OWAS metoda za ergonomsku procjenu rizika radnih zadataka

Vizir, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:235:147530

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Josip Vizir

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Goran Đukić

Student:

Josip Vizir

Zagreb, 2021.

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

Zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Goranu Đukiću na pruženoj pomoći te strpljenju i savjetima prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Hvala mojoj obitelji na bezuvjetnoj podršci i vjeri u moj uspjeh.

Hvala mojoj djevojci i svim prijateljima koji su bili uz mene svo ovo vrijeme te mi na taj način uljepšali studiranje.

_____

Josip Vizir

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa: 602-04/21-6/1	
Ur. broj: 15-1703-21	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **JOSIP VIZIR** Mat. br.: 0035202980

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **OWAS metoda za ergonomsku procjenu rizika radnih zadataka**

Naslov rada na engleskom jeziku: **OWAS method for ergonomic risk assessment of work tasks**

Opis zadatka:

S obzirom na značaj ergonomije u oblikovanju i analizi radnih zadataka, posebice u smanjivanju rizika za mišićno-koštane poremećaje (MSD) i ozljede, u primjeni su za procjene rizika brojne različite metode. Jedna od njih je i metoda OWAS (Ovako Working posture Assessment System) za analizu rizika opterećenja tijela, donjih i gornjih udova kod obavljanja radnih zadataka.
U radu je potrebno:
- uvodno prikazati područje ergonomije i značaj u smanjenju i prevenciji bolesti mišićno-koštanog sustava,
- dati pregled metoda ergonomskih procjena rizika, uz međusobnu usporedbu,
- detaljno prikazati metodu OWAS, uz ilustracije procedure korištenja,
- za odabrani problem ručnog komisioniranja kutija iz poličnih regala, napraviti analizu rizika s obzirom na volumen i masu izuzimanih kutija s raznih razina (visina) polica.

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

Zadatak zadan: 6. svibnja 2021.

Rok predaje rada: 8. srpnja 2021.

Predviđeni datum obrane: 12. srpnja do 16. srpnja 2021.

Zadatak zadao: prof. dr. sc. Goran Đukić

Predsjednica Povjerenstva: prof. dr. sc. Biserka Runje

SADRŽAJ

SADRŽAJ 4

POPIS SLIKA 6

POPIS TABLICA 8

POPIS KRATICA 9

SAŽETAK 10

SUMMARY 11

1. UVOD 12

2. ERGONOMIJA 13

2.1. Povijest pojave ergonomije 15

2.2. Podjela ergonomije 15

2.1.1. Koncepcijska ergonomija 16

2.1.2. Sistemska ergonomija 16

2.1.3. Korektivna ergonomija 16

2.1.4. Ergonomija programske potpore 17

2.1.5. Ergonomija računalnog sklopovlja 17

2.3. Vrste ergonomije 18

2.3.1. Fizička ergonomija 18

2.3.2. Kognitivna ergonomija 19

2.3.3. Organizacijska ergonomija 20

2.4. Mišićno-koštani poremećaji 21

2.4.1. Uzroci MSD-a povezanim s poslom 23

2.5. Pravilno rukovanje teretom 25

2.5.1. Ručno podizanje tereta 25

2.5.2. Maksimalna masa koja se smije podići 30

2.5.3. Zone rizika kod rukovanja teretom 31

2.6. Pregled najčešće korištenih metoda za analizu procjene rizika 32

2.7. Nordijske karte tijela (NBM) 33

2.8. Bodovanje nordijskih karata tijela (NBM) 34

3. OWAS (OVAKO WORKING POSTURE ASESSMENT SYSTEM) METODA 36

3.1. Struktura OWAS metode 36

3.1.1. Položaj leđa 37
3.1.2. Položaj ruku 38
3.1.3. Položaj nogu 39
3.1.4. Težina tereta ili količina upotrijebljene sile 41
3.2. Kategorije OWAS metode 41
3.3. Analiza pomoću OWAS metode 42
3.3.1. Primjer analize procesa pomoću OWAS metode 43
3.4. Pregled dosadašnjih istraživanja ergonomije pomoću OWAS metode 46
4. ANALIZA RIZIKA KOD KOMISIONIRANJA IZ SUSTAVA POLIČNIH REGALA 47
4.1. Komisioniranje 47
4.1.1. Podjela sustava komisioniranja po principu kretanja materijala / komisionera 49
4.1.2. Podjela sustava komisioniranja prema vrsti jediničnog tereta koji se izuzima 50
4.3. Analiza problema ručnog komisioniranja kutija iz poličnih regala 56
5. ZAKLJUČAK 73
LITERATURA 74
6. PRILOZI 76

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz područja djelovanja ergonomije [1] 13
Slika 2. Podjela ergonomije [1] 15
Slika 3. Ergonomija računalnog sklopovlja [1] 17
Slika 4. Prikaz dijelova tijela koji su obično zahvaćeni MSD-om [5] 21
Slika 5. Prikaz normalnog i pritisnutog živca medianusa [6] 22
Slika 6. Proces nastanka boli u leđima [8] 22
Slika 7. Određivanje tereta [13] 26
Slika 8. Procjena mase tereta [12] 26
Slika 9. Položaj stopala ispred tereta [13] 27
Slika 10. Pravilno i nepravilno držanje prije podizanja tereta [14] 27
Slika 11. Pravilno podizanje tereta [12] 28
Slika 12. Držanje tijela nakon podizanja tereta [13] 28
Slika 13. Pravilno držanje tijela prilikom nošenja tereta [13] 29
Slika 14. Odlaganje tereta [13] 29
Slika 15. Preporučene mase za ručno dizanje [15] 30
Slika 16. Radne zone [16] 31
Slika 17. Položaj leđa 1 [22] 37
Slika 18. Položaj leđa 2 [22] 37
Slika 19. Položaj leđa 3 [22] 37
Slika 20. Položaj leđa 4 [22] 37
Slika 21. Položaj ruku 1 [22] 38
Slika 22. Položaj ruku 2 [22] 38
Slika 23. Položaj ruku 3 [22] 38
Slika 24. Položaj nogu 1 [22] 39
Slika 25. Položaj nogu 2 [22] 39
Slika 26. Položaj nogu 3 [22] 39
Slika 27. Položaj nogu 4 [22] 40
Slika 28. Položaj nogu 5 [22] 40
Slika 29. Položaj nogu 6 [22] 40
Slika 30. Položaj nogu 7 [22] 40
Slika 31. Shema teoretskog skladišta [28] 47
Slika 32. Prosječna raspodjela vremena komisioniranja [29] 48
Slika 33. Operativni troškovi skladištenja [29] 48

Slika 34. Komisioniranje prema principu „čovjek robi“ [29] 49
Slika 35. Komisioniranje prema principu „roba čovjeku“ [29] 49
Slika 36. Primjer poličnih regala [31] 50
Slika 37. Ormar ladičar [32] 51
Slika 38. Protočni regal za kutije [29] 51
Slika 39. Vertikalni karusel [33] 52
Slika 40. Horizontalni karusel [33] 52
Slika 41. Prikaz AS/RS skladišnog sustava [34] 53
Slika 42. Primjer paletnih regala[35] 54
Slika 43. Prikaz komisioniranja paleta i kutija iz protočnih regala [29] 55
Slika 44. Polični regal tvrtke "Horvat mont" [36] 56
Slika 45. Kutije u regalu 57
Slika 46. Dijagram zona rizika 65
Slika 47. Popunjen regal s presloženim kutijama 66
Slika 48. Dijagram zona rizika nakon korektivnih radnji 72

POPIS TABLICA

Tablica 1. Pregled najčešće korištenih metoda za analizu položaja tijela pri radu [1] 32
Tablica 2. Nordijska karta tijela (NBM) [17] 33
Tablica 3. Primjer popunjene Nordijske karte tijela (NBM) [18] 34
Tablica 4. Podjela težine tereta u grupe [22] 41
Tablica 5. OWAS tablica za očitavanje kategorije [24] 42
Tablica 6. Prikaz uzimanja kutije s gornje police 43
Tablica 7. Prikaz uzimanja kutije sa srednje police 44
Tablica 8. Prikaz uzimanja kutije s donje police 45
Tablica 9. Prikaz vrste kutija i mase kutija 57
Tablica 10. Uzimanje kutije sa skladišnog mjesta P37 59
Tablica 11. Uzimanje kutije sa skladišnog mjesta P31 60
Tablica 12. Uzimanje kutije sa skladišnog mjesta P20 61
Tablica 13. Uzimanje kutije sa skladišnog mjesta P10 62
Tablica 14. Uzimanje kutije sa skladišnog mjesta P3 63
Tablica 15. Dobiveni rezultati za popunjen regal 64
Tablica 16. Rezultati nakon preslagivanja kutija u regalu 67
Tablica 17. Rezultati nakon promjene držanja tijela prema OWAS metodi 70

POPIS KRATICA

Kratica	Opis
OWAS	Sustav za procjenu držanja tijela *(eng. Ovako Working Posture Asessment System)*
MODAPTS	Modularno uređenje unaprijed određenih vremenskih standarda *(eng. Modular Arrangement of Predetermined Time Standards)*
PLIBEL	Metoda za pronalazak ergonomskih opasnosti *(eng. A Method Assigned for Identification of Ergonomic Hazards)*
NIOSH	Nacionalni institut za zaštitu na radu *(eng. The National Institute for Occupational Safety and Health)*
DMQ	Nizozemski mišićno-koštani upitnik *(eng. Dutch Musculoskeletal Questionnaire)*
REBA	Brza procjena cijelog tijela *(eng. Rapid Entire Body Assessment)*
PDA	Analiza fizičkih zahtjeva *(eng. Physical Demands Analysis)*
QEC	Popis za brzu ekspoziciju *(eng. Quick Exposure Checklist)*
RULA	Brza procjena gornjih udova *(eng. Rapid Upper Limb Assessment)*
SI	Indeks naprezanja *(eng. Strain Indeks)*
OCRA	Profesionalna ponavljajuća radnja *(eng. The Occupational Repetitive Action)*
LMM	Uređaj za praćenje pokreta lumbalnog dijela *(eng. Lumbar Motion Monitor)*
KIM	Metoda ključnog pokazatelja *(eng. Key Indicator Methods)*
SMART	Metoda bodovanja za procjenu ponavljajućih zadataka *(eng. Scoring Method For Assessment Of Repetitive Tasks)*
NBM	Nordijska karta tijela *(eng. Nordic Body Map)*
MSD	Mišićno-koštani poremećaji *(eng. Musculoskeletal Disorders)*

SAŽETAK

Tema ovog rada je OWAS metoda za ergonomsku procjenu rizika radnih zadataka. Zbog razumijevanja područja najprije je pojašnjena ergonomija te njezin značaj u prevenciji mišićno-koštanih poremećaja koji se javljaju u izvršavanju radnih zadataka zbog lošeg ergonomski oblikovanog radnog prostora. U ovom radu, primjena ergonomije spominje se kao jedan od najvažnijih čimbenika u oblikovanju radnog prostora. Nakon upoznavanja s ergonomijom, mišićno-koštanim poremećajima i pravilnim rukovanjem teretom, detaljno su opisane OWAS metoda, njezina struktura, kategorije rizika prema OWAS metodi, a metoda je korak po korak objašnjena primjenom na konkretnom primjeru. Na kraju rada je prikazana analiza problema ručnog komisioniranja kutija iz poličnih regala. Zbog razumijevanja problema najprije je pojašnjen pojam komisioniranja, sustav komisioniranja te njihova podjela po principu kretanja materijala/komisionera i prema vrsti jediničnog tereta koji se izuzima.

Ključne riječi: ergonomija, mišićno-koštani poremećaji, OWAS metoda, komisioniranje, sustavi komisioniranja

SUMMARY

The topic of my master thesis was the OWAS method for ergonomic risk assessment of work tasks. To understand the field, ergonomics and its importance in the prevention of musculoskeletal disorders that occur in the performance of work tasks due to poor ergonomically designed workspace were first clarified. In this thesis, the application of ergonomics is mentioned as one of the most important factors in designing a workspace. After getting acquainted with ergonomics, musculoskeletal disorders, and proper load handling, the OWAS method, its structure, risk categories according to the OWAS method are described in detail, and the method is explained step by step by applying a concrete example. At the end of the paper, an analysis of the problem of manual commissioning of boxes from shelf racks is presented. In order to understand the problem, the concept of commissioning, the commissioning system, and their division according to the principle of material/commissioner and according to the type of unit cargo that is exempted are first clarified.

Key words: ergonomics, musculoskeletal disorders, OWAS method, commissioning, commissioning systems

1. UVOD

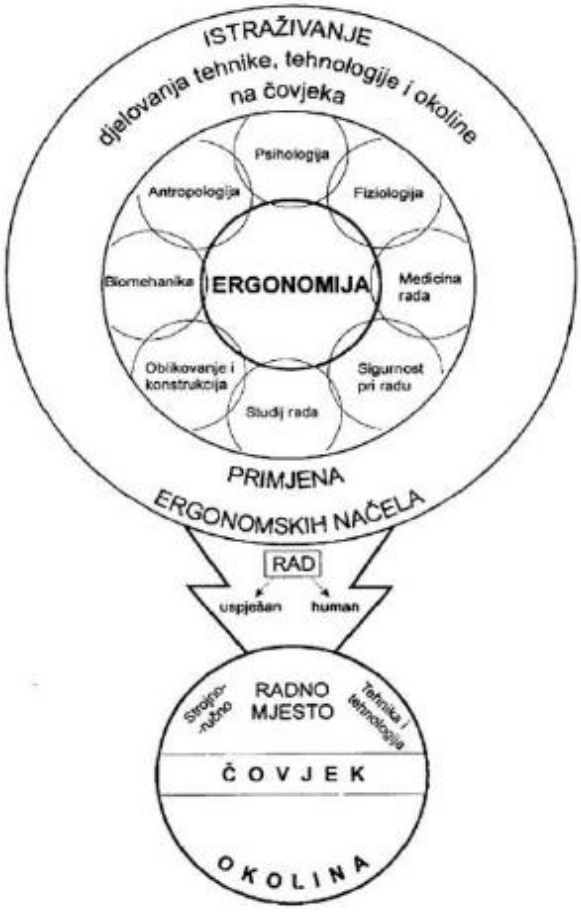
Primjena ergonomije na oblikovanje radnog mjesta je presudna. Ubrzani način života i visoki zahtjevi poslodavaca uzrokuju razne probleme s kojima se suočavaju današnji radnici. Svrha ovog rada je pokazati važnost znanja i svijesti o potencijalnim problemima koji se mogu pojaviti tijekom obavljanja svakodnevnih aktivnosti na radnom mjestu. U radu se prvo objašnjava ergonomija i važnost njezine primjene na bilo kojem radnom mjestu. Njezina je svrha uspostaviti fizičku i psihičku ravnotežu čovjeka u životnom i radnom okruženju, a to se postiže prilagođavanjem svih potrebnih alata i strojeva čovjeku, a ne obrnuto. Ergonomija se pojavila nakon Drugog svjetskog rata, a uzrokovana je brzim razvojem znanosti i tehnologije koji su promijenili načine života. Zatim se prikazuju mišićno-koštani poremećaji uzrokovani radom. Uzroci mišićno-koštanih poremećaja mogu biti mnogi (npr. rad s prekomjernom težinom, ponavljajući pokreti, neugodni radni položaji, dugo zadržavanje u istom položaju, rad na niskim temperaturama i dr.), a najčešći simptomi mišićno-koštanih poremećaja su bolovi u leđima, bolovi u rukama i bolovi u tetivama. Poznavanje problema mišićno-koštanih poremećaja i poznavanje ergonomije neophodno je kako bi se spriječila pojava mišićno-koštanih poremećaja, jer se u većini slučajeva problemi ne prepoznaju dok šteta već nije nastala, a to uzrokuje ekonomske probleme.

Drugi dio ovog rada bavi se uvođenjem OWAS metode i njezinom primjenom na konkretan problem. To je jedna od metoda za procjenu i analizu radnog položaja kako bi se osigurala sigurnost na radnom mjestu. OWAS metoda uzima u obzir držanje cijelog tijela, pružajući tako daljnji uvid u potrebne promjene u obavljanju radnih zadataka. Dijelovi tijela koji su važni za procjenu pomoću OWAS metode su dijelovi tijela koji su u pokretu, a to su: leđa, ramena, ruke, stopala, bedra, koljena i gležnjevi. Ova je metoda prikladna za ispitivanje ručnog rukovanja materijalom jer se njome mogu izravno izmjeriti i testirati radna stanja bez prekida postupka. Posljednji dio ovog rada bavi se analizom problema ručnog komisioniranja kutija iz poličnih regala. Kod ovog zadatka javlja se problem skladištena kutija s obzirom na dimenzije i masu kutija. S obzirom na 5 mogućih razina polica postavlja se pitanje na kojoj skladištiti kutije određenih masa, a sve s ciljem da razina rizika od ozljede bude minimalna.

Na kraju rada nalazi se zaključak.

2. ERGONOMIJA

Riječ ergonomija sastoji se od dviju grčkih riječi, *ergon*-rad i *nomos*-zakon. Ergonomija je znanstvena disciplina čiji je glavni predmet istraživanja ljudski rad. To je znanost ljudskog rada koja istražuje osobitosti i mogućnosti ljudskog organizma kako bi se otkrilo najprirodnije držanje ljudi u akciji. Mnoge discipline bave se područjima pokrivenim ergonomijom. Npr. fiziologija, antropologija, sociologija, psihologija, organizacija rada itd, [Slika 1]. Dobro poznavanje karakteristika i organizacije rada omogućava smještanje osobe na odgovarajuće radno mjesto. Nepravilno držanje tijela, loše mentalno stanje te bolesti utječu na produktivnost samog radnika. Glavni zadatak ergonomije je uspostaviti fizičku i mentalnu ravnotežu ljudi u životnom i radnom okruženju na takav način da se poboljšaju radni uvjeti, prilagode strojevi i alati potrebni za proizvodnju, a radne metode prilagode ljudima.



Slika 1.Prikaz područja djelovanja ergonomije [1]

Industrije sve više zahtijevaju veću produktivnost i tehnološki napredak da bi ostale konkurentne u svom poslu. To dovodi do poslova koji mogu uključivati:

- često podizanje, nošenje i guranje ili izvlačenje tereta
- sve veća specijalizacija zbog koje radnik obavlja samo jednu funkciju
- rad više od 8 sati dnevno
- rad bržim tempom.

Ti čimbenici u kombinaciji s lošim dizajnom strojeva, alata i radnih stanica ili upotrebom neprikladnih alata, mogu opteretiti radnike te dovesti do ozljeda. Da bi se spriječile ozljede, svi koji sudjeluju u podizanju teških predmeta ili ponavljajućim pokretima trebaju razumjeti i primijeniti ergonomska načela. Neke se ergonomske preporuke odnose samo na određena zanimanja, ali većina se odnosi na bilo koju industriju. Osnovni principi ergonomije su: [2]

- pravilo držanje
- briga o urednom rasporedu na radnom mjestu
- pravilno podizanje tereta
- oblikovanje radnog mjesta uz primjenu ergonomije
- obavljanje poslova u sigurnoj radnoj zoni
- guranje umjesto povlačenja, kad god je to moguće
- izvršavanje različitih zadataka.

Utvrđivanjem ergonomskih čimbenika rizika na radnom mjestu, zaposlenici mogu prevenirati ozljede mišićno-koštanog sustava prije nego što se pojave. Radnici koji se bave ponavljajućim zadacima trebali bi potražiti ergonomska rješenja. Ti zadaci uključuju tipkanje na tipkovnici, šišanje kose ili pritiskanje tipki na strojevima. Podizanje teškog tereta također je faktor rizika. Ljudi koji nose ili premještaju teške kutije mogu biti izloženi riziku od mišićno-koštanih poremećaja. Loše držanje također može stvarati probleme.

Znanost ergonomija i njezina primjena u prevenciji mišićno-koštanih poremećaja je od ključne važnosti. Bez primjene ergonomije na radnom mjestu javljaju se poremećaji mišićno-koštanog sustava koji smanjuju životni vijek radnika na radnom mjestu, što je štetno uglavnom za zaposlenika, ali i za poslodavca. Primjena ergonomije postiže se podizanjem svijesti o pojavi mogućih poremećaja među radnicima i upravnim tijelom.

2.1. Povijest pojave ergonomije

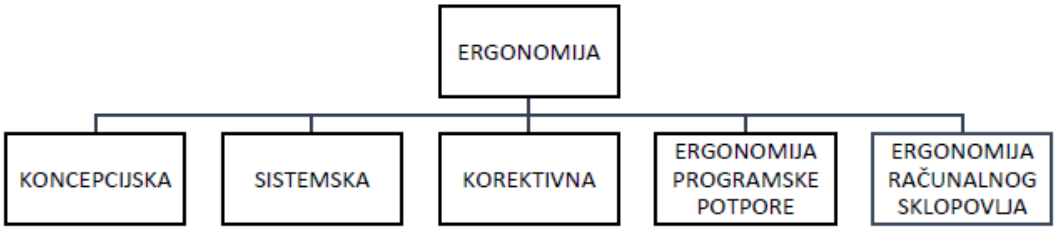
Preduvjet za pojavu ergonomije bio je brzi razvoj znanosti i tehnologije koji je utjecao na transformaciju čovjekove okoline i načina života. Ergonomija se pojavila kao znanstvena disciplina nakon Drugog svjetskog rata; prvi se put spominje 1949. godine kada je Hywel Murrell okupio skupinu engleskih stručnjaka koji su osnovali prvo Društvo za istraživanje ergonomije (eng. *Ergonomics Research Society*). Istodobno je osnovano Društvo ljudskih čimbenika u Sjedinjenim Državama i Međunarodno društvo za ergonomiju (IEA) u Švicarskoj 1961. Stručnjaci iz znanosti o radu imali su dominantnu ulogu u ergonomiji kao inženjerskoj disciplini. Krajem 1960-ih uveden je sustavni metodološki pristup ergonomskim istraživanjima. Budući da se ergonomija primjenjuje u vrijeme dizajniranja sustava, naziva se preventivnom ili konceptualnom ergonomijom. [3]

U Hrvatskoj je početkom 1970-ih skupina entuzijasta među kojima su bili: Dragutin Taboršak, Hubert Maver, Krsto Reichherzer, Mario Kovačević i Napoleon Hrvoj, nastojala uklopiti ergonomiju u sva područja društva. 1974. godine osnovano je ergonomsko društvo koje je omogućilo okupljanje i zajednički rad stručnjaka iz različitih područja te promoviralo ergonomiju putem medija i održavanja seminara. 1978. godine održana je prva konferencija Ergonomija u praksi - dizajn radnog mjesta u tvornici Rade Končar u Zagrebu, uz aktivno sudjelovanje Odjela za razvoj i proizvodnju proizvoda. [3]

Od 90-ih u Hrvatskoj se provodi mnoštvo istraživanja u okviru znanstvenih i stručnih projekata iz područja ergonomije. Danas se ergonomska načela primjenjuju u proizvodnji namještaja, kućanskih aparata, robe široke potrošnje, opreme za igrališta, u industriji strojeva, opreme i alata, a u oglašavanju proizvoda ergonomske značajke ističu se kao dodatni argument za kupnju i upotrebu. Niskopodni tramvaj i električni vlak zagrebačke tvrtke Končar primjeri su ugradnje ergonomije u proizvodnju, jer su ergonomska načela primijenjena u dizajnu interijera, vozačke kabine, sklopova za kontrolu signala itd. [3]

2.2. Podjela ergonomije

Ergonomija se može podijeliti na koncepcijsku, sistemsku, korektivnu, ergonomiju programske potpore i ergonomiju računalnog sklopovlja kao što prikazuje [Slika 2.].



Slika 2.Podjela ergonomije [1]

2.1.1. Koncepcijska ergonomija

Koncepcijska ergonomija bavi se dizajnom ergonomskih mjera na samim počecima dizajna radnog sustava. Stoga je ova vrsta ergonomije najvažnija. Zbog pravila "bolje spriječiti nego liječiti", nudi i najkorisnija rješenja.

Ova ergonomija uključuje zadatke za poboljšanje uvjeta života i rada u dva područja: [1]

a) područje humaniteta - potrebno je smanjiti opterećenje i opasnosti na radu, osigurati odmor, povećati zadovoljstvo i zanimanje za posao, učiniti rad ugodnijim
b) područje ekonomičnosti - potrebno je smanjiti sadržaj rada, povećati preciznost rada, ubrzati ritam rada, smanjiti radne zahtjeve i troškove, poboljšati razumijevanje informacija, olakšati donošenje odluka.

2.1.2. Sistemska ergonomija

Zadaća sistemske ergonomije je osigurati osnovno usklađivanje funkcija proizvodnog sustava. Vodi brigu o osobnim i strojnim funkcijama, u kojima čovjek u proizvodnom sustavu ne smije biti ni premalo ni previše opterećen. Sistemska ergonomija uzima u obzir ne samo neke dijelove sustava (npr. čovjek-stroj-okolina), već i cijeli sustav te uključuje sve dimenzije radnog sustava koje inženjer mora praktički realizirati, a to su: [1]

- dizajn radnog okruženja
- dizajn radnog područja
- dizajn radnog mjesta
- dizajn organizacije radnog sustava
- organizacija radnog procesa
- izbor i osposobljavanje zaposlenika.

2.1.3. Korektivna ergonomija

Ova vrsta ergonomije javlja se u kasnijem razdoblju realizacije ili korištenja radnog sustava. Budući da se zapravo radi samo o naknadnom ispunjavanju ergonomskih zahtjeva, mnogo je manje uspješna i istodobno puno skuplja od koncepcijske i sistemske ergonomije. Važna činjenica koja proizlazi iz korektivne ergonomije je to što je, budući da je učinkovita samo kada je sustav barem djelomično dovršen, podložna mnogim ograničenjima. Zanemarivanje ergonomskih načela u fazi razvoja i samo njihovo razmatranje u fazi uporabe može imati velike posljedice. Korektivne mjere temelje se na pouzdanom iskustvu, koje je skuplje, ali ga je lakše dobiti nego što bi bilo moguće u ranijoj fazi razvoja. [1]

2.1.4. Ergonomija programske potpore

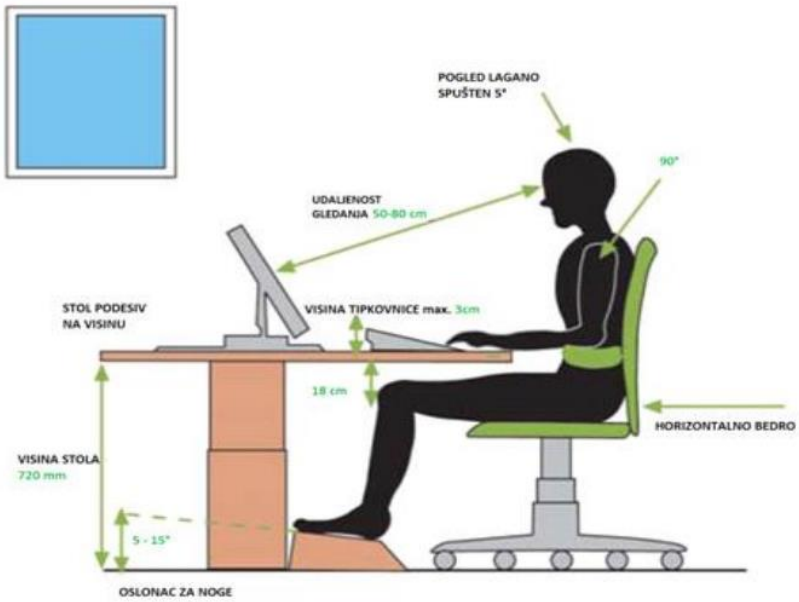
Općenito se bavi načelima i metodama dizajniranja i ocjenjivanja interaktivnog softvera (npr. softvera za rad, www, igre itd.). Ergonomija softverske podrške od velike je važnosti tako da osoba koja koristi softversku podršku ne bude previše ili premalo napeta. Programi koji nisu ergonomski dizajnirani mogu dovesti do psihološkog naprezanja (npr. stresa, frustracije) korisnika.

Ciljevi su joj: [1]

- optimizacija stresa tijekom uvođenja novih tehnologija
- poboljšanje prihvaćanja ove tehnologije
- poboljšanje radne komunikacije
- razvoj osobnosti.

2.1.5. Ergonomija računalnog sklopovlja

Klasična ergonomija zapravo je hardverska ergonomija koja se ne bavi radnim sadržajem, već u užem smislu s tehničko-fizičkim komponentama računalnog sustava, kao što su vrsta i raspored zaslona i tipkovnice, [Slika 3.]. U širem smislu, bavi se izravnim i neizravnim okolnostima ovog sustava, na primjer tiče se konstrukcije mjesta na kojem se uređaj nalazi, dimenzijskih karakteristika, parametara stola i stolica. [1]



Slika 3.Ergonomija računalnog sklopovlja [1]

2.3. Vrste ergonomije

Razlikujemo 3 vrste ergonomije: [4]

a) fizička ergonomija - bavi se anatomskim, antropometrijskim, fiziološkim i biomehaničkim karakteristikama ljudi u odnosu na tjelesnu aktivnost
b) kognitivna ergonomija - usredotočuje se na mentalne procese kao što su percepcija, pamćenje, motorički odgovor i njihovi učinci na ljudsku interakciju s ostalim elementima sustava
c) organizacijska ergonomija - odnosi se na optimizaciju socijalno -tehničkih sustava, uključujući njihovu organizaciju, pravila i procese.

2.3.1. Fizička ergonomija

Glavni cilj fizičke ergonomije je povećati udobnost, smanjiti bol i učestalost mišićno-koštanih poremećaja. Stoga se bavi dizajniranjem sustava koji minimalizira fizički stres i definira ljudske sposobnosti, ljudsku logiku i rasuđivanje.

Fizička ergonomija bavi se anatomskim, antropometrijskim, psihološkim i biomehaničkim karakteristikama ljudi u njihovom odnosu prema tjelesnoj aktivnosti, kao što su: stav prema poslu, rukovanje materijalima, česte ozljede uslijed kretanja, mišićno-koštani poremećaji, organizacija radnog mjesta, sigurnost i zdravlje. [4]

a) Stavovi o radu

Na stavove prema poslu utječu brojni čimbenici, od kojih su mnogi izvan kontrole menadžmenta. Stavovi su vrlo uporni i teško ih je promijeniti. Na stavove utječe percepcija zaposlenika i stoga mala promjena u radu utječe na veliku promjenu u stavu prema poslu.

Stavovi zaposlenika prema promjenama, organizaciji i radu mogu pozitivno ili negativno utjecati na promjene u konceptu upravljanja ljudskim resursima. Pozitivan odnos postoji kada se proces promjene prihvati kao osnova za uspješan poslovni i organizacijski razvoj, kada se pokrene promjena, kada postoji interes zaposlenika da bude uključen u proces stvaranja promjene i kada se prihvaćene promjene dosljedno primjenjuju. Otpor promjenama negativan je stav koji se u praksi očituje na različite načine.

b) Rukovanje materijalima

Rukovanje materijalom uključuje rukovanje materijalom u skladištu i u pogonu. Često uključuje rizik od mogućih ozljeda tijekom rada. Ručno rukovanje materijalom odnosi se na bilo koji ručni zadatak u kojem ljudsko tijelo izvršava zadatak i uključuje podizanje, spuštanje, guranje, povlačenje, nošenje i držanje.

c) Ozljede uslijed jednakih pokreta

Bolesti povezane sa radom spadaju u skupinu nespecifičnih profesionalnih bolesti. U nekim se profesionalnim skupinama određene bolesti javljaju s većom učestalošću, zbog čega se nazivaju "profesionalnim bolestima". To su, na primjer, zanimanja u kojima se izvode aktivnosti koje zahtijevaju izvođenje složenih, brzih ili ponavljajućih identičnih pokreta.

d) Mišićno-koštani poremećaji

Neprirodno i prisilno držanje na poslu, stajanje ili sjedenje, saginjanje ili čučanje, klečanje i ležanje vrlo su nepovoljni jer dovode do statičke napetosti mišića. Mišićno-koštani simptomi i poremećaji su oštećenja mišića, zglobova, tetiva, ligamenata, živaca, kostiju i lokalne cirkulacije krvi koja se često javlja u neprikladnim i neergonomskim položajima.

Simptomi ovog poremećaja uključuju: lokalne simptome mišića i zglobova (oticanje, bol ili osjetljivost, crvenilo, trnci, bljedilo, stezanje ili ukočenost), opći simptomi (umor, bol, ograničena pokretljivost) i ozljede mišićno-koštanog sustava.

e) Organizacija radnog prostora

Dizajn radnog prostora ima za cilj stvoriti poticajne radne uvjete i poboljšati kreativnost zaposlenika. U dizajniranju radnog prostora možemo računati na prilagodljivost čovjeka. Stoga, dizajn radnog prostora mora uzeti u obzir antropometrijska mjerenja, tj. dimenzije ljudi koji će raditi u određenim radnim prostorima, kao i mnoštvo drugih mjera.

f) Zaštita zdravlja i sigurnosti

Sigurnost i zdravlje na radu disciplina je koja se bavi poboljšanjem uvjeta rada i radne okoline, sprečavanjem ozljeda, profesionalnih bolesti i bolesti povezanih s radom te zaštitom i poboljšanjem zdravlja radnika.

2.3.2. Kognitivna ergonomija

Kognitivna ergonomija bavi se mentalnim procesima poput percepcije, pamćenja, zaključivanja i motoričke kontrole te promatra utjecaj interakcija procesa s ostatkom promatranog sustava. Proces kojim se ljudi orijentiraju na pojave i stvari vanjskog svijeta naziva se kognitivnim procesom, on se sastoji od: osjetila, percepcije, učenja, razmišljanja i sjećanja.

Osjeti su odraz određenih svojstava predmeta i pojave vanjskog svijeta u našoj svijesti. Percepcija ili opažanje je postupak koji senzornim informacijama daje značenje, povezuje prošla i trenutna iskustva. [4]

Značajni predmeti opažanja u organizacijama su: [4]

- opažanje radne uspješnosti
- opažanje organizacijskih uloga
- opažanje osobnosti
- opažanje pojedinih grupa ili kategorija članova organizacije.

Percepcija uključuje traženje, stjecanje i obradu informacija. Ljudi dobivaju podražaje iz okoline kroz svojih pet osjetila: okus, miris, sluh, vid i dodir. Učenje stjecanja novih navika, znanja i iskustava je sjećanje. Memorija je sposobnost uzimanja, zadržavanja i korištenja podataka. Važno je za ljudska bića, za njihov razvoj i identitet. Razmišljanje je mentalni proces koji karakterizira zaključivanje, odnosno razumijevanje uzročno-posljedičnih veza između različitih pojmova. [4]
Motoričke sposobnosti igraju važnu ulogu u kretanju cijelog tijela. Izvodimo pokrete koristeći glatke, velike i male prugaste mišiće koji omogućuju statične i dinamične pokrete tijela, poput držanja glave, sjedenja, stajanja, hodanja, penjanja i sličnih pokreta. Motoričke sposobnosti su sposobnost obavljanja motoričkih aktivnosti u odnosu na fizičke parametre (prostor, vrijeme, sila) i mogu biti: [4]

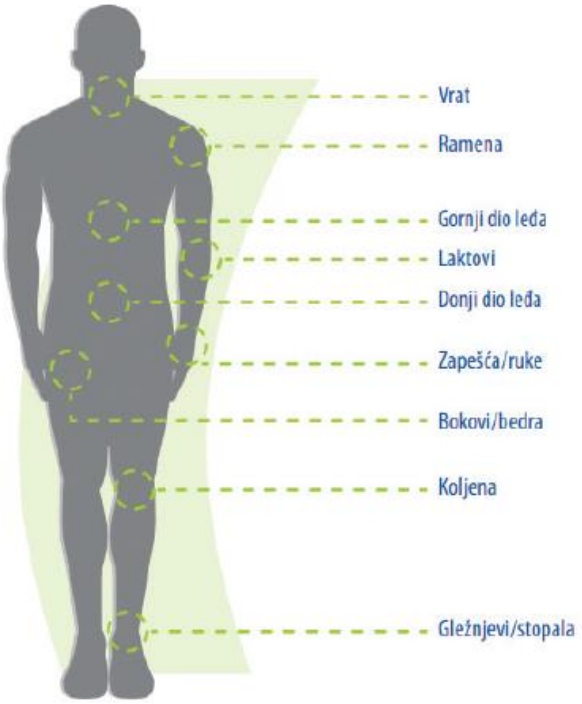
a) primarne motoričke vještine - koordinacija, brzina, preciznost, ravnoteža, snaga, fleksibilnost
b) sekundarne motoričke vještine - sposobnost regulacije pokreta (izvođenje pokreta u prostoru i vremenu) i sposobnost regulacije energije (za optimalno korištenje energije u aktivnostima).

2.3.3. Organizacijska ergonomija

Organizacijska se ergonomija bavi optimizacijom socijalno-tehničkih sustava, odnosno pristup koji ispituje interakcije između ljudi, tehnologije i radnog mjesta, uključujući njihove organizacijske, političke i proceduralne strukture. Neke od ključnih aktivnosti organizacijske ergonomije su: komunikacija, upravljanje resursima tehničkog tima, organizacija rada, rasporedi rada, timski rad, sudjelovanje, ergonomija zajednice, suradnja, nove radne paradigme, virtualna organizacija, rad na daljinu i upravljanje kvalitetom. Teme kojima se bavi organizacijska ergonomija su optimizacija radnog vremena, upravljanje resursima, uspostavljanje procesa poput organizacije rada na daljinu i učinkovito upravljanje kvalitetom. [4]

2.4. Mišićno-koštani poremećaji

Poremećaji mišićno-koštanog sustava (eng. *musculoskeletal disorders* ili MSD) povezani s radom zahvaćaju leđa, vrat, ramena, gornje i donje ekstremitete, [Slika 4.]. Uključuju oštećenja ili poremećaje povezane sa zglobovima ili drugim tkivima. Simptomi se kreću od blage boli i disfunkcije do teških stanja koja zahtijevaju bolovanje ili liječenje. Većina mišićno-koštanih poremećaja razvija se s vremenom. Obično ne postoji jedan uzrok mišićno-koštanih poremećaja.

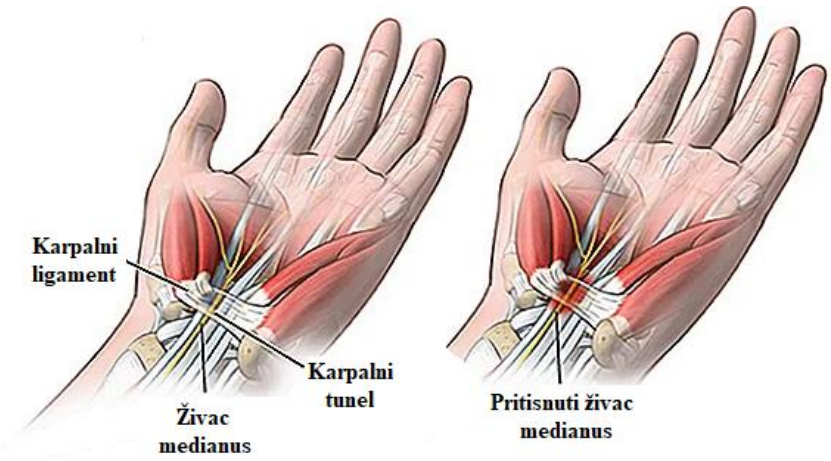


Slika 4.Prikaz dijelova tijela koji su obično zahvaćeni MSD-om [5]

Najčešći primjeri mišićno-koštanih poremećaja su:

a) Sindrom karpalnog tunela

Sindrom karpalnog kanala ili tunela najčešće je mjesto gdje je živac pritisnut u ljudskom tijelu. Sindrom se javlja u opskrbnom području srednjeg živca(medianusa) koji ima osjetne i motoričke funkcije, [Slika 5.]. Na dijagnozu upućuju simptomi, a potvrđuje se mjerenjem živčane provodljivosti. Liječenje se sastoji iz ergonomskih preinaka, imobilizacije, a ponekad i kirurškog zahvata. [6]



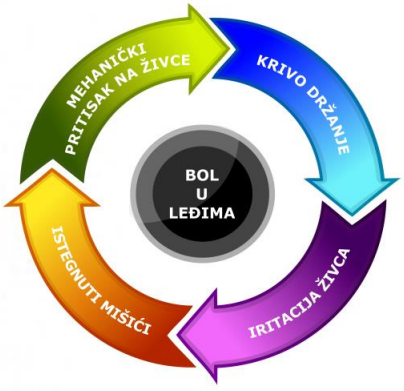
Slika 5.Prikaz normalnog i pritisnutog živca medianusa [6]

b) Tendinitis

Tendinitis je upala tetive. Tetivu tvore vezivne niti čvrstog tkiva koji povezuju mišiće s kostima. Tendonitis je češći u srednjoj i starijoj životnoj dobi jer su tetive tada podložnije ozljedama. Međutim, to se događa i kod mlađih ljudi koji energično vježbaju i kod ljudi koji ponavljaju određene radnje. Tetive u šaci posebno su sklone upalama (upala tetive koja se proteže ili pomiče palac). Tendonitis iznad mišića nadlaktice uzrokuje bol pri savijanju lakta i rotaciji podlaktice. Tetive gornjeg dijela stopala također su često zahvaćene upalom. Najčešći simptom je jaka bol pri kretanju i dodiru. [7]

c) Ozljede leđa

Postoji niz različitih uzroka bolova u leđima, a najčešći su prekomjerni i neredoviti tjelesni napori koji premašuju snagu mišića leđa. To može biti naporan fizički rad, nepravilno držanje tijela nekoliko sati, a nelagodu redovito uzrokuju opušteni ili prenategnuti mišići. Previše napeta tkiva mogu se u trenutku stisnuti i postati izuzetno tvrda i bolna regija s iznenadnom oštrom i jakom boli. Bolovi u leđima također se mogu javljati postupno s osjećajem nelagode koji se postupno povećava na sve jače bolove. Na [Slika 6.] prikazan je proces razvoja bolova u leđima. [8]



Slika 6.Proces nastanka boli u leđima [8]

Svi poremećaji mišićno-koštanog sustava imaju različite uzroke i manifestacije. Ergonomija se obično usredotočuje na sprečavanje ozljeda na radnom mjestu, ali mišićno-koštani poremećaji mogu se pojaviti u bilo kojem okruženju. Teško dizanje i ponavljajući pokreti najčešći su uzročnici mišićno-koštanih poremećaja na radnom mjestu. Ergonomska prilagodba radnih rutina može spriječiti ove poremećaje.

2.4.1. Uzroci MSD-a povezanim s poslom

Mišićno-koštani poremećaji povezani s poslom javljaju se kada se fizičke mogućnosti radnika ne podudaraju s fizičkim zahtjevima posla. Prekomjerna izloženost ergonomskim čimbenicima rizika može štetno djelovati na tijelo radnika i dovesti do MSD-a. Ovi zdravstveni problemi imaju posljedice za radnike, ali i za tvrtke koje imaju višu razinu odsutnosti radnika zbog bolesti što rezultira smanjenjem produktivnosti.

Stanja koja će vjerojatno prouzročiti mišićno-koštane poremećaje uključuju sljedeće: [9]

- Vršenje prekomjerne sile
- Pretjerano ponavljanje pokreta koji nadražuju tetive i povećavaju pritisak na živce
- Neugodni položaji i položaji koji prelaze fizičke granice, mogu pritisnuti živce i nadražiti tetive
- Statički položaji ili dugo držanje u istom položaju, mogu ograničiti protok krvi i uzrokovati oštećenje mišića
- Kretanje, poput povećane brzine ili ubrzanja pri savijanju i uvijanju, može povećati količinu sile koja djeluje na tijelo
- Kompresija, zahvaćajući oštre rubove poput ručica alata, može koncentrirati silu na mala područja tijela, reducirati protok krvi i živčani prijenos, te oštetiti tetive i tetivne ovojnice
- Neadekvatno vrijeme oporavka zbog prekovremenih sati, nedostatak pauza i neuspjeh u mijenjanju zadataka može ostaviti nedovoljno vremena za popravak tkiva
- Pretjerane vibracije, obično od vibracija alata, može smanjiti protok krvi, oštetiti živce i pridonijeti umoru mišića
- Vibracije cijelog tijela, od vožnje kamiona ili podzemne željeznice, mogu utjecati na skeletne mišiće i uzrokovati bolove u leđima
- Rad na hladnim temperaturama može negativno utjecati na koordinaciju i spretnost radnika te ga navesti da koristi više sile nego što je potrebno za izvršenje zadatka

Mnogi čimbenici rizika međusobno djeluju, uključujući fizičke i biomehaničke, organizacijske i psihosocijalne i pojedinačne čimbenike. Oni mogu igrati presudnu ulogu u pojavi i prevalenciji MSD-a, kao i drugih zdravstvenih problema. [10]

Fizički i biomehanički čimbenici rizika mogu uključivati: [10]

- podizanje, nošenje i guranje ili povlačenje tereta
- ponavljajući pokreti ili nasilni pokreti
- duži fizički napor
- neobično i statično držanje tijela
- vibracije koje se prenose na ruke ili na cijelo tijelo
- hladnoća ili prekomjerna vrućina
- prejaka buka
- loš raspored radnog prostora.

Organizacijski i psihosocijalni faktori rizika mogu uključivati: [10]

- puno zahtjevnih zadataka
- predugo radno vrijeme
- ograničenost radnog mjesta
- nejasni zadaci
- radni zadaci koji se ponavljaju u kratkom vremenu
- loša radna atmosfera.

Pojedinačni čimbenici rizika mogu uključivati: [10]

- povijest bolesti
- kondiciju
- način života i navike.

Simptomi mišićno-koštanog poremećaja često su popraćeni subjektivnim pritužbama, što otežava utvrđivanje težine bolesti. Mišićno-koštane poremećaje karakteriziraju simptomi kao što su bol, nelagoda, utrnulost, slabost ili gubitak snage i koordinacije ruku, gubitak pokretljivosti prsta, osjećaj peckanja, lagani pokreti, ukočenost, crvenilo, oteklina, vrućina i bol koja vas drži budnima usred noći.

2.5. Pravilno rukovanje teretom

Ergonomske opasnosti među uobičajenim su opasnostima na radnom mjestu, a osim radnika koji ih moraju biti svjesni i zaštititi se, poslodavci moraju ozbiljno shvatiti i ergonomske opasnosti. Mišićno-koštani poremećaji obično uzrokuju da poslodavci imaju troškove, bilo izravno ili putem osiguranja radnika. Moraju se nositi i s gubitkom pune radne sposobnosti svojih radnika jer radnici obično uzimaju bolovanje zbog poremećaja mišićno-koštanog sustava. Svako opasno ručno rukovanje teretom treba, što je više moguće, izbjegavati. Ako se mora dogoditi opasno ručno rukovanje teretom, prvo se mora izvršiti procjena rizika. Rizik od ozljeda ručnim rukovanjem teretom mora se smanjiti prije izvođenja zadatka, a to je moguće postići na sljedeći način: [11]

- smanjenjem težine pojedinačnih tereta
- povećanjem broja radnika
- dijeljenjem težine tereta između pakiranja
- vučenjem tereta umjesto nošenjem, guranjem umjesto povlačenjem
- promjenom rasporeda radnog područja
- smanjivanjem vodoravne i okomite udaljenosti prilikom podizanja ili skraćivanjem duljine puta prilikom nošenja, guranja ili povlačenja
- izmjenjujući teške zadatke s lakšima kako bi se spriječio umor
- smanjivanjem broja naglih pokreta tijela prilikom rukovanja teretima
- smanjivanjem tempa rada i poboljšanjem radnog okruženja
- uvođenjem ergonomskog dizajna radnog mjesta.

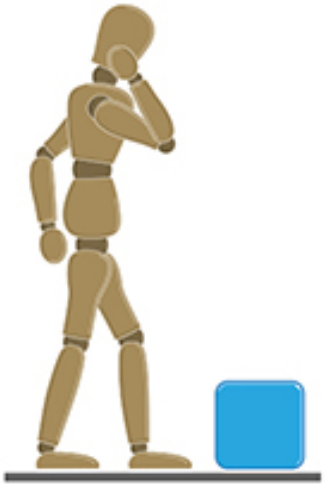
2.5.1. Ručno podizanje tereta

Ručno rukovanje teretom sastavni je dio mnogih poslova, iako se to možda čini jednostavnim zadatkom, zapravo je jedan od glavnih uzroka nesreća i zdravstvenih problema na radnom mjestu povezanih s bolovima u leđima. Ručno rukovanje je izraz koji se odnosi na niz različitih aktivnosti koje uključuju pomicanje ili podupiranje tereta tijelom ili rukama. To može uključivati podizanje, guranje, spuštanje, nošenje, vučenje ili transport tereta. Postoje neke tehnike za ručno podizanje tereta koje zaposlenicima mogu pomoći u izbjegavanju mišićno-koštanih poremećaja. Poslodavci i djelatnici zaštite na radu također moraju biti svjesni ove tehnike i o njima obavijestiti svoje radnike. Držanje, podizanje i nošenje predmeta ispravnom tehnikom neophodno je za sprječavanje ozljeda ili naprezanja. Najveći faktor rizika ručnog rukovanja teretom jest taj što često u početku ne osjećate kada se naprežete ili preopterećujete tijelo, pa je do trenutka kada je problem utvrđen šteta već nanesena.

Postupak podizanja tereta po koracima: [12]

a) Odredi teret

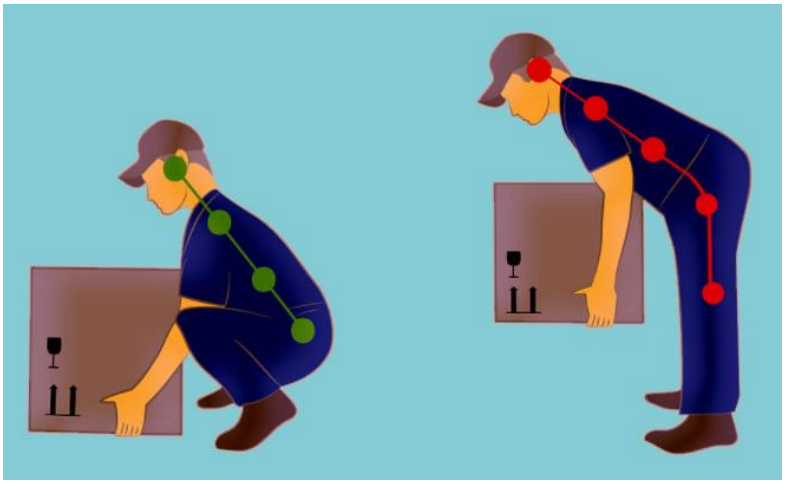
Da bi se ručno podigao teret, prvo treba utvrditi je li teret čvrst ili tekući, [Slika 7.]. Spremnik s tekućim teretom će se teže podići i pomaknuti. Njegova se težina može mijenjati dok se nosi i treba paziti da se teret ne naginje dok se pomiče. Ako je teret čvrst, prije podizanja potrebno je provjeriti ima li labavih ili pokretnih dijelova. Nesigurni dio može promijeniti težinu i pasti.



Slika 7.Određivanje tereta [13]

b) Procijeniti masu

Treba pokušati polako pomaknuti jedan kut tereta kako bi se približno procijenila njegova masa, [Slika 8.]. Ako se teret ne može pomaknuti u potpunosti, trebaju ga podići barem dvojica. Podizanje neočekivano teškog tereta može povećati aktivaciju mišića, istezanje ligamenata, može uzrokovati bol u leđima te gubitak ravnoteže. Stoga, da bi se ručno podigao teret, treba pažljivo procijeniti njegovu masu.



Slika 8.Procjena mase tereta [12]

c) Zauzeti položaj ispred tereta

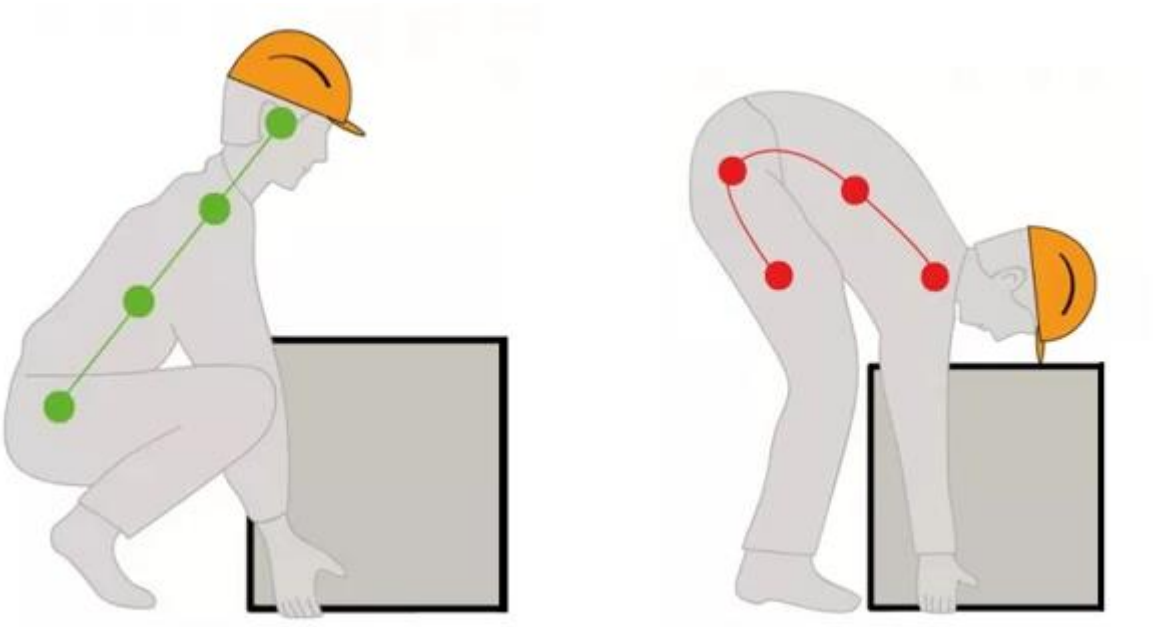
Zauzeti položaj ispred tereta na udaljenosti od gotovo 30 cm. Ako je teret za podizanje duguljast, za učinkovitu raspodjelu težine zauzeti položaj ispred druge stranice. Noge trebaju biti malo šire od širine ramena. Staviti jedno stopalo ispred drugog, [Slika 9.].



Slika 9.Položaj stopala ispred tereta [13]

d) Saviti koljena i držati leđa uspravna

Saviti koljena i stegnuti trbušnjake, [Slika 10.]. Stegnuti trbušnjaci pomažu u držanju leđa uspravno. Preporuča se da uvijek budu savijena koljena prilikom podizanja bilo čega jer to štiti leđa pomažući u održavanju ravnoteže i pušta mišiće u nogama da odrađuju dizanje.



Slika 10. Pravilno i nepravilno držanje prije podizanja tereta [14]

e) Uzeti teret

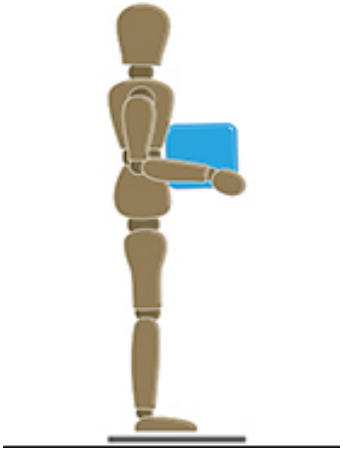
Prvo treba pronaći čvrste rukohvate za koje se lako može držati teret da ne sklizne iz ruku. Zgrabiti teret blizu dna ili najteže točke da se može bolje kontrolirati. Dok se diže teret, uvijek držati leđa uspravna. Nikada ne pokušavati teret podići jednom rukom. Na [Slika 11.] je prikazano kako pravilno podići teret.



Slika 11. Pravilno podizanje tereta [12]

f) Ispraviti noge

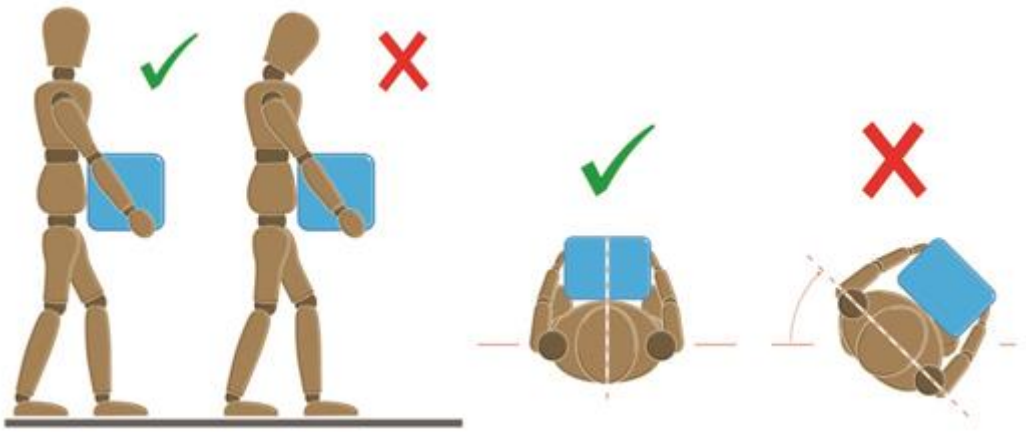
Prilikom ispravljanja nogu, držati leđa uspravno, a torzo blizu tereta, [Slika 12.]. Upotrijebiti samo mišiće nogu kako bi se uspravile noge i podigao teret, a leđa nikada savijati. Loše podizanje tereta jedan je od čestih uzroka bolova u križima i vratu.



Slika 12. Držanje tijela nakon podizanja tereta [13]

g) Hodati polako

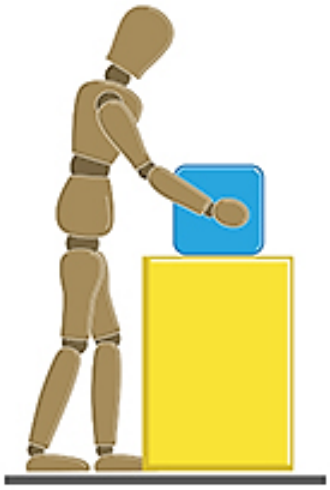
Kada se ručno podiže teret, bilo bi bolje držati noge lagano savijene kako bi se izbjegao gubitak ravnoteže. Treba hodati polako, ne okrećući leđa, malim koracima i gledati ispred sebe, umjesto da se gleda teret, [Slika 13.].



Slika 13. Pravilno držanje tijela prilikom nošenja tereta [13]

h) Odložiti teret

Kada se dođe do odredišta na koje se mora odložiti teret, prvo treba saviti koljena polako u čučanj, a zatim teret polako staviti na tlo ili na za to predviđeno mjesto, [Slika 14.]. Ne zaboraviti uvijek držati leđa u uspravnom položaju



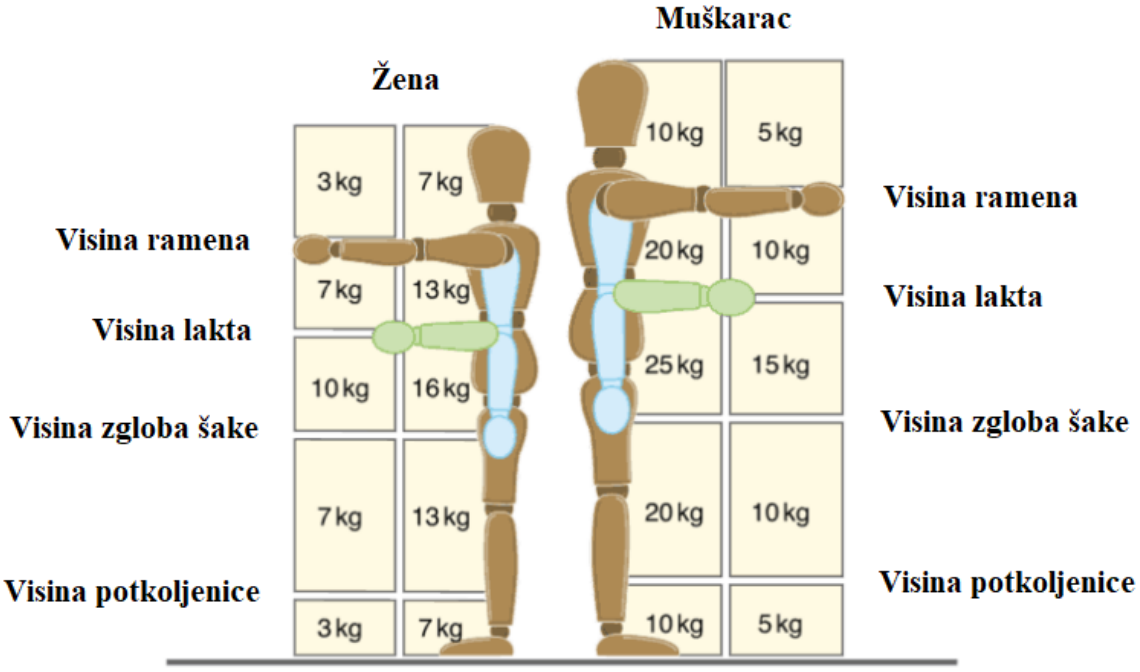
Slika 14. Odlaganje tereta [13]

2.5.2. Maksimalna masa koja se smije podići

Ne postoji zakonska maksimalna masa za dizanje za one koji rukuju teškim teretima na radnom mjestu. To je zato što dizanje tereta bilo koje težine može dovesti do ozljeda ako se njima rukuje neispravno, ovisno o opterećenju i tjelesnoj sposobnosti osobe koja njime rukuje. Odluka o odgovarajućem ograničenju težine ručnog rukovanja odgovornost je poslodavca, koji bi trebao upravljati i kontrolirati rizik od ozljeda uslijed dizanja odlučujući o tome koliku maksimalnu težinu trebaju nositi zaposlenici i koliko često. [15]

Na primjer, ako osoblje rijetko mora dizati teške terete, tada će moći podnijeti veću težinu, dok bi oni koji cijeli dan dižu teške terete trebali imati nižu granicu težine kako bi izbjegli naprezanje i ozljede.

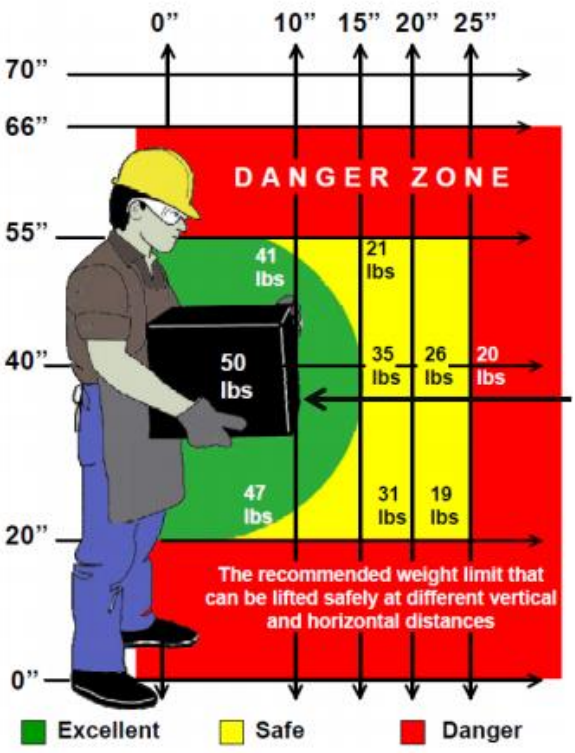
Predlažu se preporuke za ručno dizanje ograničenja dizanja koje utvrđuju smjernice za sigurno maksimalno dizanje tereta zaposlenih. Zakonske smjernice za ručno rukovanje sugeriraju da je maksimalna sigurna masa za dizanje za ženu 16 kg, a maksimalna sigurna masa za dizanje za muškarce 25 kg, [Slika 15.]. Te se preporuke mijenjaju ovisno o visini na koju se teret podiže i načinu na koji se nosi teret. [15]



Slika 15. Preporučene mase za ručno dizanje [15]

2.5.3. Zone rizika kod rukovanja teretom

Ergonomija je prisutna kod svakog radnog mjesta, bilo da se radi o uredskom poslu ili o nekim fizičkim poslovima. Pojam ergonomija može se definirati i kao proučavanje nečije učinkovitosti na njegovom radnom mjestu. Tvrtke sve više traže pravilnu ergonomiju na radnom mjestu kako bi povećale produktivnost i održale svoje zaposlenike zdravima. One upućuju svoje zaposlenike na tehnike dizanja tereta i na zadržavanje u svojoj sigurnoj radnoj zoni. Sigurna radna zona je područje oko tijela koje je najsigurnije mjesto na kojem možete postići maksimalnu snagu i ravnotežu prilikom podizanja predmeta, [Slika 16.]. Ostanak u sigurnoj radnoj zoni jako je bitan za zaposlenike koji moraju dizati teške predmete cijeli dan. [16] Na primjer, radnik koji radi u tvornici koja od njega zahtijeva da cijeli dan podiže teški teret na transportnu traku. Teret koji podiže nalazi se na podu dok mu je transportna traka vrlo visoko od tla. Potkraj dana ovaj se radnik osjeća iscrpljeno i nije u mogućnosti dovršiti posao. Ukoliko bismo intervenirali i koristili odgovarajuću ergonomiju, možemo povećati produktivnost smještanjem u sigurnu radnu zonu. Neki od načina na koje možemo manipulirati njegovim radnim područjem su spuštanje transportne trake na odgovarajuću visinu podizanja ili pomoću dizala podizati teret s tla, dok bi uloga radnika bila da teret prebacuje na transportnu traku.



Slika 16. Radne zone [16]

2.6. Pregled najčešće korištenih metoda za analizu procjene rizika

Na temelju istraživanja i pritužbi na mišićno-koštani poremećaj, znanstvenici i istraživači u raznim zemljama razvili su različite metode procjene položaja prilikom rada temeljenih na svakom pokretu tijela u istraživanju mišićno-koštanih poremećaja kako bi se stvorio siguran, udoban i zdrav radni sustav tijekom rada. U [Tablica 1.] prikazane su metode koje se najčešće koriste.

Tablica 1. Pregled najčešće korištenih metoda za analizu položaja tijela pri radu [1]

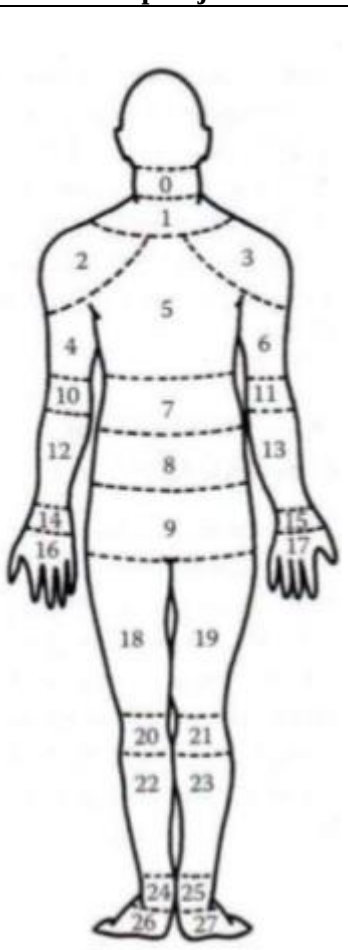
R.b.	Metoda	Fokus	Način primjene	Brzina provođenja	Troškovi	Složenost	Napomena
1.	**OWAS**	cijelo tijelo	preglednica	dugotrajno	obrazovanje	brzo učenje	preventivno, subjektivno
2.	**MODAPTS**	cijelo tijelo	ocjenjivanje	brzo	jeftino	jednostavno	subjektivna procjena
3.	**PLIBEL**	mišićno-koštano opterećenje; 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; sljedeći zadaci	dijagrami 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 vrijednosti; 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

2.7. Nordijske karte tijela (NBM)

Informacije koje su korisne prije provedbe neke metode dobiju se iz Nordijskih karata tijela, [Tablica 2.]. To su podaci o stanju radnika na njegovom radnom mjestu i točni dijelovi tijela koji su u preopterećenju. Zbog postupka provedbe OWAS metode bitno je da se zna u kojoj fazi radnog vremena će se provesti snimanje radnika.

Nordijska karta tijela (eng. *Nordic body map*) karta je tijela koja može identificirati dijelove mišića ili zglobova. Karte su rezultat žaljenja radnika na različitim poslovima. NBM je dijelove tijela podijelio na brojeve od 0 do 27 koji pokrivaju cijelo tijelo. Na karti se nalazi skala označena slovima A, B, C i D koja predstavlja razinu mišićno-koštanog poremećaja. Razina A znači da nema boli, B da je bol umjerena, C da je bol jaka i D da je intenzivna. Svrha popunjavanja upitnika NBM-a je pronaći dijelove mišića koji imaju razinu boli u rasponu od nelagode do veoma jake boli. Ove karte se obično koriste u kombinaciji s nekom ergonomskom metodom i to prije provedbe metode zato što pomoću tih karata dobivamo informaciju postoji li bol u nekom dijelu tijela. [17]

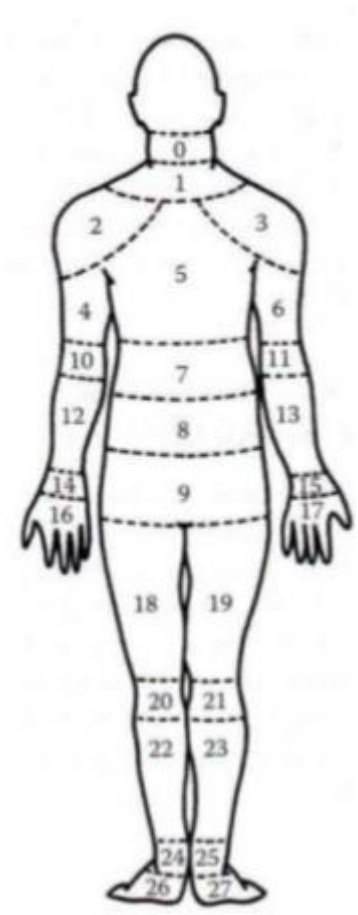
Tablica 2. Nordijska karta tijela (NBM) [17]

Br.	Lokacija	Stupanj pritužbi				Mapa tijela
		A	B	C	D	
0	bol u gornjem dijelu vrata					
1	bol u donjem dijelu vrata					
2	bol u lijevom ramenu					
3	bol u desnom ramenu					
4	bol u lijevoj nadlaktici					
5	bol u leđima					
6	bol u desnoj nadlaktici					
7	bol u struku					
8	bol u gornjem dijelu stražnjice					
9	bol u donjem dijelu stražnjica					
10	bol u lijevom laktu					
11	bol u desnom laktu					
12	bol u lijevoj podlaktici					
13	bol u desnoj podlaktici					
14	bol u lijevom ručnom zglobu					
15	bol u desnom ručnom zglobu					
16	bol u lijevoj šaci					
17	bol u desnoj šaci					
18	bol u lijevom bedru					
19	bol u desnom bedru					
20	bol u lijevom koljenu					
21	bol u desnom koljenu					
22	bol u lijevom listu					
23	bol u desnom listu					
24	bol u lijevom gležnju					
25	bol u desnom gležnju					
26	bol u lijevom stopalu					
27	bol u desnom stopalu					

2.8. Bodovanje nordijskih karata tijela (NBM)

Pri popunjavanju NBM-a, [Tablica 3.] stavljaju se kvačice na dio tijela u kojem postoji neka bol. Rezultatima upitnika pridružuju se težine prema razini boli. Razina A dobiva težinu 1, B težinu 2, C težinu 3 i D težinu 4. Težine će se pomnožiti s brojem radnika koji odaberu jednu razinu po izboru tako da dobiju bodove za bol na svakom dijelu tijela. Dio tijela koji dobije najvišu ocjenu prioritet je za promjene. [18]

Tablica 3. Primjer popunjene Nordijske karte tijela (NBM) [18]

Br.	Lokacija	Stupanj pritužbi				Mapa tijela
		A	B	C	D	
0	bol u gornjem dijelu vrata			✓		
1	bol u donjem dijelu vrata		✓			
2	bol u lijevom ramenu		✓			
3	bol u desnom ramenu				✓	
4	bol u lijevoj nadlaktici	✓				
5	bol u leđima				✓	
6	bol u desnoj nadlaktici			✓		
7	bol u struku		✓			
8	bol u gornjem dijelu stražnjice			✓		
9	bol u donjem dijelu stražnjica	✓				
10	bol u lijevom laktu	✓				
11	bol u desnom laktu		✓			
12	bol u lijevoj podlaktici			✓		
13	bol u desnoj podlaktici			✓		
14	bol u lijevom ručnom zglobu		✓			
15	bol u desnom ručnom zglobu			✓		
16	bol u lijevoj šaci				✓	
17	bol u desnoj šaci			✓		
18	bol u lijevom bedru			✓		
19	bol u desnom bedru				✓	
20	bol u lijevom koljenu			✓		
21	bol u desnom koljenu			✓		
22	bol u lijevom listu			✓		
23	bol u desnom listu			✓		
24	bol u lijevom gležnju		✓			
25	bol u desnom gležnju		✓			
26	bol u lijevom stopalu			✓		
27	bol u desnom stopalu			✓		
UKUPNI BODOVI		3	7	14	4	75

$$UK = a * 1 + b * 2 + c * 3 + d * 4 \quad \textbf{(2.1)}$$

$$UK = 3 * 1 + 7 * 2 + 14 * 3 + 4 * 4$$

$$UK = 75$$

gdje je:

- UK - bodovi za pojedinog radnika
- a, b, c, d - zbroj odabranih polja za pojedini stupanj pritužbi.

U [Tablica 3.] je prikazan popunjen upitnik NBM-a jednog radnika kojeg je popunio za svoje radno mjesto. Npr. ako bi upitnik popunilo više radnika koji rade na istom radnom mjestu, mogli bi se usporediti njihovi rezultati i vidjelo bi se u kojem se dijelu tijela pojavljuje najveća bol i gdje su potrebne promjene. Iz jednadžbe 2.1. vidljivo je kako doći do konačnih bodova za pojedinog radnika.

3. OWAS (OVAKO WORKING POSTURE ASESSMENT SYSTEM) METODA

Jedna od metoda procjene i analize radnog položaja kako bi se osigurala sigurnost i udobnost u radu je OWAS (eng. *Ovako Working Posture Asessment System*) metoda. OWAS metoda je jednostavna metoda za provjeru razine sigurnosti koja se odnosi na radno držanje te za procjenu razine rizika koja dovodi do korektivnih mjera. OWAS metoda može definirati kretanje svih dijelova tijela i dati uvid u promjene za sigurniji i ugodniji osjećaj tijekom rada. Ova metoda je prikladna za ispitivanje ručnog rukovanja materijalom zato što se metodom može izravno izmjeriti i ispitati stanje rada bez prekidanja procesa. OWAS metoda razvijena je 1970.-ih godina u tvrtki Ovaco, privatna tvrtka koja se bavi proizvodnjom čelika u Finskoj. Razvili su je O. Karhu i njegova grupa, na finskom Laboratoriju za zaštitu na radu, ispitivanjem učinka radnog položaja na zdravstvene probleme poput bolesti leđa, vrata, ramena, nogu itd. Ova metoda osmišljena je kao alat za utvrđivanje koji bi položaji tijela mogli biti odgovorni za probleme s mišićima. Njezina svrha je poboljšati zdravstveno stanje radnika prilikom obavljanja rada uz istovremeno poboljšanje učinkovitosti. [19]

OWAS metoda pruža informacije o držanju radnika na radnom mjestu kako bi se mogla provesti procjena rizika od nezgoda za ljudsko tijelo. Dijelovi tijela koji se smatraju bitnim prilikom procjene OWAS metodom su oni dijelovi tijela koji su u pokretu, a to su: leđa, ramena, ruke, stopala, bedra, koljena i gležnjevi. Ova metoda brzo prepoznaje radne stavove koji mogu prouzročiti nesreće. Mišićno-koštani sustav je od velike važnosti za ovu metodu. On uključuje živčani sustav, tetive, mišiće i potporne strukture kao što su kralježnički jastuci i dr. Sprječavanje nezgoda na radu, posebno u mišićno-koštanom dijelu, smanjuje se uklanjanjem poslova koji su rizični za sigurnost na radu. [20]

3.1. Struktura OWAS metode

OWAS metoda identificira četiri radna položaja za leđa, tri za ruke, sedam za donje ekstremitete i tri kategorije za težinu podizanih tereta ili količinu upotrijebljene sile. Svaki odjeljak ima pojedinačnu klasifikaciju. Osnovno držanje određeno je kodom koji se sastoji od četiri znamenke. Poredani redom, počevši od leđa, slijede ruke, noge i težina tereta koji se podiže prilikom izvođenja rukovanja materijalom. Slijedi klasifikacija stavova dijelova tijela koje se promatra, analizira i ocjenjuje. [21]

3.1.1. Položaj leđa

Kao što je rečeno, postoje 4 položaja leđa koji se označavaju prvom znamenkom u kodu. Položaji su prikazani na slikama 17. do 20.

a) Os tijela radnika je poravnata s osi kukova/nogu.



Slika 17. Položaj leđa 1 [22]

b) Postoji savijanje trupa. Iako se u metodi ne navodi eksplicitno iz kojeg se kuta javlja ova okolnost, može se smatrati da se javlja za nagib veći od 20°.



Slika 18. Položaj leđa 2 [22]

c) Postoji uvijanje trupa ili gornji bočni nagib veći od 20º.



Slika 19. Položaj leđa 3 [22]

d) Postoji savijanje i uvijanje trupa, istodobno.



Slika 20. Položaj leđa 4 [22]

3.1.2. Položaj ruku

Postoje 3 položaja ruku koji se označavaju drugom znamenkom u kodu. Položaji su prikazani na slikama 21. do 23.

a) Obje su ruke radnika smještene ispod razine ramena.



Slika 21. Položaj ruku 1 [22]

b) Jedna ruka je spuštena ispod razine ramena, a druga podignuta iznad.



Slika 22. Položaj ruku 2 [22]

c) Obje ruke su podignute iznad razine ramena.



Slika 23. Položaj ruku 3 [22]

3.1.3. Položaj nogu

Postoji 7 položaja nogu koji se označavaju trećom znamenkom u kodu. Položaji su prikazani na slikama 24. do 30.

a) Sjedeći položaj.



Slika 24. Položaj nogu 1 [22]

b) Stajanje ravno s uravnoteženom težinom između nogu.



Slika 25. Položaj nogu 2 [22]

c) Stajanje s jednom ispruženom nogom. Dok se druga savije od težine zbog neuravnoteženosti.



Slika 26. Položaj nogu 3 [22]

d) Stojeći s obje noge savijene ili čučeći s uravnoteženom težinom između nogu.
Metoda ne određuje iz kojeg kuta se ta okolnost dogodi, može se smatrati da se dogodi za kutove bedrene kosti manje ili jednake 150°.



Slika 27. Položaj nogu 4 [22]

e) Stojeći s obje noge savijene ili čučeći uz neuravnoteženu težinu između nogu.
Može se smatrati da se javlja za kutove bedrene kosti manje ili jednake od 150º. Veći kutovi smatraju se ravnim nogama.



Slika 28. Položaj nogu 5 [22]

f) Klečanje - radnik podupire jedno ili oba koljena na podu.



Slika 29. Položaj nogu 6 [22]

g) Hodanje.



Slika 30. Položaj nogu 7 [22]

3.1.4. Težina tereta ili količina upotrijebljene sile

Težine tereta podijeljene su u 3 grupe koje se označavaju četvrtom znamenkom u kodu. Podjela grupa prikazana je u [Tablica 4.]. Treba napomenuti da se za granične težine uzima veća grupa što znači da masa od 10 kg pripada grupi 2, a masa 20 kg pripada grupi 3.

Tablica 4. Podjela težine tereta u grupe [22]

Br.	Naziv grupe	Težina tereta [kg]
1	Grupa 1	Manje od 10 kilograma
2	Grupa 2	Između 10 i 20 kilograma
3	Grupa 3	Više od 20 kilograma

3.2. Kategorije OWAS metode

Promatrane kombinacije držanja tijela klasificirane su u četiri kategorije djelovanja na skali koja se temelji na procjenama stručnjaka o zdravstvenim opasnostima svakog radnog položaja ili kombinacije držanja tijela. Prikupljeni podaci uspoređuju se s predloženim podacima iz pojedine kategorije koje određuju hoće li se izvršiti korektivna radnja kako bi se smanjio rizik od ozljeda. Nakon što je ocijenjeno svako držanje, podaci su klasificirani u četiri kategorije prema rezultatima. Prva kategorija sadržava normalne položaje, druga i treća sadrže položaje unutar srednjih ocjena dok četvrta kategorija sadrži one položaje koji su ocijenjeni kao najneugodniji.
Ovako izgledaju te kategorije: [23]

a) Kategorija 1 - Uobičajeno držanje tijela – nije potrebna intervencija.
b) Kategorija 2 - Pomalo štetno - korektivne mjere bi trebale biti poduzete tijekom sljedećeg redovitog pregleda rada.
c) Kategorija 3 - Izrazito štetno - korektivne mjere bi trebalo poduzeti što je prije moguće.
d) Kategorija 4 - Izuzetno štetno - korektivne mjere bi trebalo poduzeti promptno.

3.3. Analiza pomoću OWAS metode

Prvi korak provedbe ove metode je promatranje kako bi se procijenio radni položaj koji se koristi u svakodnevnom radu. Postavi se kamera na mjesto koje ima jasan pogled na držanje radnika tijekom obavljanja rada i njegovo kretanje. Snimanje se obavlja na način da se ne ometa radnik na radnom mjestu te da se ne utječe na njegovu učinkovitost. Trajanje snimanja jednog radnika ovisi o vrsti posla koju on obavlja, ali za većinu polova može se odrediti da je dovoljno 30 minuta snimanja jer se u tom periodu proces može ponoviti dovoljno puta da utvrdimo stanje radnika.
Nakon dobivene snimke slijedi njezina analiza na način da snimku prematamo za svakih 5 sekundi. Prematanjem snimke utvrdi se i ocijeni položaj držanja tijela radnika za svaki posao te se dobije kod koji opisuje svako njegovo držanje.
U trećem koraku metode potrebno je odrediti kategoriju OWAS metode, a kategorija se određuje na način da se iščitaju podaci iz [Tablica 5.] prema kodu koji smo dobili u prethodnom koraku. [17]

Tablica 5. OWAS tablica za očitavanje kategorije [24]

LEĐA	RUKE	NOGE																				
		1			2			3			4			5			6			7		
		TERET			TERET			TERET			TERET			TERET			TERET			TERET		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

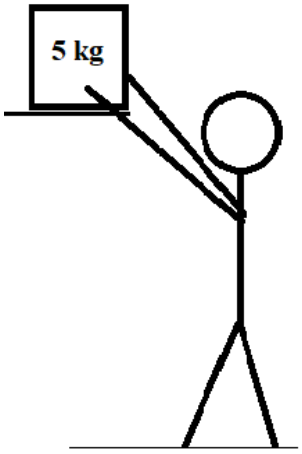
Zadnji korak metode je analiza dobivenih rezultata i preporuka za radnje koje su se pokazale potrebnima.

3.3.1. Primjer analize procesa pomoću OWAS metode

Ovdje je prikazana analiza procesa pomoću OWAS metode za proces uzimanja kutije s gornje police, sa srednje police i s donje police. Nakon uzimanja kutije, ona se stavlja na stol i dalje pakira. Na gornjoj polici nalazi se kutija mase 5 kg. Na srednjoj polici se nalaze dvije kutije (jedna mase 25 kg, a druga 15 kg). Na donjoj polici se nalazi kutija mase 15 kg. Potrebno je odrediti kategorije rizika i komentirati rezultate.

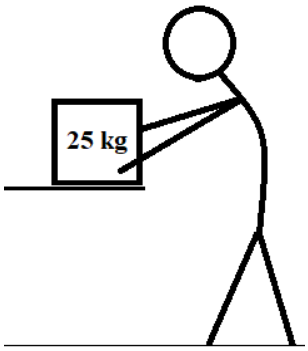
Prvi slučaj je kada radnik uzima kutiju s gornje police i spušta ju na stol kao što je prikazano u [Tablica 6.]. Polica se nalazi pokraj stola pa se uvijanjem trupa radnik okreće prema polici i uzima kutiju. Očitavanjem iz [Tablica 5.] prema kodu 3321, koji smo dobili ocjenjivanjem položaja tijela, kako je objašnjeno u poglavlju 3.3. Analiza pomoću OWAS metode vidi se da je ovo kategorija 1. U tom slučaju nisu potrebne nikakve korektivne radnje.

Tablica 6. Prikaz uzimanja kutije s gornje police

Skica	Držanje	Kod	Opis
	**Leđa**	3	Postoji uvijanje trupa.
	Ruke	3	Obje ruke su podignute iznad razine ramena.
	Noge	2	Stajanje ravno s uravnoteženom težinom između nogu.
	Težina tereta	1	Manje od 10 kilograma.

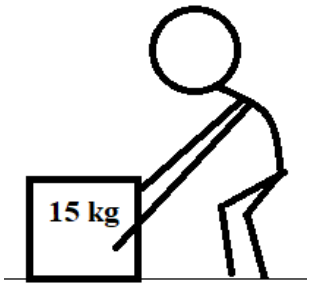
Drugi slučaj je kada se kutija uzima sa srednje police i stavlja na stol, [Tablica 7]. Ovdje je potrebno dvije kutije staviti na stol koji je u visini struka, jednu od 25 kg i jednu od 15 kg. Prilikom uzimanja kutije od 25 kg dobije se kod 4123 koji se smješta u kategoriju 3 nakon očitanja iz [Tablica 5.], a prilikom uzimanja kutije od 15 kg dobije se kod 4122 koji se smješta u kategoriju 2. U ovakvoj situaciji kada su kao rješenje moguće dvije kategorije, poduzimaju se korektivne mjere prema većoj kategoriji, odnosno ovdje se trebaju poduzeti korektivne mjere za kategoriju 3. Za ovaj slučaj potrebno je provesti korektivne mjere što je prije moguće.

Tablica 7. Prikaz uzimanja kutije sa srednje police

Skica	Držanje	Kod	Opis
	**Leđa**	4	Postoji savijanje i uvijanje trupa, istodobno.
	Ruke	1	Obje ruke su ispod razine ramena.
	Noge	2	Stajanje ravno s uravnoteženom težinom između nogu.
	Težina tereta	3	Više od 20 kilograma.

Treći slučaj je uzimanje kutije s donje police i stavljanje na stol, [Tablica 8]. Ovdje imamo kutiju mase 15 kg koju je potrebno podići na stol. Promatranjem položaja radnika dobije se kod 4152 i nakon očitavanja iz [Tablica 5.] rezultat pripada u kategoriju 4. U ovom slučaju treba odmah poduzeti korektivne mjere.

Tablica 8. Prikaz uzimanja kutije s donje police

Skica	Držanje	Kod	Opis
	**Leđa**	4	Postoji savijanje i uvijanje trupa, istodobno.
	Ruke	1	Obje ruke su ispod razine ramena.
	Noge	5	Stojeći s obje noge savijene ili čučeći uz neuravnoteženu težinu između nogu.
	Težina tereta	2	Između 10 i 20 kilograma.

Kod primjera analize procesa pomoću OWAS metode vidljivo je da treba u slučaju 2 uvesti korektivne radnje što je prije moguće. Potrebno je samo ispraviti držanje leđa i automatski se smanji rizik od pojave ozljede. Prijedlog je položaj tijela prema kodu 3123, on spada u kategoriju 1 što znači da nema rizika da će se pojaviti bol. U slučaju 3 rezultati pripadaju kategoriji 4 što znači da treba odmah nešto promijeniti. Za početak je dovoljno promijeniti položaj leđa. Ovdje je prijedlog položaja tijela prema kodu 1152 što pripada u kategoriju 2. U toj kategoriji radnik može dalje nesmetano obavljati svoj posao bez velikog rizika za pojavu boli, a nadležne osobe imaju dovoljno vremena da dodatno unaprijede radno mjesto kako bi se u potpunosti riješili navedenog rizika.

3.4. Pregled dosadašnjih istraživanja ergonomije pomoću OWAS metode

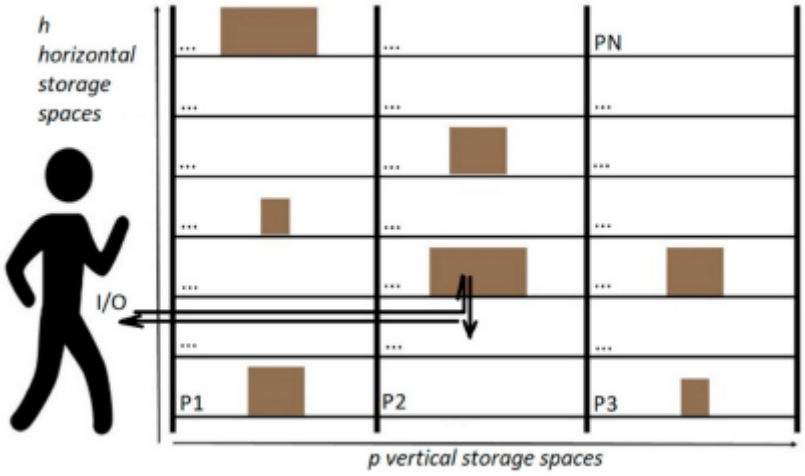
Francisco Corella Justavino, Raquel Jimenez Ramirez, Nancy Meza Perez i Stelian A. Borz u svom radu bave se korištenjem OWAS metode u šumskim poslovima. Kako oni navode u svom radu, postoji nekoliko posebnosti kod šumskih operacija koje mogu stvarno utjecati na uporabu standardne OWAS metode. Problem se javlja zbog jako kratkog vremena trajanja radnih zadataka koji mogu utjecati na točnost dobivenih rezultata. Uzimanje uzoraka je moguće samo video kamerom jer se pojedini položaji držanja tijela prilikom obavljanja poslova mijenjaju unutar jedne sekunde, a kako bi se dobili točni rezultati, potrebno je koristiti i točne ulazne podatke. Oni navode i neke poteškoće prilikom prikupljanja podataka koje se ne javljaju u ostalim djelatnostima prilikom uzimanja uzoraka za provedbu metode. To su poteškoće u kretanju zbog neravnina na tlu koje otežavaju kretanje, a koje promatrač ne vidi. Drugi problem se javlja kada radnik postavlja sajlu visoko na drvo, a promatrač radnju promatra s tla pa ne može točno procijeniti položaj držanja tijela. Kada bi se mogao točno procijeniti položaj držanja tijela, pitanje je koliko bi to bilo točno. Razlog tomu je što kod penjanja na drvo sva težina nije samo na nogama, nego su opterećene i ruke. Na kraju rada oni su dobili rezultate te se kategorija rizika mogla procijeniti, ali treba napomenuti da je OWAS metoda bolja za radnje koje se obavljaju na tlu i u nekim drugim djelatnostima kao npr. izvršavanje zadataka u skladištima. [25]

Muhammad Ramadhani, Rukman, Darul Prayogo i Diajeng Ayu D. P u svom radu analiziraju položaj držanja tijela prilikom zamjene kotača na autobusu. Kod promatranja obavljanja aktivnosti prilikom zamjene kotača oni navode kako postoje određeni rizici od ozljeda jer radnik ne nosi zaštitne cipele te ima krivo držanje tijela. Ovdje se može lako provesti OWAS metoda jer nema puno izmjena položaja tijela zbog čega se mogu brzo i ispravno odrediti kodovi koji opisuju radno držanje tijela. Oni su utvrdili da postoje određeni rizici od ozljeda te su predložili kako popraviti držanje tijela da se smanji rizik od pojave ozljeda. Za ovaj problem OWAS metoda se pokazala kao dobra metoda za procjenu rizika od ozljeda. [26]

Reza Fatimah Nur, Endah Rahayu Lestari, Siti Asmaul Mustaniroh analiziraju djelatnost proizvodnje šećera iz šećerne trske. Proizvodna se vrši automatski, no berba šećerne trske se i dalje obavlja ručno. Radnici rade 6-7 sati dnevno, što je jako puno pošto moraju biti sagnuti cijelo vrijeme. Navode kako je neophodno da se radnici upoznaju s pravilima ergonomije da bi mogli dalje obavljati svoj posao. Rezultati obrade podataka i provedbe OWAS metode pokazuju da svi elementi aktivnosti branja šećerne trske imaju visoki rizik i opasnost za mišićno-koštani sustav. OWAS metoda pokazuje da je 87,5 % aktivnosti kategorizirano kao vrlo opasno i trenutno su im potrebne korektivne radnje. Za ovaj problem OWAS metoda se također pokazala kao dobra metoda za procjenu rizika. [27]

4. ANALIZA RIZIKA KOD KOMISIONIRANJA IZ SUSTAVA POLIČNIH REGALA

U ovom poglavlju cilj je analizirati problem ručnog komisioniranja kutija iz poličnih regala, koji imaju više polica, uzimajući u obzir masu i volumen (dimenzije) izuzimajućih kutija kao što je shematski prikazano na [Slika 31.]. OWAS metoda u svojoj strukturi uključuje samo grupu težine kutije (tereta), a ne uključuje volumen kutije. Volumen kutije je također bitan faktor jer radnik zauzima svoj radni položaj prema dimenzijama kutije. Kutije manjeg volumena radnik će možda izuzimati s jednom rukom tako što će samo zarotirati svoj trup i podići kutiju. No za kutije većeg volumena radnik treba zauzeti položaj i s dvije ruke podići kutiju i odložiti ju na za to predviđeno mjesto. Radnik mora putovati duž prolaza skladišta da bi preuzeo kutije, koje u nekim slučajevima mogu biti jako teške i mogu uzrokovati umor mišića, koljena ili gležnja koji u određenom trenutku uzrokuje ozljede, pogotovo ako se predmet nosi. Pretjerano ručno rukovanje teškim predmetima predstavlja veliki rizik od ozljeda radnika.
U nastavku je najprije objašnjen pojam komisioniranja te polični regali, a zatim analiza problema ručnog komisioniranja kutija iz poličnih regala.

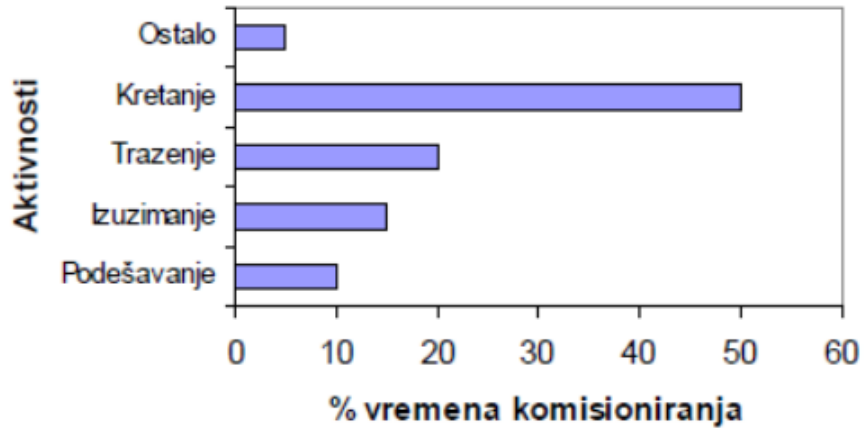


Slika 31. Shema teoretskog skladišta [28]

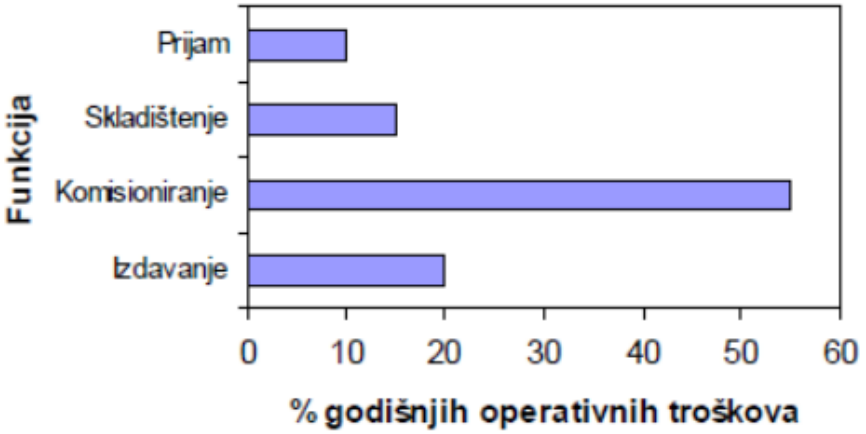
4.1. Komisioniranje

Komisioniranje (eng. *Order-picking*) ili izuzimanje robe definira se kao proces izuzimanja robe iz skladišnih lokacija na temelju zahtjeva korisnika. [29] Prije izdavanja robe potrebno ju je konsolidirati (akumulirati), sortirati i/ili pakirati zbog toga što je moguće izuzimanje robe iz skladišnih regala u različitim izvedbama sustava i primjenom različitih metoda komisioniranja. Upravo to je razlog zbog kojeg neki drugi autori definiraju komisioniranje kao proces pripreme materijala za izdavanje. [30]

Za proces komisioniranja može se reći da je to jedan od najvažnijih procesa u skladištu jer o njemu ovisi cijeli proces skladištenja. Ovaj proces započinje nalogom kupca, obradom u prodaji te nalogom za isporuku. Nakon što obrađeni nalog za isporuku stigne u skladište on se raspoređuje na raspoložive ljude i pojedini operater u skladištu uzima nalog i kreće u komisioniranje odnosno prikupljanje robe. To je proces s najvećim udjelom u ukupnom vremenu svih aktivnosti u skladištu kao što je prikazano na [Slika 32.]. te prema tome i najveći udio operativnih troškova nastaje u tom procesu. Operativni troškovi skladištenja iznose u prosjeku 55% kao što je prikazano na [Slika 33.].



Slika 32. Prosječna raspodjela vremena komisioniranja [29]



Slika 33. Operativni troškovi skladištenja [29]

Proces komisioniranja nema samo direktan utjecaj na operativne troškove skladištenja, već direktno utječe na zadovoljstvo kupaca. Nakon zaprimljene narudžbe, robu treba iskomisionirati prije izdavanja i dostave, a o tome ovisi vrijeme isporuke. Greške u komisioniranju također uzrokuju i reklamacije na dostavljenu robu koja može biti pogrešna ili su dostavljene krive količine, a to sve utječe na točnost izdane robe što je povezano sa zadovoljstvom kupaca. [29]

4.1.1. Podjela sustava komisioniranja po principu kretanja materijala / komisionera

a) Komisioniranje prema principu „čovjek robi“

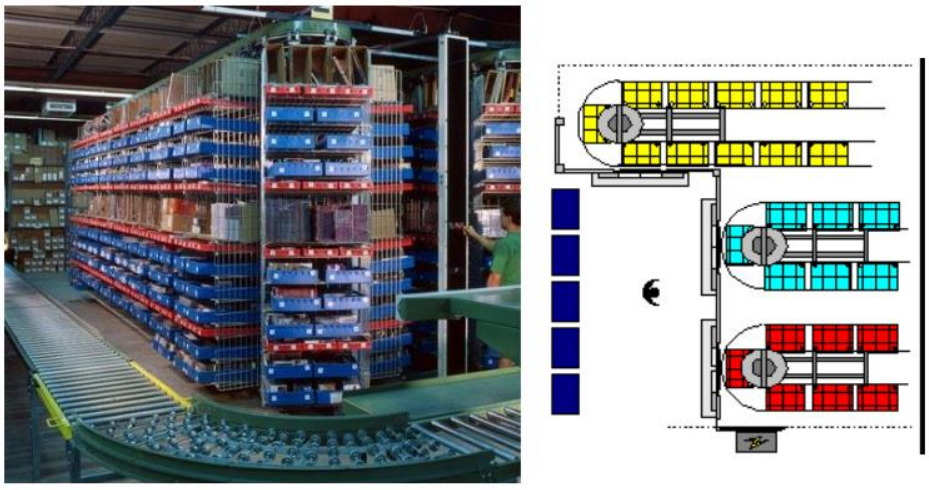
Sam izraz „čovjek robi“ asocira nas na to da se komisioner kreće do robe. Komisioner hodajući ili vozeći se na nekom transportnom sredstvu kreće do lokacije na kojoj se nalazi roba koju treba uzeti. Komisioner nakon uzimanje robe s police kreće na sljedeću lokaciju ili se vraća na početnu lokaciju. Ta se aktivnost najčešće događa u prolazima između regala, [Slika 34.]. Ovaj princip komisioniranja bit će korišten u rješavanju našeg problema. [29]



Slika 34. Komisioniranje prema principu „čovjek robi“ [29]

b) Komisioniranje prema principu „roba čovjeku“

Prema principu „roba čovjeku“ komisioniranje se odvija na način da se komisioner kreće samo na krajevina prolaza, a roba koju treba izuzeti se kreće do mjesta izuzimanja. Za ovakav način komisioniranja se najčešće koriste automatizirani skladišni sustavi s vozilima unutar regala ili automatizirani okretni regali kao što je prikazano na [Slika 35.]. [29]



Slika 35. Komisioniranje prema principu „roba čovjeku“ [29]

4.1.2. Podjela sustava komisioniranja prema vrsti jediničnog tereta koji se izuzima

Sustav komisioniranja prema vrsti jediničnog tereta koji se izuzima dijeli se na komisioniranje pojedinačnih dijelova, komisioniranje kutija i komisioniranje paleta.

1. Komisioniranje pojedinačnih dijelova (eng. *piece picking*)

a) Polični regali

Polični regali su najčešća oprema za skladištenje i komisioniranje pojedinih dijelova manjih dimenzija. Proizvodi se stavljaju izravno na police ili se pakiraju u kutije. Ovakva izvedba sustava komisioniranja je ekonomična i najbolja metoda u situacijama s manje narudžbi, a posebno za vrlo male proizvode. Jednostavna konstrukcija regala omogućuje lako i brzo sastavljanje i rastavljanje bez upotrebe alata. Zbog širokog raspona dimenzija i dodataka te njihove modularnosti, prilagođavaju se bilo kojem prostoru, dimenzijama i težini robe koja se skladišti. Na [Slika 36.] prikazan je primjer poličnih regala složenih u skladištu. [31]



Slika 36. Primjer poličnih regala [31]

b) Ladičari

Ormari s ladicama, služe za skladištenje i komisioniranje jako sitnih dijelova, [Slika 37.].



Slika 37. Ormar ladičar [32]

c) Protočni regali za kutije

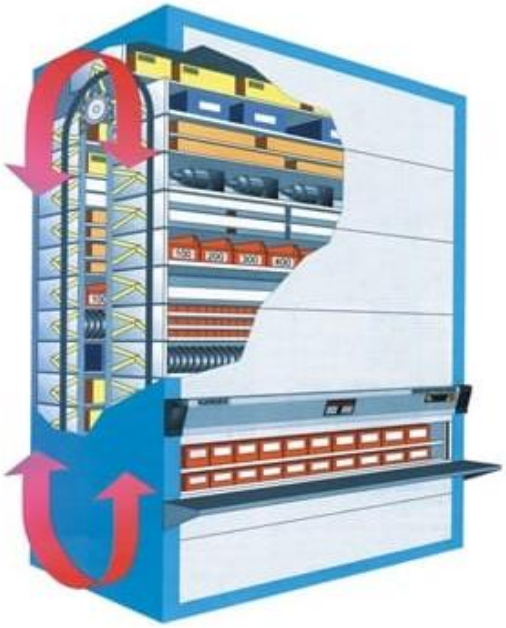
To su regali sa malim gravitacijskim valjčanim konvejerima, proizvodi se obično nalaze u kutijama, [Slika 38.]. Nakon što se kutija isprazni miče se, a nova kutija popuni mjesto za komisioniranje. Valjčani konvejeri postavljeni su pod nagibom tako da kutije gravitacijski klize po plohi. Pogodni su za komisioniranje kada imamo veći broj narudžbi, odnosno veći broj izuzimanja po stavci. [29]



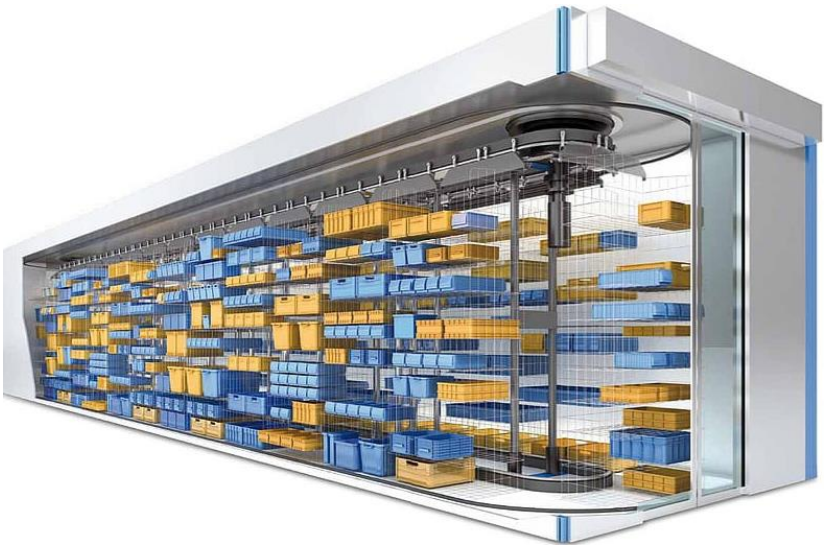
Slika 38. Protočni regal za kutije [29]

d) Karuseli

Većinu vremena operater istovremeno radi s 2 do 4 karusela, izbjegavajući čekanje da se karusel okrene. Komisioniranje se obično vrši automatiziranim procesima, s tim da se nalozi prenose sa središnjeg računala na računalo karusela. Karuseli se često koriste u operacijama komisioniranja s vrlo velikim brojem narudžbi, ali s manje predmeta po narudžbi i s malo izuzimanja po stavci. Oni osiguravaju veliku količinu komisioniranja i veliku gustoću skladištenja. Vertikalni karuseli, [Slika 39.], su češći u proizvodnim pogonima, a horizontalni su češći u distribucijskim skladištima, [Slika 40.]. [33]



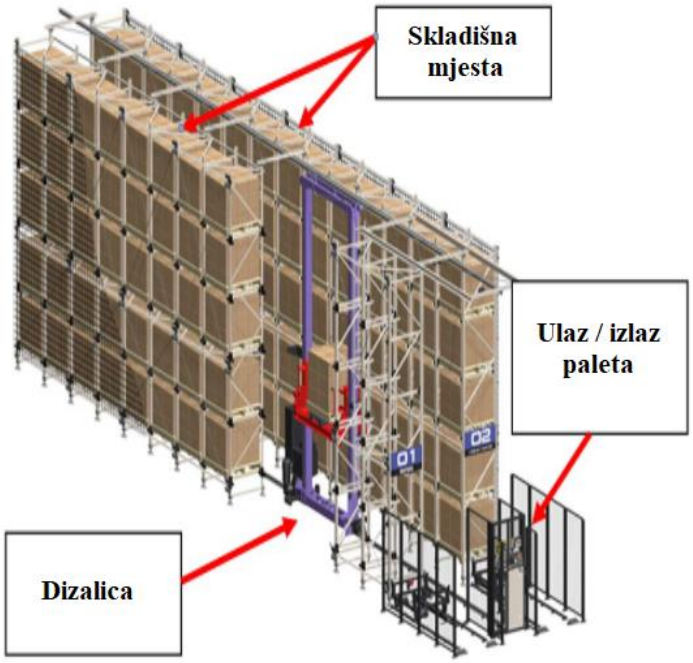
Slika 39. Vertikalni karusel [33]



Slika 40. Horizontalni karusel [33]

e) AS/RS (visokoregalno automatizirano skladište)

Visokoregalno automatizirano skladište u kombinaciji s transporterom i sustavom sortiranja može u potpunosti automatizirati odabir narudžbi, [Slika 41.]. AS/RS se odnosi na različite metode automatskog odlaganja i preuzimanja narudžbi s određenih mjesta za pohranu. Dizalica je potpuno automatizirana i sigurna. Fleksibilnost u skladištenju različitih vrsta materijala različitih veličina i težina može se osigurati duljinom skladišta i visinom. To je siguran, brz i vrlo praktičan sustav sa 100% dostupnošću. AS/RS sustavi obično su opremljeni regalima prema vrsti uskladištene robe, a dizalice obavljaju utovar i istovar prema uputama centralnog računala. Prostor za pohranu u potpunosti je iskorišten. AS/RS sustav uglavnom se koristi u prehrambenoj, duhanskoj, elektroničkoj i inženjerskoj industriji. [34]



Slika 41. Prikaz AS/RS skladišnog sustava [34]

f) Strojevi za automatsko komisioniranje

Potpuno automatizirani strojevi za komisioniranje su vrlo rijetki i koriste se samo u situacijama s vrlo visokim protocima sličnih proizvoda (npr. glazbeni CD-i). [29]

2. Komisioniranje kutija (eng. *case picking*)

a) Paletni regali

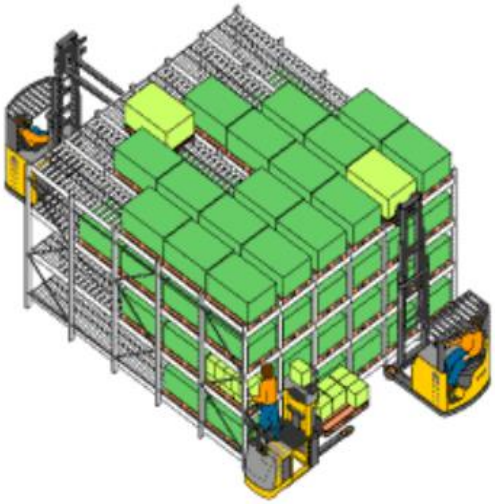
Paletni regal može biti izveden do visine od 20 m, a za opterećenje polica do 4500 kg. Bočne stranice regala povezane su vijcima i u jednom polju mogu nositi do 25 tona. Nosači paleta proizvedeni su u različitim duljinama i vrstama profila i mogu se pomicati u visinu bez povezivanja vijcima. Najčešće se regali pune standardnim euro paletama dimenzija 800 × 1200 mm, [Slika 42.], a po potrebi se na svaki nivo može staviti podnica od čeličnog lima, rešetki, iverice, daske i sl. Mogu se postaviti na svaku razinu, što osigurava mogućnost za odlaganje materijala nestandardnih dimenzija. Najčešći i najekonomičniji tip regala je postavljanje regala u dugim redovima s hodnikom od 3 m za prolaz regalnog viličara. Visoki regali povećavaju iskoristivost skladišnog prostora. Za izuzimanje paleta koriste se visokoregalni i komisioni viljuškari koji velikom brzinom podižu paletu i voze je do područja za komisioniranje. [35]



Slika 42. Primjer paletnih regala[35]

b) Protočni regali

Protočni paletni regali za kutije rijetko se koriste za komisioniranje kutija, no ipak su dobro rješenje [Slika 43.]. Funkcioniraju isto kao i protočni regali za kutije koji su prethodno objašnjeni kod komisioniranja pojedinačnih dijelova.



Slika 43. Prikaz komisioniranja paleta i kutija iz protočnih regala [29]

c) Karuseli

Mogu se koristiti i za komisioniranje kutija, no nije čest slučaj. Objašnjeni su prethodno kod komisioniranja pojedinačnih dijelova.

d) AS/RS (visokoregalno automatizirano skladište)

AS/RS može se koristiti i za komisioniranje kutija kao što se koristi za komisioniranje pojedinačnih dijelova. AS/RS sustav objašnjen je kod komisioniranja pojedinačnih dijelova.

3. Komisioniranje paleta (eng. *full pallet picking*)

a) Paletni regali

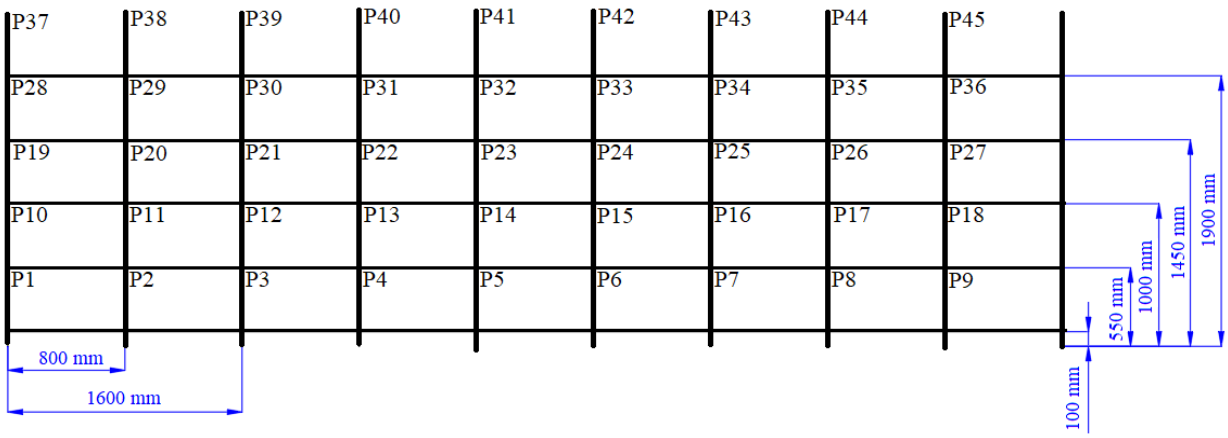
Paletni regali zbog svoje konstrukcije mogu se koristiti za komisioniranje paleta i kutija. Objašnjeni su kod komisioniranja kutija.

b) AS/RS (visokoregalno automatizirano skladište)

AS/RS može se koristiti i za komisioniranje paleta. AS/RS sustav objašnjen je kod komisioniranja pojedinačnih dijelova.

4.3. Analiza problema ručnog komisioniranja kutija iz poličnih regala

U ovom radu proučava se problem ručnog komisioniranja kutija različitih masa i dimenzija za dobivene narudžbe po principu „čovjek robi“. Želi se napuniti teoretsko skladište s n različitih vrsta kutija. Teoretsko skladište sastoji se od jednog proizvoljno dugog regala s m polica na raznim visinama h i vodoravno smještenim skladišnim prostorima. U ovom slučaju koristio se regal za odlaganje standardnih dimenzija tvrtke „Horvat mont“ prema dostupnim informacija na njihovoj web stranici. [36] Regal se sastoji od pet okomitih i devet vodoravnih razina za odlaganje te ukupno sadrži 45 skladišnih mjesta, [Slika 44.]. Razmak između okomitih stupova tj. širina svake police je 800 mm, visina svake police je 440 mm, a dubina polica je 600 mm. Svaka razina ima jednake dimenzije.



Slika 44. Polični regal tvrtke "Horvat mont" [36]

Tehničke karakteristike metalnog regala: [36]

- Etaže je moguće podešavati po visini (korak 50 mm) prilikom montaže ili naknadno
- Visine regala: 1000, 2000, 2500, 3000, 4000 i 5000 mm
- Dubine polica: 300, 400, 500 i 600 mm
- Duljine polica (između 2 stupa): 800, 1000, 1200 i 1500 mm
- Nosivost polica: do 230 kg
- Standardna boja: RAL 7001.

Prednosti:

- Regal je u cijelosti zaštićen plastifikacijom protiv korozije
- Lagana i brza montaža bez vijaka
- Boja: RAL 7001 (siva)
- Inox i pocinčana varijanta.

Kutije su smještene u sredini skladišnog mjesta na kojem se nalaze jer svako skladišno mjesto istodobno može primiti samo jednu kutiju kao što prikazuje [Slika 45.]. Tijekom odabira i dodjele narudžbe moraju se poštivati sljedeća ograničenja kutija za skladišne prostore:

- svaki prostor za pohranu istodobno prihvaća samo jednu kutiju
- komisioner kreće od skladišta, prošeta do prostora za odlaganje i izvadi potrebnu kutiju i stavlja je na transportnu traku iza sebe. nakon toga vraća se u skladište.
- može se dodijeliti bilo koji broj različitih vrsta kutija, ali ukupni zbroj svih kutija može biti najviše 45 za ovaj slučaj jer regal ima 45 skladišnih prostora.

Cilj je analizirati ovisnost mase kutija i volumena u odnosu na grupu rizika koja proizlazi iz pojedinog položaja držanja tijela prilikom uzimanja kutije iz skladišnog mjesta te postići takav raspored kutija da rizik od ozljeda bude minimalan. U fazi promatranja kutije su mješovito raspoređene po policama regala, [Slika 45.].



Slika 45. Kutije u regalu

Analizira se izuzimanje kutija iz regala koje su nasumično raspoređene po regalu. U regalu se nalazi 45 kutija koje se pojavljuju 3 različite dimenzije: velike (500 mm × 500 mm × 400 mm), srednje (400 mm × 400 mm × 300 mm) i male (100 mm × 100 mm × 200 mm). Svaka veličina kutije pojavljuje se u nekoliko različitih masa kao što je to prikazano u [Tablica 9.].

Tablica 9. Prikaz vrste kutija i mase kutija

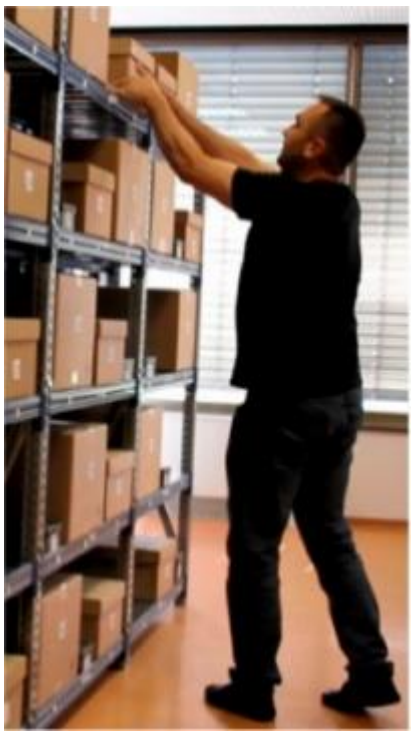
	Masa kutije					
Vrsta kutije	1 kg	5 kg	10 kg	15 kg	20 kg	25 kg
Velika			*	*	*	*
Srednja	*	*	*	*		
Mala	*					

Prema [Tablica 9.] koja prikazuje koje mase se pojavljuju u kojim veličinama kutija vidi se da se proizvodi mase 1 kg pakiraju u male i srednje kutije, proizvodi mase 5 kg pakiraju se samo u srednje kutije, proizvodi mase 10 i 15 kg pakiraju se u srednje i velike kutije. Proizvodi mase 20 i 25 kg, zbog svojih dimenzija, mogu se pakirati samo u velike kutije.

Da bi OWAS metodu bilo moguće primijeniti, potrebno je utvrditi moguće položaje držanja tijela prilikom izuzimanja kutija. U regalu se nalaze kutije na 5 različitih visina polica te se pretpostavlja da će biti 5 različitih položaja držanja tijela koji će se ponavljati. Položaji držanja tijela ponavljaju se za uzimanje kutija s iste visine polica bez obzira na masu i dimenzije izuzimanih kutija. Razlika u kodu koji opisuje držanje tijela bit će samo u četvrtoj znamenki koda koja opisuje masu koja se podiže. U tablicama od 10. do 14. prikazani su položaji tijela prilikom uzimanja kutija s pojedine police. Položaji tijela opisani su i kodirani prema istraživanju Fakulteta logistike Sveučilišta u Mariboru. Istraživanje su provodili tako da su sudionici uzimali kutije s police nasumičnim odabirom te nisu znali koliko je teška koja kutija. Slike položaja tijela dobili su tako što su snimali uzimanje kutija sa polica video kamerom čija brzina je 60 sličica u sekundi. Nakon pregledavanja snimke dobili su slike položaja držanja tijela za uzimanje kutija sa svake visine polica koje će se u ovom radu analizirati. [16]

Kako je spomenuto u poglavlju 3.3., prvi korak provedbe OWAS metode je analiziranje dobivene slike držanja tijela prilikom izvršavanja zadatka. U [Tablica 10.] prikazana je slika držanja tijela radnika prilikom uzimanja kutija s najviše police. Promatranjem položaja leđa, ruku i nogu, držanje tijela može se opisati četveroznamenkastim kodom koji nam je potreban za određivanje OWAS kategorije rizika. Za ovaj slučaj taj kod je 3333, a opis svake znamenke koda nalazi se u [Tablica 10.]. Prema ovom kodu to je kategorija 3.

Tablica 10. Uzimanje kutije sa skladišnog mjesta P37

Slika	Držanje	Kod	Opis
	**Leđa**	3	Postoji uvijanje trupa.
	Ruke	3	Obje ruke su podignute iznad razine ramena.
	Noge	3	Stajanje s jednom ispruženom nogom.
	Težina tereta	3	Više od 20 kilograma.

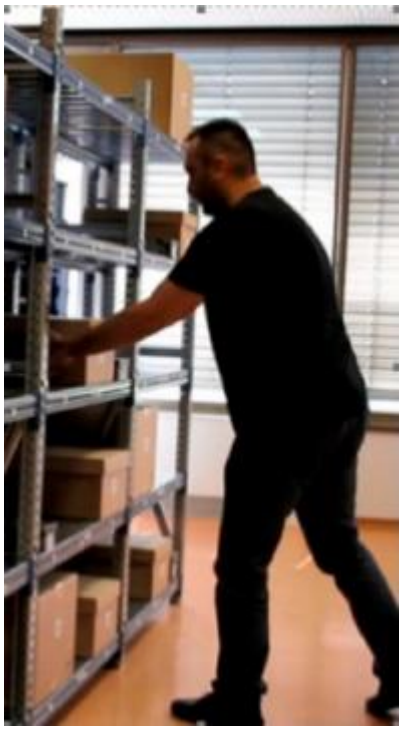
Sljedeći položaj držanja tijela prikazan je za slučaj kada radnik uzima kutije s police koja se nalazi između najviše police i srednje police koja je u visini struka. Ova polica nalazi se na visini 1450 mm što je u razini s ramenima prosječno visokog čovjeka pa je položaj držanja ruku (druga znamenka u kodu) određen za prosječno visokog čovjeka. To znači da radnik mora podići ruke iznad razine ramena da bi mogao uzeti kutiju, dok bi ruke radnika u slučaju da je viši od prosjeka bile ispod razine ramena. Kod za ovaj slučaj iznosi 3323 koji je prikazan u [Tablica 11.], a on spada u kategoriju rizika 1. Prema OWAS metodi ovdje nisu potrebne nikakve korektivne radnje te radnik može nesmetano nastaviti raditi. U ovom slučaju promjenom dimenzija kutija i mase, ništa se ne mijenja.

Tablica 11. Uzimanje kutije sa skladišnog mjesta P31

Slika	Držanje	Kod	Opis
	**Leđa**	3	Postoji uvijanje trupa.
	Ruke	3	Obje ruke su podignute iznad razine ramena.
	Noge	2	Stajanje ravno s uravnoteženom težinom između nogu.
	Težina tereta	3	Više od 20 kilograma.

Uzimanje kutije sa srednje police, odnosno police koja je u visini struka radnika, trebalo bi se obavljati bez prisutnosti ikakvog rizika od ozljede. To je razina koja je optimalna za podizanje i/ili premještanje tereta odnosno razina koja se nalazi u sigurnoj zoni rukovanja tereta. Kod iznosi 2133 kako je prikazano u [Tablica 12.]. Taj kod pripada kategoriji rizika 3 što znači da su potrebne korektivne radnje što je prije moguće.

Tablica 12. Uzimanje kutije sa skladišnog mjesta P20

Slika	Držanje	Kod	Opis
	**Leđa**	2	Postoji savijanje trupa.
	Ruke	1	Obje ruke su ispod razine ramena.
	Noge	3	Stajanje s jednom ispruženom nogom.
	Težina tereta	3	Više od 20 kilograma.

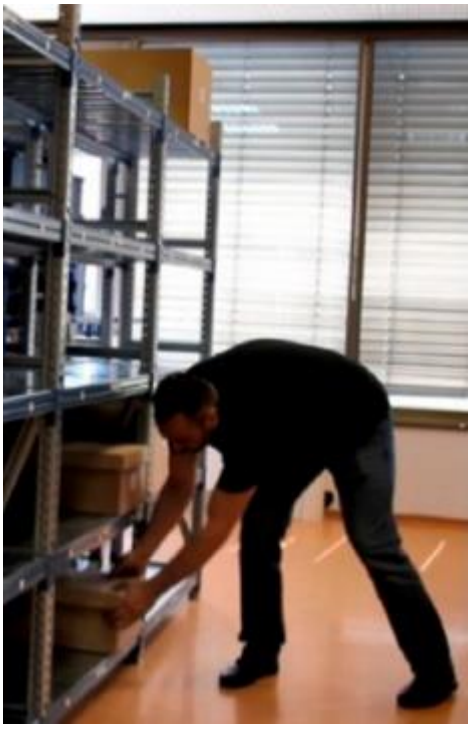
Četvrti položaj držanja tijela javlja se kada radnik uzima kutiju s police koja se nalazi na razini između srednje police i najniže police odnosno police koja se nalazi na visini od 550 mm, [Tablica 13.]. Radnik prilazi regalu te se saginje i uzima kutiju. Kod koji opisuje njegovo držanje je 2152, a on spada u kategoriju rizika 3 što znači da su potrebne korektivne radnje.

Tablica 13. Uzimanje kutije sa skladišnog mjesta P10

Slika	Držanje	Kod	Opis
	**Leđa**	2	Postoji savijanje trupa.
	Ruke	1	Obje ruke su ispod razine ramena.
	Noge	5	Stojeći s obje noge savijene ili čučeći uz neuravnoteženu težinu između nogu.
	Težina tereta	2	Između 10 i 20 kilograma.

Posljednji položaj držanja tijela koji se pojavljuje je onaj položaj kada se radnik saginje i uzima kutiju s najniže police, [Tablica 14.]. U ovom slučaju problem je što gotovo uvijek radnik diže teret pomoću leđa što je u potpunosti pogrešno. To je vidljivo na ovoj slici. Kod koji opisuje njegovo držanje je 4152, a on spada u kategoriju rizika 4 što znači da su odmah potrebne korektivne radnje.

Tablica 14. Uzimanje kutije sa skladišnog mjesta P3

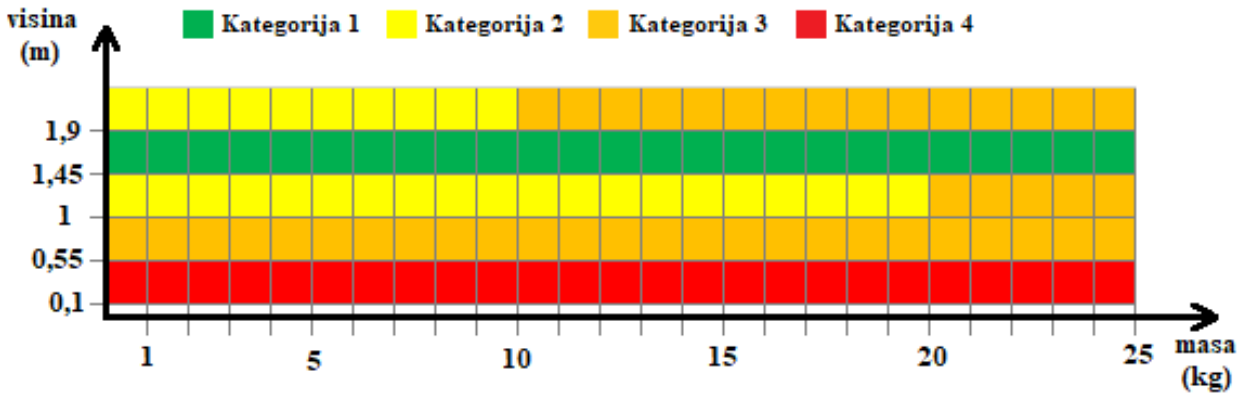
Slika	Držanje	Kod	Opis
	**Leđa**	4	Postoji savijanje i uvijanje trupa, istodobno.
	Ruke	1	Obje ruke su ispod razine ramena.
	Noge	5	Stojeći s obje noge savijene ili čučeći uz neuravnoteženu težinu između nogu.
	Težina tereta	2	Između 10 i 20 kilograma.

Prema prikazanim rezultatima u [Tablica 15.] primjećujemo da dimenzije kutija ne utječu na kategoriju rizika. Ideja je bila prikazati kako će se mijenjati kategorija rizika ako se izuzimaju kutije različitih dimenzija i masa. Bez obzira na veličinu kutije, držanje radnika je uvijek isto. Na [Slika 46.] prikazane su zone rizika po OWAS kategorijama podijeljene na 4 dijela koje su dobivene izračunam za svih 45 kombinacija na temelju svih kodova iz [Tablica 15.]. Ovaj dijagram pokazuje da je kategorija rizika 1 na polici koja se nalazi na visini od 1450 mm, a najopasnija zona je najniža polica u regalu koja se nalazi na visi 100 mm zbog toga što se radnik saginje i time opterećuje leđa.

Tablica 15. Dobiveni rezultati za popunjen regal

Br. kutija	Skladišno mjesto	Kod	Kategorija rizika	Veličina kutije	Masa kutije
1	P1	4152	4	velika	10 kg
2	P2	4151	4	srednja	1 kg
3	P3	4152	4	velika	15 kg
4	P4	4151	4	srednja	5 kg
5	P5	4153	4	velika	25 kg
6	P6	4152	4	srednja	10 kg
7	P7	4151	4	mala	1 kg
8	P8	4152	4	srednja	15 kg
9	P9	4153	4	velika	20 kg
10	P10	2152	3	srednja	15 kg
11	P11	2151	3	mala	1 kg
12	P12	2152	3	srednja	10 kg
13	P13	2151	3	srednja	1 kg
14	P14	2152	3	velika	10 kg
15	P15	2153	3	velika	25 kg
16	P16	2153	3	velika	20 kg
17	P17	2152	3	velika	15 kg
18	P18	2151	3	srednja	5 kg
19	P19	2132	2	velika	10 kg
20	P20	2133	3	velika	25 kg
21	P21	2133	3	velika	20 kg
22	P22	2131	2	srednja	1 kg
23	P23	2132	2	velika	15 kg
24	P24	2132	2	srednja	15 kg
25	P25	2131	2	srednja	5 kg
26	P26	2131	2	mala	1 kg
27	P27	2132	2	srednja	10 kg
28	P28	3321	1	mala	1 kg
29	P29	3321	1	srednja	5 kg
30	P30	3322	1	srednja	10 kg
31	P31	3323	1	velika	25 kg

32	P32	3323	1	velika	20 kg
33	P33	3322	1	velika	15 kg
34	P34	3321	1	srednja	1 kg
35	P35	3322	1	velika	10 kg
36	P36	3322	1	srednja	15 kg
37	P37	3333	3	velika	20 kg
38	P38	3331	2	srednja	5 kg
39	P39	3332	3	srednja	15 kg
40	P40	3331	2	srednja	1 kg
41	P41	3332	3	srednja	10 kg
42	P42	3331	2	mala	1 kg
43	P43	3333	3	velika	25 kg
44	P44	3332	3	velika	10 kg
45	P45	3332	3	velika	15 kg



Slika 46. Dijagram zona rizika

Cilj korištenja kutija različitih masa je bio da se dobiju granice kategorija rizika tj. da se prikaže kako se mijenjaju te granice ukoliko se poveća masa kutija. Ovdje se pojavio jedan problem za koji se može reći da je veliki nedostatak OWAS metode. OWAS metoda ima samo 3 grupe težine tereta, a to je jako gruba podjela jer nije uzeta u obzir visina polica odnosno visina na koju se podiže kutija. Prema rezultatima iz [Slika 46.] ispada da je kategorija rizika 1 na polici koja se nalazi na visini 1450 mm za sve mase što bi značilo ako se na polici nalazi kutija mase 50 kg, koju treba podići i odložiti, da nema opasnosti od pojave ozljede te radnik može nesmetano raditi s tim masama. Ovaj problem se javlja kod svih visina polica.

Prve korektivne radnje su poduzete na način da se preslože kutije u regalu. Kutije su posložene tako da se kutije najvećih masa stavljaju na policu s najmanjim rizikom od pojave ozljeda, [Slika 47.]. U ovom slučaju kutije mase 20 i 25 kg stavljene su na policu koja se nalazi na visini 1450 mm gdje je kategorija rizika od pojave ozljeda 1. Ostale kutije posložene su u regalu na način da se smanji masa u zonama u kojima se povećava rizik od ozljede. Na najvišu policu stavili smo kutije do 10 kg, ali smo i dalje ostali u istim zona rizika kao što je prikazano na [Slika 46.]. Na policu koja se nalazi na visini 1000 mm stavili smo kutije 15 kg te smo na taj način ostali u zoni rizika 2 što je promjena u odnosu na početne rezultate. Na polici visine 550 mm stavili smo kutije do 20 kg i tu nije došlo do promjene zone rizika. I dalje ostaje kategorija rizika 3 koja se ne mijenja s promjenom mase kutija. Na najnižu policu stavili smo kutije mase 1 kg, no ovdje i dalje ostaje kategorija rizika 4. Kutije najmanjih masa stavljene su u područja s najvećim rizikom od pojave ozljeda. Ovakav način rasporeda kutija se radi zbog toga što kutije najvećih masa zahtijevaju najveće opterećenje pa se slažu u područja najmanjeg rizika od ozljeda, a najlakše kutije iziskuju najmanja opterećenja pa ih stavljamo u područja najvećih rizika. Sve to radi se u vidu optimizacije komisioniranja i maksimalnog smanjenja rizika od ozljeda. Kodovi koji opisuju nova držanja položaja tijela za sve kutije u regalu nalaze se u [Tablica 16.].



Slika 47. Popunjen regal s presloženim kutijama

Tablica 16. Rezultati nakon preslagivanja kutija u regalu

Br. kutija	Skladišno mjesto	Kod	Kategorija rizika	Veličina kutije	Masa kutije
1	P1	4151	4	mala	1 kg
2	P2	4151	4	mala	1 kg
3	P3	4151	4	mala	1 kg
4	P4	4151	4	mala	1 kg
5	P5	4151	4	mala	1 kg
6	P6	4151	4	srednja	1 kg
7	P7	4151	4	srednja	1 kg
8	P8	4151	4	srednja	1 kg
9	P9	4151	4	srednja	1 kg
10	P10	2153	3	velika	25 kg
11	P11	2152	3	srednja	15 kg
12	P12	2152	3	velika	10 kg
13	P13	2152	3	velika	10 kg
14	P14	2152	3	velika	10 kg
15	P15	2152	3	velika	10 kg
16	P16	2152	3	velika	10 kg
17	P17	2152	3	srednja	10 kg
18	P18	2152	3	srednja	10 kg
19	P19	2132	2	velika	15 kg
20	P20	2132	2	velika	15 kg
21	P21	2132	2	velika	15 kg
22	P22	2132	2	velika	15 kg
23	P23	2132	2	velika	15 kg
24	P24	2132	2	srednja	15 kg
25	P25	2132	2	srednja	15 kg
26	P26	2132	2	srednja	15 kg
27	P27	2132	2	srednja	15 kg
28	P28	3323	1	velika	25 kg
29	P29	3323	1	velika	25 kg
30	P30	3323	1	velika	25 kg
31	P31	3323	1	velika	25 kg

32	P32	3323	1	velika	25 kg
33	P33	3323	1	velika	20 kg
34	P34	3323	1	velika	20 kg
35	P35	3323	1	velika	20 kg
36	P36	3323	1	velika	20 kg
37	P37	3332	3	srednja	10 kg
38	P38	3332	3	srednja	10 kg
39	P39	3332	3	srednja	10 kg
40	P40	3331	2	srednja	5 kg
41	P41	3331	2	srednja	5 kg
42	P42	3331	2	srednja	5 kg
43	P43	3331	2	srednja	5 kg
44	P44	3331	2	srednja	5 kg
45	P45	3331	2	srednja	1 kg

Ovdje se također primjećuje jedan nedostatak metode, a to je da nije uključena frekvencija protoka kutija. Ako bi se uključila i frekvencija u provedbu analize, kutije bi se rasporedile na način da u sigurnu zonu stavljamo kutije s najvećom frekvencijom bez obzira na masu kutija, a u zonu s najvećim rizikom stavljamo kutije koje imaju najmanju frekvenciju.

U nastavku će se izračunati nove kategorije rizika za kodove koji su predloženi kao korektivne radnje te će se na temelju tih rezultata dati zaključak za ovaj problem. Novi kodovi prikazani su u [Tablica 17.]. Korektivne radnje koje smo koristili su promjene držanja položaja tijela.

Za prvi položaj držanja tijela prema slici u [Tablica 10.] uočljivo je da su potrebne korektivne radnje oko radnog mjesta jer radnik obavlja aktivnosti s krivim položajem držanja tijela. Potrebno je promijeniti držanje tijela radnika kako bi se smanjio rizik od ozljede. Prijedlog koda koji opisuje novo držanje je 1323 koji pripada kategoriji rizika 1. Prema tome kodu radnik bi trebao poravnati os tijela s osi nogu i s obje noge stajati na podu.

Kod drugog položaja držanja tijela iz slike u [Tablica 11.] nisu potrebne nikakve promjene u držanju položaja tijela. Kod koji opisuje položaj držanja tijela je 3323 i on pripada kategoriji rizika 1.

U trećem položaju držanja tijela iz [Tablica 12.] vidljivo je da se radnik oslanja na jednu nogu te savijanjem trupa uzima kutiju s police što je u potpunosti pogrešno zbog čega ispada kategorija rizika 3. Kod ovog slučaja potrebne su korektivne radnje koje obuhvaćaju pravilno držanje tijela radnika. Prema OWAS metodi novi kod za korektivne radnje bio bi 1123 što znači da bi radnik trebao stajati uspravno oslonjen na obje noge i trebao bi uspraviti leđa. Prema novom kodu kategorija rizika bila bi 1 što znači da radnik može dalje nesmetano obavljati svoje aktivnosti. Također ako se provjere rezultati u poglavlju 2.5.2. koje opisuje preporuke za maksimalnu masu koju radnik smije podići, može se zaključiti da muškarci slobodno rade s ovom masom dok žene ne smiju.

Kod četvrtog položaja držanja tijela iz [Tablica 13.] uočljivo je krivo držanje tijela radnika koje nije po pravilima podizanja tereta kako je opisano u poglavlju 2.5.1. Primjenom OWAS metode može se predložiti pravilno držanje radnika koje bi opisivao kod 1142 koji spada u kategoriju rizika 2. Radnik bi trebao zauzeti takav položaj da lagano savije koljena, a leđa da ostanu uspravna s osi glave.

Posljednji položaj držanja tijela vidi se u [Tablica 14.]. Korištenjem OWAS metode prijedlog korektivnih radnji je držanje tijela koje opisuje kod 1142, a on spada u kategoriju 2. Prema tome kodu radnik bi trebao čučnuti ispred kutije koju podiže tako da mu leđa ostanu uspravna te zatim podizati kutiju koristeći samo mišiće u nogama, nikako one u leđima. Podizanje tereta (u ovom slučaju kutije) radnik bi trebao vršiti prema pravilima podizanja tereta koja su opisana u poglavlju 2.5.1., što znači pomoću mišića u nogama, nikako pomoću leđa.

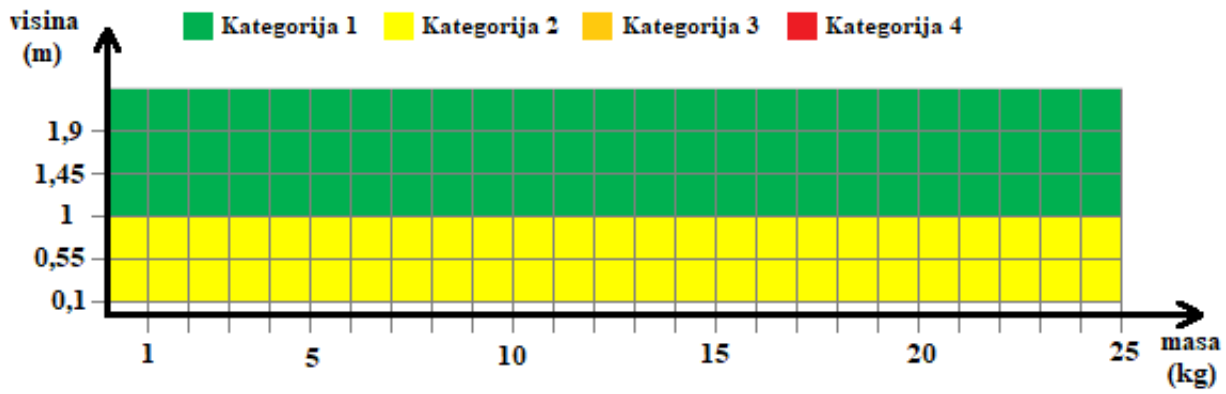
Tablica 17. Rezultati nakon promjene držanja tijela prema OWAS metodi

Br. kutija	Skladišno mjesto	Kod	Kategorija rizika	Veličina kutije	Masa kutije
1	P1	1142	2	velika	10 kg
2	P2	1141	2	srednja	1 kg
3	P3	1142	2	velika	15 kg
4	P4	1141	2	srednja	5 kg
5	P5	1143	2	velika	25 kg
6	P6	1142	2	srednja	10 kg
7	P7	1141	2	mala	1 kg
8	P8	1142	2	srednja	15 kg
9	P9	1143	2	velika	20 kg
10	P10	1142	2	srednja	15 kg
11	P11	1141	2	mala	1 kg
12	P12	1142	2	srednja	10 kg
13	P13	1141	2	srednja	1 kg
14	P14	1142	2	velika	10 kg
15	P15	1143	2	velika	25 kg
16	P16	1143	2	velika	20 kg
17	P17	1142	2	velika	15 kg
18	P18	1141	2	srednja	5 kg
19	P19	1122	1	velika	10 kg
20	P20	1123	1	velika	25 kg
21	P21	1123	1	velika	20 kg
22	P22	1121	1	srednja	1 kg
23	P23	1122	1	velika	15 kg
24	P24	1122	1	srednja	15 kg
25	P25	1121	1	srednja	5 kg
26	P26	1121	1	mala	1 kg
27	P27	1122	1	srednja	10 kg
28	P28	3321	1	mala	1 kg
29	P29	3321	1	srednja	5 kg
30	P30	3322	1	srednja	10 kg
31	P31	3323	1	velika	25 kg

32	P32	3323	1	velika	20 kg
33	P33	3322	1	velika	15 kg
34	P34	3321	1	srednja	1 kg
35	P35	3322	1	velika	10 kg
36	P36	3322	1	srednja	15 kg
37	P37	1323	1	velika	20 kg
38	P38	1321	1	srednja	5 kg
39	P39	1322	1	srednja	15 kg
40	P40	1321	1	srednja	1 kg
41	P41	1322	1	srednja	10 kg
42	P42	1321	1	mala	1 kg
43	P43	1323	1	velika	25 kg
44	P44	1322	1	velika	10 kg
45	P45	1322	1	velika	15 kg

Prema rezultatima nakon korektivnih radnji po OWAS metodi iz [Tablica 17.] dobivene su nove zone rizika koje su prikazane na [Slika 48.]. Ovdje je također zapažen isti problem. Metoda ne uzima u obzir visinu na kojoj se podiže teret što je jako bitno jer prema poglavlju 2.5.3. radnik bi trebao obavljati zadatak u sigurnoj radnoj zoni. Kao što je prethodno spomenuto i ovdje se pojavljuje problem vezan uz grupe težina tereta jer ispada da promjenom držanja tijela prema OWAS metodi radnik može doći u sigurnu radnu zonu bez obzira s kojim masama manipulira, a to se pojavljuje zbog toga što metoda ne uzima u obzir visinu podizanja tereta.

Ako zanemarimo ovaj nedostatak u provedbi metode, možemo ipak zaključiti da metoda daje neke dobre rezultate. Prema [Slika 48.] može se zaključiti da je sigurna radna zona na visini kada radnik stoji uspravno s objema nogama na podu i u ravnoteži te kada leđa drži uspravno. U poglavlju 2.5.1. spominje se da su bolovi u leđima najčešći poremećaji koji se pojavljuju zbog nepravilnog ručnog rukovanja teretom, a to je sada i dokazano provedbom metode. Lošim držanjem leđa prilikom rukovanja kutijama povećava se rizik od ozljeda. Najmanji rizik od ozljede postoji kada se leđa drže uspravno i to je razlog zbog kojeg bi se teške kutije trebale skladištiti na srednjoj polici isto kao i one kutije koje se najčešće koriste, a lakše kutije ispod ili iznad srednje police.



Slika 48. Dijagram zona rizika nakon korektivnih radnji

5. ZAKLJUČAK

Ergonomija je u današnje vrijeme prisutna svuda oko nas. Svako radno mjesto trebalo bi biti oblikovano tako da bude pogodno za radnika, tj. da radnik može nesmetano obavljati svoj posao uz maksimalnu učinkovitost. Ukratko rečeno, ergonomija je znanost koja se bavi oblikovanjem radnog mjesta, opreme i alata. Loša ergonomija na radnom mjestu ne utječe samo na radnika i na njegove mišićno-koštane poremećaje, već i na poslodavca zato što radnik ne može učinkovito obavljati svoj posao i samim time poslodavac je financijski oštećen. Svaki poslodavac bi trebao brinuti o svojim radnicima, osigurati im ugodno i sigurno radno okruženje. U suprotnome, oni koriste svaku priliku kako bi izbjegavali poslove koji im uzrokuju bolove.

OWAS metoda jedna je od metoda za ergonomsku procjenu rizika od ozljeda na radnom mjestu. Metoda procjenjuje držanje 3 glavna dijela tijela, a to su leđa, ruke i noge te uključuje masu tereta koji se podiže. Prednost ove metode je što se može lako provesti bez ometanja radnika na njegovom radnom mjestu tijekom radnog vremena. Još jedna prednost metode je što je jednostavna i može je izvoditi bilo tko, nije potrebna prethodna obuka. Analizirajući problem ručnog komisioniranja kutija iz poličnih regala, uočeni su neki nedostaci metode. Nedostaci ove metode su ti što nije uzeta u obzir visina do koje se teret podiže, pa rezultati mogu ukazivati na to da je prihvatljivo podizati terete teže od 20 kg na visine iznad glave. To ponekad nije problem ako je učestalost potražnje za tim kutijama niska, ali ako se često traže kutije s tim masama na tim visinama, to je problem. Nedostatak metode je struktura težinskih grupa tereta. Težine tereta podijeljene su u 3 skupine, a problem je što za sve mase veće od 20 kg kategorija rizika ostaje nepromijenjena. Prema OWAS metodi, dimenzije kutija ne utječu na rizik od ozljeda. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da je sigurna zona na polici u visini struka i na polici iznad visine struka, a najopasnija zona je najniža polica u regalu jer se potrebno sagnuti kako bi se uzela i podigla kutija. Rezimirajući sve spoznaje tijekom pisanja ovog rada o ergonomiji i OWAS metodi, može se zaključiti da treba razmotriti što više ulaznih parametara kako bi se dobili što točniji rezultati. Kako bi dobiveni rezultati bili što precizniji i točniji, potrebno je promatrati sljedeće parametre: težina kutija, visina do koje se kutije podižu i učestalost potražnje za pojedinačnim kutijama. Raspored kutija na polici je vrlo važan i kutije bi trebale biti raspoređene tako da se uzima u obzir učestalost kutija koje se često potražuju i stavljaju na police koje su u sigurnoj zoni, a one koje se rijetko potražuju trebaju se postaviti na police koje su u zoni većeg rizika.

LITERATURA

[1] Kirin, S.: *Uvod u ergonomiju,* Veleučilište u Karlovcu, 2019.

[2] What are ergonomics?, pristupljeno 1.7.2021.

[3] Povijest ergonomije, pristupljeno 2.7.2021.

[4] Ergonomija, pristupljeno 2.7.2021.

[5] Što su poremećaji mišićno - koštanog sustava povezani s radom?, pristupljeno 25.6. 2021.

[6] Sindrom karpalnog kanala ili tunela, pristupljeno 28.6. 2021.

[7] MSD priručnik, pristupljeno 28.6. 2021.

[8] Bol u leđima, pristupljeno 28.6. 2021.

[9] Ergonomics: *The Study of Work*, U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, OSHA 3125, 2000 (Revised)

[10] Što su poremećaji mišićno - koštanog sustava povezani s radom?, pristupljeno 2.7.2012.

[11] Ergonomija i sigurnost, pristupljeno 25.6.2021.

[12] How to lift an object manually – ergonomic guidelines, pristupljeno 24.6.2021.

[13] Good handling technique, pristupljeno 24.6.2021.

[14] Manual Handling, pristupljeno 25.6.2021.

[15] What is the Maximum Weight you can Lift at Work?, pristupljeno 26.6.2021.

[16] Proper Work Area Ergonomics, pristupljeno 28.6.2021.

[17] Agriculture and Agricultural Science Procedia, Volume 3, 2015, Pages 195-199

[18] MATEC Web Conf. Volume 154, Work postural analysis and musculoskeletal injury risk in critical working station at XYZ Ceramics Yogyakarta, 2018., Yogyakarta, Indonesia

[19] IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS) Volume 23, Issue 10, Ver. 3, listopad 2018., 01-11, Poljska

[20] International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE) 2013, Vol. 19, No. 2, Pages 245–250

[21] Beheshti M., Firoozi Chahak A., Alinaghi Langari A., Poursadeghiyan, M.: Risk a ssessment of musculoskeletal disorders by OVAKO Working posture Analysis System OWAS and evaluate the effect of ergonomic training on posture of farmers (JOHE) 2015, Pages 131-138

[22] OWAS metoda , pristupljeno 18.4.2021.

[23] Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri Volume 5 Nomor 1: 39-45

[24] SHS Web Conf. Volume 49, International Cooperation for Education about Standardization 2018., Working posture analysis of sweet whey powder handling at CV Cita Nasional warehouse using OVAKO Working Posture Analysis, Indonesia

[25] Corella Justavino, F.; Jimenez Ramirez, R.; Meza Perez, N.; A. Borz, S.: The use OWAS in forest operations postural assessment: advantages and limitations, Bulletin of the Transilvania University in Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering, Vol. 8 (57) No.2 - 2015

[26] Muhammad Ramadhani, M.; Darul Prayogo, R.; Ayu D. P., D.: Assessment Analysis Of Ergonomics Work Posture On Wheel Installation With Ovako Work Posture Analysis System (OWAS), IOSR Journal Of Humanities And Social Sciences (IOSR-JHSS), Volume 23, Issue 10, Ver. 3 (October, 2018) 01-11

[27] Fatimah Nur, R.; Rahayu Lestari, E.; Asmaul Mustaniroh, S.: Working Posture Analysis on Sugar Cane Harvesting Station Using OWAS and REBA, a Case Study in PG Kebon Agung, Malang, Industria: Journal of Agroindustrial Technology and Management, Ver. 5 (1): 39–45 (2016)

[28] Gajšek, B.; Šinko, S.; Kramberger, T.; Butlewski, M.; Özceylan, E.; Đukić, G.: Towards Productive and Ergonomic Order Picking: Multi-Objective Modeling, Approach, Applied Sciences, 2021. https://doi.org/10.3390/app11094179, pristupljeno 29.5.2021.

[29] Đukić, G.: *Recenzirani nastavni materijal iz kolegija Posebna poglavlja tehničke logistike*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017.

[30] Oluić Č., *Skladištenje u industriji*, Sveučilište u Zagrebu, 1997.

[31] Polični regali, pristupljeno 31.5.2021.

[32] Radni stolovi i ormari, pristupljeno 1.7.2021.

[33] Skladišni sustavi, pristupljeno 1.7.2021.

[34] AS/RS Sustav Za Automatsko Skladištenje, pristupljeno 1.7.2021.

[35] Paletni regali, pristupljeno 1.7.2021.

[36] Polični regali, pristupljeno 25.6.2021.

6. PRILOZI

I. CD-R disk