

# RULA metoda za ergonomsku procjenu rizika radnih zadataka

---

Klarić, Luka

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:235:045917>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Luka Klarić**

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentori:

Prof. dr. sc. Goran Đukić

Student:

Luka Klarić

Zagreb, 2021.

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

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Goranu Đukiću na pruženoj pomoći oko izrade ovog diplomskog rada, na utrošenom vremenu, korisnim savjetima te na razumijevanju i velikom uloženom trudu da ovaj rad bude što bolji.

Hvala mojoj obitelji, djevojci i svim prijateljima koji su bili uz mene tijekom studiranja i koji su mi pružili veliku podršku i uljepšali studiranje.

Hvala mojoj obitelji koja mi je pružila bezuvjetnu podršku i vjeru u moj uspjeh!

---

Luka Klarić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomске ispite  
Povjerenstvo za diplomске 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: **LUKA KLARIĆ** Mat. br.: 0035201044

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

Naslov rada na engleskom jeziku: **RULA 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 RULA (Rapid Upper Limb Assessment) za analizu rizika opterećenja gornjeg dijela tijela (vrat, torzo, gornji ekstremiteti).

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 RULA, uz ilustracije procedure korištenja,
- dati prikaz ergonomske opreme (opreme koja pomaže u obavljanju manualnih radnih zadataka s ciljem smanjenja zamora i rizika od ozljeda),
- za odabrani primjer moguće primjene ergonomske opreme u obavljanju odabranog radnog zadatka provesti analizu smanjenja rizika, za različite vrijednosti težina i masa proizvoda/izradaka kojima se ručno rukuje.

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: *Klarić*  
prof. dr. sc. Goran Đukić

Predsjednica Povjerenstva:  
*Runje*  
prof. dr. sc. Diserka Runje

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	5
POPIS SLIKA .....	7
POPIS TABLICA.....	10
POPIS KRATICA .....	11
SAŽETAK.....	12
SUMMARY .....	13
1. UVOD .....	14
2. ERGONOMIJA.....	15
2.1. Mikro ergonomija.....	18
2.2. Makro ergonomija .....	18
2.3. Mišićno koštani poremećaj.....	19
3. ERGONOMSKI ALATI ZA PROCJENU.....	22
4. RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT (RULA) .....	25
4.1. Područja primjene .....	25
4.1.1. Mjerenje mišićno-koštanog rizika .....	26
4.1.2. Usporedba opterećenja na trenutnoj opremi i na modificiranoj radne stanice .....	26
4.1.3. Procjena produktivnosti i prikladnosti korištene opreme.....	26
4.1.4. Edukacija radnika .....	26
4.2. Postupak korištenja metode.....	27
4.2.1. Držanje i položaj dijelova tijela .....	27
4.2.2. Bodovne liste i tablice .....	29
4.3.3. Razine akcije .....	31
5. POSTUPAK KORIŠTENJA METODE PO KORACIMA .....	32
6. ERGONOMSKA OPREMA .....	39
6.1. Stolovi za podizanje .....	39
6.2. Nagibni stolovi .....	41
6.3. Podizač za pozicioniranje paleta .....	42
6.4. Podesiva radnička visinska platforma .....	44
6.5. Uravnoteživač / balanser .....	44

---

6.6.	Manipulatori .....	45
6.7.	Vakuumske dizalice .....	46
6.8.	Dizalice za radne stanice .....	46
6.9.	Prilagođene radne stanice .....	47
6.10.	Transportne trake.....	47
7.	PRIMJENA RULA METODE NA PRIMJERU .....	48
7.1.	Opis radne stanice .....	48
7.2.	Izračun RULA metodom rizik radne stanice.....	50
7.3.	Unaprjeđenje radne stanice .....	63
7.4.	Usporedba ocjene prvobitne i modificirane radne stanice .....	75
8.	ZAKLJUČAK .....	77
	LITERATURA.....	78
	PRILOZI.....	79

## POPIS SLIKA

Slika 1.	Područja povezana ergonomijom [3].....	15
Slika 2.	Položaj nadlaktice, [7].....	27
Slika 3.	Položaj podlaktice, [7].....	28
Slika 4.	Položaj šake, [7].....	28
Slika 5.	Položaj vrata, [7].....	28
Slika 6.	Položaj trupa, [7].....	29
Slika 7.	Prikaz dva analizirana slučaja, [15].....	32
Slika 8.	Prikaz podignute nadlaktice, [15].....	33
Slika 9.	Pravilo bodovanja nadlaktice, [7].....	33
Slika 10.	Pravilo bodovanja podlaktice, [7].....	33
Slika 11.	Položaj ručnog zgloba, [7].....	34
Slika 12.	Položaj vrata, [15].....	36
Slika 13.	Pravilo za ocjenu položaja vrata, [7].....	36
Slika 14.	Položaj trupa, [15].....	36
Slika 15.	Pravilo za ocjenu položaja trupa, [7].....	36
Slika 16.	Hidraulički podizni stol, [16].....	39
Slika 17.	Nisko teretni podizni stol, [16].....	39
Slika 18.	Prijenosni podizni stol, [16].....	40
Slika 19.	Podizni okretni stol, [16].....	40
Slika 20.	Podni stol za podizanje poda, [16].....	40
Slika 21.	Podizni nagibni stol, [16].....	40
Slika 22.	Prijenosni podizni stol za komande, [16].....	40
Slika 23.	Prijenosni nagibnici kontejnera, [16].....	41
Slika 24.	Nagibni stolovi za podizanje, [16].....	41
Slika 25.	Fiksni nagibi visine, [16].....	41
Slika 26.	Roll-on nagib kontejnera, [16].....	41
Slika 27.	Podizno-nagibni stol za doseg, [16].....	42
Slika 28.	Podizač pozicionira za male kutije, [16].....	42
Slika 29.	Okretni disk, [16].....	42
Slika 30.	Okretni prsten, [16].....	42
Slika 31.	PalletPal 360 Opružni paletni podizač sa zakretnim prstenom, [16].....	43
Slika 32.	PalletPal 360 Air - paletni podizač sa zračnim jastukom, [16].....	43
Slika 33.	Walkie PalletPal - električni podizač paleta, [16].....	43



<b>Slika 34.</b>	<b>Uredaj za podizanje paleta sa zakretnim prstenom - hidraulični, [16]</b> .....	43
<b>Slika 35.</b>	<b>Rotacijski paletar, [16]</b> .....	43
<b>Slika 36.</b>	<b>Dizalica paleta s visokim dizanjem, [16]</b> .....	43
<b>Slika 37.</b>	<b>Podesiva visinska platforma (lijevo) i primjena (desno) [17]</b> .....	44
<b>Slika 38.</b>	<b>Balanser / uravnoteživač [17]</b> .....	45
<b>Slika 39.</b>	<b>Manipulator (lijevo) i primjena (desno) [17]</b> .....	45
<b>Slika 40.</b>	<b>Vakumska dizalica (lijevo) i primjena (desno) [17]</b> .....	46
<b>Slika 41.</b>	<b>Dizalica za radne stanice [17]</b> .....	46
<b>Slika 42.</b>	<b>Prilagođena radna stanica [17]</b> .....	47
<b>Slika 43.</b>	<b>Konvejer [17]</b> .....	47
<b>Slika 44.</b>	<b>Primjena konvejera [17]</b> .....	47
<b>Slika 45.</b>	<b>Konvejer (transportna traka), [18]</b> .....	48
<b>Slika 46.</b>	<b>Fleksibilni konvejer za lakše prilagođavanje radnom mjestu [19]</b> .....	49
<b>Slika 47.</b>	<b>Slaganje kutija na paletu, [20]</b> .....	49
<b>Slika 48.</b>	<b>Uzimanje kutije sa konvejera, [21]</b> .....	50
<b>Slika 49.</b>	<b>Ocjena za položaj nadlaktice, [22]</b> .....	51
<b>Slika 50.</b>	<b>Odlaganje kutije na paletu, [21]</b> .....	51
<b>Slika 51.</b>	<b>Odlaganje druge kutije, [21]</b> .....	51
<b>Slika 52.</b>	<b>Prenošenje kutije i slaganje, [21]</b> .....	52
<b>Slika 53.</b>	<b>Prijenos kutije na drugu stranu palete, [21]</b> .....	52
<b>Slika 54.</b>	<b>Dodatni bodovi za gornji dio ruke, [22]</b> .....	52
<b>Slika 55.</b>	<b>Ocjena za položaj podlaktice, [22]</b> .....	53
<b>Slika 56.</b>	<b>Položaj podlaktice, [21]</b> .....	53
<b>Slika 57.</b>	<b>Ocjena za položaj ručnog zgloba, [22]</b> .....	54
<b>Slika 58.</b>	<b>Zakret ručnog zgloba, [22]</b> .....	54
<b>Slika 59.</b>	<b>Ocjena za položaj vrata, [22]</b> .....	56
<b>Slika 60.</b>	<b>Položaj vrata, [21]</b> .....	56
<b>Slika 61.</b>	<b>Naginjanje vrata na stranu, [22]</b> .....	57
<b>Slika 62.</b>	<b>Zakret vrata u stranu, [22]</b> .....	57
<b>Slika 63.</b>	<b>Ocjena položaja trupa, [22]</b> .....	58
<b>Slika 64.</b>	<b>Položaj trupa, [21]</b> .....	58
<b>Slika 65.</b>	<b>Položaj naginjanja trupa na stranu, [22]</b> .....	58
<b>Slika 66.</b>	<b>Položaj zakreta trupa, [22]</b> .....	59
<b>Slika 67.</b>	<b>Ocjena položaj nogu, [22]</b> .....	59
<b>Slika 68.</b>	<b>PalletPal 360, [17]</b> .....	63

---

<b>Slika 69.</b>	<b>Prijenosno postolje, [21]</b> .....	64
<b>Slika 70.</b>	<b>Pristupačnost uređaju, [21]</b> .....	64
<b>Slika 71.</b>	<b>Primjer slaganja kutija na podignutu paletu, [23]</b> .....	65
<b>Slika 72.</b>	<b>Određivanje položaja nadlaktice, [24]</b> .....	66
<b>Slika 73.</b>	<b>Ocjena za položaj nadlaktice, [22]</b> .....	66
<b>Slika 74.</b>	<b>Primjer slaganja prvog reda kutija, [21]</b> .....	66
<b>Slika 75.</b>	<b>Određivanje položaja podlaktice, [24]</b> .....	67
<b>Slika 76.</b>	<b>Ocjena položaja podlaktice, [22]</b> .....	67
<b>Slika 77.</b>	<b>Ocjena položaja ručnog zgloba, [22]</b> .....	67
<b>Slika 78.</b>	<b>Zakret ručnog zgloba, [22]</b> .....	68
<b>Slika 79.</b>	<b>Položaj vrata, [24]</b> .....	69
<b>Slika 80.</b>	<b>Ocjena položaja vrata, [22]</b> .....	70
<b>Slika 81.</b>	<b>Položaj cijelog trupa, [24]</b> .....	70
<b>Slika 82.</b>	<b>Ocjena za položaj trupa, [22]</b> .....	70
<b>Slika 83.</b>	<b>Zakret trupa, [22]</b> .....	70
<b>Slika 84.</b>	<b>Ocjena za položaj nogu, [22]</b> .....	71
<b>Slika 85.</b>	<b>Dignuta paleta na podizaču, [24]</b> .....	73
<b>Slika 86.</b>	<b>Spuštena paleta zbog tereta, [24]</b> .....	73
<b>Slika 87.</b>	<b>Druga pozicija palete, [21]</b> .....	73
<b>Slika 88.</b>	<b>Prva pozicija palete, [21]</b> .....	73
<b>Slika 89.</b>	<b>Treća pozicija, [21]</b> .....	73

**POPIS TABLICA**

<b>Tablica 1.</b>	<b>Tablica A strane, prerađeno iz [7] .....</b>	<b>29</b>
<b>Tablica 2.</b>	<b>Tablica kategorije težine tereta, prerađeno iz [6] .....</b>	<b>30</b>
<b>Tablica 3.</b>	<b>Tablica B strane, prerađeno iz [7] .....</b>	<b>30</b>
<b>Tablica 4.</b>	<b>C tablica za ukupnu ocjenu, prerađeno iz [7].....</b>	<b>31</b>
<b>Tablica 5.</b>	<b>Razina akcije, prerađeno iz [6] .....</b>	<b>31</b>
<b>Tablica 6.</b>	<b>Očitanje iz A tablice, prerađeno iz [7].....</b>	<b>34</b>
<b>Tablica 7.</b>	<b>Očitanje za stranu A, prerađeno iz [7] .....</b>	<b>35</b>
<b>Tablica 8.</b>	<b>Očitanje ocjene iz B tablice, prerađeno iz [7] .....</b>	<b>37</b>
<b>Tablica 9.</b>	<b>Očitanje vrijednosti iz tablice C, prerađeno iz [7] .....</b>	<b>38</b>
<b>Tablica 10.</b>	<b>A tablica (RUKA/ZGLOB) , prerađeno iz [22] .....</b>	<b>55</b>
<b>Tablica 11.</b>	<b>Očitanje iz B tablice, prerađeno iz [22] .....</b>	<b>60</b>
<b>Tablica 12.</b>	<b>Očitanje ocjene iz C tablice, prerađeno iz [22] .....</b>	<b>60</b>
<b>Tablica 13.</b>	<b>Ocjena procjene po slaganom redu .....</b>	<b>61</b>
<b>Tablica 14.</b>	<b>Ocjene za svaku kategoriju i svaki složeni red .....</b>	<b>61</b>
<b>Tablica 15.</b>	<b>Očitanje iz A tablice, prerađeno iz [22].....</b>	<b>69</b>
<b>Tablica 16.</b>	<b>Očitanje ocjene iz B tablice, prerađeno iz [22] .....</b>	<b>72</b>
<b>Tablica 17.</b>	<b>Očitanje ocjene poboljšanja iz C tablice, prerađeno iz [22].....</b>	<b>72</b>
<b>Tablica 18.</b>	<b>Usporedba ocjena procjene rizika za sve kategorije težine tereta.....</b>	<b>74</b>
<b>Tablica 19.</b>	<b>Tablica usporedbe .....</b>	<b>75</b>

**POPIS KRATICA**

<b>Kratika</b>	<b>Opis</b>
<b>OWAS</b>	Sustav za procjenu držanja tijela ( <i>eng. Ovako Working Posture Assessment System</i> )
<b>PLIBEL</b>	Metoda za pronalazak ergonomske opasnosti ( <i>eng. A Method Assigned for Identification of Ergonomic Hazards</i> )
<b>NIOSH</b>	Nacionalni institut za zaštitu na radu ( <i>eng. The National Institute for Occupational Safety and Health</i> )
<b>DMQ</b>	Nizozemski mišićno-koštani upitnik ( <i>eng. Dutch Musculoskeletal Questionnaire</i> )
<b>REBA</b>	Brza procjena cijelog tijela ( <i>eng. Rapid Entire Body Assessment</i> )
<b>PDA</b>	Analiza fizičkih zahtjeva ( <i>eng. Physical Demands Analysis</i> )
<b>QEC</b>	Popis za brzu ekspoziciju ( <i>eng. Quick Exposure Checklist</i> )
<b>RULA</b>	Brza procjena gornjih udova ( <i>eng. Rapid Upper Limb Assessment</i> )
<b>SI</b>	Indeks naprezanja ( <i>eng. Strain Indeks</i> )
<b>OCRA</b>	Profesionalna ponavljajuća radnja ( <i>eng. The Occupational Repetitive Action</i> )
<b>LMM</b>	Uređaj za praćenje pokreta lumbalnog dijela ( <i>eng. Lumbar Motion Monitor</i> )
<b>KIM</b>	Metoda ključnog pokazatelja ( <i>eng. Key Indicator Methods</i> )
<b>ALLA</b>	Metoda za analizu donjeg dijela tijela i udova ( <i>Agricultural Lower Limb Assessment</i> )
<b>MSD</b>	Mišićno-koštani poremećaji ( <i>eng. Musculoskeletal Disorders</i> )

## **SAŽETAK**

U ovom radu obrađena je tema ergonomska procjena rizika radnih zadataka pomoću RULA metode. Zbog boljeg razumijevanja tematike opisana su područja ergonomije i njene važnosti u dizajniranju radnog mjesta te konstantnog unaprjeđivanja zbog smanjenja opterećenja radnika. Navedeni su problemi i uzročnici mišićno koštanih poremećaja te preporuke i rješenja za sprječavanje njihova nastanka. Opisani su ergonomske alati koji kvantificiraju i pretvaraju nemjerljive vrijednosti u mjerljive. Prikazana je ergonomska oprema kao primjer mogućeg unaprjeđenja procesa i smanjivanja opterećenja korisnika. Detaljno je, po koracima, objašnjena i prikazana provedba procjene rizika radnog zadatka primjenom RULA metodom. Procjena rizika napravljena je na primjeru jedne radne stanice. Ista radna stanica unaprijeđena je ergonomske povoljnim uređajem i provedena je procjena rizika za unaprijeđeno radno mjesto.

Ključne riječi: ergonomija, mišićno koštani poremećaj, ergonomske alati, RULA metoda, ergonomske oprema

## **SUMMARY**

This study deals with the topic of ergonomic risk assessment of work tasks using the RULA method. In order to better understand the topic, the areas of ergonomics and their importance in designing the workplace are described, as well as the continuous improvement due to the reduction of the workload of workers. The problems and causes of musculoskeletal disorders are listed, as well as recommendations and solutions to prevent their occurrence. Ergonomic tools that quantify and convert non-measurable values into measurable ones are described. Ergonomic equipment is presented as an example of possible process improvement and user workload reduction. The implementation of the risk assessment of the work task using the RULA method is explained and presented in detail, step by step. The risk assessment was made on the example of one workstation. The same workstation was upgraded with an ergonomically suitable device and a risk assessment for the upgraded workplace was performed.

Key words: ergonomics, musculoskeletal disorder, ergonomic tools, RULA method, ergonomic equipment

## 1. UVOD

U ovom radu obradit ćemo važnost ergonomije i njen utjecaj u razvitku logistike. Ergonomija proučava sve parametre ljudskog tijela i uzima podatke iz svih znanstvenih disciplina koje se bave ljudskim tijelom. Nastoji prikupljenim parametrima iz analize tijela i konstrukcijskim dizajnom opreme omogućiti čovjeku lakše korištenje opreme ili alata, smanjiti umor i prekomjerno trošenje energije korisnika te rizik od ozljede svesti na minimum. Jedna od glavnih grana ergonomije je proučavanje, otkrivanje i davanje rješenja za mišićno koštane poremećaje koji se javljaju tijekom obavljanja nekog radnog zadatka. Za ergonomsku analizu postoje razni alati, a najpoznatije ćemo opisati i objasniti čemu služe. Od ergonomskih alata izdvojit ćemo RULA metodu. RULA je metoda za procjenu rizika od ozljeda, a temelji se na analizi gornjeg dijela tijela. Za izdvojenu metodu ćemo detaljno opisati područja primjene i postupak korištenja korak po korak. Svaki korak detaljno ćemo opisati od pravilnog određivanja položaja određenog dijela tijela, dodjeljivanja pripadajućih ocjena, pravilno korištenje zadanih tablica pa sve do glavnog izračuna procjene rizika. Prikazat ćemo široko rasprostranjenu ergonomsku opremu koja služi za modificiranje, unapređenje, smanjenje rizika i povećanje produktivnosti. Na primjeru radne stanice s dostavom kutija konvejerom i slaganja na paletu provest ćemo ergonomsku procjenu, pomoću RULA metode, za otkrivanje rizika od ozljede. Pokušat ćemo unaprijediti radnu stanicu uvođenjem novog uređaja, ergonomski pogodnog, s ciljem minimiziranja opterećenja i rizika od ozljeda. Modificirani radni prostor ćemo također analizirati pomoću RULA metode da bismo vidjeli usporedbu prvobitne radne stanice i modificirane. Na kraju ćemo na temelju izračunatih vrijednosti donesti zaključak o cijelome radu.

## 2. ERGONOMIJA

Ergonomija proučava sve parametre ljudskog tijela i uzima podatke iz svih znanstvenih disciplina koje se bave ljudskim tijelom. Sastoji se od dva aspekta. Prvi aspekt je istraživanje ljudskog tijela i njegova dobrobit, a drugi konstruiranje i prilagođavanje sustava čovjeku i samim time poboljšavanje cjelokupnog sustava. [1]

Nastoji prikupljenim parametrima iz analize tijela i konstrukcijskim dizajnom opreme omogućiti čovjeku lakše korištenje opreme ili alata, smanjiti umor i prekomjerno trošenje energije korisnika te rizik od ozljede svesti na minimum.

Kako bi postigli dizajn najbolje prakse, ljudi koji se bave ergonomijom koriste podatke i tehnike nekoliko disciplina:

- Antropometrija – veličine tijela, oblici; populacije i varijacije
- Bio-mehanika – mišići, poluge, sile, snaga
- Fizika okoliša – buka, svjetlost, toplina, hladnoća, zračenje, vibracije, sustavi tijela (sluh, vid, osjećaji)
- Primijenjena psihologija – vještina, učenje, pogreške, razlike
- Socijalna psihologija – grupe, komunikacija, učenje, ponašanje [2]

Da bismo došli do zaključaka i rješenja problema potrebno je pri analizi fizičkih i bio-metričkih parametara istraživanja i analize numerirati podatke kako bismo mogli evaluirati i rangirati problem te napraviti predikciju i rješenje. Područja povezana s ergonomijom prikazana su slikom 1.



Slika 1. Područja povezana ergonomijom [3]

U pogledu ergonomije, glavni aktivni patogeni kumulativni rizični čimbenici koji se mogu pojaviti u uvjetima poslovne logistike su: [4]



1. Ekstremni ili neprirodni položaji zglobova.

Tijekom rada, preporučuje se pokrete držati blizu srednjih raspona radijusa zglobova, istovremeno smanjujući neprirodne položaje kao što je uvijanje zapešća u bokove ili ekstremno savijanje i istežanje. Snaga prijanjanja vrhova prstiju i dlanova opada s uvrtnjem zglobova.

2. Snaga

Rizik povezan s primjenom snage ovisi o vrsti kretanja, dio tijela koji primjenjuje silu i drugi čimbenici koji sudjeluju u pokretu. Visoke razine sile mogu se smatrati uzročnim čimbenicima u razvoju poremećaja uslijed dugotrajne pretjerane jednostrane izloženosti. Hvatanje ili držanje malih predmeta vrhovima prstiju (tako pod nazivom "stezanje") zahtijeva 4 puta više napora od rukohvata (palac u usporedbi s drugim prstima).

3. Učestalost ili ponavljanje (monoton rad)

To se odnosi na trajanje radnih ciklusa. Smatra se da je djelo monotono ako radni ciklus traje manje od 30 sekundi ili ako je više od 50% radnog ciklusa posvećeno izvođenju identičnih osnovnih pokreta. Ako radni ciklus prelazi 30 sekundi ili ako manje od 50% radnog ciklusa zahtijeva izvođenje identičnih osnovnih radnih pokreta tada je rizik od monotonije je nizak. Rizik koji proizlazi iz monotonog rada također ovisi o pojavi ostalih čimbenika rizika, povezanih s kontinuiranim opterećenjem istog mišića.

4. Vrijeme oporavka

Kako bi se izbjegla šteta uslijed dugotrajne prekomjerne jednostrane izloženosti, svaki utovar trebao bi biti praćen odgovarajućim odmorom. Režim rada i odmor mogu se detaljno odrediti na temelju potrošnje energije. Vrijeme oporavka također ovisi o broju ciklusa po danu i tjednu. Smatra se korisnim za rukovatelje koji rade u sjedećim položajima napraviti kratku pauzu nakon svakog sata rada. Pri radu u stojećem položaju, savjetuje se kratka pauza (do 10 minuta) nakon svakih pol sata rada. Šteta zbog dugotrajne prekomjerne jednostrane izloženosti je prijavljeno da se češće javljaju na poslovima s radnim ciklusima koji traju 30 sekundi, a ako više od 50% radnog ciklusa izvede identičan osnovni pokreti rada.

5. Pojedinačni čimbenici

Individualna varijabilnost zaposlenika može, zajedno s čimbenicima na radnom mjestu, povećavati razinu rizika u smislu ergonomije. Artritis, endokrini poremećaji, nedostatak vitamina B6, dijabetes, trudnoća itd.. Mogućnost signalizacije predispozicije nekih zaposlenika šteti povezanoj dugotrajnoj pretjeranoj jednostranoj izloženosti.

6. Statičko opterećenje

Tijekom procesa dinamičkog opterećenja, kontrakcija i opuštanje mišića pumpaju svježu krv, osiguravajući tako kontinuiranu opskrbu kisikom i hranjivim tvarima te istovremeno uklanjanje otpadnih tvari. Teški statični rad zahtijeva da mišić koristi vlastitu opskrbu kisikom i hranjivim tvarima, a metaboliti koji proizlaze iz mišićne aktivnosti ne ispuštaju se. Lokalna hipoksija i nakupljanje mliječne kiseline uzrokuju bol i umor opterećenih mišića. Primjeri statičkog opterećenja na poslu su sljedeći: držanje ruku podignutih zadugo, držeći predmete u podignutim rukama, gurajući i vukući teške terete i predmete, stojeći na jednom mjestu, naginjući glavu itd. Vjeruje se da se statički rad može izvoditi nekoliko sati dnevno bez simptoma umora ako sila koja djeluje ne prelazi 8% od maksimalne sile opterećenja mišića.

#### 7. Lokalno mehaničko opterećenje

Ovaj faktor rizika povezan je s kontaktom tijela s oštrim rubovima na radnom mjestu i također neprikladnog oblika drške alata. Pritisak na meko tkivo kroz ručke alata uzrokuje povećani efekt vibracija. Pritisak na podlaktice, npr. Na rubu stola, uzrokuje bolno lokalno deformiranje pokosnice. Osoba koja pati tada refleksno podiže ruke na poslu, tako da bolni dio podlaktice ne odmara na rub stola. To rezultira povećanim jednostranim opterećenjem na rameni pojas i pripadajuće strukture.

#### 8. Temperatura

Korištenje alata u hladnom okruženju može rezultirati pogoršanjem sposobnosti rukovanja zbog smanjenja taktilne osjetljivosti. Preopterećenjem mišića kako bi čvrsto uhvatili alat mogu povećati ergonomske rizik. Toplinsko opterećenje u vrućim i vlažnim radnim okruženjima povećava napor cijelog organizma, što dovodi do njegovog pregrijavanja. Osim toga, ako je stolna ploča uređaja ima previsoku ili prenisku taktilnu temperaturu to može dovesti na položaj prisilnog rada, slično mehaničkom lokalnom učinku rubova na podizanju podlaktice na radu.

#### 9. Vibracije

Rad s vibracijskim alatima i opremom, posebno s istodobnim izlaganjem hladnoći, može uzrokovati bolesti kostiju, zglobova, mišića, krvnih žila i živčanih ekstremiteta. Tijelo zaposlenika može se pomicati i vibrirati u jednom ili više smjerova. Ravnina prijenosa opisana je pravokutnom ravninom koja se sastoji od skupa osi X, Y i Z, gdje je os X smjera straga-naprijed, Y os je smjera desno-lijevo, a Z-os je smjera stopala-glava. Negativan učinak vibracija uglavnom se ogleda u rezonanciji ljudskog tijela ili njegovih dijelova. Utjecaj može izazvati promjene funkcija živaca, krvožilnog sustava, mišićno-koštanog sustava, kostiju, zglobova, tetiva i hrskavica. Učinak vibracija može pojačati fizički i mentalni umor zaposlenika, što dovodi npr. do učestalosti ozljeda.

## 10. Ostali čimbenici rizika

Nedostatak slobode u odlučivanju u okviru radnih aktivnosti kada zaposlenika neprestano kontrolira netko drugi također može biti smatrano čimbenikom rizika. Dodatni faktori rizika obuhvaćaju sadržaj i opseg posla kada zaposlenik obavlja samo jedan zadatak, a da nije dopušteno razvijati nove vještine i rješavati nove zadatke. Ostali čimbenici uključuju socijalni aspekt organizacije rada, nekontrolirani poremećaji, rad na zadacima, težina radne jedinice kao i rad u smjenama.

### 2.1. Mikro ergonomija

Mikro ergonomija se doživljava kao pristup ergonomiji koji naglašava istraživanje odnosa čovjeka i stroja na detaljnoj razini. Definira se kao zbroj aktivnosti usredotočenih na rješavanje svakodnevnih poslovnih problema i povećanje ljudskog efikasnog rada. Obično primjenjuje operativne pristupe, dok primjenjuje principe participativne ergonomije. Ljudski rad se smatra učinkovitim ako zaposlenici mogu obavljati radne zadatke kako bi se spojili kvalitativni i kvantitativni zahtjevi proizvodnje bez pogoršavanja vlastitog zdravlja.

Mikro ergonomija se sustavno bavi kadrovskim pitanjima vezanim uz utjecaj rada i okoline unutar ergonomske analize. Cilj je otkriti negativni utjecaj promjenjivih i neizmjenjivih čimbenika na izložene zaposlenika u oblik pritužbi koje ukazuju na nedostatke u pogledu ergonomije radnog mjesta. Za razliku od makro ergonomije, ovdje se rješavanje problema nastavlja do potpunog uklanjanja poremećaja. [4]

### 2.2. Makro ergonomija

Makro ergonomija se može shvatiti kao pristup koji ispituje poslovno okruženje, korporativna kultura, povijest i ciljevi koji su svi definirani vrlo široko.

Primjenjuje uglavnom proaktivne pristupe, prikuplja i integrira znanje svih disciplina i primijenjenih istraživanja u baze podataka čija će upotreba olakšati i usmjeriti radnu snagu dok se postiže ergonomska korist. Stvara baze podataka i modele za globalnu korist. Te baze podataka primijenjene su u razvoju nacionalnog zakonodavstva i razvoju strategija za osmišljavanje novih ranih i organizacijskih sustava kao i njihova racionalizacija unutar mikro ergonomije.

Ona zapravo uključuje izvorno razumijevanje ergonomije u cjelini i usredotočuje se uglavnom na aktivnosti povezane s razvojem novih uređaja i sustava zajedno s razvojem baze podataka o ergonomiji. Unutar rješenja nastoji se razviti proaktivni pristup tj. rješenje bi se trebalo temeljiti

na važećim zakonima i trebalo bi se koristiti visokokvalitetne podatke koji točno karakteriziraju populaciju kojima je rješenje namijenjeno. Treba napomenuti da visoko kvalitetni podaci i metode odražavaju realno stanje i pravu stvarnost samo s određenim vjerojatnostima pa se stoga može smatrati približnom. [4]

### 2.3. Mišićno koštani poremećaj

Najvažniji utjecaj ergonomije je na otklanjanju rizika od mišićno koštanih poremećaja. Cjelokupna ergonomska analiza i intervencija sprovodi se zbog otkrivanja kritičnih područja u kojima se događaju najveća opterećenja za radnike te se sprovodi modificiranje i promjena tog područja tj. radne stanice kako bi se taj rizik maksimalno smanjio ili potpuno uklonio. Neki od mišićno koštanih poremećaja i prilagođena rješenja dana su u nastavku: [5]

Rad s rukom iznad glave ili lakat iznad ramena, više od 4 sata dnevno:

- Podignite radnika na uzdignute radne platforme ili ljestve
- Alate izdužite pomoću zglobnih ručica ili produžnih ručki
- Spustite radnika i nagnite ga na bok radi boljeg pristupa
- Osigurajte prilagodljivost tamo gdje je to moguće za više korisnika
- Dizajnirajte udaljenost doseg za najkraćeg radnika
- Osigurajte podupirače za ruke
- Koristite kose platforme s nadzemnim transporterima za podešavanje promjenjive visine radnika.

Uzastopno dizanje ruku iznad glave ili lakta iznad ramena više od jednom po minuti, ukupno više od 4 sata po danu:

- Ograničite nadređeni prostor za pohranu za rijetko korištene predmete
- Podignite radnika na uzdignute radne platforme ili ljestve
- Alate izdužite pomoću zglobnih ručica ili produžnih ručki
- Osigurajte prilagodljivost tamo gdje je to moguće za više korisnika
- Dizajnirajte udaljenost doseg za najkraćeg radnika

Rad sa savijenim vratom ispod 45° (bez potpore ili sposobnost mijenjanja držanja), više od 4 sata ukupno dnevno:

- Podignite i nagnite predmete koji se gledaju kako bi vrat bio uspravniji
- Koristite povećala kad rukujete predmetima kako biste zadržali ruke i ramena dolje
- Glavu poduprite kolijevkom za bradu / čelo.
- Za podizanje monitora upotrijebite krakove monitora ili slagače
- Koristite video ili zrcalne sustave za pregled objekata ili mjesta koja su teško vidljiva
- (stomatološki / medicinski / kirurški poslovi, viljuškari)

Rad s leđima savijenim prema naprijed (bez podrške ili mogućnosti promjene držanja) više od 30 stupnjeva za više od 4 sata dnevno ili više od 45 ° dulje od 2 sata po danu:

- Podignite i nagnite rad kako biste osigurali bolji pristup
- Upotrijebite stolicu za sjedenje / stajanje za spuštanje radnika
- Alate izdužite pomoću zglobnih ručica ili produžnih ručki
- Izmjenjujte savijanje, sjedenje, klečanje i čučanje
- Upotrijebite jastučić za prsa kako biste podnijeli težinu gornjeg dijela tijela
- Locirajte predmete na dohvat ruke
- Koristite tjelesna kolica za rad na tlu

Teško dizanje:

- Smanjite težinu tereta
- Povećajte težinu tereta tako da zahtijeva mehaničku pomoć
- Smanjite kapacitet spremnika
- Upotrijebite tobogane, gravitacijske kanale kako biste eliminirali podizanje
- Koristite mehaničku pomoć kao što su dizalica, manipulator, vakuumska dizalica, pneumatski balanser, viličar
- Koristite teleskopske proširive transportere s pojasevima s pogonom koji sežu duboko u prikolice
- Smanjite vodoravnu udaljenost tereta od tijela smanjenjem veličine ambalaža
- Smanjite vodoravnu udaljenost tereta od tijela uklanjanjem prepreka, prepreke koje otežavaju pristup objektu
- Tim podignite objektivno s dva ili više radnika
- Poboljšajte raspored radnog procesa tako da je potreba za premještanjem materijala svedena na minimum
- Osigurati rukohvate koji povećavaju sposobnost dizanja do 15%

**Često dizanje:**

- Koristite mehaničku pomoć kao što su dizalica, manipulator, vakuumska dizalica, pneumatski balanser, viličar
- Reorganizirajte način rada kako biste eliminirali ponavljajuće rukovanje istim predmetom
- Rotirajte radnike na poslovima s laganim ručnim rukovanjem ili bez rukovanja
- Upotrijebite tobogane, gravitacijske kanale kako biste eliminirali podizanje
- Koristite mobilne police za odlaganje kako biste izbjegli nepotrebno utovar i istovar

### 3. ERGONOMSKI ALATI ZA PROCJENU

U području ergonomije postoje različiti alati za procjenu. Neki alati primjenjuju se za cijelo tijelo, a postoje i oni koji su specijalizirani za ciljanu skupinu mišića tj. dijela tijela. Neki od alata su navedeni i kratko opisani u daljnjem tekstu. [6]

a) RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

Ovo je metoda za brzu procjenu opterećenja gornjeg dijela tijela. Potrebno je proučiti položaj gornjih dijelova tijela i ocijeniti odgovarajućom ocjenom na radnom listu. Ovu metodu ćemo kasnije u daljnjem tekstu detaljno razraditi. [7]

b) REBA (Rapid Entire Body Assessment)

Alat za posturalnu analizu i brzu procjenu cijelog tijela. REBA metoda razvijena kako bi ispunila se uočena potreba za terenskim alatom za stručnjake, posebno dizajnirana da bude osjetljiva na vrstu nepredvidivih radnih položaja u zdravstvu i drugim uslužnim djelatnostima. [8]

c) PDA (Physical Demand Analysis)

Metoda za analizu fizičkog zahtjeva i procjenu rizika. Koristi se za procjenu i smanjenje rizika na radnom mjestu koje zahtjeva visok udio fizičkog rada i analizira cijelo tijelo.

PDA koristi metodički postupak za prikupljanje podataka koji se odnose na fizičke zahtjeve određenog posla i specifična područja ljudskog tijela. Udruženja za sprječavanje industrijskih nesreća definira PDA kao „Sustavni postupak za kvalificiranje i vrednovanje fizičkih, kognitivnih i okolišnih zahtjeva bitne i nebitne zadaće posla.“[9]

d) OWAS (Ovako Working posture Assessment System)

Analiza radnog položaja vrši se metodom OWAS kako bi se potigla što veća sigurnost, udobnost, i zadovoljstvo radnika te smanjio rizik od povreda. Ovaj alat analizira tijelo u svim položajima i proučava javljanje naprezanja i kritičnih točaka koje nastoji ukloniti prilagođavanjem okoline i položaja. [10]

e) LMM (Lumbar Motion Monitor)

Uređajem za monitoring lumbalnog pokreta mjerimo položaj, brzinu i ubrzanje kralježnice u sagitalnoj, bočnoj i zavojnoj ravnini, a ti podaci se koriste u modelu LBD (poremećaj leđa) za utvrđivanje čimbenika rizika [11]

## f) ALLA (Agricultural Lower Limb Assessment)

Za razliku od drugih alata koji su primjenjivani za analizu gornjeg dijela tijela u proizvodnji, ALLA alat se koristi za analizu donjeg dijela tijela i udova u poljoprivredi. Analiza se radi na temelju proučavanja 13 položaja donjih udova koji su često prema istraživanju zabilježeni kao kritični. Uz položaj donjih udova se analiziraju otkucaji srca i aktivnosti mišića. [12]

## g) OCRA (Checklist Risk Assessment)

Pri ergonomskoj analizi koristi se OCRA protokol procjenjujući različite stupnjeve zahvaćenosti segmenata gornjih udova. Koristi se radi lakše izrade simulacije u PLM sustavima. [6]

## h) QEC (Quick Exposure Check)

QEC je alat za provjeru brze izloženosti. Koristi se radi procjene izloženosti rizicima mišićno-koštanog poremećaja povezanog s radom i pružanja osnove za ergonomske intervencije. Alat se temelji na epidemiološkim dokazima i istraživanjima sklonosti liječnika za zaštitu na radu za poduzimanje procjene. [13]

## i) DMQ (Dutch Musculoskeletal Questionnaire)

Nizozemski upitnik se koristi za analizu mišićno-koštanog opterećenja i povezanih potencijalnih opasnih radnih uvjeta, kao i mišićno-koštanih simptoma u radničkoj populaciji. U upitniku ima sedam indeksa (sila, dinamičko i statičko opterećenje, ponavljajuća opterećenja, klimatski čimbenici, vibracije i ergonomske čimbenici okoliša). Zajedno s četiri zasebna pitanja o stajanju, sjedenju, hodanju i neugodnom držanju tijela, indeksi čine kratki pregled glavnih nalaza o mišićno-koštanom radnom opterećenju i povezanim potencijalno opasnim radnim uvjetima. [14]

## j) NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)

U istraživanjima NIOSH metodom ispitana je nelagodnost u mišićno-koštanom sustavu, uključujući laboratorijska i epidemiološka ispitivanja i procjene opasnosti po zdravlje na radnom mjestu. U studijama je ispitivanje provedeno u naprednoj prirodi koja je sadržavala razne intervencije praćenjem, fizičkim zahtjevima, dizajnom zadataka te psihosocijalnim aspektima. [6]

## k) PLIBEL

Ovo je jedna od prvih metoda u ergonomiji, a koristi se za mjerenje stupnja nelagode mišićno-koštane nelagode ravnice. Omogućuje radnicima da sustavno procjenjuju ergonomske opasnosti na radnom mjestu povezane s pet područja tijela popunjavanjem jednostavnog kontrolnog lista. [6]



### 1) SI (Strain Indeks)

Metodom indeksa soja koristimo se za određivanje rizika od ozljeda prilikom multi-taskinga ili poslova gdje covjek istovremeno obavlja više zadataka. Također SI koristimo za vrednovanje poslova kako bi se utvrdilo izlažu li radnike povećanom riziku od razvoja mišićno-koštanog poremećaja distalnog gornjeg ekstremiteta. [6]

## 4. RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT (RULA)

Metoda RULA prevedeno znači brza procjena gornjih udova i daje nam lako izračunatu ocjenu mišićno-koštanog opterećenja u zadacima u kojima ljudi imaju rizik od opterećivanja vrata i gornjih udova. Alat daje jednu ocjenu kao sliku zadatka, a to je ocjena držanja, snage i pokreta. Rizik se izračunava u ocjeni od 1 (nizak) do 7 (visok). Ti rezultati su grupirani u četiri razine djelovanja što daje naznaku vremenskog okvira u kojem je razumno očekivati da se pokrene kontrola rizika. [6]

Prednosti ove metode su da nisu potrebna nikakva ulaganja u materijale, opremu i obuku radnika. Metoda je vrlo jednostavna, lako provediva i jeftina. Njome možemo analizirati i procijeniti trenutno stanje, usporediti s promjenama ili mogućim promjenama za bolji pregled efikasnosti te promjene.

Nedostatak ove metode je što je namijenjen samo za gornji dio tijela i nema opciju procjene za druge dijelove tijela kao ni prstiju.

### 4.1. Područja primjene

Koristi se za procjenu položaja, sile i kretanja povezanih sa sjedenjem i stajanjem. Takvi zadaci uključuju računalne zadatke, proizvodnju, maloprodaju i razne poslove u kojima radnik sjedi ili stoji.

U sklopu ergonomske procjene rezultati RULA-e mogu se usporediti s ostalim čimbenicima ishoda. U proizvodnom pogonu u jednom istraživanju je utemeljena korelacija između visokih rezultata RULA-e i veće količine proizvoda koji su odbačeni kao škart kada su obrađeni na određenoj radnoj stanici. Kao dio makro ergonomske upravljanja tvrtka je naknadno poboljšala identificiranu radnu stanicu s visokim rizikom što je dovelo do povećanja razine kvalitete od 40%. Što nam pokazuje važnost ergonomske istraživanja i provođenja analiza u svrhu uštede, unaprjeđenja proizvodnog procesa i smanjenja rizika od povrede radnika. [6]

Četiri glavne primjene su: [6]

1. Izračunati mišićno koštani rizik, obično u sklopu šire ergonomske istrage
2. Usporediti mišićno-koštano opterećenje sadašnjeg i modificiranog dizajna radne stanice
3. Procijeniti rezultate poput produktivnosti ili prikladnosti opreme
4. Educirati radnike o mišićno-koštanom riziku stvorenom različitim radnim položajima

#### **4.1.1. Mjerenje mišićno-koštanog rizika**

RULA procjenjuje radno držanje i pridruženu razinu rizika u kratkom vremenskom okviru bez potrebe za posebnom opremom osim olovke i papira. Problem ove metode je što ne pruža detaljan prikaz posturalnih informacija kao što je na primjer položaj prsta koji bi mogao biti relevantan za ukupni rizik radnika. Zbog toga se RULA kombinira sa drugim alatima za ergonomsku procjenu rizika kako bi se napravila šira ergonomska provjera i ocjena rizika po radnika.

Može se upotrijebiti za procjenu određenih zadataka i za jednog ili skupinu korisnika. Može biti potrebno procijeniti niz različitih položaja tijekom radnog cilja kako bi se utvrdila ocjena mišićno-koštanog opterećenja. U takvim slučajevima je korisno snimiti ili fotografirati radnike s obje strane te sa stražnje strane dok izvršavaju zadatak kako bismo imali cjelokupni pogled i sve potrebne informacije za izradu procjene.

#### **4.1.2. Usporedba opterećenja na trenutnoj opremi i na modificiranoj radne stanice**

Jedna od primjena ove metode je usporedba opterećenja na trenutnoj radnoj stanici i opterećenja na modificiranoj radnoj stanici tj. prilagođenu s ciljem smanjenja opterećenja. Kako bismo dobili uvid u razinu poboljšanja uspoređujemo rezultate prve analize postojeće radne stanice i buduće unaprijeđene radne stanice. To nam je vrlo korisno ukoliko imamo više opcija za unaprijeđenje radne stanice pa ako su neke promjene podjednako utjecaja tj. smanjuju opterećenje u istom iznosu tada se odlučujemo za ekonomičniju verziju izvedbe.

#### **4.1.3. Procjena produktivnosti i prikladnosti korištene opreme**

Kod analiziranja ekonomičnosti i provedbe ergonomske procjene RULA metodom procjenjujemo prikladnost korištene opreme i radne stanice sa njihovom produktivnošću. Usporedbom dolazimo do korelacije i pronalaska uskih grla na kojima se možda događaju zastoji, povećani broj škarta, prevelike potrošnje materijala itd.

#### **4.1.4. Edukacija radnika**

Mnoge odrasle osobe imaju razvijene uobičajene krivo naučene posturalne pokrete koji se vrlo teško mijenjaju i ispravljaju. Zbog toga je bitna edukacija i trud radnika da kroz razne tehnike i primjere ispravnih posturalnih držanja i pokreta ispravi svoje krivo naučene.

## 4.2. Postupak korištenja metode

Kao što je ranije navedeno, RULA metoda se upotrebljava tako da se ocjenjuje držanje tijela prema propisanim pravilima i tablicama. Radna lista se sastoji od A i B strane. A strana sadrži položaje ruku, ramena i ručnog zgloba, a B strana položaje vrata, držanje trupa i položaj nogu. Obje strane sadrže ocjene upotrebe mišića i razinu opterećenja te tablice za vrednovanje određenih položaja. Rezultati obje tablice se križaju u C tablicu iz koje se iščitava razina cjelokupne procjene ovom metodom.

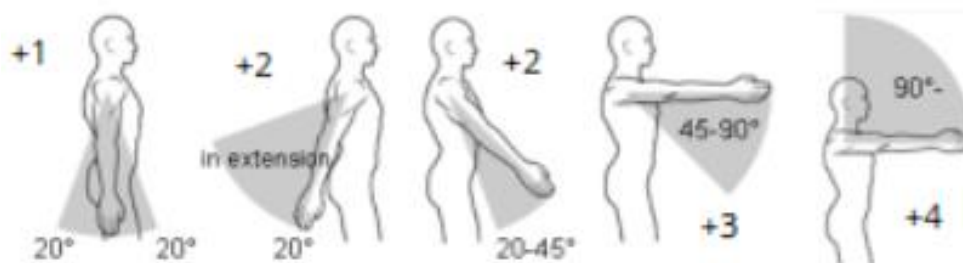
Procedura provođenja RULA metode se odvija u 3 glavna koraka:

1. Odabire se držanje dijela tijela za procjenu
2. Položaji se boduju pomoću bodovnih listi, dijagrama dijelova tijela i tablica
3. Rezultati se pretvaraju u jednu od četiri razine akcije, [6]

### 4.2.1. Držanje i položaj dijelova tijela

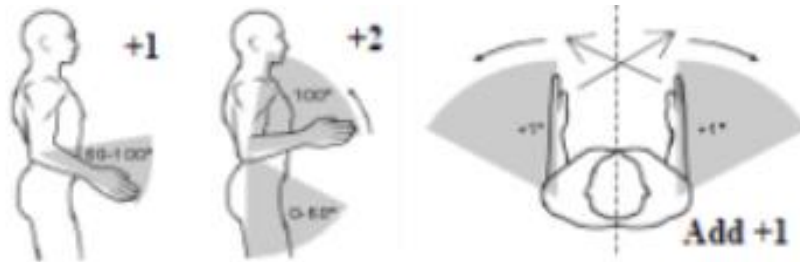
Prilikom procjene potrebno je odabrati radni položaj tijela za koji provodimo procjenu i prema uputama dodjeljivati ocjene. Dok se provodi procjena potrebno je u svakom odjeljenju bodovne liste odabrati položaj s time da imamo i dodatne bodove za dodatna opterećenja.

Na slici 2. prikazan je položaja nadlaktice prilikom obavljanja posla na promatranjoj radnoj stanici i određene ocjene za svaku poziciju. Vidimo 4 različita položaja prema kutu podignutosti nadlaktice i ocjene koje su poredane od 1 do 4. Ocjena 1 je za najmanje opterećenje, a 4 za najveće. Dodjeljuju se i dodatni bodovi za podignuto rame jedan bod, za prelazak simetrale tijela jedan bod, a ako je ruka poduprta ili se osoba oslanja na nju tada oduzimamo jedan bod.



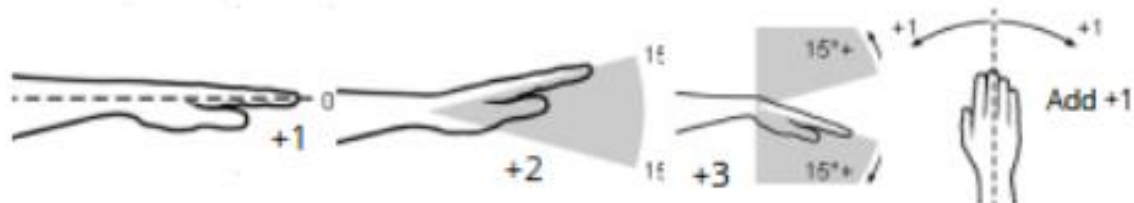
Slika 2. Položaj nadlaktice, [7]

Na slici 3. prikazana je podlaktica u mogućim položajima prilikom obavljanja promatranog posla i predodređene ocjene za svaku poziciju. Vidimo slučaj jedan prikazan položaj podignute nadlaktice pod kutom u rasponu  $60^{\circ}$ - $100^{\circ}$  u odnosu na spuštene podlaktice uz tijelo. Drugi slučaj nam pokazuje slučaj kada podlaktica obavlja poslove u rasponu  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$  i  $100^{\circ}$ +. Treći slučaj nam je dan na izbor. Ukoliko korisnik pomiče podlaktice lijevo-desno ili jednom rukom prelazi simetralu svoga tijela prilikom obavljanja posla, dodajemo 1 na osnovnu ocjenu u ovom odjeljku.



Slika 3. Položaj podlaktice, [7]

Slika 4. pokazuje nam položaj ručnog zgloba u radu. Prve tri sheme su za zakretni kut, a četvrta nam pokazuje dodatni bod za zakret dlana oko svoje osi.



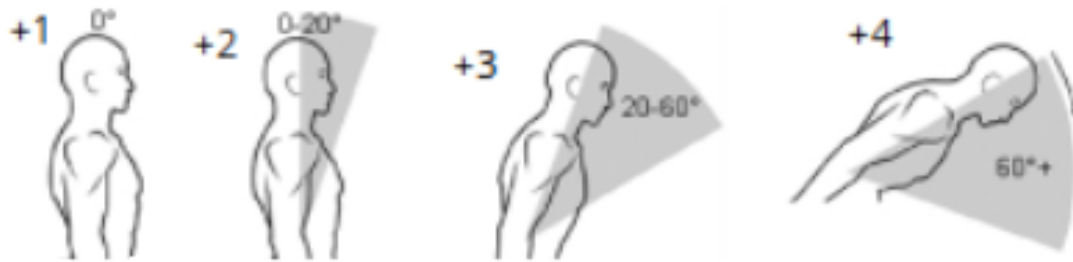
Slika 4. Položaj šake, [7]

U procjeni gornjeg dijela tijela spada i vrat. Na slici 5. prikazani su položaji vrata u radnom trenutku. Ovdje nije prikazano, no ukoliko se vrat nagnje u stranu ili zakreće (lijevo/desno) u oba slučaja dodjeljuje se dodatni bod.



Slika 5. Položaj vrata, [7]

Slika 6. prikazuje nam položaj trupa u obavljanju zadatka. Ako se trup nagnje u stranu ili zakreće u oba slučaja procjeni se dodjeljuje po jedan bod za akciju koju radi.



Slika 6. Položaj trupa, [7]

#### 4.2.2. Bodovne liste i tablice

Nakon odabranih položaja određenih dijelova tijela, u bodovne liste upisuju se bodovi i prema tim zbrojevima iz tablica se iščitavaju ocjene za daljnju procjenu. Prva tablica je A tablica prikazana tablicom 1.

Tablica 1. Tablica A strane, prerađeno iz [7]

TABLICA A		RUČNI ZGLOB							
		1		2		3		4	
NADLAKTICA	PODLAKTICA	ZAKRET ZGLOBA		ZAKRET ZGLOBA		ZAKRET ZGLOBA		ZAKRET ZGLOBA	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

U A tablici za ocjene određene za nadlakticu, podlakticu i ručni zglob iščitavamo rezultat koji zbrajamo sa odjeljkom upotrebe mišića. Upotrebu mišića ocjenjujemo prema tome ukoliko je držanje uglavnom statično tj. duže od deset minuta ili ako je radnja ponavljana četiri puta u jednoj minuti. Ako su zapaženi jedan ili oba slučaja dodaje se jedan bod. Na taj zbroj se dodaje i ocjena iz težine tereta. Bodovi za teret dani su u tablici 2.

**Tablica 2. Tablica kategorije težine tereta, prerađeno iz [6]**

TEŽINA TERETA	VRSTA OPTEREĆENJA	BODOVI
< 2 kg	isprekidano	0
2 kg – 10 kg	isprekidano	1
2 kg – 10 kg	statično ili ponavljano	2
> 10 kg	ponavljano ili na udare	3

Kada riješimo A stranu radne liste prelazimo na B stranu. Na B strani imamo tri ocjene s kojima ulazimo u B tablicu. Potrebne su nam ocjene za položaj vrata, trupa i nogu. Za vrat i trup je ranije prikazano slikom 5. i slikom 6. kako se određuju ocjene, a za noge i stopala ako su poduprte dodajemo jedan bod, ako nisu onda dva boda. S prikupljenim podacima ulazimo u tablicu B danu tablicom 3.

**Tablica 3. Tablica B strane, prerađeno iz [7]**

Ocjena položaja vrata	Ocjena položaja trupa (torza)											
	1		2		3		4		5		6	
	NOGE		NOGE		NOGE		NOGE		NOGE		NOGE	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Kada iz B tablice iščitamo rezultat zbrajamo ga kao i na A strani sa ocjenom upotrebe mišića i težine tereta.

Dobivenim rezultatima ulazimo u tablicu C i iščitavamo konačan rezultat. Tablica C dana je tablicom 4.

**Tablica 4. C tablica za ukupnu ocjenu, prerađeno iz [7]**

TABLICA C		OCJENA ZA VRAT/TRUP/NOGE						
		1	2	3	4	5	6	7+
OCJENA ZA ZGLOB/RUKA	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	4	6	6	7	7
	7	5	5	5	6	7	7	7
	8+	5	5	5	7	7	7	7

#### 4.3.3. Razine akcije

Tablicom 5. prikazane su razine akcije koje je potrebno poduzeti prema procjeni RULA metodom. Razina 1 ima prolaznu ocjenu i ne zahtjeva promjene. Razina 2 ukazuje na moguće probleme koji bi se trebali detaljnije istražiti i upozorava na moguće zahtjeve za promjenom. Razina 3 upozorava da je analizom utvrđena potreba za skorom promjenom, a razina 4 pokazuje da je stanje kritično i preporučuje hitno djelovanje i trenutne promjene.

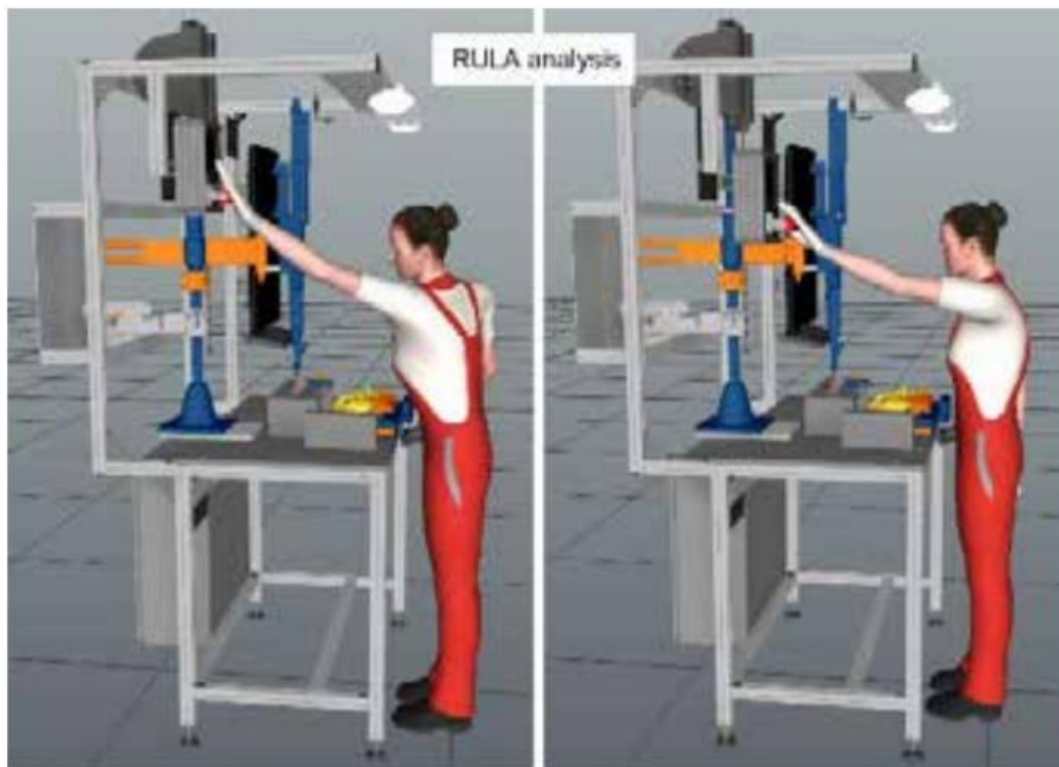
**Tablica 5. Razina akcije, prerađeno iz [6]**

Razina akcije 1	Ocjena 1 ili 2 ukazuje da je držanje tijela prihvatljivo ako se ne ponavlja duže vrijeme
Razina akcije 2	Ocjena 3 ili 4 ukazuje da je potrebna daljnja analiza, a možda će biti i potrebne promjene
Razina akcije 3	Ocjena 5 ili 6 ukazuje da su analiza i promjena potrebni uskoro
Razina akcije 4	Ocjena 7 ukazuje da je da su analiza i promjene potrebne odmah



## 5. POSTUPAK KORIŠTENJA METODE PO KORACIMA

Prethodno objašnjenu metodu ćemo u ovom poglavlju prikazati na primjeru kroz svaki korak. Za primjer ćemo uzeti procjenu dvije situacije prikazane na slici 7.



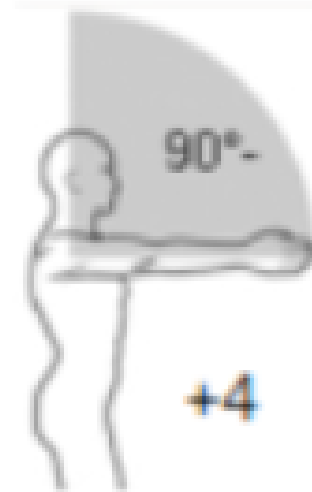
Slika 7. Prikaz dva analizirana slučaja, [15]

Na slici 7. prikazana su dva slučaja obavljanja posla na nekoj radnoj stanici. Na slici lijevo prikazana je prvobitna oprema, a na slici desno vidimo unaprijeđenu opremu na kojoj je upravljačka konzola spuštena kako bi bila lakše dohvatljiva korisniku te radne opreme na toj radnoj stanici. Kroz ovaj primjer proći ćemo kroz svaki korak analize za sliku lijevo, a za sliku desno ćemo na kraju analize dati samo krajnji rezultat zbog usporedbe.

## Korak 1: Locirati i ocijeniti položaj nadlaktice



Slika 8. Prikaz podignute nadlaktice, [15]



Slika 9. Pravilo bodovanja nadlaktice, [7]

Prema slici 8. vidimo poziciju nadlaktice da je podignuta za više od  $90^\circ$  i time prema slici 9. dodjeljujemo 4 boda za taj položaj. Zbog istezanja ramena dodajemo jedan bod. Zbroj bodova za nadlakticu je 5.

## Korak 2: Locirati i ocijeniti položaj podlaktice

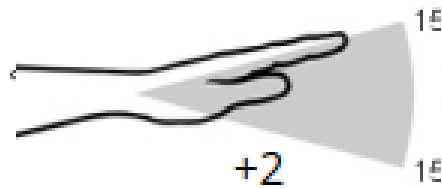


Slika 10. Pravilo bodovanja podlaktice, [7]

Prema slici 8. vidimo da je podlaktica ispružena i prema pravilu sa slike 10. dodjeljujemo 2 boda za podlakticu.

## Korak 3: Locirati i ocijeniti položaj ručnog zgloba

Prema slici 8. vidimo da je ručni zglob ispružen i lagano nagnut prema gore što prema pravilu sa slike 11. znači da dodjeljujemo 2 boda.



Slika 11. Položaj ručnog zgloba, [7]

## Korak 4: Zakret zgloba

Ukoliko je zglob zakrenut dodjeljuje se 1 bod, ako je saka na rubu ili je blizu ruba dodira dodjeljuju se 2 boda. Pošto se na slici 8. vidi da korisnik teško doseže konzolu dodjeljujemo 2 boda.

## Korak 5: Očitavanje iz tablice A

Tablica 6. Očitavanje iz A tablice, prerađeno iz [7]

TABLICA A		RUČNI ZGLOB							
		1		2		3		4	
NADLAKTICA	PODLAKTICA	ZAKRET ZGLOBA		ZAKRET ZGLOBA		ZAKRET ZGLOBA		ZAKRET ZGLOBA	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Iz A tablice očitavamo vrijednost 6.

## Korak 6: Procjena upotrebe mišića

Za ovaj korak koristimo pravilo u kojem je potrebno dodati jedan bod ukoliko se radnja odvija statički duže od deset minuta ili se ponavlja barem četiri puta u jednoj minuti. U ovom slučaju pretpostavit ćemo da se radi o kontroli kvalitete i da radnik koristi konzolu 4 ili više puta u jednoj minuti i dodjeljujemo jedan bod.

## Korak 7: Procjena težine tereta

Prema podacima iz tablice 2 iz poglavlja 4.2.2. dodjeljujemo nula bodova jer opterećenje koje radnik podiže je vlastita težina bez dodatnog tereta.

## Korak 8: Očitavanje u tablici C

Očitavamo dobivene bodove u tablici 7.

6 bodova iz tablice A + korak 6 (1 bod) + korak 7 (0 bodova) = 7 bodova

**Tablica 7. Očitavanje za stranu A, prerađeno iz [7]**

TABLICA C		OCJENA ZA VRAT/TRUP/NOGE						
		1	2	3	4	5	6	7+
OCJENA ZA ZGLOB/RUKA	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	4	6	6	7	7
	7	5	5	5	6	7	7	7
	8+	5	5	5	7	7	7	7

## Korak 9: Locirati i ocijeniti položaj vrata



Slika 12. Položaj vrata, [15]



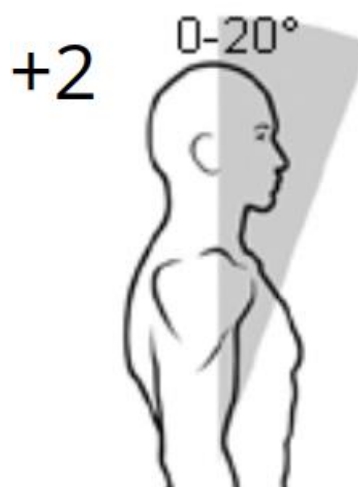
Slika 13. Pravilo za ocjenu položaja vrata, [7]

Na slici 12. vidimo da je vrat lagano nagnut prema naprijed i prema pravilu na slici 13. o ocjeni položaja vrata dodjeljujemo 2 boda za taj položaj. Također imamo i dodatak za nagnut vrat od jednog boda. Iznos bodova ovog koraka iznosi 3.

## Korak 10: Lociranje i ocjena položaja trupa



Slika 14. Položaj trupa, [15]



Slika 15. Pravilo za ocjenu položaja trupa, [7]

Prema slici 14. vidimo da je trup radnika lagano nagnut prema konzoli pa prema slici 15 i pravilu za ocjenjivanje dodjeljujemo 2 boda. Zbog udaljenosti konzole radnik se pruža i također zakreće svoj trup, a prema pravilu za zakret trupa dodjeljujemo još dodatni bod. Zbroj bodova na desetom koraku iznosi 3.

Korak 11: Ocjena za noge

U ovom slučaju vidimo da je radnik oslonjen na svojim nogama i prema pravilu dodjeljujemo 1 bod

Korak 12: Očitavanje vrijednosti iz tablice B preda dodijeljenim ocjenama

**Tablica 8. Očitavanje ocjene iz B tablice, prerađeno iz [7]**

Ocjena položaja vrata	Ocjena položaja trupa (torza)											
	1		2		3		4		5		6	
	NOGE	NOGE	NOGE	NOGE	NOGE	NOGE	NOGE	NOGE	NOGE	NOGE	NOGE	NOGE
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Prema koraku 12 uzimamo ocjene i prema tim rezultatima očitavamo novu vrijednost u tablici 8. te je nova vrijednost 4 boda.

Korak 13: Procjena upotrebe mišića

Za ovaj korak koristimo pravilo u kojem je potrebno dodati jedan bod ukoliko se radnja odvija statički duže od deset minuta ili se ponavlja barem četiri puta u jednoj minuti. U ovom slučaju pretpostavit ćemo da se radi o kontroli kvalitete i da radnik koristi konzolu 4 ili više puta u jednoj minuti i dodjeljujemo jedan bod.

Korak 14: Procjena težine tereta

Prema podacima iz tablice 2 iz poglavlja 4.2.2. dodjeljujemo nula bodova jer opterećenje koje radnik podiže je vlastita težina bez dodatnog tereta.

## Korak 15: Očitavanje vrijednosti iz tablice C

**Tablica 9. Očitavanje vrijednosti iz tablice C, prerađeno iz [7]**

TABLICA C		OCJENA ZA VRAT/TRUP/NOGE						
		1	2	3	4	5	6	7+
OCJENA ZA ZGLOB/RUKA	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	4	6	6	7	7
	7	5	5	5	6	7	7	7
	8+	5	5	5	7	7	7	7

Očitana vrijednost iz tablice 9. je 7. Prema razini akcije iz tablice 5. u poglavlju 4.3.3. potrebna je detaljna analiza problema i hitno djelovanje na modifikaciji dizajna opreme ili radne stanice zbog visokog rizika od ozljede pri dugoročnog radu u ovim uvjetima.

U početku primjera naglasili smo usporedbu ocjene trenutne opreme i modificirane opreme. Kroz ove korake došli smo do rezultata postojeće opreme s ocjenom 7 prema RULA metodi što je najlošija ocjena prema razinama akcije. Provedbom iste metode na modificiranoj opremi došli smo do rezultata ocjene iznosa 4 što je znatno poboljšanje i smanjenje rizika od ozljede na radnom mjestu. Ocjena 3 ili 4 ukazuje da je potrebna daljnja analiza, a možda će biti i potrebne promjene ali u svakom slučaju veliko unaprjeđenje u usporedbi s prvobitnom opremom.

## 6. ERGONOMSKA OPREMA

Povećana povezanost svijeta rezultira i povećanom potražnjom i potrošnjom što direktno utječe i na razvitak svih grana industrije. Tim razvitkom industrije dolazi do potrebe i za razvitkom logistike. Tom razvoju svjedočili su lanci opskrbe svih vrsta koji su imali ogroman porast količine proizvoda. Bez obzira kreće li se zaliha B-u-B ili B-u-C i sastavljaju li se narudžbe on-line, u tisku ili licem u lice, roba se fizički kreće, a najčešće je to na paletama u najvećem dijelu njihova transporta. Zbog cjelokupnog povećanja količina razvijeni su alati u vidu ubrzavanja procesa sortiranja, komisioniranje, slaganja pošiljki. Novi alati su također ergonomski projektirani u vidu smanjenja rizika ozljeda i smanjenja umora radnika koji rukuju tim paketima. Jedna od firmi koja razvija ergonomski prihvatljive alate je Southworh. U svojoj ponudi imaju razne alate za razne primjene. U svojoj cjelovitoj liniji uređaja nude uređaje za izravnavanje paleta, opremu za podizanje paleta, proizvode za rukovanje paletama, podizni stolovi, adaptacijska postolja, nadmetači za nagnjanje te specijalna inženjerska rješenja za posebne probleme koje ne mogu zadovoljiti već gotovi uređaji.

### 6.1. Stolovi za podizanje

Postoje podizni stolovi koji rade na principu hidraulike ili pneumatike. Postoje različite konfiguracije prilagođene širokom spektru primjene. Stolovi mogu biti za podizanje, za spuštanje, prijenosni, nagibni, podizanje na velike visine ili male visine te za male ili velike terete. Primjer podiznih stolova prikazani su sljedećim slikama 16.-22.



Slika 16. Hidraulički podizni stol, [16]



Slika 17. Nisko teretni podizni stol, [16]





Slika 18. Prijenosni podizni stol, [16]



Slika 19. Podizni okretni stol, [16]



Slika 20. Podni stol za podizanje poda, [16]



Slika 21. Podizni nagibni stol, [16]



Slika 22. Prijenosni podizni stol za komande, [16]

## 6.2. Nagibni stolovi

U logistici produktivnost jedan je od najvažnijih faktora i pri tome treba osigurati brz i fluidan protok materijala, proizvoda ili dijelova koja se transportiraju, skladište ili prevoze. Pristup dijelovima u spremnicima jedan je od velikih problema koji uzrokuju produljenje vremena obrade zadatka. Nagibni stolovi poboljšavaju produktivnost i sigurnost radnika u vidu smanjenja opterećenja tako da su dijelovi lako dostupni bez savijanja, istezanja ili doseganja. Postoje razne izvedbe i namjene nagibnih stolova, a neki od njih prikazani su sljedećim slikama 23.-28.



Slika 23. Prijenosni nagibnici kontejnera, [16]



Slika 24. Nagibni stolovi za podizanje, [16]



Slika 25. Fiksni nagibi visine, [16]



Slika 26. Roll-on nagib kontejnera, [16]



Slika 27. Podizno-nagibni stol za doseg, [16]



Slika 28. Podizač pozicionira za male kutije, [16]

### 6.3. Podizač za pozicioniranje paleta

Proizvodi se za transport pakiraju u kutije, a kutije se slažu na palete. Kod slaganja kutija na palete radnik se izlaže dodatnom naporu spuštanja na nisku razinu ili podizanja na veće visine. Zbog tog razloga osmišljeni su manipulatori paletama kojima se namještaju palete u prilagođeni položaj radniku kako bi lakše, produktivnije i uz manje napora obavio određeni zadatak. Postoje razne izvedbe alata za manipulaciju paletama neki od njih su za podizanje, zakretanje, okretanje, prijevoz i kombinirani. Neki od alata dani su sljedećim slikama 29.-36.



Slika 29. Okretni disk, [16]



Slika 30. Okretni prsten, [16]



Slika 31. PalletPal 360 Opružni paletni podizač sa zakretnim prstenom, [16]



Slika 32. PalletPal 360 Air - paletni podizač sa zračnim jastukom, [16]



Slika 33. Walkie PalletPal - električni podizač paleta, [16]



Slika 34. Uređaj za podizanje paleta sa zakretnim prstenom - hidraulični, [16]



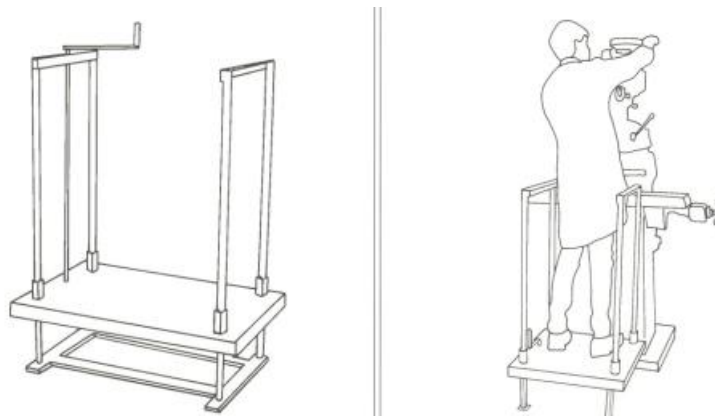
Slika 35. Rotacijski paletar, [16]



Slika 36. Dizalica paleta s visokim dizanjem, [16]

#### 6.4. Podesiva radnička visinska platforma

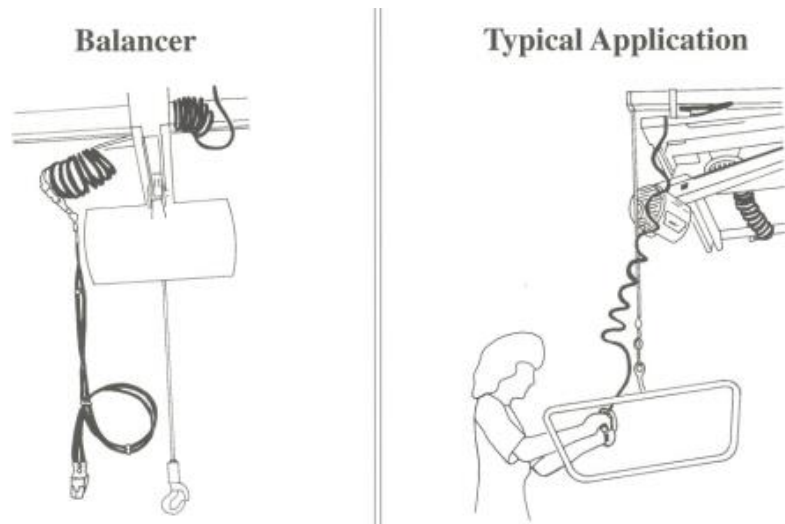
Prilikom obavljanja poslova na uzvišenjima potrebno je dovesti radnika na veću visinu kako bi mu pristup radnom mjestu bio dostupniji i lakše dohvatljiv. Za pomoć pri radu na uzvišenjima koriste se podesive visinske platforme. Prednost ovih platformi je što omogućuju radnicima različite fizionomije vlastito prilagođavanje i pristupanje radnom mjestu. Također prilikom pristupa različitim visinama mogu se podešavati visine podizanja radnika na mjesto obavljanja radnog zadatka. Podesiva visinska platforma prikazana je slikom 37. (lijevo), a na slici 37. (desno) prikazana je primjena prilikom obavljanja radnog zadatka.



Slika 37. Podesiva visinska platforma (lijevo) i primjena (desno) [17]

#### 6.5. Uravnoteživač / balanser

Balanseri su vrlo slični dizalicama jer podižu i spuštaju teret, ali razlika je što balanser uravnotežuje teret u gotovo bestežinsko stanje tako da teretom bude lako manipulirati. Koriste se za neugodna i brza kretanja tereta te za opremu ili alate koji se koriste u ponavljajućim radnjama i obavljanjima radnih zadataka. Na primjer pneumatska klamerica za zatvaranje drvenih kutija bude zakačena na balanseru koji je drži u zraku na određenoj visini prilagođenoj operateru koji ju samo horizontalno namješta na mjesto i ne opterećuje se držanjem alata već za njega to odrađuje balanser. Balaseri su na nadzemnim konstrukcijama po kojima se kreću preko šina ili druge izvedbe prijenosa. Balanser i njegova primjena prikazana je slikom 38.

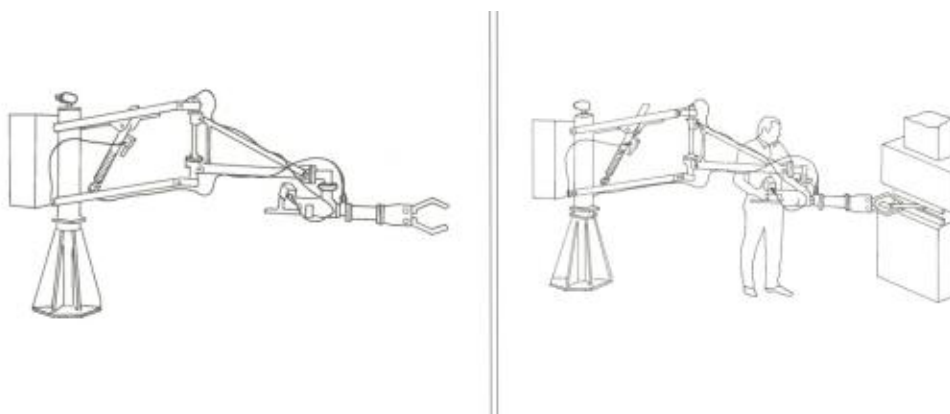


Slika 38. Balanser / uravnoteživač [17]

## 6.6. Manipulatori

Manipulator ima mehaničku ruku koja može teret pomicati vodoravno i okomito. Za razliku od dizalica i balansera oni imaju više mogućnosti od podizanja i spuštanja tereta. Glavni dijelovi manipulatora su mehaničke ruke, pogon i uređaji za rukovanje teretom. Postavljaju se na pod, stupove, u stropu ili na nadzemnim konstrukcijama iznad radnog mjesta. Upravljanje manipulatorima se izvodi od strane operatera preko upravljačkih konzoli kojima se regulira pomak, prihvaćanje, prijenos i spuštanje. Cijeli uređaj manipulatora je sporiji u odnosu na balanser i koristi se za teško dohvativa mjesta i teže putanje premještanja tereta.

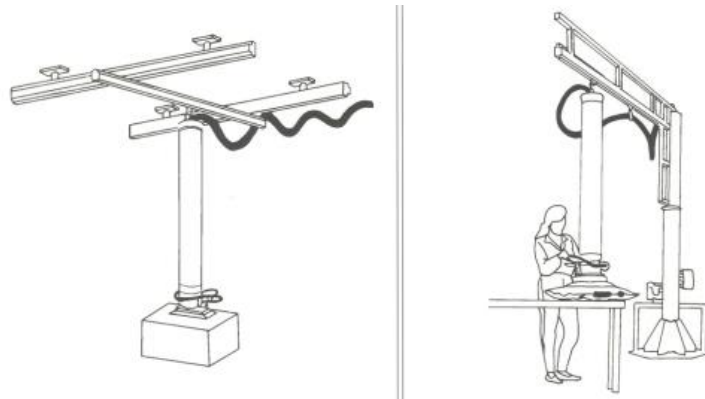
Manipulator i kako se on primjenjuje prikazano je slikom 39.



Slika 39. Manipulator (lijevo) i primjena (desno) [17]

### 6.7. Vakuumske dizalice

Jedna od vrsta podizača su vakuumske dizalice koje rade na principu prihvaćanja tereta vakuumom. Koristi se za veći broj ponavljanja i veće težine tereta kako bi olakšao obavljanje radnog zadatka i smanjio rizik od ozljede. Sastoji se od postolja i kрана po kojem se pozicionira produžena ruka na kojoj je glava za prihvaćanje. Glava prihvaća teret na temelju principa vakuuma koji stvara i podiže teret. Koristi se za uske prostore s malo prostora za manevriranje i opterećena odredišta koja su viša od glave operatera. Može se upotrijebiti za razne predmete kao što su vreće, Vakumska dizalica i primjer njene primjene prikazano je slikom 40.

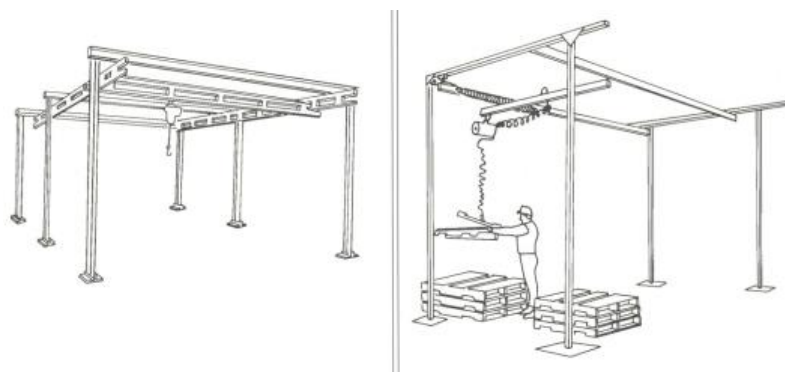


Slika 40. Vakumska dizalica (lijevo) i primjena (desno) [17]

### 6.8. Dizalice za radne stanice

Postoje razne dizalice s različitim principima rada. Ranije su pokazane vakuumska dizalica, manipulator i balanser, a postoje i klasični priključci. Neki od klasičnih priključaka su kuka, hvataljke, magneti i sl. Konfiguracija opreme uključuje konstrukciju s nosačima, vodilicama, šinama i dr. Dizalice su rađene od čelika i aluminija zbog potrebe za visokim zahtjevom čvrstoće. Uvelike pomažu pri manipulaciji tereta većih težina i volumena.

Dizalica za radne stanice prikazana je slikom 41.



Slika 41. Dizalica za radne stanice [17]

## 6.9. Prilagođene radne stanice

Cijela radna stanica mora biti ergonomski prilagođena radnik kako bi se što manje opterećivao i time bio smanjeni rizik od ozljede te povećana produktivnost i fluidnost procesa. Ergonomski pogodna stolica, stol na visini za radnika, paneli i pribor lako dohvatljivi, dobro organizirani i smišljeno postavljeni ključni su za modifikaciju radne stanice.

Prilagođena radna stanica i prikaz osobe koja je koristi dano je na prikaz slikom 42.

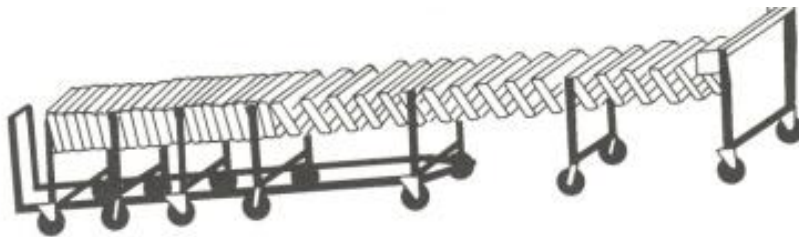


Slika 42. Prilagođena radna stanica [17]

## 6.10. Transportne trake

Transporteri se koriste u različitim industrijama za proizvodnju, skladištenje ili distribuciju. U svakom slučaju transporteri uvelike olakšavaju dostavu proizvoda na mjesto obrade. Smanjen je rizik ozljeda i povećana produktivnost samim transportom transportnim trakama koje mogu kontinuirano dostavljati proizvode na za to predviđena mjesta. [17]

Primjer konvejera i njegove primjene na nekom radnom mjestu prikazano je slikama 43. i 44.



Slika 43. Konvejer [17]



Slika 44. Primjena konvejera [17]



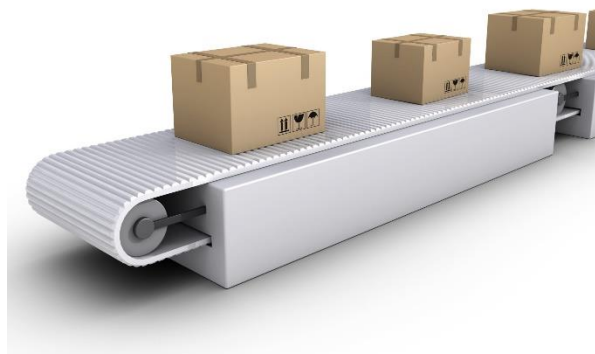
## 7. PRIMJENA RULA METODE NA PRIMJERU

U prethodnim poglavljima opisana je RULA metoda za procjenu rizika od prevelikog opterećenja na radnom mjestu. U ovom poglavlju ćemo razraditi problem slaganja kutija s proizvodima, koje dolaze konvejerom, na paletu.

Prilikom slaganja kutija na paletu moramo voditi računa o težini kutija koje radnik slaže. Problem koji se javlja kod slaganja je što radnik mora uzeti kutiju sa konvejera i spustiti je na paletu dok ne složi cijeli red. Kada složi cijeli red, radnik slaže kutije u drugi red što je za njega pogodnije jer se ne mora saginjati i tako svaki red je sve lakši, a najlakši je onaj gdje radnik koristi samo zakret za slaganje kutija na paletu. U nastavku ćemo prema ranije opisanim koracima izračunati rizik i potrebu za adaptacijom radne stanice. Radnu stanicu ćemo poboljšati ergonomski pogodnim alatom koji je prikazan na slici 31.. PalletPal 360 je paletni podizač s oprugama i zakretnim prstenom koji omogućuje zakretanje palete tako da radnik ne mora hodati oko palete nego ju zakreće na podizaču. Podizač podiže paletu na razinu radnikovih kukova kako bi se što manje naprezao. Radnik se tada ne mora saginjati niti podizati kutije na višu razinu. Svakim složenim redom kutija podizač se spušta za određenu razinu kako bi radniku konstantno bilo omogućeno slaganje kutija u jednoj ravnini. Na kraju ćemo usporediti rezultate analize i procijeniti koliko nam taj uređaj smanjuje opterećenje radnika.

### 7.1. Opis radne stanice

U procesu transporta proizvoda unutar skladišta ili proizvodnog pogona koriste se razne izvedbe konvejera, a tračni konvejer prikazan je slikom 45. Na radno mjesto radnika dolaze proizvodi pakirani u kutijama. Kutije dolaze konvejerom prikazanim slikom 46. i radnik uzima kutije sa konvejera i slaže ih na paletu. Paleta se nalazi pored konvejera i radnik slaže 4 reda kutija na nju.



Slika 45. Konvejer (transportna traka), [18]



Slika 46. Fleksibilni konvejer za lakše prilagođavanje radnom mjestu [19]

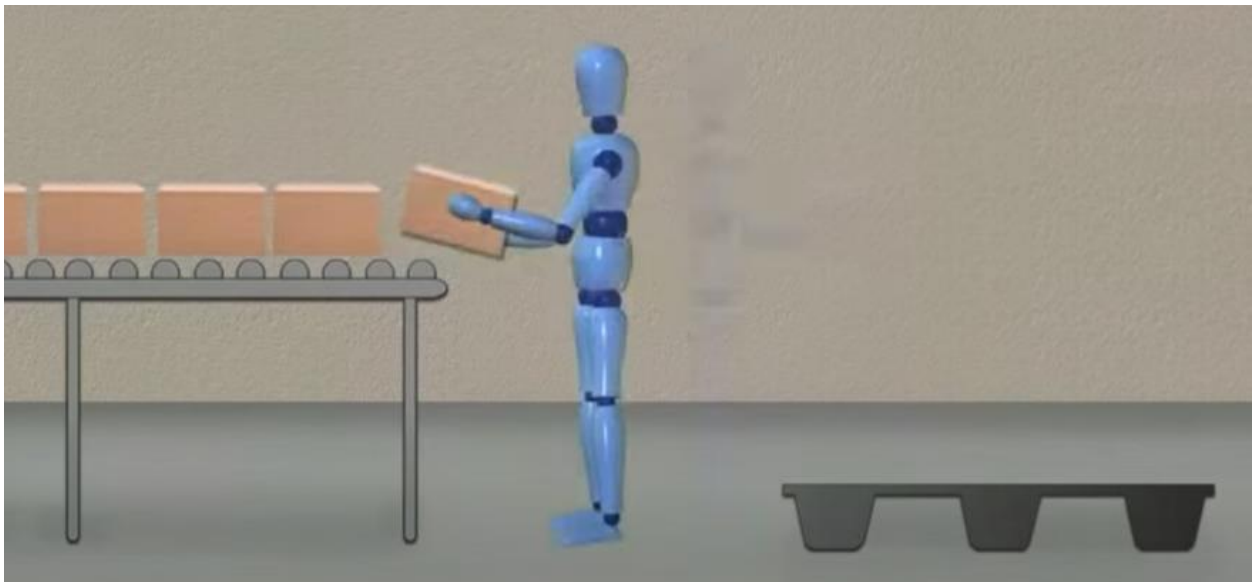


Slika 47. Slaganje kutija na paletu, [20]

Na slici 47. vidimo problem koji se javlja prilikom slaganja prvog reda kutija na paletu i kako se radnik mora sagnuti i spustiti se da bi odložio kutiju s proizvodima.

## 7.2. Izračun RULA metodom rizik radne stanice

Prema opisanim koracima iz prethodnih poglavlja određujemo položaj tijela i prema pravilima i tablicama dodjeljujemo bodove za određeni položaj. Na paletu slažemo 4 reda kutija i prema tome za svaki red izračunavamo opterećenje radnika i uzimamo prosjek izračunatih vrijednosti. Također imamo i 4 vrste tereta koje mjeri RULA metoda. Analizu ćemo provesti za sva 4 ranga tereta koji su dani u poglavlju 4.2.2. u tablici 2 za ocjenu bodova za teret. Na sljedećoj slici 48. prikazan je ilustracijski prikaz radnika kako slaže prvi red kutija na paletu. U nastavku ćemo prikazati detaljan izračun rizika za slaganje kutija na paletu u prvom redu kutija i s teretom prve kategorije. Za drugi, treći i četvrti red te ostale 3 kategorije tereta izračun će biti prikazan u tablici za usporedbu ocjene rizika. Na sljedećim slikama za lakše prepoznavanje i određivanje položaja dijela tijela ravnine tj. pravci određenih dijelova tijela označeni su žutim strelicama.

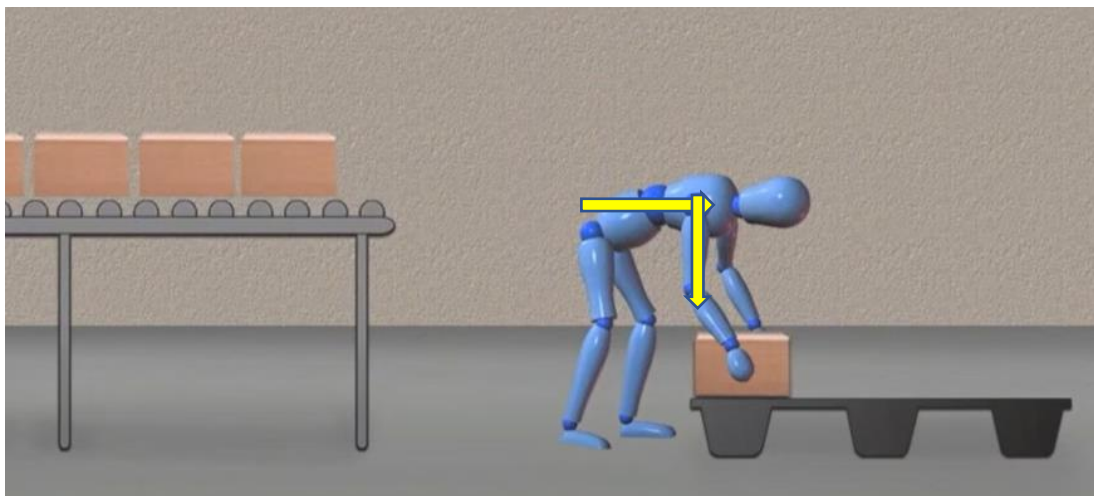


Slika 48. Uzimanje kutije sa konvejera, [21]

## 1. Određivanje položaja nadlaktice

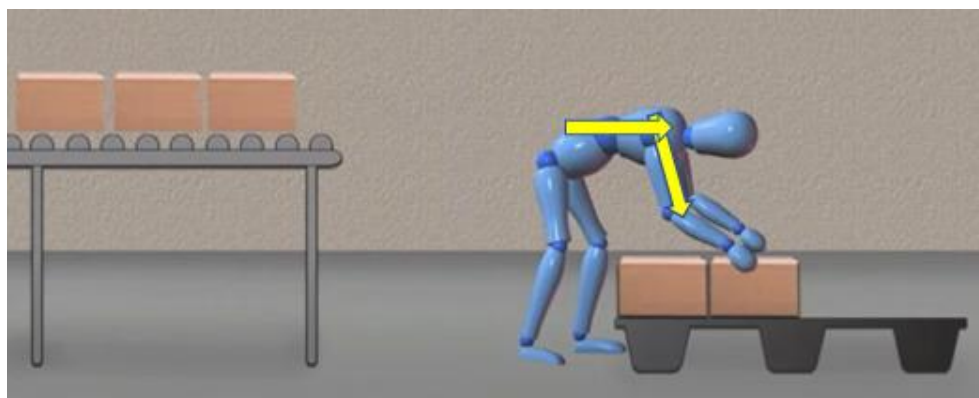


Slika 49. Ocjena za položaj nadlaktice, [22]

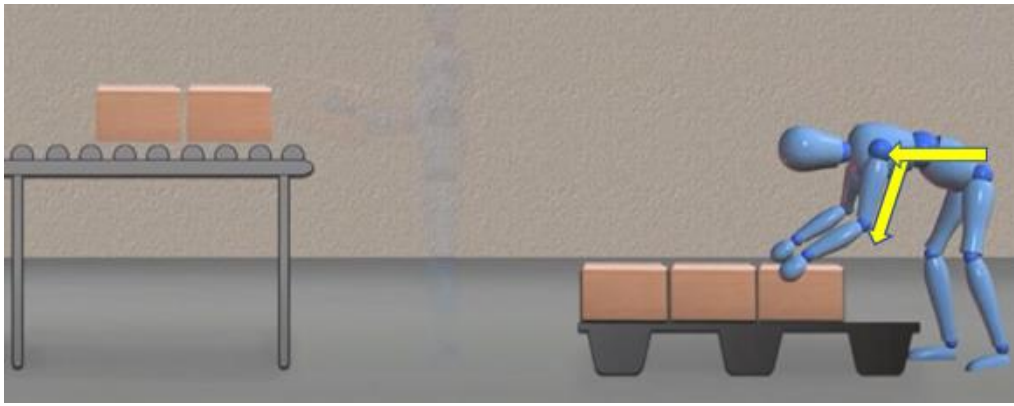


Slika 50. Odlaganje kutije na paletu, [21]

Kod slaganja prve kutije prikazane na slici 50. vidimo da je nadlaktica u položaju okomitom na ravninu leđa tj. pod kutom od  $90^\circ$ . Ovdje se možemo dvoumiti oko dodijele ocjene između 3 i 4 prema slici 49., ali na slici 51. i slici 52. vidimo da taj položaj u odnosu na položaj leđa prelazi  $90^\circ$  i zbog toga ovom položaju dodjeljujemo ocjenu 4. Ocjena 4 je najgora toga što se u tom položaju od  $90^\circ$  do  $180^\circ$  radnik najviše napreže i izlaže riziku od ozljede.

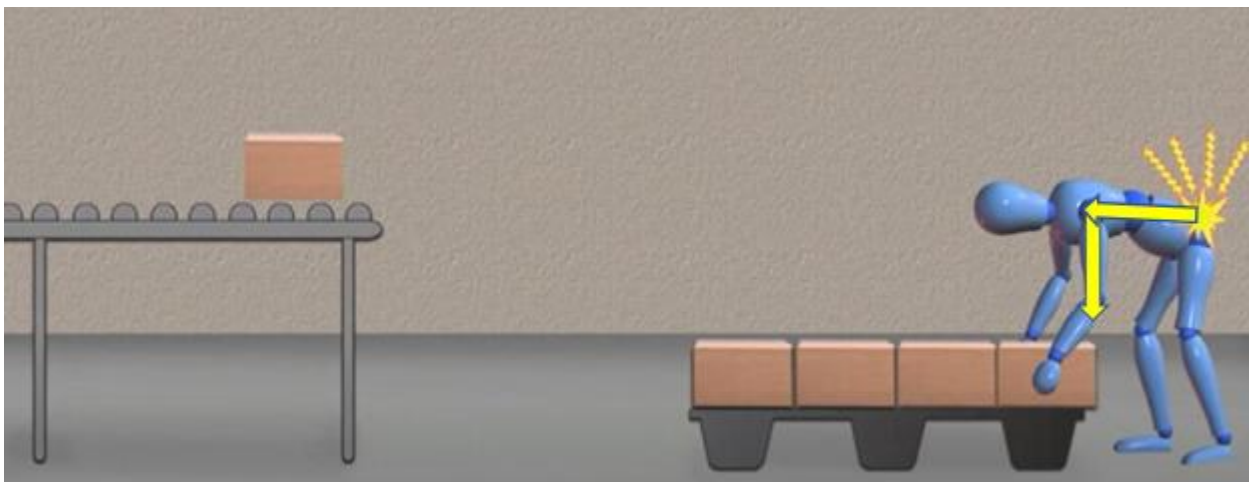


Slika 51. Odlaganje druge kutije, [21]



Slika 52. Prenošenje kutije i slaganje, [21]

Na slici 53. vidimo označeno mjesto najvećeg opterećenja koje je na donjem dijelu radnikovih leđa. Kod ovakvog rada i slaganja tereta na palete radnik mora uzeti kutiju sa konvejera i donesti s druge strane palete te spustiti je. Samo prenošenje kutije i saginjanje djeluje kao napor te se on povećava s povećanjem tereta tj. težine kutije. Najviše je opterećen donji dio leđa koji je izložen visokom riziku od ozljede.



Slika 53. Prijenos kutije na drugu stranu palete, [21]



Slika 54. Dodatni bodovi za gornji dio ruke, [22]

Slika 54. prikazuje dodatne bodove za položaj gornjeg dijela ruke. Za lijevi položaj podignutih ramena dodatno se dodjeljuje jedan dodatni bod na ukupnu ocjenu nadlaktice. U sredini vidimo ukoliko je ruka svinuta i podignuta iznad glave također dodjeljujemo jedan dodatni bod, a desno se vidi da se čovjek nalazi u poziciji da je oslonjen na jednu ruku i u tom slučaju oduzimamo jedan bod od ukupne ocjene nadlaktice. U ovom slučaju radnik se ne nalazi niti u jednoj od 3 situacije i zato ne dodjeljujemo niti oduzimamo bodove.

Ukupna ocjena za položaj nadlaktice je 4.

## 2. Određivanje položaja podlaktice



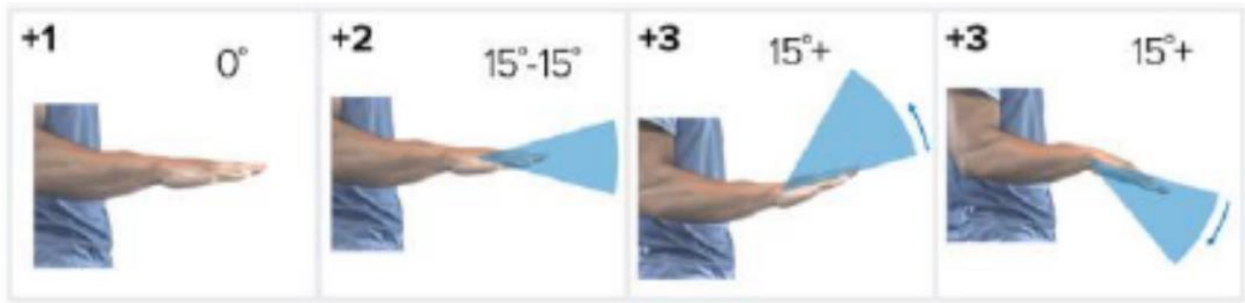
Slika 55. Ocjena za položaj podlaktice, [22]



Slika 56. Položaj podlaktice, [21]

Prema slici 56. se vidi da je podlaktica savita preko  $60^\circ$  prilikom uzimanja kutije, no kod spuštanja se ona ispruža pa stoga prema slici 55. dodjeljujemo ocjenu 2 za ovaj položaj donjeg dijela ruke tj. podlaktice. Ukupna ocjena za položaj podlaktice je 2.

### 3. Položaj ručnog zgloba



**Slika 57. Ocjena za položaj ručnog zgloba, [22]**

Slika 57. prikazuje ocjene za određene položaje ručnog zgloba kod obavljanja promatranog zadatka. U promatranom slučaju slaganja kutija sa konvejera na paletu ručni zglobovi nisu najkritičnija točka opterećenja. Odabiremo ocjenu 2 zbog različitog načina primanja kutija i mogućnosti malog odstupanja od 0° što je u granicama od -15° do 15° od ravne nulte pozicije. Na sljedećoj slici 58. je primjer zakreta zgloba. Ukoliko kod obavljanja posla dolazi do zakreta zgloba ukupnoj ocjeni ručnog zgloba dodajemo jedan bod.



**Slika 58. Zakret ručnog zgloba, [22]**

Zbog raznog načina primanja i namještanja kutija na paletu moguće je zakretanje ručnog zgloba i zbog toga ocjeni za ručni zglob dodjeljujemo jedan dodatni bod.

Ukupna ocjena za položaj ručnog zgloba iznosi 3.

## 4. Upotreba mišića i težina tereta

Ocjena upotrebe mišića (ruke i zgloba) se procjenjuje tako da ukoliko je radnja statična tako da se predmet drži duže od jedne minute ili ako se radnja ponavlja četiri ili više puta u jednoj minuti. Ukoliko se odvija jedna od dvije opcije dodjeljuje se jedan bod. U ovom slučaju radnja se ponavlja četiri ili više puta u jednoj minuti stoga dodjeljujemo jedan bod.

Procjena ocjene za teret se provodi po tablici danoj u poglavlju 4.2.2. u tablici 2. U ovom slučaju provest ćemo procjenu rizika za prvu grupu tereta koja iznosi manje od dva kilograma i radnja se odvija isprekidano. Za tu grupu tereta ne dodjeljuju se bodovi tj. nula bodova. Na kraju procjene ćemo usporediti rizike za sve vrste tereta gdje će usporedba biti dana u obliku tablice s ocjenama prema kojoj ćemo vidjeti utjecaj težine tereta na ocjenu rizika.

Ukupna ocjena za upotrebu mišića i težinu tereta iznosi 1.

## 5. A tablica (Ruka/zglob)

**Tablica 10. A tablica (RUKA/ZGLOB) , prerađeno iz [22]**

TABLICA A		RUČNI ZGLOB							
		1		2		3		4	
NADLAKTICA	PODLAKTICA	ZAKRET ZGLOBA		ZAKRET ZGLOBA		ZAKRET ZGLOBA		ZAKRET ZGLOBA	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

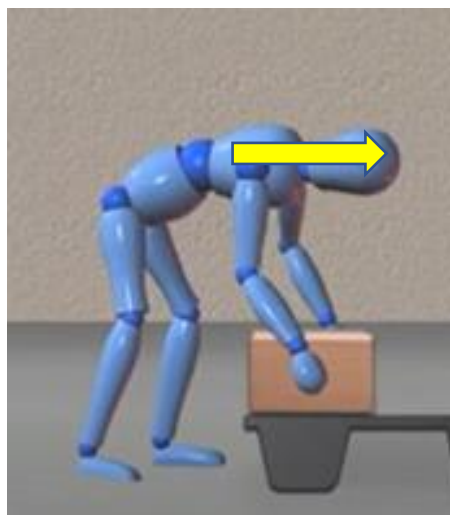


Prema prethodnim ocjenama iz tablice očitavamo ocjenu 4. Ta ocjena se zbraja sa točkom 4. Upotreba mišića i težina tereta koja iznosi 1. Zbroj ocjena iznosi 5 i s tom ocjenom ulazimo u tablicu C.

#### 6. Određivanje položaja vrata



Slika 59. Ocjena za položaj vrata, [22]



Slika 60. Položaj vrata, [21]

Prema slici 60. žutom strelicom prikazan je položaj vrata u odnosu na tijelo u trenutka slaganja kutije na paletu koji je ravan sa tijelom. Sa slike 59. za ocjenu položaja određujemo da je ocjena ovog položaja 1 zbog ravnosti vrata sa tijelom do slabe nagnutosti unaprijed do 10°.



**Slika 61. Naginjanje vrata na stranu, [22]**



**Slika 62. Zakret vrata u stranu, [22]**

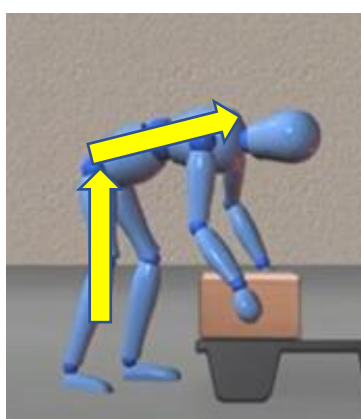
Slike 61. i 62. prikazuju ukoliko tijekom obavljanja promatranom posla dolazi do naginjanja vrata ili zakreta u stranu ocjeni položaja vrata dodjeljujemo jedan ili u oba slučaja dva boda. U ovom slučaju ne dolazi ni do jedne radnje pa se ne dodjeljuju bodovi.

Ukupna ocjena položaja vrata iznosi 1.

## 7. Određivanje položaja trupa



Slika 63. Ocjena položaja trupa, [22]



Slika 64. Položaj trupa, [21]

Ocjena za položaj držanja trupa je 4 prema slici 63. jer prema slici 64. vidimo kako je radnik nagnut i sagnut prilikom spuštanja kutije na paletu i u tom trenu ima najveće opterećenje.



Slika 65. Položaj naginjanja trupa na stranu, [22]



**Slika 66. Položaj zakreta trupa, [22]**

Ukoliko dolazi do naginjanja na stranu i/ili zakreta trupa kao što je prikazano na slikama 65. i 66. ukupnoj ocjeni položaja trupa dodaje se po jedan bod za svaku akciju. U promatranom slučaju slaganja kutija na paletu dolazi do zakreta trupa jer kada radnik uzima kutiju sa konvejera i okreće se prema paleti dolazi do zakreta trupa. Zbog toga ocjeni položaja trupa se daje jedan dodatni bod. Ukupna ocjena položaja trupa iznosi 5.

#### 8. Položaj nogu



**Slika 67. Ocjena položaj nogu, [22]**

Kod položaja nogu imamo dvije opcije. Opcije su prikazane slikom 67. Prva opcija ocjene je 1, a to je kada radnik stoji na obje noge i teret je ravnomjerno raspoređen. Druga opcija je oslonac na jednoj nozi i daje ocjenu 2. Naš slučaj je takav da je teret ravnomjerno raspoređen i radnik ima oslonac na obje noge stoga dodjeljujemo ocjenu 1.

Ukupna ocjena za položaj nogu iznosi 1.

## 9. Upotreba mišića i težina tereta

Radnja se ponavlja više od četiri puta u manje od jedne minute stoga je ocjena za upotrebu mišića jedan bod, a za ovaj slučaj odabrali smo teret prve grupe prema kojoj je težina tereta manja od dva kilograma i radnja se odvija isprekidano. Za teret se ne dodaju bodovi.

Ukupna ocjena upotrebe mišića i tereta iznosi 1.

## 10. B tablica (vrat/trup/noge)

Tablica 11. Očitanje iz B tablice, prerađeno iz [22]

Ocjena položaja vrata	Ocjena položaja trupa (torza)											
	1		2		3		4		5		6	
	NOGE		NOGE		NOGE		NOGE		NOGE		NOGE	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Prema ocjenama za položaj vrata, trupa i nogu iz tablice 11. iščitavamo ocjenu 6. Ocjenu očitano iz B tablice zbrajamo s točkom 9. upotrebe mišića i težine tereta te ta ocjena iznosi 7, a s njom ulazimo u tablicu C.

## 11. C tablica (zglob/ruke)/(vrat, trup, noge)

Tablica 12. Očitanje ocjene iz C tablice, prerađeno iz [22]

TABLICA C	OCJENA ZA VRAT/TRUP/NOGE							
	1	2	3	4	5	6	7+	
OCJENA ZA ZGLOB/RUKA	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	4	6	6	7	7
	7	5	5	5	6	7	7	7
	8+	5	5	5	7	7	7	7

Prema izračunu procjena ocjene rizika za slaganje kutija na paletu prvog reda očitanjem iz tablice 12. iznosi 7. To znači da je razina akcije 4. Ocjena 7 ukazuje da su analiza i promjene potrebne odmah. Što znači da nam je kod ove radne stanice potrebno poboljšanje u vidu smanjenja rizika od ozljede i povećanja produktivnosti.

**Tablica 13. Ocjena procjene po slaganom redu**

Red kutija	1.	2.	3.	4.
<b>Ocjena procjene</b>	7	6	4	3
<b>Ukupna ocjena procjene</b>	5			

Prema tablici 13. prikazana je ocjena analize i razina akcije za svaki red složenih kutija. Prema tome vidimo da je prvi red koji radnik slaže na paletu kritičan i potrebno je unaprjeđenje tj. otklon rizika. Razina akcije za cijelu stanicu iznosi 5. Razina akcije 5 znači da su analiza i promjena uskoro potrebni, ali prema raščlambi i analizi opterećenja po dijelovima, u ovom slučaju redovi složenih kutija, pokazuje da se kritično i hitna promjena događaju na slaganju prvog reda.

Ovaj izračun je napravljen za prvu kategoriju tereta. U tablici 14. dani su podaci o analizi i razini akcije za svaku kategoriju tereta.

**Tablica 14. Ocjene za svaku kategoriju i svaki složeni red**

Ocjena procjene	Red složenih kutija				Ukupna ocjena procjene
	1.	2.	3.	4.	
Kategorija tereta					
< 2 kg (isprekidano)	7	6	4	3	5
2 kg – 10 kg (isprekidano)	7	7	6	4	6
2 kg – 10 kg (ponavljano)	7	7	7	6	6,75
> 10 kg (ponavljano)	7	7	7	7	7

U prikazanoj tablici 14. su podaci analize i procjene rizika od zamora i ozljeda radnika koji na radnoj stanici obavlja radni zadatak. Kao što se može očitati da za proizvode, kutije ili predmete, koji su manji od dva kilograma, koje radnik slaže na paletu, ukupna razina akcije iznosi 5. To nam govori da je potrebna daljnja analiza i skora promjena tj. poboljšanje radne stanice. Iako raščlanjena procjena po redovima koje slaže radnik vidimo da se na prvom redu javlja problem i najveće opterećenje radnika koje je alarmantno i zahtjeva hitnu promjenu.

Na proizvodima težine od dva do deset kilograma koje radnik prenosi isprekidano tj. sa pauzama vidimo da je povećana ocjena procjene i iznosi 6. To je još uvijek ista razina akcije kao i prethodna kategorija težine proizvoda, no u ovoj procjeni vidimo da se kritično opterećenje javlja na prvom i drugom redu složenih proizvoda.

Kod treće kategorije koja ima težine od dva do deset kilograma težine proizvoda i radnja se odvija ponavljano četiri ili više puta u minuti vidimo da je razina akcije narasla na 6,75 što se može zaključiti kao 7. Ovdje se samo zadnji red ima ocjenu 6 i to je već upozorenje da je potrebna skora promjena ili unaprjeđenje, a prvi, drugi i treći red su kritični i opterećenje je takvo da zahtjeva promjene odmah.

Zadnja kategorija su proizvodi teži od deset kilograma sa kojima se ponavljano manipulira četiri ili više puta u minuti. Ukupna razina akcije iznosi 7 kao i za svaki složeni red na paleti. To znači da ponavljajućom manipulacijom predmetima težim od deset kilograma na ovoj radnoj stanici cijelo vrijeme smo u kritičnom području koje zahtjeva hitnu promjenu i adaptaciju.

### 7.3. Unaprjeđenje radne stanice

Analizom RULA metodom procijenjeno je u kojim segmentima dolazi do opterećenja i kritičnog područja. Najveće opterećenje je kod saginjanja i spuštanja proizvoda na paletu tj. kod slaganja prvog reda proizvoda, dalje se opterećenje smanjuje ali za istu težinu predmeta. Kada počne rasti težina predmeta raste i opterećenje koje je u zadnjoj kategoriji iznad deset kilograma težine kritično u svakom segmentu slaganja. Zato je potrebno uvesti poboljšanje radne stanice.

Da bismo poboljšali radnu stanicu moramo uvesti neki ergonomski povoljni uređaj koji bi omogućio lakše obavljanje radnog zadatka. Jedan od takvih uređaja je PalletPal 360 pozicioner paleta s oprugama. Dizajn uređaja prikazan je slikom 68.



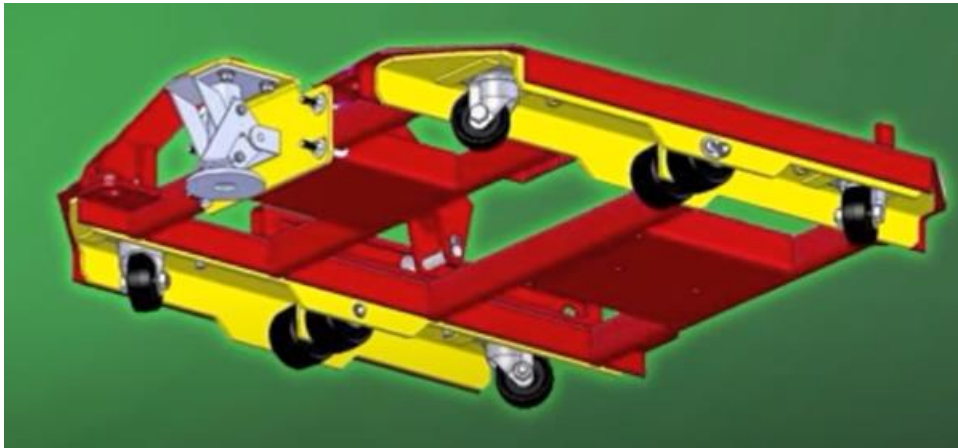
Slika 68. PalletPal 360, [17]

PalletPal je uređaj ergonomski vrlo pogodan. Svrha uređaja je da podiže paletu na određenu visinu kako bi radniku bila na idealnoj poziciji, u visinu kukova, za što lakše slaganje proizvoda sa što manjim opterećenjem. Kada se složi red proizvoda na paleti od ukupne težine proizvoda opruge se stišću i spuštaju paletu niže kako bi visina slaganja proizvoda i dalje za radnika bila idealna.

Uređaj je potpuno automatiziran s pogonom na oprugu. Koristi se za industrijske i komercijalne svrhe. Širok raspon tereta pruža mu veliku prilagodljivost. Ima nosivost od 100 kg do 2040 kg. Promjer prstena na koji dolazi paleta je 1,23 m. Najniža točka u koju se spušta je 0,24 m. Vertikalni put koji prelazi je 0,47 m, a najviša točka u koju ide je 0,70 m.



Postoji puno opcija nadogradnje samog uređaja kao što su puni okretni disk, zaštićeno postolje, opruge sa raznim izdržljivostima, a jedna od zanimljivih opcija je nadogradnja pomičnim postoljem kojim imamo mogućnost lakog premještanja uređaja bilo gdje u skladištu ili proizvodnom pogonu. Postolje za prijenos prikazano je slikom 69.



Slika 69. Prijenosno postolje, [21]

Velika prednost uređaja PalletPal-a je što je jako pristupačan, a to je prikazano slikom 70. Može mu se pristupiti s bilo koje strane, nema ograničenja prilaza, a uz to i okretni prsten nam omogućava da podignutu paletu okrećemo kako ne bismo morali hodati oko palete i uređaja.



Slika 70. Pristupačnost uređaju, [21]

Radnu stanicu koju smo opisali u prethodnom poglavlju ćemo poboljšati uvođenjem ovoga ergonomski pogodnog uređaja PalletPal-a 360. Proizvodi pakirani u kutijama i dalje dolaze

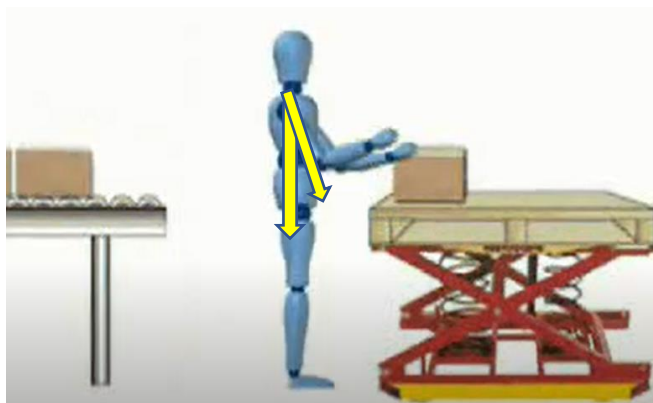
konvejerom, a pored radnog mjesta gdje stoji radnik postavljen je opružni podizač s okretnim prstenom za mogućnost podizanja palete na idealnu visinu i okretanja iste zbog smanjenja opterećenja radnika prilikom saginjanja, slaganja i hodanja oko palete do lakše pristupanog mjesta. Prazna paleta podignuta je u visinu kukova radnika te kako radnik slaže kutije svakim redom kutija paleta se automatizirano opružnim pogonom spusta kako bi visina za slaganje uvijek bila oko visine kukova i time maksimalno smanjila naprezanje radnika.

Prikazat ćemo izračun procjene rizika za slaganje prvog reda kutija na paletu i on je isti za sva četiri reda jer je visina površine slaganja uvijek na istoj razini, a za teret ćemo uzeti prvu kategoriju do dva kilograma težine kutije i rad se obavlja isprekidano s pauzama, a rezultate za sve kategorije ćemo prikazati na kraju izračuna za u obliku tablice za usporedbu rizika s različitim težinama tereta. Primjer rada s PalletPal-om 360 prikazan je na slici 71..



**Slika 71. Primjer slaganja kutija na podignutu paletu, [23]**

## 1. Određivanje položaja nadlaktice



Slika 72. Određivanje položaja nadlaktice, [24]



Slika 73. Ocjena za položaj nadlaktice, [22]

Prema slici 72. i 73. vidimo položaj nadlaktice u granicama odstupanja od tijela od  $20^\circ$  za što je pravilom predviđena ocjena 1. Već na prvoj dodijeljenoj ocjeni u procjeni rizika vidimo poboljšanje u odnosu na prethodno dizajniranu radnu jedinicu bez ergonomski pogodne opreme. Slikom 74. prikazano je olakšano slaganje prvo reda kutija na paletu.



Slika 74. Primjer slaganja prvog reda kutija, [21]

## 2. Određivanje položaja podlaktice



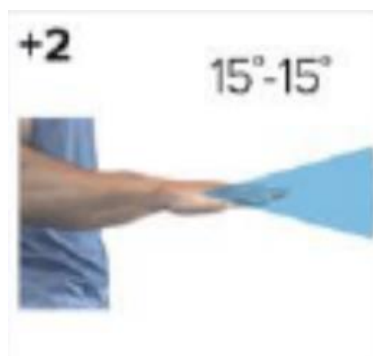
Slika 75. Određivanje položaja podlaktice, [24]



Slika 76. Ocjena položaja podlaktice, [22]

Prema slici 75. vidimo da je podlaktica u odnosu na nadlakticu savinuta nešto manje od  $90^\circ$  i prilikom uzimanja s konvejera i slaganja na paletu ne dolazi do ispruživanja ruke što prema slici 76. pokazuje da dodjeljujemo 1 bod ocjeni za položaj podlaktice.

## 3. Određivanje položaja ručnog zgloba



Slika 77. Ocjena položaja ručnog zgloba, [22]

Prilikom slaganja kutija može doći do blagog savijanja šake i time ručnog zgloba. Prema ocjenama za položaj ručnog zgloba na slici 77. procijenili smo da se zglob pomiče od  $-15^\circ$  do  $15^\circ$  za što se dodjeljuje ocjena 2.

Za dodatne radnje određenog dijela tijela dodaju se dodatni bodovi, a kod šake se dodatni bodovi dodaju za zakret šake. Prema slici 78. ispod koja prikazuje ocjenu za zakret šake, ocjeni položaja šake pribrajamo jedan dodatni bod.

Ukupno bodova za položaj ručnog zgloba iznosi 3.



**Slika 78. Zakret ručnog zgloba, [22]**

#### 4. Upotreba mišića i težina tereta

Pošto se radnja odvija tako da se ponavlja slaganje kutija na paletu i radnja se izvodi više od četiri puta u minuti prema pravilu za ocjenjivanje opterećenja RULA metodom za upotrebu mišića dodjeljuje se jedan bod.

Procjena ocjene za teret se provodi po tablici danoj u poglavlju 4.2.2. u tablici 2. A pošto ovaj primjer provodimo po prvoj kategoriji u kojoj je težina tereta manja od dva kilograma ocjenjujemo težinu tereta s nula bodova tj. ne dodjeljujemo bodove.

Ukupno dodijeljenih bodova za 4. korak iznosi 1.

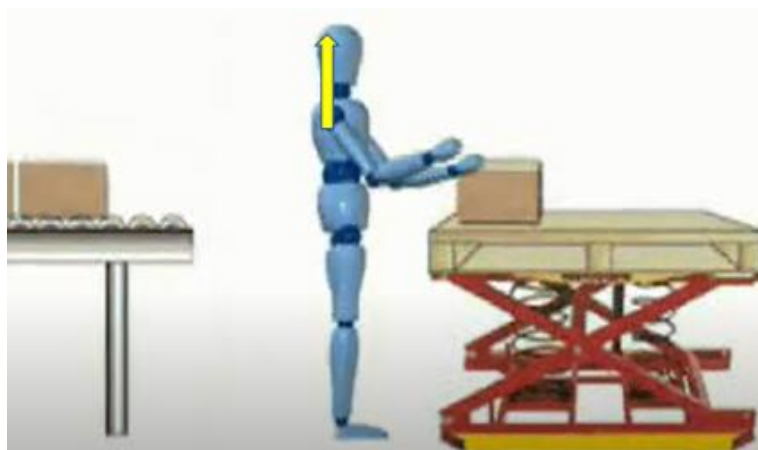
## 5. A tablica

Tablica 15. Očitanje iz A tablice, prerađeno iz [22]

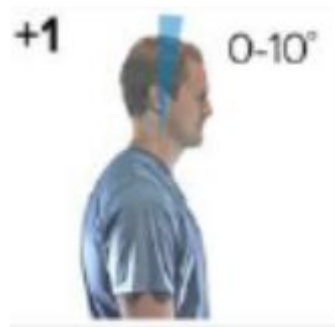
TABLICA A		RUČNI ZGLOB							
		1		2		3		4	
NADLAKTICA	PODLAKTICA	ZAKRET ZGLOBA		ZAKRET ZGLOBA		ZAKRET ZGLOBA		ZAKRET ZGLOBA	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Prema prethodno dodijeljenim bodovima u koracima 1,2 i 3 iz tablice 15. iščitavamo ocjenu 2 i njoj pribrajamo ocjene za upotrebu mišića i težinu tereta pa krajnja ocjena za ulazak u c tablicu iznosi 3.

## 6. Određivanje položaja vrata



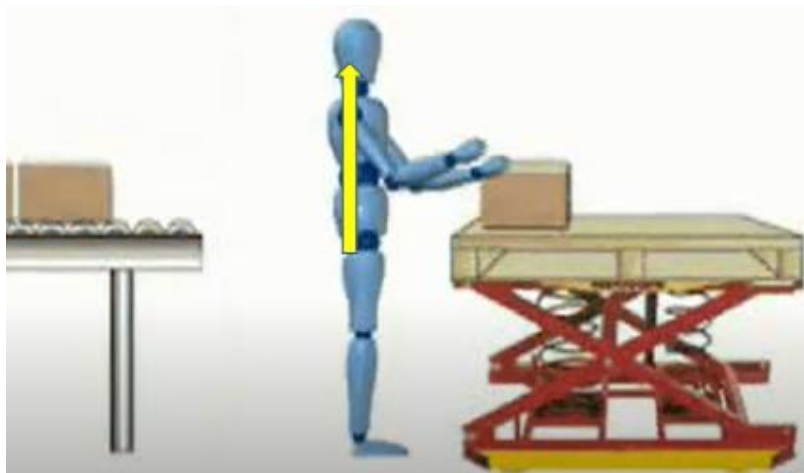
Slika 79. Položaj vrata, [24]



Slika 80. Ocjena položaja vrata, [22]

Na slici 79. se vidi da je vrat u ravnom položaju sa leđima i prema slici 80. za taj položaj dodjeljujemo jedan bod. To je najpogodniji položaj za rad zbog toga što je vrat povezan kralježnicom i svako opterećenje se odražava na leđa i loše držanje što dovodi do raznih rizika od ozljede. Ovdje također nema dodatnih bodova za nagninjanje i zakretanje vrata.

#### 7. Određivanje položaja trupa



Slika 81. Položaj cijelog trupa, [24]



Slika 82. Ocjena za položaj trupa, [22]



Slika 83. Zakret trupa, [22]

Kao i kod koraka 6. za položaj vrata vidimo prema slici 81. da je trup radnika uspravan što je također najpovoljniji položaj i prema pravilu prikazanom na slici 82. dodjeljujemo 1 bod. Kod uzimanja kutija s konvejera i okretanja prema paleti dolazi do zakretanja trupa i zbog toga prema slici 83. dodjeljujemo jedan dodatni bod.

Ukupni iznos bodova za položaj trupa je 2.

#### 8. Određivanje položaja nogu



**Slika 84. Ocjena za položaj nogu, [22]**

Kod obavljanja radnog zadatka radnik stoji čvrsto na obje noge i samo se zakreće stoga prema slici 84. u ovom koraku za položaj nogu dodjeljujemo 1 bod.

#### 9. Upotreba mišića i težina tereta

Kao i izračunu A strane radnog lista RULA metode tako i za B stranu trebamo uračunati upotrebu mišića koja iznosi jedan bod zbog ponovljivosti radnje slaganja kutija na paletu više od četiri puta u manje od jedne minute, a za težinu u ovom dijelu dodjeljujemo nula bodova tj. ne dodjeljujemo zbog analize prve kategorije težine tereta, a rezultati izračuna za preostale kategorije biti će dane u daljnjem tekstu u tablici usporedbe razine akcije po kategorijama.



## 10. B tablica

Tablica 16. Očitavanje ocjene iz B tablice, prerađeno iz [22]

Ocjena položaja vrata	Ocjena položaja trupa (torza)											
	1		2		3		4		5		6	
	NOGE		NOGE		NOGE		NOGE		NOGE		NOGE	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

S ocjenama iz prethodnim koraka 6,7 i 8 ulazimo u tablicu 16. iz koje iščitavamo ocjenu 2 koju zbrajamo s korakom 9 i ocjenama za upotrebu mišića i težine tereta tj. ocjene za kategoriju težine tereta.

Ukupni iznos ocjene B strane radnog lista iznosi 3 i s tim rezultatom ulazimo u tablicu C.

## 11. C tablica

Tablica 17. Očitavanje ocjene poboljšanja iz C tablice, prerađeno iz [22]

TABLICA C	OCJENA ZA VRAT/TRUP/NOGE							
	1	2	3	4	5	6	7+	
OCJENA ZA ZGLOB/RUKA	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	4	6	6	7	7
	7	5	5	5	6	7	7	7
	8+	5	5	5	7	7	7	7

Iz konačne tablice c prikazane tablicom 17., za procjene rizika i opterećenja radnika na radnoj stanici, iščitavamo ocjenu 3. Prema tablici 5 iz poglavlja 4.3.3. za razinu akcije ocjena 3 ukazuje da je potrebna daljnja analiza, a možda će biti i potrebne promjene. S obzirom da je u prvom slučaju razina akcije bila 5 s ocjenom 7 na slaganju prvog reda kutija, ovo je znatno poboljšanje i unaprjeđenje radne stanice te smanjenje opterećenja radnika i rizika od ozljede.



Slika 85. Dignuta paleta na podizaču, [24]



Slika 86. Spuštena paleta zbog tereta, [24]

Slike 85. i 86 nam pokazuju kako se slaganjem kutija na paletu na PalletPal podizaču spušta razina pod opterećenjem i osigurava stalnu ravninu slaganja što je i cilj uvođenja ovog uređaja kako bi olakšao radniku obavljanje poslovnog zadatka.



Slika 87. Druga pozicija palete, [21]



Slika 88. Prva pozicija palete, [21]



Slika 89. Treća pozicija, [21]

Slike 87., 88. i 89. prikazuju različite pozicije palete koje su moguće zbog rotirajućeg prstena na podizaču koji radniku omogućuje da s jednog mjesta okreće paletu i tako štedi vrijeme i energiju koju bi potrošio za hodanje oko palete i prenošenje proizvoda. Radnik stoji na mjestu i slaže kutije na podignutu paletu te okreće paletu kako mu odgovara za lakše slaganje.

Uvođenjem PalletPal podizača ne samo da smanjujemo rizik od ozljede već skraćujemo vrijeme obavljanja zadatka te time povećavamo produktivnost.

**Tablica 18. Usporedba ocjena procjene rizika za sve kategorije težine tereta.**

KATEGORIJE TEŽINE TERETA	< 2 kg	2 kg – 10 kg (isprekidano)	2 kg – 10 kg (ponavljajuće)	> 10 kg
Ocjena procjene rizika	3	4	6	7

Iz prikazane tablice 18. vidimo da je unaprjeđenje radne stanice s PalletPal-om 360 znatno smanjilo ocjenu procjene rizika. Prema procjeni provedene analize vidimo da za terete težine ispod dva kilograma je ocjena procjene 3 što znači da spada u kategoriju razine akcije 2 te se može provesti daljnja analiza, a možda bi mogle biti i potrebne dodatne promjene. Za težine tereta između dva i deset kilograma kojima se manipulira isprekidano ocjena procjene iznosi 4. Također kao i kod prve kategorije, druga kategorija spada pod razinu akcije 2. Za kategoriju gdje se manipulira proizvodima težine između dva i deset kilograma ponavljajuće ocjena procjene iznosi 6 što je vrlo visoko, ali ne spada u crveno alarmantno područje. Ocjena 6 spada pod razinu akcije 3 i to znači da je potrebna daljnja analiza i da je promjena potrebna uskoro. Znači da smo u ovoj kategoriji smanjili rizik od ozljede naspram prvobitne radne stanice, ali da je opterećenje i dalje visoko i vrlo blizu crvenog područja te da bi bilo pametno na vrijeme reagirati i osmisliti novo dodatno modificiranje. U zadnjoj četvrtoj kategoriji za težine tereta veće od deset kilograma s ponavljajućim obavljanjem radnog zadatka unatoč modifikaciji radne stanice procjena je pokazala da je rizik od ozljede 7 što je prema razini akcije 4 i ukazuje da je potrebna hitna daljnja i dublja analiza te da su promjene potrebne odmah.

#### 7.4. Usporedba ocjene prvobitne i modificirane radne stanice

Tablica 19. Tablica usporedbe

KATEGORIJA TEŽINE TERETA	< 2 kg	2 kg – 10 kg (isprekidano)	2 kg – 10 kg (ponavljajuće)	> 10 kg
Ocjena procjene rizika postojeće radne stanice	5	6	6,75	7
Ocjena procjene rizika modificirane radne stanice sa PalletPal-om	3	4	6	7

Usporedba ocjena procjena rizika prvobitne radne stanice i unaprijeđene modificirane radne stanice dana je tablicom 19. Plavom bojom označena su polja u kojima je niska razina rizika od ozljeda, žutom bojom označena su područja koja su alarmantna i potrebna je analiza te je potrebno imati u vidu modifikacije i razmotriti mogućnosti promjene, a crvenom bojom su označena polja s ocjenama procjene rizika u kojima je stanje kritično te su duboka analiza i promjene hitno potrebne. Iz tablice je vidljivo da je modifikacijom unaprijeđen proces i da su ocjene prve dvije kategorije znatno smanjene i stavljene u prihvatljivo područje. Treća kategorija je smanjena iz kritičnog područja u alarmantno što znači da je olakšan posao no potrebno je dodatno provesti analizu i očekivati uskoro potrebne promjene. Zadnja kategorija je kritična u oba slučaja. Zaključujemo da modificiranjem procesa su se procijenjene ocjene za rizik smanjile u prve tri kategorije dok je zadnja kategorija ostala u kritičnom području.

Ovaj problem bi se trebao dalje analizirati kompletnijim metodama i uvesti još neke modifikacije za dodatno unaprijeđenje procesa.

Neke od mogućnosti dodatnog poboljšanja radne stanice bi bilo uvođenje dodatne ergonomski pogodne opreme. Neki uređaji koji bi riješili ovaj problem su dizalice s kranom, vakuumske dizalice upravljane konzolama, prilagodbom konvejera i konstrukcije proizvodne linije prilagođenije za proizvode veće težine. Naravno takva unaprijeđenja iziskuju i dodatna financijska ulaganja u proces. Nastavak analize trebao bi se provoditi još nekom dodatnom metodom koja u sebi ima i parametar frekvencije kako bismo mogli izračunati i količine pri kojima bi se takva

velika ulaganja isplatila. Npr. prilagođavanjem konvejera i cijele dostavne trake zahtijevalo bi veliku promjenu u cijelom proizvodnom pogonu i još k tome uvođenje dizalice s kranom koju je potrebno osim kupovine, instalirati i obučiti radnika za upravljanje kranom. Kod tako velikih investicija svaki ulagač želi znati isplativost takove promjene i rok otplate za što nam je potreban parametar frekvencije za što bi nam poslužila neka druga metoda za analizu.

## 8. ZAKLJUČAK

Ergonomija je vrlo široka i rasprostranjena znanost. Zadiru u razna znanstvena i humanistička područja i sakuplja informacije iz medicine, fizike, strojarstva, ekonomije, statistike. Kako bismo sve prikupljene informacije lakše evaluirali koristimo se raznim alatima za pretvorbu nemjerljivih u mjerljive vrijednosti. Tim alatima dolazimo do lakše evaluacije i procjene rizika. Od raznih alata u ovom radu smo odabrali metodu Rapid Upper Limb Assessment. Ova metoda je široko primjenjiva zbog svoje jednostavne i brze izvedbe te nije potrebna posebna obuka korisnika metode. RULA se bazira na procjeni opterećenja i rizika od ozljeda gornjeg dijela tijela. Koristi se za procjenu trenutnog stanja i funkcionalnosti opreme, usporedbu trenutne i novo dizajnirane modificirane opreme, procjenu produktivnosti i efikasnosti radnih stanica te educiranje radnika i unapređenja procesa. Analizirali smo primjer slaganja kutija na paletu te procijenili rizike od ozljeda koji se javljaju prilikom obavljanja radnog zadatka. Postoji raznovrsna ergonomska oprema, a u ovom radu za modifikaciju i unapređenje radne stanice je odabran okretni podizač paleta s automatiziranim oprugama PalletPal 360. Modificirano radno mjesto analizirano je RULA metodom i rezultati su uspoređeni s prethodnom procjenom rizika. Rizik od ozljeda na radnoj stanici nam se znatno smanjio uvođenjem PalletPal-a 360, no još uvijek postoji kritično područje za kategoriju najtežih predmeta. Zaključak analize na temelju rezultata procjene rizika RULA metodom je takav da smo unapređenjem radne stanice PalletPal-om 360 prve tri kategorije sveli na prihvatljivu razinu, no za kategoriju predmeta težih od deset kilograma treba dalje analizirati i provesti još poboljšanja kako bi se ocjena rizika smanjila na prihvatljivu razinu.

## LITERATURA

- [1] International Ergonomics Association Executive Council, kolovoz 2000
- [2] Dohrmann consulting, srpanj 2014
- [3] Ergonomics and human factors
- [4] Beno, R., Ergonomics in business logistics, Universitätsverlag Ilmenau, Bratislava, 2013.
- [5] Core Ergonomic Control Methods – Examples, From the Department of Labor & Industries
- [6] Kemmlert, K, Sauter, S.L., Swanson N.G., Waters T.R., Hales, T.R., Chadwick-Dunkin, R., Hildebrandt, V.H., Buckle., P, Guangyan, L., Corlett, N., McAtamney, L., Hignett, S., Vos, G.A., Moore, J.S., Jacobs, K., Allread, W.G., Colombini, D., Occhipinti, E., (2005) Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods
- [7] [https://www.physio-pedia.com/Rapid\\_Upper\\_Limb\\_Assessment\\_\(RULA\)](https://www.physio-pedia.com/Rapid_Upper_Limb_Assessment_(RULA))
- [8] McAtamney, L., Hignett, S., (travanj 2000) Applied Ergonomics. Elsevier, 31 (2) 201-205
- [9] Ergonomics and physical demand analysis
- [10] Karhu, O., Harkonen, R., Sorvali, P., Vepsalainen, P., Observing working postures in industry, Examples of OWAS application, (ožujak 1981) Elsevier Applied Ergonomics, 12(1)
- [11] Institute for Ergonomics, The Ohio State University
- [12] Journal of the Ergonomics Society of Korea, 29(6), 933-942
- [13] Buckle, P., Guangyan, L., Woods, V., David, G., (siječanj 2008) The development od the QuickExposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders, 39(1), 57-69
- [14] Hildebrandt, V.H., Bongers, P.M., van Dijk, F.J.H., Kemper, H.C.G., Dul, J., (2001), Dutch Musculoskeletal Questionnaire: description and basic qualities, Ergonomics, 44(12)
- [15] Case Histories, Newsletter EnginSoft, (2015), Ergonomic simulation - investing in greater company competitiveness and improved productivity, 15(3)
- [16] <https://www.southworthproducts.com/en/ergonomics-safety/ergonomics-presentations>
- [17] Application Guidelines for Ergonomic Assist and Safety Equipment, E.A.S.E.
- [18] <https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/problem-2-following-figure-shows-conveyor-belt-used-convey-boxes-300-kg-total-mass-15-m-s--q45707436>
- [19] Powered roller conveyor systems
- [20] [https://www.hse.gov.uk/msd/manual-handling/good-handling-technique.htm?fbclid=IwAR1xVuDDq2UD-qaMRsBB\\_GO9yIOq7nINxpy6is3xmWdZ8USqn\\_eSLsfMmyk](https://www.hse.gov.uk/msd/manual-handling/good-handling-technique.htm?fbclid=IwAR1xVuDDq2UD-qaMRsBB_GO9yIOq7nINxpy6is3xmWdZ8USqn_eSLsfMmyk) (pristupljeno 05.07.2021.)
- [21] PalletPal 360 Spring Pallet Level Loaders
- [22] Step-by-Step Guides to Recommended Ergonomic Assessment Tool, Ergo plus Industrial
- [23] Commander Warehouse Equipment
- [24] Spring PalletPal

## **PRILOZI**

I. CD-R disk