih položaja tijela. Ova analiza omogućuje nam da shvatimo kako radni zadaci utječu na radnike te da prepoznamo potencijalne faktore rizika koji mogu rezultirati mišićno-koštanim oboljenjima. [3]

3.1 Pregled ergonomskih metoda

U nastavku je prikazana slika 4 koja daje popis najpoznatijih korištenih metoda kako bi se analizirao položaja tijela prilikom obavljanja traženih obaveza. Ove metode su osmišljene kako bi se omogućila precizna kvantifikacija radnog opterećenja i identifikacija specifičnih aspekata koji mogu utjecati na zdravlje radnika. Kroz primjenu ovih metoda, moguće je detaljno proučiti položaje tijela tijekom izvođenja radnih zadataka te utvrditi potencijalne izvore rizika. U ovom poglavlju će se detaljnije istražiti ergonomske metode procjene rizika u kontekstu ručnog rukovanja materijalom. Razumijevanje rizika i primjena odgovarajućih metoda ključni su elementi u postizanju sigurnog i ergonomske ispravnog okruženja za radnike koji obavljaju zadatke ručnog rukovanja materijalom. Slika 4 koja ilustrira popis različitih ergonomskih metoda koje se koriste za analizu položaja tijela prilikom obavljanja zadataka. Ove metode omogućuju detaljnu kvantifikaciju radnog opterećenja i identifikaciju aspekata koji mogu utjecati na zdravlje radnika. [3] Pregled ergonomskih metoda ima važnu ulogu u razumijevanju rizika i primjeni odgovarajućih mjera za stvaranje sigurnog i ergonomske ispravnog radnog okruženja prilikom ručnog rukovanja materijalom. Ovaj pregled pruža uvid u različite metode procjene rizika, s naglaskom na one koje su preporučene u normi ISO 11228, kako bismo osigurali da se koriste najbolje prakse i smjernice u području ergonomije.

R.b.	Metoda	Fokus	Način primjene	Brzina provođenja	Troškovi	Složenost	Napomena
1.	OWAS	cijelo tijelo	preglednica	dugotrajno	obrazovanje	brzo učenje	preventivno, subjektivno
2.	MODAPTS	cijelo tijelo	ocjenjivanje	brzo	jeftino	jednostavno	subjektivna procjena
3.	PLIBEL	mišićno-koštano opterećenje; cijelo tijelo	dijagrami tjelesnih segmenata; lista za provjeru	prilično brzo	jeftino	jednostavno	preventivno
4.	NIOSH	određivanje uočene nelagode, cijelo tijelo	intervju, dijagram tjelesnih segmenata, lista za provjeru	prilično brzo	jeftino	jednostavno	subjektivna procjena
5.	DMQ	utvrđivanje faktora rizika; cijelo tijelo	upitnik (DA/NE)	relativno brzo	relativno jeftino	jednostavno	preventivno ili korektivno
6.	REBA	cijelo tijelo	promatranje; bodovanje	prilično brzo	jeftino	složeno	preventivno; subjektivno
7.	PDA	cijelo tijelo	lista za provjeru	prilično brzo	ručno računalo	jednostavno	koristi se za ocjenu rada s računalom
8.	QEC	gornji udovi	borgova skala, tablice	dugotrajno	obuka	relativno jednostavno	korektivno
9.	RULA	cijelo tijelo; sjedeći zadaci	dijagram tjelesnih segmenata	prilično brzo	jeftino	jednostavno	preventivno ili korektivno
10.	SI	gornji udovi, bez ramena i torza	mjerenje; softver	dugotrajno	obuka	složeno	smanjuje ljudski faktor
11.	OCRA	gornji udovi	računanje vjerojatnosti; tablice	dugotrajno	obuka	složeno	preventivno
12.	LMM	uloga trupa u ozljedama kralješnice	softver	dugotrajno	obučavanje LMM prsluk	složeno	preventivno
13.	KIM	cijelo tijelo	promatranje, bodovanje	relativno brzo	jeftino	jednostavno	preventivno
14.	SMART	ruke	promatranje, bodovanje	relativno brzo	jeftino	jednostavno	preventivno

Slika 4. Ergonomske metode za procjenu rizika [3]

3.2 ISO 11228 metode

ISO 11228 standard obuhvaća tri dijela koji se bave ergonomijom na radnom mjestu: ISO 11228-1 se fokusira na podizanje i nošenje tereta, ISO 11228-2 se bavi guranjem i povlačenjem tereta, dok se ISO 11228-3 usredotočuje na rukovanje malim opterećenjima visokom frekvencijom. Glavni cilj ovog standarda je pružiti smjernice za sigurno i efikasno upravljanje teretom. Svi ovi dijelovi standarda pružaju smjernice za minimiziranje rizika od ozljeda mišićno-koštanog sustava povezanih s podizanjem i nošenjem tereta, guranjem i povlačenjem tereta te ručnim rukovanjem

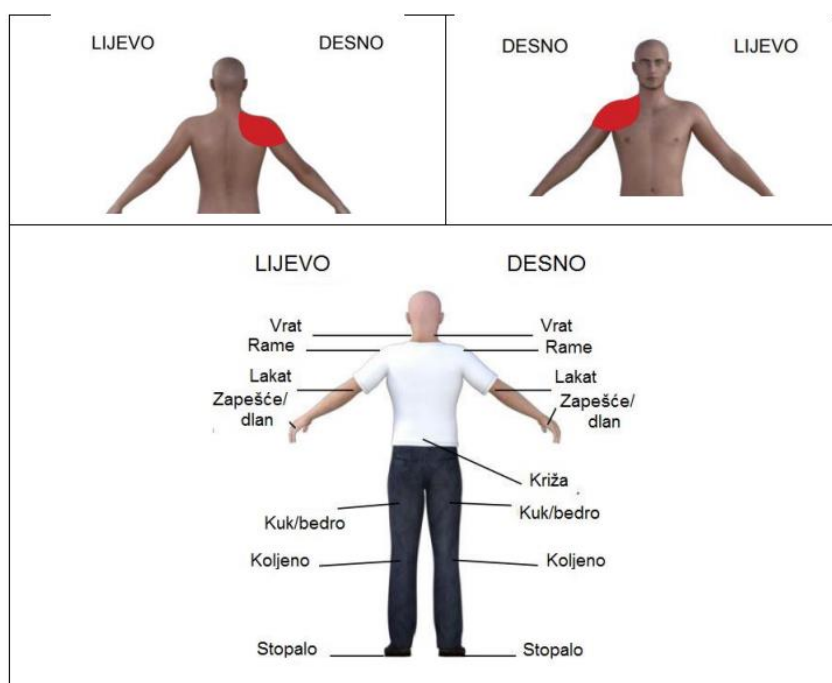
teretom na radnom mjestu. Implementacija standarda može dovesti do smanjenja rizika od ozljeda mišićno-koštanog sustava, povećanja produktivnosti i poboljšanja dobrobiti radnika. Stoga je važno poštivati ovaj standard kako bi se osigurao siguran i zdrav radni okoliš. [10]

3.2.1 ISO 11228-1: Dizanje i nošenje tereta

Ovaj dio standarda ISO 11228 propisuje preporučene smjernice za ručno podizanje i nošenje tereta, uzimajući u obzir određene aspekte kao što su intenzitet, učestalost i trajanje zadatka. Ti aspekti bit će obuhvaćeni drugim dijelovima standarda ISO 11228. Važno je istaknuti da se ISO 11228 temelji na tipičnom radnom danu, dakle na danu od 8 sati i ne obuhvaća analizu kombiniranih zadataka tijekom smjene. Njegov cilj je procijeniti zdravstvene rizike za radnu populaciju putem procjene različitih varijabli. Primjena ovog standarda obuhvaća ručno rukovanje predmetima male težine, točnije 3 kg ili više i umjerenu brzinu nošenja po horizontalnoj površini (0,5 m/s do 1,0 m/s). Ovaj standard ima ključnu ulogu u postavljanju smjernica za sigurno podizanje i nošenje tereta kako bi se smanjio rizik od ozljeda mišićno-koštanog sustava radnika. Poslodavci, dizajneri i zaposlenici trebaju pridržavati se preporučenih granica kako bi osigurali sigurnost i zdravlje na radnom mjestu. ISO 11228 pristupa različitim aspektima ručnog podizanja i nošenja, uključujući intenzitet, učestalost i trajanje zadatka. Analizom tih varijabli moguće je procijeniti rizik od ozljeda mišićno-koštanog sustava i identificirati područja koja zahtijevaju dodatne mjere zaštite i poboljšanja. Važno je napomenuti da ovaj standard ISO 11228 ne obuhvaća sve moguće scenarije ručnog rukovanja, već se usredotočuje na podizanje i nošenje predmeta u određenim uvjetima i okruženjima. Ostali aspekti ručnog rukovanja, poput držanja, guranja i povlačenja predmeta, bit će obrađeni u drugim dijelovima standarda ISO 11228. Ovaj standard također ima ograničenja u smislu vremenskog okvira. Temelji se na jednom uobičajenom radnom danu od 8 sati i ne uključuje analizu kombiniranih zadataka tijekom smjene. Stoga, daljnje istraživanje i procjena rizika mogu biti potrebni za razumijevanje utjecaja ručnog rukovanja na zdravlje radnika u različitim radnim uvjetima i rasporedima. Kao zaključak, ISO 11228-1 važan je u osiguravanju sigurnog i zdravog radnog okruženja u vezi s ručnim podizanjem i nošenjem. Pravilna primjena preporučenih granica za podizanje i nošenje može značajno smanjiti rizik od ozljeda mišićno-koštanog sustava i poboljšati dobrobit radne populacije.[10] U nastavku je detaljnije obrađena NIOSH metoda, a zatim revidirana NIOSH jednadžba.

NIOSH (The National Institut for Occupational Safety and Health) metoda

Metodom Nacionalnog instituta za sigurnost i zdravlje na radu (NIOSH), moguće je identificirati potencijalne uzroke opterećenja tijekom proizvodnog procesa. To se radi tako da se putem istraživanja, analizira udobnosti položaja tijela prilikom izvršavanja traženih zadataka. Preporučuje se korištenje upitnika koji sadrži anatomsku kartu tijela podijeljenu na segmente kako bi se precizno utvrdila nelagoda ili pojava boli u određenim dijelovima tijela kao rezultat nepovoljnog radnog položaja prilikom izvođenja tehnoloških operacija. Upitnik omogućuje analizu od glave do pete. Desne i lijeve, a također prednje i stražnje strane tijela (vidi slika 5).[3]



Slika 5. Područja interesa u anketi NIOSH metode [3]

Radniku se dodjeljuje zadatak da ocijeni različite dijelove svog tijela putem opisa četiri stanja: bol, nelagoda, tegoba i problem. Nakon toga, vrši se procjena ozbiljnosti svakog pojedinog stanja temeljem njegovog trajanja, učestalosti i intenziteta (vidi tablicu 1).

Vrijeme trajanja boli	Učestalost pojavljivanja boli	Intenzitet boli
Kratko vrijeme: < 1 sat	Vrlo rijetko (jednom godišnje)	bez boli
Umjereno: 1 -24 sata	rijetko (svakih 2 - 3 mjeseca)	blaga bol
25 sati do jednog tjedna	ponekad (jednom mjesečno)	umjerena bol
1 do 2 tjedna	često (jednom tjedno)	ozbiljna bol
2 tjedna do jednog mjeseca	svakodnevno (svakog dana)	najjača moguća bol
1 do 2 mjeseca	svakodnevno (svakog dana)	najjača moguća bol
više od 3 mjeseca	svakodnevno (svakog dana)	najjača moguća bol

Tablica 1. Kategorizacija boli prema duljini trajanja, učestalosti pojavljivanja i intenzitetu [3]

Istraživanjem prikupljenih podataka mogu se otkriti važne informacije o područjima tijela koja su izložena nelagodi i opterećenju. Na temelju učestalosti opterećenja određenih dijelova tijela mogu se identificirati nepovoljni radni položaji, što pruža korisne smjernice za restrukturiranje radnog mjesta ili usvajanje poboljšanih radnih metoda. Analiza ovih podataka omogućuje dublje razumijevanje čimbenika koji pridonose opterećenju mišićno-koštanog sustava te omogućuje implementaciju preventivnih mjera za smanjenje rizika od ozljeda ili bolesti. Ove spoznaje mogu poslužiti kao osnova za razvoj ergonomske intervencije i prilagodbi radnog okruženja s ciljem poboljšanja sigurnosti i dobrobiti radnika. [3]

Revidirana NIOSH jednadžba

Kad se spominje NIOSH metoda potrebno je naglasiti da postoji i revidirana NIOSH jednadžba. Upravo nju ću koristiti u poglavlju pet gdje ću njome provesti procjenu rizika nad radnim mjestom automatičara. Ovaj dio daje detaljniji prikaz revidirane jednadžbe koju je razvio Nacionalni institut za sigurnost i zdravlje na radu (NIOSH). Koristi se za određivanje fizičkih zahtjeva dvoručnih podiznih zadataka. Opis te jednadžbe su dali Waters i ostali (1993). Poglavlje definira sve relevantne pojmove i prikazuje matematičku formulu. Postupak pravilne primjene revidirane NIOSH jednadžbe nalazi se u poglavlju šest.

Preporučena granica težine (Recommended Weight Limit - RWL) je ključni rezultat revidirane NIOSH metode za podizanje tereta. RWL je određena težina tereta koju većina zdravih radnika može sigurno podizati duži vremenski period, poput 8 sati, bez velikog rizika od pojave bola u leđima. Kada spominjemo "zdrave radnike", mislimo na radnike koji nemaju zdravstvene probleme koji bi povećali njihov rizik od ozljeda mišićno-koštanog sustava.

Osnovna ideja revidirane NIOSH metode za podizanje tereta je započeti s preporučenom težinom koja se smatra sigurnom za "idealno" podizanje (npr. konstantna težina od 51 lb ili 23,13 kg) te zatim smanjivati težinu kako zadatak postaje zahtjevniji (tj. kako čimbenici povezani sa zadatkom postaju manje povoljni). Jednadžba glasi:

$$RWL = LC \cdot DM \cdot AM \cdot FM \cdot CM \cdot HM \cdot VM \quad (1)$$

Gdje su:

- RWL - preporučena granica težine (eng. recommended weight limit)
- LC - konstanta opterećenja (23,13 kg) (eng. load constant)

- DM - faktor množitelja udaljenosti (eng. distance multiplier factor)
- AM - faktor asimetričnog množitelja (eng. asymmetry multiplier factor)
- FM - faktor množitelja frekvencije (eng. frequency multiplier factor)
- CM - multiplikator spoja (eng. coupling multiplier)
- HM - faktor horizontalnog množitelja (eng. horizontal multiplier factor)
- VM - faktor vertikalnog množitelja (eng. vertical multiplier factor)

Precizna formulacija revidirane jednadžbe za podizanje tereta za izračunavanje RWL temelji se na multiplikativnom modelu koji pruža težinske množitelje za svaku od šest varijabli zadatka, uključujući:

- horizontalnu udaljenost tereta od radnika (H)
- vertikalnu visinu podizanja (V)
- vertikalna udaljenost koju teret prijeđe (D)
- kut asimetrije (A)
- učestalost i trajanje podizanja (F)
- kvalitetu spoja između ruke i predmeta (C)

Težinski faktori izraženi su kao koeficijenti koji služe za smanjenje konstante tereta koja predstavlja maksimalno preporučenu težinu tereta koja se može podići u idealnim uvjetima. Primjerice, kako se horizontalna udaljenost između tereta i radnika poveća po 25 cm, preporučena granica težine za taj zadatak bit će smanjena u odnosu na idealnu početnu težinu.[7]

3.2.2 ISO 11228-2: Guranje i povlačenje tereta

U drugom dijelu standarda ISO 11228, pod nazivom "Ergonomija - Ručno rukovanje - Dio 2: Guranje i povlačenje", pružene su detaljne smjernice za sigurno izvođenje radnji guranja i povlačenja tereta. Cilj ovih smjernica je smanjenje rizika od ozljeda mišićno-koštanog sustava koje mogu nastati pri guranju i povlačenju tereta u radnom okruženju. Prema ISO 11228-2, guranje i povlačenje tereta se definiraju kao "primjena sile na predmet s namjerom pomicanja po površini" Smjernice za guranje i povlačenje tereta koje su navedene u ISO 11228-2 uključuju sljedeće:

- Preporučena maksimalna sila koja se može primijeniti prilikom guranja ili povlačenja tereta ovisno o težini tereta i vrsti površine po kojoj se teret kreće.
- Preporučeni kut nagiba površine po kojoj se teret kreće.

- Preporučeni postupci za održavanje pravilnog položaja tijela prilikom guranja i povlačenja tereta s ciljem smanjenja rizika od ozljeda.
- Preporučeni intervali odmora tijekom dužeg perioda guranja ili povlačenja tereta.

Bio mehanički principi koji se nalaze iza smjernica su usmjereni na smanjenje opterećenja mišićno-koštanog sustava prilikom guranja i povlačenja tereta. Kada se primjenjuju ove smjernice, smanjuje se sila koja se primjenjuje na leđa, smanjuje se kut nagiba tijela i povećava se stabilnost tijela tijekom guranja i povlačenja terete. Primjena smjernica za guranje i povlačenje tereta u različitim radnim okruženjima može biti različita ovisno o specifičnostima posla i radnog mjesta. Na primjer, u zdravstvenoj industriji, zdravstveni djelatnici često moraju vući ili gurati pacijente u krevetu ili na kolicima za prijevoz. U industriji proizvodnje, radnici često moraju gurati i vući teške strojeve i opremu. U svakom slučaju, primjena smjernica ISO 11228-2 može pomoći u smanjenju rizika od ozljeda i poboljšanju sigurnosti radnika. Prema ISO standardu 11228-2, smjernice za guranje i povlačenje tereta obuhvaćaju preporuke za odabir optimalne visine rukovanja teretom, održavanje pravilnog položaja tijela tijekom guranja i povlačenja, određivanje preporučene težine tereta za guranje i povlačenje te kontrolu brzine kretanja tereta. Ove smjernice su razvijene kako bi se smanjio rizik od ozljeda mišićno-koštanog sustava, a posebno leđa, prilikom guranja i povlačenja tereta. Bio mehanički principi iza ovih smjernica uključuju smanjenje sile koja djeluje na leđa i druge dijelove tijela, poboljšanje ravnoteže i stabilnosti, te smanjenje rizika od padova ili sličnih ozljeda. Na primjer, optimalna visina rukovanja teretom treba biti na razini lakta, kako bi se smanjio napor mišića u leđima i ramenima. Također, pravilan položaj tijela pri guranju i povlačenju tereta uključuje blago savijene koljena, ravnu kralježnicu i lako nagnutu glavu. Ovo poboljšava ravnotežu i stabilnost, smanjujući rizik od pada ili ozljede. [11] U nastavku će detaljnije biti opisana Snook i Ciriello metoda.

Snook i Ciriello metoda

Snook i Ciriello metoda, koja je preporučena u ISO 11228-2, koristi se za procjenu rizika u vezi s guranjem i povlačenjem tereta. Ova metoda temelji se na psihofizičkim studijama provedenim od strane Snooka i Ciriella, koje su istraživale napore u tim aktivnostima. Kroz detaljnu analizu pokreta u osnovnim radnjama poput guranja, povlačenja i održavanja, razvijeni su indeksi guranja/potiska i povlačenja. Ovi indeksi koriste faktore rizika i uspoređuju preporučene granice naprezanja s primijenjenim silama, koje se mjere pomoću mjerača sile za provjeru primijenjene sile i njenog vrhunca. Veći omjer ukazuje na veći sintetički faktor rizika. Kako bi nam olakšali analizu i lakše prenijeli svoje zaključke, rezultati njihovih studija sažeti su u tzv. "psihofizičkim

tablicama". Te tablice pružaju važne podatke koji govore o sposobnostima radnika, ali i o njihovim ograničenjima. Za svaku vrstu radnje postoje granice referentne težine (za radnje pomaka) ili primijenjene sile (za radnje potiskivanja ili povlačenja) u početnoj fazi (vrhunac sile) i tijekom održavanja radnje (sila održavanja). [12] Primjena ove metode kao i tablice koje se primjenjuju bit će detaljnije prikazane u poglavlju 6.3.

3.2.3 ISO 11228-3: Rukovanje malim opterećenjima visokom frekvencijom

Rukovanje malim opterećenjima visokom frekvencijom (ponavljajući rad) može izazvati bol i umor, što može rezultirati poremećajima mišićno-koštanog sustava, smanjenom produktivnošću te lošim držanjem tijela i koordinacijom pokreta. Potonje može povećati rizik od pogrešaka i dovesti do smanjene kvalitete i opasnih situacija. Dobra ergonomska izvedba i pravilna organizacija rada osnovni su zahtjevi za izbjegavanje navedenih negativnih učinaka. Čimbenici rizika kod ponavljajućeg rada uključuju frekvenciju radnji, trajanje izloženosti, položaje i pokrete dijelova tijela, sile povezane s radom, organizaciju rada, kontrolu posla, zahtjeve u vezi s izlazom rada (npr. kvaliteta, preciznost zadatka) te razinu obučenosti/vještina. Dodatni čimbenici mogu uključivati okolišne faktore poput klime, buke, vibracija i osvjetljenja. Preporuke koje se daju u ovom dijelu standarda ISO 11228 temelje se na dostupnim znanstvenim dokazima o fiziologiji i epidemiologiji ručnog rada. Međutim, znanje je ograničeno, a predložene smjernice podložne su promjenama sukladno budućim istraživanjima. Ovaj dio standarda ISO 11228 uspostavlja ergonomske preporuke za zadatke ponavljajućeg rada koji uključuju ručno rukovanje malim opterećenjima visoke frekvencije. Daje smjernice za prepoznavanje i procjenu čimbenika rizika koji su često povezani s rukovanjem malim teretima visokom frekvencijom, omogućavajući procjenu zdravstvenih rizika povezanih s tim radom za radnu populaciju. Preporuke su usmjerene na odrasle radnike i cilj im je pružiti razumnu zaštitu gotovo svim zdravim ljudima. Preporuke koje se odnose na zdravstvene rizike i mjere kontrole temelje se uglavnom na eksperimentalnim istraživanjima koja analiziraju opterećenje mišićno-koštanog sustava, nelagodu/bol i izdržljivost/umor povezane s metodama rada.[13]

OCRA (Occupational Repetitive Actions) metoda

OCRA (Occupational Repetitive Actions) metoda je razvijena kao metoda procjene rizika bio mehaničkog preopterećenja gornjeg dijela tijela. Ova metoda se preferira u ISO standardima koji se odnose na bio mehaničke faktore rizika. Ova metoda je razvijena od strane tima autora uključenih u znanstveno udruženje "Ergonomics of Posture and Movements International

Ergonomics School" u Milanu. Autori OCRA metode ističu da su ISO standardi (konkretno ISO 11228-3) razvijeni od strane radne grupe u skladu s mandatom ISO-a tijekom razdoblja od 2000. do 2004. godine. Nakon razdoblja razvoja standarda, godine koje su prethodile objavi standarda (2005.-2007.) bile su posvećene izazovnom zadatku demokratskog traženja potpore zemalja članica ISO-a. U tom razdoblju, osim specifičnih primjedbi ili komentara zemalja, nije bilo moguće napraviti značajne promjene u osnovnom tekstu standarda.[14]

OCRA metoda je često primijenjena metoda za procjenu opterećenja mišićno-koštanog sustava gornjih udova uzrokovanog ponavljajućim zadacima i rizika od razvoja MSD-a. OCRA se uglavnom usredotočuje na pokrete podlaktica bez razlikovanja izloženosti uzrokovane položajem ruku. Standard EN 1005-5:2007 uključuje postupke za procjenu rizika pomoću OCRA metode. OCRA indeks procjenjuje izloženost i ocjenjuje radni rizik od razvoja MSD-a gornjih udova. Ključni koncept u OCRA metodi je tehnička radnja, koja se definira kao složeni pokret koji se izvodi radi izvršavanja radnog zadatka i uključuje jedan ili više zglobova gornjeg udova. OCRA indeks se izračunava kao omjer predvidive frekvencije (FF) tehničkih radnji u minuti i odgovarajućeg broja preporučenih radnji, nazvanog referentna frekvencija (RF) tehničkih radnji u minuti. Procjena opterećenja mišićno-koštanog sustava gornjih udova i rizika od razvoja MSD-a prema OCRA metodi temelji se na parametrima koji opisuju položaj tijela, izvršene sile i vrijeme izvršavanja zadataka.[15]

4 SMJERNICE ZA RUČNO RUKOVANJE MATERIJALOM

U radnom okruženju, sigurno rukovanje teretom i drugim materijalima je izuzetno važno za očuvanje zdravlja i sigurnosti radnika. Ručno prenošenje tereta odnosi se na prenošenje tereta isključivo ljudskom snagom, uključujući guranje, povlačenje i nošenje tereta. Nažalost, ozljede leđa zbog podizanja teških tereta su učestale i rezultiraju gubitkom milijuna radnih dana svake godine. Tipične ozljede koje se javljaju pri ručnom prenošenju tereta uključuju podizanje tereta koji je pretežak ili prevelik, što može dovesti do ozljede leđa. Nepravilno držanje i položaj tijela prilikom podizanja tereta također mogu uzrokovati ozljede leđa. Pad tereta može rezultirati ozljedama stopala, dok podizanje vrućih ili oštih predmeta može uzrokovati ozljede ruku.

Radnici mogu doživjeti raznolike akutne i kronične ozljede te kao posljedica ručnog prenošenja tereta. Akutne ozljede često zahtijevaju odsustvo s posla i vrijeme oporavka, dok kronične ozljede nastaju tijekom duljeg razdoblja i mogu biti ireverzibilne, uzrokujući bolesti poput artritisa ili poremećaja kralježnice. Suvremeni način života s nedostatkom vježbanja i redovitim fizičkim naporima može dodatno pridonijeti dugoročnim ozbiljnim posljedicama ovih ozljeda.

Pri rukovanju teretom postoje određene opasnosti koje treba uzeti u obzir. Česte nesreće koje se mogu dogoditi obuhvaćaju situacije poput ozljeda od pada ili rušenja tereta, oštećenje opreme uslijed mehaničkih sila, kao i izlivanje ili curenje kemikalija koje mogu rezultirati onečišćenjem ili izazvati požar. Pored toga, porezotine, padovi, ozljede leđa i istežanje mišića mogu nastati zbog korištenja pogrešnih metoda pri dizanju tereta. Ključni faktori rizika i stanja povezani s ozljedama prilikom ručnog prenošenja tereta obuhvaćaju nepravilan položaj tijela poput savijanja i uvijanja, ponavljajuće pokrete kao što su često dohvatanje, dizanje i prenošenje, velika naprezanja pri manipulaciji ili dizanju teških predmeta, prisutnost tvrdih ili oštih površina na teretu te dugotrajno zadržavanje u statičkim položajima. Kako bi se zaštitili radnici, važno provesti mjere koje osiguravaju siguran ručni rada s teretom. To podrazumijeva da radnici odrade odgovarajuće obuke kako bi mogli, primjenom ergonomskih tehnika za podizanje tereta, koristiti pomagala i prilagoditi si radno okruženje radi njihovog zdravlja i produktivnosti. [16]

4.1 Smjernice za siguran ručni rad s teretom

Kako bi se osigurala sigurnost i zaštita zdravlja radnika prilikom obavljanja radnih zadataka koji uključuju dizanje ili premještanje tereta, važno je poštivati sljedeće smjernice:[16]

- Pravilna tehnika podizanja: Teret treba uvijek dizati pomoću snage nogu i bedara, dok se leđa drže ravno. Zakretanje trupa tijekom nošenja teškog tereta strogo je zabranjeno.

- Korištenje pomoćnih pomagala: Po mogućnosti, treba koristiti ručna kolica ili druga pomagala koja olakšavaju prenošenje tereta.
- Prikladan teret i težište: Prije podizanja tereta, treba provjeriti jesu li tjelesne sposobnosti adekvatne za manipulaciju teretom, te osigurati da je težište tereta što bliže tijelu radi održavanja ravnoteže.
- Traženje pomoći: U slučaju teških tereta, preporučuje se tražiti pomoć drugih radnika kako bi se teret podigao ili premjestio na siguran način.
- Provjera puta: Prije podizanja ili prenošenja tereta, važno je vizualno provjeriti put prolaska kako bi se izbjegle prepreke ili opasnosti.

Držanje tijela tijekom dizanja tereta igra ključnu ulogu u smanjenju rizika od ozljeda leđa i mišića. Evo nekoliko važnih aspekata pravilnog pozicioniranja tijela:[16]

- Stav: Treba se okrenuti prema smjeru kretanja tereta, postaviti tijelo iznad tereta i lagano odvojiti stopala jedno od drugog kako bi se održala ravnoteža.
- Leđa: Održavanje ravnoteže i uspravnosti kod leđa omogućuje aktiviranje snažnih nožnih mišića koji mogu preuzeti veći dio opterećenja, istovremeno pružajući zaštitu kralježnici.
- Brada: Prije podizanja tereta, treba podići glavu i postaviti bradu u ravan položaj kako bi se održalo pravilno držanje leđa.
- Hvat: Potrebno je čvrsto obuhvatiti teret dlanovima i korijenom prstiju kako bi se izbjeglo podizanje tereta samo s vrhom prstiju.
- Ruke: Ruke treba držati što bliže tijelu kako bi se teret ravnomjerno rasporedio i smanjio pritisak na ruke.
- Noge: Da biste osigurali stabilnost i ravnotežu, vodeće stopalo treba uvijek biti usmjereno prema smjeru kretanja tereta.
- Tijelo: Ispravno korištenje tijela kao protuteže može pomoći u očuvanju energije i smanjenju naprezanja mišića.

4.1.1 Rukovanje bačvama

Bačve često sadrže različite tekućine i praškaste tvari te su često nezgrapnih dimenzija za rukovanje. Radi osiguravanja sigurnosti, važno je je poštivati i držati se preventivnih mjera u nastavku:[16]

- Prenosnje bačvi ručno po stubama nije dopušteno.
- Kada god je moguće, koristite mehanička pomagala poput kolica za bačve.
- U otvorenim skladištima, preporučuje se postavljanje bačvi u horizontalni položaj kako bi se spriječilo nakupljanje vode na gornjem obruču. Također, treba osigurati bačve od neželjenog pomicanja koristeći graničnike ili slične sigurnosne mjere.
- Ako se bačve nalaze izvan skladišnog prostora, trebaju biti postavljene na način koji ne predstavlja opasnost za druge.
- Potrebno je postaviti dodatne posude na područjima gdje se vrši pražnjenje bačvi kako bi se spriječilo prolijevanje tekućine i smanjio rizik od klizanja ili pada osoba.
- Prazne bačve treba ukloniti s radnog prostora. Bačve koje sadrže opasne tvari kao što su zapaljive ili otrovne tvari ne smiju se koristiti u neke druge svrhe.

4.1.2 Rukovanje cijevima

Iako je teško ručno podizati cijevi zbog njihove težine, mogu se valjati ručno, a također se može rukovati i s podlogom za njihovo skladištenje. Međutim, zbog njihove težine i inertnosti, potrebno je poduzeti posebne mjere opreza pri rukovanju i skladištenju cijevi prema uputama poslodavca. U nastavku su navedene specifične smjernice koje treba slijediti: [16]

- Rukovanje i skladištenje teških predmeta poput cijevi i kućišta predstavlja ozbiljan rizik od nagnječenja, čak i pri polaganom pomicanju. Stoga je izuzetno važno pridržavati se pravila o skladištenju prilikom rukovanja i smještaja takvih predmeta.
- Preporučuje se da cijevi budu postavljene vodoravno na odgovarajućoj podlozi, uz korištenje adekvatnog materijala za razdvajanje između njih, ako je potrebno.

4.1.3 Rukovanje limovima

Pri rukovanju metalnim limovima i pločama, važno je poštivati propisane sigurnosne mjere u nadi da se izbjegnu moguće ozljede od nagnječenja ili porezotina prilikom njihovog pada. Radi osiguranja sigurnosti, preporučuje se sljedeće:[16]

- Radnici koji su uključeni u rukovanje limovima trebaju uvijek koristiti zaštitne rukavice koje su prikladne za tu namjenu, kao što su kožne rukavice s pojačanim dlanovima. Time se smanjuje rizik od ozljeda prstiju i dlana tijekom manipulacije limovima.
- Ako je moguće, treba koristiti mehaničke uređaje ili strojeve za rukovanje limovima. Ova praksa smanjuje potencijalni rizik za radnike te olakšava i ubrzava proces rukovanja.
- Kada se radi o skladištenju limova, vertikalno slaganje manjih limova može biti korisna metoda za uštedu prostora. Ipak, važno je poduzeti preporučene mjere da se spriječi klizanje ili padanje metalnih limova i ploča. Za tu svrhu preporučuje se upotreba podnih letvica ili sigurnosnih traka za vezivanje kako bi se osigurala stabilnost limova i spriječio njihov neželjeni pokret.
- Prilikom horizontalnog odlaganja limova, preporučuje se postavljanje većih limova na dno, s razdjelnicima između njih radi olakšanog rukovanja. Dodatnu podršku može pružiti korištenje letvica u određenim situacijama.

4.1.4 Rukovanje paletama

Neppravilno korištenje paleta može dovesti do nesigurnih situacija pri podizanju tereta ili mogućeg urušavanja hrpe materijala. Stoga je važno poštivati sljedeće mjere opreza:[16]

- Paletama se treba koristiti samo za njihovu predviđenu svrhu, uzimajući u obzir njihov dizajn i kapacitet opterećenja. Upotreba oštećenih paleta nije dopuštena kako bi se osigurala sigurnost tijekom manipulacije teretom.
- Nužno je pravilno pozicionirati palete na odgovarajućim mjestima uz primjenu sigurnosnih mjera kako bi se spriječilo urušavanje ili nagnjanje. Pravilno skladištenje paleta pomaže u održavanju stabilnosti i smanjenju rizika od ozljeda.

4.1.5 Rukovanje otpadnim materijalom

Kontrola sakupljanja, privremenog skladištenja i prijevoza otpadnog materijala iz objekata od iznimne je važnosti za očuvanje sigurnosti. Prilikom rukovanja otpadom, sljedeće smjernice treba uzeti u obzir:

- Otpad mora biti sakupljen tako da se odvoji opasan od neopasnog otpada. Tako se smanjuje rizik od štetnih posljedica po okoliš i zdravlje.
- Otpad treba jasno identificirati i označiti u vezi s bilo kakvim rizicima koje može predstavljati. Ovo pomaže u pravilnom postupanju s otpadom i sprečavanju neželjenih situacija.
- Privremeno skladištenje otpada treba se provoditi prije odvoza ili zbrinjavanja na odgovarajuće mjesto namijenjeno za tu svrhu. Na skladištu je potrebno poduzeti odgovarajuće sigurnosne mjere kako bi se zaštitila sigurnost radnika i okoliša od potencijalnih opasnosti.
- Otpad treba pravilno i kontrolirano zbrinjavati, uz poštivanje odgovarajućih postupaka. Kada je prikladno, preporučuje se angažirati ovlaštenu tvrtku za zbrinjavanje otpada koja posjeduje potrebne stručnosti i resurse za sigurno rukovanje otpadom.

Opasan otpad uključuje maziva, kemijske ostatke, apsorpcijske materijale, električnu i elektroničku opremu, korištene tonere, korištene baterije i kontaminiranu ambalažu. Rukovanje opasnim otpadom zahtijeva posebnu pažnju, adekvatno skladištenje i dokumentaciju kako bi se osigurala sigurnost i sukladnost s propisima.[16]

4.2 Pravilnik o zaštiti na radu pri ručnom prenošenju tereta

Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva je donijelo Pravilnik o zaštiti na radu pri ručnom prenošenju tereta s ciljem osiguranja sigurnosti i zaštite zdravlja radnika. Ovo poglavlje pruža detaljan pregled propisa i mjera koje treba primijeniti kako bi minimizirali rizik od ozljeda prilikom obavljanja radnih zadataka koji uključuju ručno prenošenje tereta. Pravilnik se primjenjuje na sve situacije u kojima radnici fizički prenose teret. Teret može uključivati razne

oblike i dimenzije, a radnici su izloženi opasnosti oštećenja leđa zbog težine tereta, učestalosti pokreta ili neodgovarajućeg ergonomskeg položaja tijela.

Dužnosti poslodavca

Na poslodavcu je da osigura sigurnost i zaštitu zdravlja radnika prilikom ručnog prenošenja tereta. Kako bi se smanjio rizik, preporučuje se korištenje odgovarajućih radnih naprava, pomagala ili mehaničkih uređaja umjesto ručnog prenošenja tereta, kada god je to moguće. U situacijama kada ručno prenošenje tereta nije moguće izbjeći, poslodavac treba provoditi organizacijske i tehničke mjere te osigurati pravilan način rada kako bi smanjio opterećenje leđa radnika i opasnost od oštećenja. Poslodavac ima obvezu konzultirati se s radnicima i njihovim predstavnicima te ih redovito informirati o propisima i mjerama kako bi se osigurala sigurnosti i zdravlje radnika na radnom mjestu, posebno pri ručnom prenošenju tereta. Radnici trebaju biti upoznati s karakteristikama tereta i drugim faktorima koji mogu utjecati na sigurnost te im treba pružiti obuku o pravilnom postupanju pri ručnom prenošenju tereta kako bi se izbjegle ozljede leđa.

Opterećenje radnika

Pravilnik propisuje važne smjernice za opterećenje radnika pri ručnom prenošenju tereta. Glavni čimbenici koji se uzimaju u obzir su:

- Značajke tereta, poput težine, oblika, dimenzija, položaja hvatišta i težišta te mogućnosti nehotičnog pomicanja tereta.
- Opterećenja radnika, uključujući držanje tijela, udaljenost tereta od tijela, udaljenost na koju je potrebno prenijeti teret, intenzitet, učestalost i trajanje potrebne tjelesne sile, uporabu osobne zaštitne opreme, nametnuti ritam rada te raspoloživo vrijeme za odmor i mirovanje.
- Važni faktori okoliša koji treba uzeti u obzir uključuju prostor koji je dostupan radniku, razlike u visini, temperatura, vlažnost, brzinu protoka zraka, osvjetljenje na radnom mjestu, vrstu površine po kojoj se teret prenosi te svojstva radne odjeće i obuće.

Pravilnik definira da radnik određene kategorije može povremeno ručno prenositi teret samo u odgovarajućim uvjetima i da postoji ograničenje za najveću dopuštenu težinu tereta. Ta

ograničenja za najteži teret su prikazana u tablici 3, a radnik je ograničen na premještanje najviše 1000 kg najtežeg tereta u minimalno dva sata, pod uvjetom da istog dana nema dodatnih zadataka vezanih uz ručno prenošenje tereta.

Dob	Muškarci	Žene
15 do 19 godina	35	13
od 19 do 45 godina	50	15
iznad 45 godina	45	13
Trudnice		5

Tablica 2. Maksimalno dozvoljena masa tereta u kg [17]

Radnici smiju prenositi terete teže od dopuštenih samo uz stručnu ocjenu ovlaštenog liječnika i prethodnu osposobljenost za takve radove.[17]

5 ERGONOMSKA OPREMA

Unatoč značajnom tehnološkom napretku u posljednjih trideset godina, industrijski se sektor i dalje susreće s izazovom ručnog rukovanja materijalima bez korištenja ergonomske opreme ili uređaja. To rezultira čestim poremećajima i ozljedama u području donjeg dijela leđa. U najgorim slučajevima nedostatak opreme može dovesti i do invaliditeta, što predstavlja jedan od glavnih izvora gubitaka u industriji. Iako se koncept ergonomije primjenjuje već dugi niz godina, rastući troškovi i ozljede vezane uz donji dio leđa i kumulativni traumatski poremećaji naglašavaju važnu ulogu ergonomije u današnjem vremenu. Industrija koja se bavi rukovanjem materijalima svjesna je važnosti ergonomske pristupa u dizajnu radnih mjesta i opreme. Svjesni te važnosti, mnogi vodeći proizvođači opreme za rukovanje materijalima aktivno pristupaju preoblikovanju tradicionalne opreme i razvoju novih proizvoda. Uzbudljiva nova oprema koja je posebno dizajnirana s ergonomijom na umu uključuje industrijske manipulatore, podizne stolove, dizalice radnih stanica, položajnike i balansere, vakuumske dizalice, paletne dizalice, nagibne stolove i mnoge druge sprave. Primjena ergonomske načela može poboljšati produktivnost, smanjiti troškove i očuvati zdravlje i sigurnost radnika. S obzirom na zakonske propise i zahtjeve, kao i na zahtjeve tržišta, tvrtke su sve više svjesne važnosti ergonomije i sve više ulažu u ergonomske dizajniranu opremu i rješenja za rukovanje materijalima.[18] U nastavku poglavlja ukratko ću opisati određenu ergonomske opremu.

5.1 Podizni stolovi

Podizni stolovi koriste se u raznovrsnim ergonomske primjenama gdje je potrebno kretanje odozdo prema gore. Koriste se u industrijama poput proizvodnje, montaže, skladištenja, distribucije ali i u mnogim drugim. Općenito, podizni stolovi, ili stolovi za dizanje, mogu se koristiti za pozicioniranje materijala kako bi radnici izbjegli podizanje prevelikih tereta, ponovno podizanje ili savijanje tijekom obavljanja svojih poslova. Ti stolovi mogu uključivati varijacije koje olakšavaju horizontalno kretanje po površini, poput transportera ili kugličnih prijenosa. Osim toga, opcije mobilnosti za bazu omogućuju da se cjelokupna jedinica može pomicati. Mogu se dodati nagibni uređaji kako bi se tereti mogli pozicionirati i vertikalno i pod kutom. Podizne stolove moguće je prilagoditi svakoj situaciji u tvornici odabirom različitih pogonskih opcija. Primjerice, podizni stolovi mogu se pogoniti električnim ili pneumatskim hidrauličnim pumpnim jedinicama, pneumatskim sustavima dizanja ili potpuno mehaničkim sustavima dizanja. Podizni stolovi mogu se ugraditi na sve različite načine, zadovoljavajući sve specifične zahtjeve. Općenito, mogu biti montirani na površinu ili ukopani u jamu, a također mogu biti fiksni ili pokretni. Neke izvedbe prikazane su na slici 6. [18]

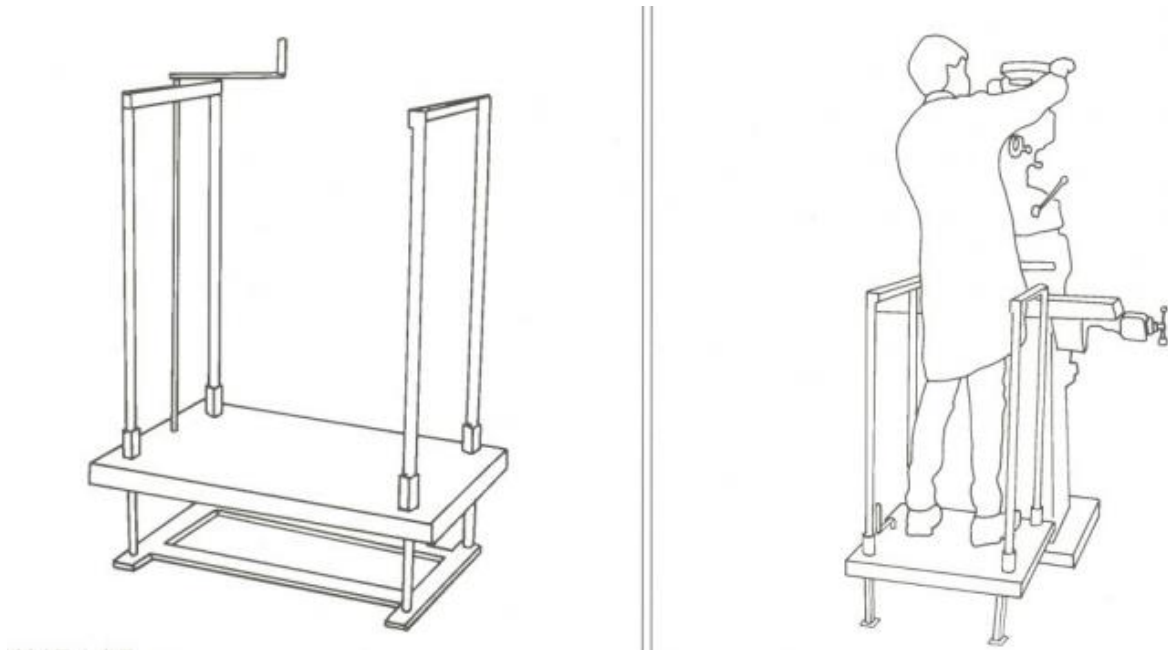


Slika 6. Različite izvedbe podiznih stolova [19]

5.2 Podesiva platforma za podizanje radnika

Podesive platforme za podizanje radnika (AWEP) koriste se s namjerom da pružaju značajne ergonomske prednosti putem prilagođavanja pozicije radnika prema specifičnom radnom zadatku. U mnogim proizvodnim pogonima postoje točke interakcije radnika na visini iznad njegove visine, što zahtijeva da radnik bude pozicioniran na povišenoj platformi. Često radnici nemaju pristup adekvatnoj ergonomskej opremi pa su ove platforme improvizirane što može predstavljati značajan rizik za radnike. Rad u više smjena, gdje tri različita radnika rade na istom stroju u periodu od 24 sata, dodatno otežava prilagođavanje radnog mjesta. Rotacija radnih zadataka s promjenom radnika svakih nekoliko sati stvara dodatne izazove u području ergonomije.

AWEP platforme omogućavaju radnicima da sami kontroliraju svoj položaj u odnosu na zadatak i pruža im mogućnost postavljanja tijela tako da dobe mehaničku prednost u obavljanju zadatka. Ove platforme obično funkcioniraju na mehanički način i korisnik ih ručno podešava prema svojim potrebama. Veličine platformi variraju od jednokorisničkih jedinica do većih staza paralelnih s montažnim linijama. Visine tih platformi mogu početi već od 5 cm od samog poda. Većina platformi ima vertikalni hod otprilike 30 cm, a nosivost je otprilike 100 kg. Pojednostavljeni izgled prikazan je na slici 7. [18]



Slika 7. AWEP platforma i njena primjena [18]

5.3 Balanser

Balanseri su nadglavni uređaji koji pružaju funkcionalnosti sličnu dizalicama kako bi podigli teret iznad glave. Konfiguracije i sustavi za vješanje balansera su slični dizalicama. Međutim, balanseri se razlikuju od dizalica u načinu rada. Funkcionalna razlika je naznačena u samom nazivu. Balanser bi trebao moći balansirati predmet u gotovo bestežinskom stanju tijekom rukovanja. Ova značajka omogućava operatoru lako rukovanje teretom. Balanseri se često koriste za nezgrapne dijelove i brzo kretanje tereta.

Također se mogu koristiti za vješanje opreme koja se koristi u ponavljajućim operacijama. Dostupne su različite opcije upravljanja i širok raspon proizvođača koji mogu proširiti fleksibilnost ovog proizvoda. Balanseri mogu težiti do otprilike 45 kg i imaju približne kapacitete podizanja do 250 kg. Prikaz korištenja balansera u industriji prikazan je na slici 8. [18]



Slika 8. Radnik koji diže blok motora balanserom [20]

5.4 Industrijski manipulator

Industrijski manipulatori su opremljeni mehaničkom rukom koja može upravljati teretom horizontalno, ali i vertikalno. Za razliku od dizalice ili balansera, manipulatori omogućavaju više od samo vertikalnog podizanja i spuštanja. Manipulatori kombiniraju mehaničku ruku i uređaje za rukovanje teretom specifične namjene. Ovi uređaji su obično posvećeni jednom specifičnom proizvodu. Manipulatori se mogu montirati na pod, stup, na sustav s tračnicama ili pričvrstiti za strop. Strojevi su uglavnom kontrolirani od strane operatera blizu uređaja za upravljanje teretom. Operater često ručno manipulira teretom tijekom premještanja i postavljanja tereta na određeno mjesto. Balanseri i manipulatori omogućavaju gotovo bestežinsko podizanje tereta, lako dohvatanje i orijentaciju. Olakšavaju rukovanje u teškim, brzim, ponavljajućim ili nezgrapnim situacijama. Manipulatori i balanseri su često dizajnirani za specifičnu primjenu. Pri odabiru opreme, trebete uzeti u obzir namjenu. Oba komada opreme mogu se prilagoditi različitim veličinama i oblicima tereta. Visine podizanja i spuštanja obično su ograničene do dosega operatera. Na slici 9 prikazan je izgled jednog industrijskog manipulatora[18]



Slika 9. Industrijski manipulator [21]

5.5 Dizalice za radne stanice

Dizalice za radne stanice je ergonomski dizajnirana oprema za terete, od 100 kg do 1000 kg. Horizontalno kretanje obično se vrši guranjem, ali može biti i pogonjeno. Dizajn zatvorenih tračnica visoke čvrstoće održava površine valjaka čistima, što doprinosi lakšem kretanju dizalice i duljem vijeku trajanja kotača i tračnica. Ergonomski dizajnirane dizalice za radne stanice koje se lako pomiču manje opterećuju operatore. Pružaju precizno pozicioniranje tereta, značajna poboljšanja produktivnosti, manje ozljeda i manju umornost radnika.

Konfiguracije opreme uključuju jednokriline ili dvokriline mosne dizalice, stupne dizalice i monoreleje. Dostupne su čelične i aluminijske dizalice. Dizalice za radne stanice sa zatvorenim tračnicama i monoreleji mogu pružiti ergonomska rješenja za pojedinačne operacije ili cjelokupni sustav upravljanja materijalom. Mogućnost izgleda radne stanice s dizalicom prikazan je na slici 10. [18]



Slika 10. Radna stanica s dizalicom [22]

5.6 Viličari slagači

Viličari slagači, koji su također poznati kao slagači, obuhvaćaju širok spektar proizvoda koji pružaju ergonomsku podršku na radnom mjestu. Njihova svrha je učinkovit transport radnih materijala od jedne točke do druge. U stanju su podizati teret s radnih stanica i podizati ga na udobne ergonomske radne visine. Slagači mogu biti opremljeni raznim platformama, a i podesivim nastavcima. Njihovi kapaciteti mogu se kretati od 100 kg pa sve do 1300 kg. Modeli s vilicama omogućuju vertikalno podizanje tereta od razine poda do visine od otprilike 30 cm, no većina ergonomskih primjena zahtijeva modele s većom visinom podizanja.

Hidraulika je najčešći način podizanja tereta, iako se kod nekih ručnih modela koriste užad i vitla. Slagači se često koriste s baterijskim pogonom, pogonom naizmjeničnom strujom ili pneumatskim modelima. Kontrole za upravljanje obično se nalaze na upravljačkoj ploči, no često su dostupni i daljinski upravljači te nožne kontrole. Slagači su izuzetno učinkoviti u premještanju, podizanju i pozicioniranju žičanih košara, sanduka, kutija, paleta i podloške na odgovarajuće ergonomske radne visine kako bi se postigla maksimalne učinkovitosti, produktivnosti i sigurnosti radnika. Primjer jednog takvog viličara slagača prikazan je na slici 11. [18]



Slika 11. Manualni hidraulični paletni viličar slagač [23]

5.7 Pokretne trake ili konvejeri

Konvejeri se široko koriste u različitim industrijskim sektorima kako bi se jedinični teret ili paketi transportirali s jednog mjesta na drugo. U proizvodnim pogonima, konvejeri se često koriste u procesu montaže, dok se u skladištima i distribucijskim centrima koriste za obradu narudžbi. Korištenje konvejera pruža radnicima ergonomsku prednost omogućavajući mehanizirani način prenošenja tereta. Proširivi konvejeri su posebno korisni za pomoć radnicima pri utovaru ili istovaru kamiona i prikolica. U procesu obrade narudžbi, konvejeri olakšavaju radnicima pristup i preglednost otvorenih kutija u kojima se pakiraju narudžbe. To rezultira smanjenjem pogrešaka, manjim fizičkim naporom i manjim potrebama za savijanjem ili dosezanjem.

Radnici koji rade s konvejerima često moraju savijati se, okretati i dosezati kako bi stavili ili skinuli materijale s konvejera. Stoga je važno prilikom dizajniranja radnih stanica uzeti u obzir potrebe radnika kako bi se oprema mogla prilagoditi njihovim potrebama. Primjer jednog uobičajenog valjkastog konvejera ili pokretne trake prikazan je na slici 12. [18]



Slika 12. Valjčani konvejer [24]

5.8 Paletni inverter

U ovom dijelu istražujemo paletni inverter. Paletni inverter je uređaj koji okreće cijeli teret robe naopako, što zahtijeva ravnomjerno pakiranje. Međutim, postoje nekoliko faktora koje treba uzeti u obzir prilikom korištenja paletnog invertera. Prvo, postupak korištenja paletnog invertera može oduzeti puno vremena, ali ako se pravilno koristi može uštedjeti značajno vrijeme. Sam postupak invertiranja zahtijeva značajno manje vrijeme nego na potpuno raspakiravanje kako bi se došlo do donjih spremnika. To može pozitivno utjecati na operativnu učinkovitost i produktivnost. Drugo, važno je osigurati da su robe koje se invertiraju ravnomjerno pakirane. Bilo kakve izbočine kutija ili predmeta mogu ometati učinkovitost stezaljke, što može otežati pravilno pričvršćivanje tereta. Osim toga, paletni inverter možda nije prikladan za rukovanje proizvodima koji zahtijevaju uspravno skladištenje, poput osjetljivih predmeta, tekućina ili mliječnih proizvoda. Invertiranje palete u takvim slučajevima može oštetiti robu, narušavajući njezinu kvalitetu i integritet. Također, postoje troškovni faktori povezani s paletnim inverterom. Početni troškovi nabave opreme mogu biti visoki, što može predstavljati financijski izazov za neke tvrtke. Osim toga, razdoblje povrata investicije može biti dugotrajno. Potrebno je uzeti u obzir i potrošnju energije i održavanje. Rad paletnog invertera može zahtijevati određenu razinu potrošnje energije, što treba uzeti u obzir prilikom izračuna ukupnih operativnih troškova. Redovito održavanje opreme također je potrebno kako bi se osigurala optimalna performansa i dugotrajnost. Korištenje paletnog invertera treba pažljivo razmotriti. Prije implementacije paletnog invertera u poslovnom okruženju, potrebno je pažljivo procijeniti nabavne troškove, razdoblje povrata investicije, potrošnju energije i potrebe za održavanjem. [25] (vidi sliku 13.)



Slika 13. Paletni inverter [26]

6 PROCJENA RIZIKA U ODABRANOJ TVRTKI

U ovom poglavlju analizirat ću dva radna mjesta i napraviti ergonomsku procjenu rizika u odabranoj tvrtki, Leier-Leitl d.o.o., u daljnjem tekstu samo Leier. Procjena rizika je proces prepoznavanja potencijalnih opasnosti koje mogu neželjeno utjecati na sposobnost organizacije da uspješno obavlja svoje aktivnosti. Ovaj postupak pomaže organizacijama da identificiraju inherentne rizike koji su prisutni u njihovom poslovanju te da usvoje odgovarajuće mjere, procese i kontrole kako bi smanjile utjecaj tih rizika na svoje operacije. [27]

6.1 Informacije o odabranoj tvrtki

Leier je vodeća tvrtka koja se bavi građevinskom industrijom, s naglaskom na proizvodnju betonskih elemenata i drugih građevinskih materijala. S više od 15 godina iskustva na tržištu, tvrtka je postala prepoznatljiva po svojoj kvaliteti proizvoda i usluga. Osnovana je od strane Michaela Leiera, pionira poduzetnika, koji je svojom vizijom i strašću izgradio ovu uspješnu tvrtku. [28] Na slici 14 se nalazi zgrada tvrtke Leier u Turčinu.



Slika 14. Tvrtka Leier-Leitl d.o.o. [29]

Tvrtka Leier započela je svoje poslovanje 1965. godine kada je Michael Leier otvorio prvu Spar trgovinu u Horitschonu. Ovaj mali dućan bio je samo početak njegovog poduzetničkog putovanja prema velikom međunarodnom uspjehu. Kako je život postajao bolji, Michael Leier proširio je svoje poslovanje na građevinsku industriju. Do 1970. godine, tvrtka je postala glavni proizvođač betona u regiji, a tvornica betona u Horitschonu postala je jedno od najznačajnijih poduzeća u Gradišću. 1980-ih godina, tvrtka Leier je prešla granice Austrije i postala međunarodno prisutna tvrtka. Michael Leier je prepoznao potencijal na tržištima izvan Austrije i odlučio se za pionirski

korak ulaska na tržište Mađarske, koja je tada još uvijek bila okupirana od strane Sovjetskog Saveza. Ova odluka nije bila jednostavna, jer je poslovanje u socijalističkom gospodarskom okruženju bilo izazovno. Ipak, uz podršku suradnika i kreativnost u prilagođavanju lokalnom tržištu, Leier je uspio ostvariti uspjeh u Mađarskoj. Tvrtna Leier je postigla impresivan rast tijekom godina i razvila se u međunarodno poslovno carstvo. Trenutno, tvrtka ima aktivnosti na 39 lokacija u različitim zemljama poput Austrije, Mađarske, Poljske, Slovačke, Hrvatske i Ukrajine. Leier je postao tržišni lider u Mađarskoj i najveći proizvođač u građevinskoj industriji. Njihov široki asortiman proizvoda omogućuje kupcima da ostvare svoje građevinske projekte od početka do kraja. Tvrtna se proširila i na druge područje djelovanja, uključujući proizvodnju betonskih elemenata. [28]

6.2 Procjena rizika NIOSH metodom

U nastavku, primijenit ću NIOSH (Nacionalni institut za sigurnost i zdravlje na radu) pristup za provođenje procjene rizika u organizaciji Leier. NIOSH je ugledna institucija koja se bavi istraživanjem, savjetovanjem i pružanjem preporuka za unapređenje sigurnosti i zdravlja na radnom mjestu. NIOSH metoda se već spominje u poglavlju 3.2.1, a u nastavku će biti prikazana primjena revidirane NIOSH jednadžbu na specifično radno mjesto.

Provođenje procjene rizika omogućit će nam identifikaciju potencijalnih opasnosti i njihovu klasifikaciju prema ozbiljnosti i vjerojatnosti pojave. Na temelju rezultata procjene, moći ću prepoznati potencijalne opasnosti za radnike i procijeniti prioritete za poboljšanje sigurnosti i donijeti informirane odluke o upravljanju rizicima.

6.2.1 Opis prvog radnog mjesta – Automatičar

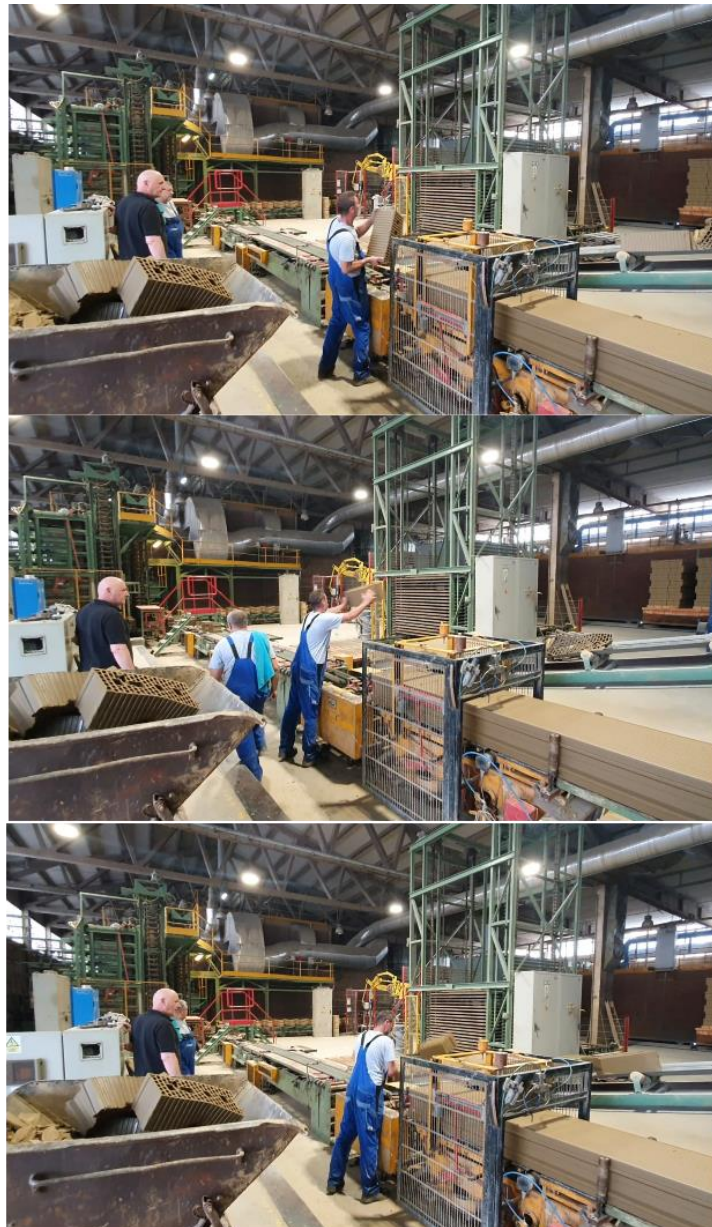
Radno mjesto automatičara u tvrtki Leier ima ključnu ulogu u procesu proizvodnje cigli. Automatičar stoji pored pokretne trake na kojoj se kroz veliki ekstruder istiskuje mokra smjesa koja se reže na određene dimenzije koja će kasnije biti pretvorena u cigle. Njegova odgovornost je provjeriti kvalitetu tih mokrih cigli kako bi se osiguralo da zadovoljavaju visoke standarde tvrtke.

Automatičar pažljivo prati svaku ciglu koja izlazi iz ekstrudera, osiguravajući da su dimenzije, oblik i površinski izgled u skladu s propisanim specifikacijama. Ako primijeti bilo kakve nedostatke ili varijacije u kvaliteti, automatičar promptno reagira kako bi održao visoke standarde proizvoda.

Kada automatičar identificira mokru ciglu koja ne zadovoljava kvalitativne zahtjeve, njegov zadatak je da je pažljivo ukloni s pokretne trake. To zahtijeva preciznost i brzinu kako bi se izbjegli zastoji ili ometanje rada pogona. Odbačene cigle automatičar stavlja na drugu pokretnu traku koja ih odvodi natrag u miješalicu, gdje se materijal reciklira i ponovno koristi za izradu novih mokrih cigli. Ovaj postupak pokazuje angažman tvrtke u očuvanju resursa i smanjenju otpada.

Osim provjere kvalitete i uklanjanja neispravnih cigli, automatičar je također je odgovoran za održavanje radne okoline na svom području. Redovito čisti radnu površinu, uklanja ostatke materijala ili potencijalne prepreke te obavlja osnovno održavanje opreme koju koristi.

Uloga automatičara zahtijeva preciznost, pažnju i brzu reakciju kako bi se osigurao kontinuirani tijek proizvodnje i ispunili visoki standardi kvalitete. Njegova uloga ima izravan utjecaj na postizanje efikasnosti proizvodnog procesa i zadovoljstvo kupaca tvrtke Leier. Automatičar je važan član tima koji predstavlja prvu inspekciju materijala kako bi se održao standarda kvalitete proizvoda i postizao uspješan rezultat tvrtke. Radno mjesto prikazano je na slici 15.



Slika 15. Prikaz radnog mjesta - Automatičar

6.2.2 Provedba revidirane NIOSH jednadžbe nad radnim mjestom automatičara

U poglavlju 3.2.2 je već detaljno opisana revidirana NIOSH jednadžba, pa će u ovom poglavlju biti prikazano samo njeno korištenje. Jednadžba glasi:

$$RWL = LC \cdot DM \cdot AM \cdot FM \cdot CM \cdot HM \cdot VM \quad (2)$$

Gdje su:

- RWL - preporučena granica težine (eng. recommended weight limit)
- LC - konstanta opterećenja (23,13 kg) (eng. load constant)

- DM - faktor množitelja udaljenosti (eng. distance multiplier factor)
- AM - faktor asimetričnog množitelja (eng. asymmetry multiplier factor)
- FM - faktor množitelja frekvencije (eng. frequency multiplier factor)
- CM - multiplikator spoja (eng. coupling multiplier)
- HM - faktor horizontalnog množitelja (eng. horizontal multiplier factor)
- VM - faktor vertikalnog množitelja (eng. vertical multiplier factor)

Za dobivanje množitelja koristit će se niz tablica. Za početak, u tablici tri prikazani su odnosi između horizontalne udaljenosti radnika i tereta i faktora HM. Slika petnaest prikazuje da radnik stoji uz samu pokretnu traku te mu je mokra cigla na dohvat ruke. Točnije 25 cm ili manje i zbog toga faktor HM iznosi 1.

H = Horizontalna udaljenost (cm)	HM = faktor horizontalnog množitelja
25 ili manje	1
30	0,83
40	0,63
50	0,50
60	0,42

Tablica 3. Tablica s faktorima horizontalnog množitelja [30]

Tablica četiri prikazuje odnos između početne udaljenosti ruku od tla na početku dizanja (V) i VM faktora. Hvatište mokre cigle na pomičnoj traci je na 100 cm pa je faktor VM jednak iznosu do 0,93.

V = Početna visina (cm)	VM = faktor vertikalnog množitelja
0	0,78
30	0,87
50	0,93
70	0,99
100	0,93
150	0,78
175	0,70
>175	0

Tablica 4. Tablica s faktorima vertikalnog množitelja [30]

Tablica pet prikazuje odnos između vertikalne udaljenosti koju teret prijeđe (D) i faktora DM. Mokra cigla prijeđe vertikalnu udaljenost od 40 cm pa je faktor množitelja udaljenosti 0,93.

D = Vertikalna udaljenost (cm)	DM = faktor množitelja udaljenosti
25 ili manje	1
40	0,93
55	0,90
100	0,87
145	0,85
175	0,85
>175	0

Tablica 5. Tablica s faktorima množitelja udaljenosti [30]

Tablica šest prikazuje odnos između kuta uvijanja tijela tijekom podizanja (A), mjereno u stupnjevima i faktora AM. Budući da radnik ne mora uvijati tijelo prilikom podizanja tereta faktor AM iznosi 1.

A = Kut uvijanja tijela (stupnjevi)	AM = faktor uvijanja tijela
90°	0,71
60°	0,81
45°	0,86
30°	0,90
0°	1

Tablica 6. Tablica s faktorima uvijanja tijela [30]

Tablica sedam prikazuje poveznicu između učestalosti dizanja i trajanje dizanja (F) (u minutama ili sekundama) tijekom radne smjene i množitelja frekvencije FM. Budući da su vrhunski strojevi u pitanju, nije česta pojava da radnik mora uzimati izrezane mokre cigle i ukloniti ih iz primarne proizvodne trake i poslati ih na recikliranje, faktor FM iznosi 1.

F = Učestalost dizanja	FM Faktor			
	Podizanje kad radnik stoji		Podizanje kad se radnik naginje	
	Kraće od sat vremena	Duže od sat vremena	Kraće od sat vremena	Duže od sat vremena
5 minuta	1.00	0.85	1.00	0.85
1 minuta	0.94	0.75	0.94	0.75
30 sekundi	0.91	0.65	0.91	0.65
15 sekundi	0.84	0.45	0.84	0.45

F = Učestalost dizanja	FM Faktor			
	Podizanje kad radnik stoji		Podizanje kad se radnik naginje	
	Kraće od sat vremena	Duže od sat vremena	Kraće od sat vremena	Duže od sat vremena
10 sekundi	0.75	0.27	0.75	0.27
6 sekundi	0.45	0.13	0.45	-
5 sekundi	0.37	-	0.37	-

Tablica 7. Tablica s faktorima množitelja frekvencije [30]

Za kraj, tablica osam prikazuje odnos između kvalitete spoja između ruke i predmeta (C) klasificirana kao dobra, umjerena ili loša i o položaju tijela (bilo da stoji ili se naginje). Mokra cigla je mekana smjesa koju je lako primiti i njome je lako rukovati i zbog toga je faktor CM jednak iznosu 1.

C = Kvaliteta spoja	CM Faktor:	
	Stoji	Naginje
Dobra	1.00	1.00
Umjerena	1.00	0.95
Loša	0.90	0.90

Tablica 8. Tablica s multiplikatorom spoja [30]

Nakon što su se izračunali i išitali svi faktori, dobivamo preporučenu granicu težine tereta. [30]
Jednadžba sad glasi:

$$RWL = 23,13 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 20,005 \text{ kg} \quad (3)$$

Mokra cigla ima maksimalnu masu do 20 kg što znači da radnik nije preopterećen i nije izložen potencijalno velikim ergonomskim rizicima pri rukovanju teretom. Dakle radno mjesto automatičara je u skladu s ergonomskim regulativama i preporukama.

6.3 Procjena rizika Snook i Ciriello Metode nad radnim mjestom kontrolora kvalitete

U ovom poglavlju primijenit ću Snook i Ciriello metodologiju za procjenu rizika na radnom mjestu kontrolora kvalitete u tvrtki Leier. Snook i Ciriello metoda je ergonomska analiza koja se primjenjuje za procjenu opterećenja rada i otkrivanje potencijalnih ergonomskih rizika, koristeći posebno dizajnirane tablice. Snook i Ciriello metoda se već spominje u poglavlju 3.3.1, a u nastavku će biti prikazana primjena spomenute metode koristeći specifične tablice nad radnim mjestom kontrolora kvalitete.

6.3.1 Opis radnog mjesta - Kontrolor kvalitete

Radno mjesto kontrolora kvalitete u tvrtki Leier ima ključnu ulogu u osiguravanju visokih standarda kvalitete proizvoda. Važna napomena je da tvrtka vrši i detaljniju kontrolu kvalitete svojih proizvoda laboratorijskim putem, ovo je samo jedna od mnogih postaja koja kontrolira kvalitetu proizvoda kako bi se postigao vrhunski standard. Ovaj kontrolor kvalitete radi na stacionarnom radnom mjestu smještenom uz pokretnu traku koja prenosi cigle prema manipulatoru koji ih pakira na palete. Ova pozicija zahtijeva pažljivo praćenje i brzu reakciju kako bi se osigurala ispravnost svake cigle i izbjegli potencijalni nedostaci koji bi mogli utjecati na kvalitetu finalnog proizvoda.

Prilikom obavljanja svojih zadataka, kontrolor kvalitete pažljivo promatra svaku ciglu koja prolazi pokraj njega. Njegova je odgovornost otkriti eventualne nedostatke, kao što su pukotine ili deformacije, te ih ukloniti s proizvodne trake. Kako bi to postigao, kontrolor kvalitete jednostavno gura oštećenu ciglu prema naprijed, gdje se nalazi druga pomična traka koja odvodi loše cigle prema postrojenju za usitnjavanje. Time se osigurava da oštećene cigle budu dalje korištene za proizvodnju durisol materijala.

Također, kontrolor kvalitete evidentira informacije o broju otkrivenih nedostataka i druge relevantne podatke. Ti podaci koriste se za praćenje kvalitete proizvoda, identifikaciju trendova ili problema te za donošenje informiranih odluka o poboljšanju procesa proizvodnje. Stalno praćenje i evidentiranje nedostataka omogućuju tvrtki da identificira moguće probleme u proizvodnji i poduzme potrebne korake za njihovo rješavanje.



Slika 16. Prikaz radnog mjesta – kontrolor kvalitete

6.3.2 Provedba Snook i Ciriello metode nad radnim mjestom kontrolora kvalitete

Metoda Snook i Ciriello preporučena je u standardu ISO 11228-2 i koristi se za evaluaciju opterećenja rada kontrolora kvalitete na temelju različitih čimbenika koji utječu na radno mjesto. Metoda obuhvaća identifikaciju i procjenu sljedećih faktora:

- Zahtjevi zadatka: Procjena frekvencije radnih zadataka i udaljenost tereta od radnika
- Položaj tijela: Procjena položaja tijela kontrolora kvalitete tijekom obavljanja zadataka, uključujući visinu ruku od tla

Nakon što se izmjere i prikupe podaci s radnog mjesta mogu se iščitati preporučene vrijednosti FI i FM. FI predstavlja maksimalnu početnu silu, a FM označava silu održavanja. Slika šesnaest

prikazuje radnika koji stoji odmah pored pomične trake, akcija se ponavlja svakih 12 sekundi, a ruke su na visini od 95 cm. U slučaju kontrolora kvalitete u tvrtki Leier faktor FI iznosi 24 kg, a FM 13kg. Budući da se cigla gurne i direktno pada na drugu pomičnu traku relevantan nam je samo podatak FI odnosno početna sila kad guramo teret, tj. u ovom slučaju ciglu.

Snook i Ciriello – Guranje - Muškarci																								
UDALJENOST		2 metra						7,5 metara						15 metara						50 metara				
Ponavljanje svakih:		6s	12s	1m	5m	30m	8h	15s	22s	1m	5m	30m	8h	25s	35s	1m	5m	30m	8h	2m	5m	30m	8h	
Visina ruku																								
145 cm	FI	20	22	25	26	26	31	14	16	21	22	22	26	16	18	19	20	21	25	12	14	14	18	
	FM	10	13	15	18	18	22	8	9	13	15	16	18	8	9	11	13	14	16	7	8	9	11	
95 cm	FI	21	24	26	28	28	34	16	18	23	25	25	30	18	21	22	23	24	28	14	16	16	20	
	FM	10	13	16	19	19	23	8	10	13	15	15	18	8	10	11	13	13	16	7	8	9	11	
65 cm	FI	19	22	24	25	26	31	13	14	20	21	21	26	15	17	19	20	20	24	12	14	14	17	
	FM	10	13	16	18	19	23	8	10	12	14	15	18	8	10	11	12	13	15	7	8	9	10	

Tablica 9. Snook i Ciriello tablica za akciju guranja [12]

Nakon iščitanog faktora FI, moguće je izračunati sintetički indeks rizika. Sintetički indeks rizika se računa kao omjer težine cigle koja iznosi 14,5 kg i faktora FI koji iznosi 24. Dakle:

$$\text{Sintetički indeks rizika} = \frac{m_t}{FI} = \frac{14,5}{24} = 0,6 \quad (4)$$

Zatim tablica jedanaest prikazuje preporučenu akciju s obzirom o veličini sintetičkog indeksa rizika. Rezultati analize provedene na temelju sintetičkog indeksa rizika (0,6) pokazuju da se situacija može smatrati prihvatljivom i da nema potrebe za posebnom intervencijom. U skladu s tim, rizik povezan s trenutnim stanjem radnog mjesta kontrolora kvalitete smatra se relativno niskim.[12]

Sintetički indeks rizika	Kako postupiti
Manji od 0,75	Situacija je zadovoljavajuća i ne zahtijeva posebne intervencije.
od 0,76 do 1,25	Radno mjesto nalazi se na rubu granica i postoji rizik za određeni postotak ispitanika. Iako trenutno nema potrebe za hitnom intervencijom, važno je biti oprezan i poduzeti preventivne mjere. Preporučuje se osigurati obuku i medicinski pregled osoblja. Također, ako je moguće, treba razmotriti strukturne i organizacijske promjene kako bi se poboljšala situacija i smanjio rizik.
Veći od 1,25	Situacija može predstavljati značajan rizik za određeni postotak ispitanika. U takvim slučajevima, potrebna je hitna intervencija kako bi se smanjio rizik. Veći rizik rezultira višim indeksom rizika i povećava hitnost intervencije.
Veći od 3	Ako indeks premašuje vrijednost 3, nužne su hitne preventivne mjere i intervencija se ne smije odgađati, čak i kada indeks vrijednosti iznosi između 1,25 i 3.

Tablica 10. Ozbiljnost situacije ovisno o sintetičkom indeksu rizika [12]

Naglašavamo da ova analiza nije konačna i preporučuje se česte provedbe procjene rizika kako bi se osigurala održiva situacija za radnike. Također je preporučljivo osigurati obuku i medicinski nadzor osoblja kako bi se održala svijest o sigurnosti te pravilno reagiralo na promjene ili eventualne rizike koji bi se mogli pojaviti.

6.4 Rezultati ergonomske analize procesa ručnog rukovanja materijalom u tvrtki Leier

Ovaj dio pruža kratak pregled rezultata ergonomske analize procesa ručnog rukovanja materijalom u tvrtki Leier, s naglaskom na pozitivne aspekte identificirane u analizi. Analiza je provedena s ciljem identifikacije rizika, procjene uvjeta rada te pronalaženja mogućnosti poboljšanja. Zahvaljujući predanosti tvrtke Leier prema zdravlju i sigurnosti svojih radnika, analiza je pokazala da su svi relevantni ergonomske kriteriji zadovoljeni, a rizici minimalizirani. Ovo poglavlje detaljno ističe glavne zaključke i prednosti analize, naglašavajući potencijal za daljnje poboljšanje primjenjujući automatizaciju i dodatnu ergonomske opremu.

Ergonomska analiza procesa ručnog rukovanja materijalom u tvrtki Leier rezultirala je iznimno pozitivnim zaključcima. Svi ključni indeksi i kriteriji ergonomije su unutar preporučenih granica, a radnici su izloženi minimalnom riziku od ozljeda i preopterećenja. Rezultati potvrđuju da su postojeće prakse i procedure u skladu s ergonomskim smjernicama i standardima.

Analiza je otkrila niz prednosti koje proizlaze iz zadovoljavajućih ergonomskih uvjeta u procesu ručnog rukovanja materijalom. Neki od ključnih aspekata su:

- Zdravlje i sigurnost radnika: S obzirom na nedostatak rizika i minimalnu izloženost fizičkom opterećenju, radnici tvrtke Leier mogu obavljati svoje zadatke bez straha od ozljeda ili negativnih zdravstvenih posljedica. Ovo pridonosi njihovom cjelokupnom dobrobiti i motivaciji.
- Poboljšana produktivnost: Kroz optimizirane ergonomske uvjete rada, radnici postižu veću učinkovitost i produktivnost. Smanjena tjelesna napetost i umor omogućuju im da održe koncentraciju i kvalitetu rada na visokoj razini.
- Kvaliteta proizvoda: Manja izloženost pogreškama i nepreciznostima prilikom ručnog rukovanja materijalom doprinosi poboljšanoj kvaliteti krajnjeg proizvoda. Smanjenje materijalnih oštećenja ili pogrešaka prilikom manipulacije ima pozitivan utjecaj na smanjenje troškova i povećanje zadovoljstva kupaca.

Potencijalna poboljšanja

Iako su rezultati analize pokazali da su trenutni uvjeti rada zadovoljavajući, postoji prostor za daljnje poboljšanje procesa ručnog rukovanja materijalom u tvrtki Leier. Jedan od glavnih prijedloga je implementacija dodatne automatizacije i upotreba različitih sustava u određenim fazama proizvodnog procesa.

Jedan od sustava koji bi mogao unaprijediti radna mjesta u procesu ručnog rukovanja materijalom u tvrtki Leier je sustav vizualne kontrole temeljen na kamerama. Takav sustav prikazan je na slici 17. Ovaj sustav koristi kamere i sofisticirane algoritme za snimanje i analizu materijala kako bi otkrio neispravne proizvode ili druge nedostatke tijekom proizvodnog procesa. Ovakav sustav mogao bi automatski isključiti neispravne cigle iz proizvodnje, čime se smanjuje potreba za ručnom intervencijom radnika.



Slika 17. Sustav vizualne kontrole [31]

Ovi sustavi mogu biti prilagođeni potrebama tvrtke Leier i specifičnostima proizvodnog procesa kako bi osigurali pouzdanu detekciju neispravnih cigli te njihovo automatsko isključivanje iz proizvodnje. Implementacija ovakvog sustava može poboljšati učinkovitost, smanjiti rizik od grešaka te povećati kvalitetu proizvoda.[31]

7. ZAKLJUČAK

U sklopu ovog diplomskog rada izvršena je ergonomska analiza procesa ručnog rukovanja materijalom u tvrtki Leier. Glavni fokus istraživanja bio je identificirati potencijalne rizike i predložiti poboljšanja s ciljem osiguranja sigurnosti i udobnosti radnika, te povećanja produktivnosti u proizvodnom procesu. Kroz provedbu ergonomske analize primijenjeni su relevantni koncepti i metode ergonomije. Proučena je bila povijest ergonomije, osnovne koncepte, podjela ergonomije te mišićno-koštani poremećaji koji mogu proizaći iz ne ergonomskih radnih uvjeta. Također, istražene su ergonomske metode procjene rizika, s naglaskom na ISO 11228 standard i metode prepoznate u industriji. U odabranoj tvrtki Leier, provedena je procjena rizika prema NIOSH metodi za radno mjesto automatičara i Snook i Ciriello metoda za radno mjesto kontrolora kvalitete. Analizirajući rezultate tih procjena, utvrđeno je da su svi kriteriji ergonomske analize zadovoljeni i da nema rizika koji bi negativno utjecali na zdravlje i sigurnost radnika. To je iznimno važno za tvrtku Leier jer potvrđuje njihovu predanost sigurnosti i dobrobiti zaposlenika. Osim toga, identificirana su bila područja za potencijalna poboljšanja. Jedna od mogućnosti je uvođenje dodatne automatizacije i korištenje strojeva za rukovanje materijalom umjesto ručnog rada. Sustavi vizualne kontrole temeljeni na kamerama mogu biti korisni za otkrivanje neispravnih cigli ili drugih materijala u proizvodnom procesu i njihovo isključivanje. To bi smanjilo napor radnika, povećalo preciznost i efikasnost te smanjilo mogućnost grešaka. U budućnosti, preporučuje se daljnje istraživanje i implementacija inovativnih tehnologija koje će podržati sigurnost i ergonomiju u tvrtki Leier. Kontinuirano praćenje i evaluacija radnih uvjeta te edukacija zaposlenika o ergonomiji ključni su elementi za osiguranje optimalnih radnih uvjeta i dobrobiti svih radnika u tvrtki Leier.

LITERATURA

- [1] Dull, J., Weerdmeester B.: Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide. Third Edition, CRC Press, 2008.
- [2] Katz, R.: The human side of managing technological innovation: A Collection of Readings, Second edition, Oxford University Press, 2004.
- [3] Kirin, S.: Uvod u ergonomiju, Veleučilište u Karlovcu, 2019.
- [4] ErgoSource: The History of Ergonomics Dostupno na: <https://ergosource.com/ergonomics-resources/the-history-of-ergonomics/> [3. srpnja 2023.]
- [5] Ergonomija. Dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/ergonomija/> [3. srpnja 2023.]
- [6] Beño, R.: Ergonomics in business logistics, Universitätsverlag Ilmenau, 2013.
- [7] Maras, W.S., Karwowski, W.: The Occupational Ergonomics Handbook: Fundamentals and assessment tools for occupational ergonomics, Second Edition, CRC Press, 2016.
- [8] Nesreće na radu, T-portal. Dostupno na: <https://www.tportal.hr/biznis/clanak/na-poslugodisnje-u-eu-pogine-gotovo-tri-tisuce-radnika-prema-crnoj-statistici-hrvatska-pri-europskom-vrhu-20210428> [3. srpnja 2023.]
- [9] Analiza ozljeda na radu za 2020. godinu. Dostupno na: <http://www.hzzzsr.hr/wp-content/uploads/2022/08/Analiza-ozljeda-na-radu-za-2020.pdf> [3. srpnja 2023.]
- [10] International Organization for Standardization.: ISO 11228-1:2017: Ergonomics - Manual handling - Part 1: Lifting and carrying, ISO copyright office, 2017.
- [11] International Organization for Standardization.: ISO 11228-2:2017 Ergonomics - Manual handling - Part 2: Pushing and pulling. Switzerland: ISO copyright office, 2017.
- [12] Manual Load Handling: Snook i Ciriello method. Dostupno na: <https://www.samatools.it/en/Manual-load-handling> [3. srpnja 2023.]
- [13] International Organization for Standardization.: ISO 11228-3:2017 Ergonomics - Manual handling - Part 3: Handling of low loads at high frequency. ISO copyright office, 2017.
- [14] Colombini, D., Occhipinti, E.: Scientific basis of the OCRA method for risk assessment of biomechanical overload of upper limb, as preferred method in ISO standards on biomechanical risk factors, Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 2018. Dostupno na: https://www.sjweh.fi/show_abstract.php?abstract_id=3746 [5. srpnja 2023.]

- [15] Roman-Liu, D., Groborz, A., Tokarski, T.: Comparison of risk assessment procedures used in OCRA and ULRA methods, National Library of Medicine, 2013. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4047617/> [3. srpnja 2023.]
- [16] Perić, Z.: Ručno podizanje, prenošenje i rukovanje različitim vrstama tereta, Sigurnost 59 (2) 157 – 162., 2017. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/272660> [3. srpnja 2023.]
- [17] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva.: Pravilnik o zaštiti na radu pri ručnom rukovanju tereta., 2005. Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_04_42_818.html [3. srpnja 2023.]
- [18] E.A.S.E.: Application Guidelines for Ergonomic Assisted Safety Equipment. Dostupno na: https://www.mhi.org/downloads/industrygroups/ease/Application_Guidelines_for_Ergonomic_Assist_Brochure.pdf [3. srpnja 2023.]
- [19] Ergonomic Lift Tables. Dostupno na: <https://www.pentalift.com/solutions/ergonomic-lift-tables/> [3. srpnja 2023.]
- [20] ATB AirBalancer. Dostupno na: <https://www.konecranes.com/en-sa/equipment/workstation-lifting-systems/atb-airbalancer> [3. srpnja 2023.]
- [21] What is an Industrial Manipulator? Dostupno na: <https://www.dalmec-na.com/blog/what-is-an-industrial-manipulator/> [3. srpnja 2023.]
- [22] Workstation Cranes Designs. Dostupno na: <https://obrienliftingsolutions.com/cranes/workstation-cranes/> [3. srpnja 2023.]
- [23] Hydraulic Manual Pallet Jack Stacker. Dostupno na: <https://www.neoforklift.com/hydraulic-manual-pallet-jack-stacker> [3. srpnja 2023.]
- [24] Vention: Configurations for conveyor applications. Dostupno na: <https://vention.io/conveyor> [3. srpnja 2023.]
- [25] Pallet Inverters: comparing current systems Dostupno na: <https://www.sw-paratus.com/en/pallet-handling/pallet-inverters.html> [3. srpnja 2023.]
- [26] PalletPal Inverter. Dostupno na: <https://www.southworthproducts.com/en/news-events/new-product-news/palletpal-inverter> [3. srpnja 2023.]
- [27] Education - Wiki: Primjer procjene rizika – Različiti primjeri procjene rizika. Dostupno na: <https://hr.education-wiki.com/1299101-risk-assessment-example> [3. srpnja 2023.]
- [28] Leier. Dostupno na: <http://www.leier.com.hr/cegunkrol> [3. srpnja 2023.]
- [29] Leier kontakt. Dostupno na: <http://www.leier.com.hr/kontaktirajte-nas-stranica> [3. srpnja 2023.]

[30] CCOHS: NIOSH Lifting Equation (revised). Dostupno na: https://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/niosh/calculating_rwl.html [3. srpnja 2023.]

[31] 4 Ways machine vision systems can benefit your facility. Dostupno na: <https://appliedc.com/4-ways-machine-vision-systems-can-benefit-your-facility/> [3. srpnja 2023.]