

Prikaz i analiza ergonomskih metoda u programskom rješenju ErgoFellow

Hudin, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:235:836285>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-27**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Kristina Hudin

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Tihomir Opetuk

Student:

Kristina Hudin

Zagreb, 2024.

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

Zahvaljujem se mentoru Izv. prof. dr. sc. Tihomiru Opetuku na stručnoj pomoći i savjetima, te prenesenom znanju tijekom izrade ovog diplomskog rada, ali i cijelog studija.

Također se zahvaljujem Ivanu Novku, rukovoditelju Visokonaponskog laboratorija poduzeća KONČAR – Institut za elektrotehniku, koji mi je dopustio izvedbu praktičnog dijela ovoga rada u Laboratoriju, te kolegi Ivanu na pomoći pri izvedbi.

Konačno, zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima na razumijevanju i pruženoj podršci u svakome trenutku studiranja.

Kristina Hudin



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



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

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 24 - 06 / 1	
Ur.broj: 15 - 24 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Kristina Hudin** JMBAG: 0035224705

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Prikaz i analiza ergonomskih metoda u programskom rješenju ErgoFellow**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Review and analysis of ergonomic methods in software solution ErgoFellow**

Opis zadatka:

Ergonomija je znanost koja obuhvaća sadržaj više znanstvenih disciplina u jednu cjelinu. Njezin primarni cilj je omogućiti povoljno i sigurno radno okruženje čovjeku prilikom obavljanja radnih zadataka koji iziskuju interakciju sa strojevima ili okolinom. Smisao i zadaća ergonomije je uskladiti navedene dijelove sustava iz sastavnih dijelova znanosti o radu: antropometrije, fiziologije rada, psihologije rada, sociologije rada, tehnologije rada, pedagogije rada, organizacije rada. Da bi se izračunao utjecaj rada na čovjeka koriste se ergonomske metode.

U radu je potrebno:

- Dati pregled područja Ergonomije i ergonomskih metoda.
- Prikazati i analizirati ergonomske metode koje se koriste u programskom rješenju ErgoFellow.
- Za odabrane studije slučaja prikazati primjenu ergonomskih metoda u programskom rješenju ErgoFellow.

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

Zadatak zadan:

26. rujna 2024.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Tihomir Opetuk

Datum predaje rada:

28. studeni 2024.

Predviđeni datumi obrane:

5., 6. i 9. prosinca 2024.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Ivica Garašić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA	V
POPIS OZNAKA	VI
POPIS MJERNIH JEDINICA	VII
POPIS KRATICA	VIII
SAŽETAK	IX
SUMMARY	X
1. UVOD	1
2. ERGONOMIJA	2
2.1. Povijesni razvoj ergonomije	2
2.2. Definicija, ciljevi i važnost ergonomije	3
2.2.1. Društvena vrijednost ergonomije	7
2.2.2. Ekonomska vrijednost ergonomije	8
2.3. Sustav čovjek-stroj	8
2.4. Oblikovanje radnih mjesta	10
2.5. Podjela ergonomije	11
2.5.1. Fizikalna ergonomija	11
2.5.2. Kognitivna ergonomija	12
2.5.3. Organizacijska ergonomija	12
2.5.4. Ostale vrste ergonomije	13
2.6. Primjena ergonomije	15
3. ERGONOMSKE METODE	16
3.1. Opće metode	17
3.1.1. OWAS metoda	17
3.1.2. MODAPTS metoda	17
3.1.3. PLIBEL metoda	20
3.1.4. NIOSH metoda	22
3.1.5. DMQ metoda	22
3.1.6. REBA metoda	24
3.1.7. PDA metoda	24
3.1.8. KIM metoda	25
3.2. Metode primjenjive na gornje udove, vrat i leđa	25
3.2.1. QEC metoda	25
3.2.2. RULA metoda	26
3.2.3. SI metoda	29
3.2.4. OCRA metoda	29
3.2.5. LMM metoda	30
3.2.6. SMART metoda	31
4. PROGRAMSKO RJEŠENJE ERGOFELLOW 3.0	32

4.1.	O softveru.....	32
4.2.	Pregled metoda koje softver nudi.....	33
4.3.	O metodama	34
4.3.1.	NIOSH metoda.....	34
4.3.2.	OWAS metoda.....	38
4.3.3.	RULA metoda	40
4.3.4.	REBA metoda	47
4.3.5.	Suzanne Rodgers metoda.....	52
4.3.6.	Moore i Garg (SI) metoda.....	54
4.3.7.	Upitnik nelagode.....	56
4.3.8.	QEC metoda.....	58
4.3.9.	Lehmann metoda.....	60
4.3.10.	Analiza slike i Analiza videa	61
4.3.11.	Antropometrija.....	62
4.3.12.	Proračun sile.....	62
4.3.13.	PPE metoda.....	65
4.3.14.	Toplinski stres.....	67
4.3.15.	OSHA metoda	68
4.3.16.	Procjena tipkanja.....	68
5.	PRIMJENA ERGONOMSKIH METODA U PROGRAMSKOME RJEŠENJU	
	ERGOFELLOW 3.0	70
5.1.	Primjena NIOSH metode u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru.....	70
5.2.	Primjena OWAS metode u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru.....	73
5.2.1.	Aktivnost podizanja kutije	74
5.2.2.	Aktivnost bušenja.....	76
5.2.3.	Aktivnost guranja palete	77
5.3.	Primjena metode Upitnik nelagode u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru.....	79
6.	ZAKLJUČAK.....	82
	LITERATURA	83

POPIS SLIKA

Slika 1. Komponente ergonomije [11].....	4
Slika 2. Čimbenici oblikovanja radnih mjesta [15].....	10
Slika 3. Osnovna podjela ergonomije [7].....	13
Slika 4. Ergonomija u radnome okruženju [7].....	15
Slika 5. Matrica za ocjenjivanje opterećenja radnika PLIBEL metodom [15]	21
Slika 6. DMQ upitnik [15]	23
Slika 7. Prikaz radnih položaja ruke prema RULA metodi [15].....	27
Slika 8. Prikaz radnih položaja vrata, trupa i nogu prema RULA metodi [15].....	28
Slika 9. Monitor lumbalnog kretanja [25].....	31
Slika 10. NIOSH metoda u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [30].....	34
Slika 11. Prikaz H komponente revidirane jednadžbe podizanja [28]	35
Slika 12. Prikaz V komponente revidirane jednadžbe podizanja [28]	36
Slika 13. Prikaz D komponente revidirane jednadžbe podizanja [28]	36
Slika 14. Prikaz F komponente revidirane jednadžbe podizanja [28].....	37
Slika 15. Prikaz C komponente revidirane jednadžbe podizanja [28]	37
Slika 16. OWAS metoda u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – 1 [28]	38
Slika 17. OWAS metoda u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – 2 [30]	40
Slika 18. RULA metoda u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – 1 [30].....	41
Slika 19. RULA metoda u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – 2 [28].....	42
Slika 20. RULA metoda u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – 3 [28].....	42
Slika 21. RULA metoda u <i>Ergofellow 3.0</i> softveru – 4 [28]	44
Slika 22. RULA metoda u <i>Ergofellow 3.0</i> softveru – 5 [28]	45
Slika 23. RULA metoda u <i>Ergofellow 3.0</i> softveru – 6 [28]	45
Slika 24. RULA metoda u <i>Ergofellow 3.0</i> softveru – 7 [28]	46
Slika 25. RULA metoda u <i>Ergofellow 3.0</i> softveru – 8 [28]	46
Slika 26. REBA metoda u <i>Ergofellow 3.0</i> softveru – 1 [30].....	48
Slika 27. REBA metoda u <i>Ergofellow 3.0</i> softveru – 2 [28].....	50
Slika 28. REBA metoda u <i>Ergofellow 3.0</i> softveru – 3 [28].....	51
Slika 29. REBA metoda u <i>Ergofellow 3.0</i> softveru – 4 [28].....	51
Slika 30. REBA metoda u <i>Ergofellow 3.0</i> softveru – 5 [28].....	52
Slika 31. Suzanne Rodgers metoda u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [30].....	54
Slika 32. Moore i Garg (SI) metoda u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [30].....	56
Slika 33. Upitnik nelagode u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [30].....	57
Slika 34. QEC metoda u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [30].....	58
Slika 35. Lehmann metoda u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [30].....	60
Slika 36. Analiza slike u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [30].....	61
Slika 37. Analiza videa u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [30].....	61
Slika 38. Antropometrija u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [30].....	62
Slika 39. Proračun sile u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – 1 [30].....	63
Slika 40. Proračun sile u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – 2 [28].....	64
Slika 41. Proračun sile u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – 3 [28].....	64
Slika 42. PPE metoda u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [30].....	65
Slika 43. Toplinski stres u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [30].....	67
Slika 44. OSHA metoda u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [30].....	68
Slika 45. Procjena tipkanja u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – 1 [30].....	69
Slika 46. Procjena tipkanja u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – 2 [28].....	69

Slika 47. Aktivnost podizanja objekta.....	72
Slika 48. Rezultati primjene NIOSH metode u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [28].....	72
Slika 49. Skica podizanja objekta [28].....	73
Slika 50. Aktivnost bušenja (lijevo) i guranja palete (desno)	73
Slika 51. Rezultati primjene OWAS metode u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – Podizanje kutije [28]	74
Slika 52. Rezultati primjene OWAS metode u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – Bušenje [28].....	76
Slika 53. Rezultati primjene OWAS metode u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru – Guranje palete [28]	78
Slika 54. Rezultati primjene Upitnika nelagode u <i>ErgoFellow 3.0</i> softveru [28].....	80
Slika 55. Grafički prikaz procjene nelagode [28].....	81

POPIS TABLICA

Tablica 1. Popis najčešćih ergonomskih metoda [15].....	16
Tablica 2. Prikaz vrednovanja pokreta prema MODAPTS metodi [15].....	19
Tablica 3. Nelagoda koju radnik osjeća	80

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
<i>A</i>	°	Kut asimetrije
<i>C</i>	-	Spojna komponenta
<i>D</i>	cm	Okomiti put
<i>F</i>	-	Frekvencijska komponenta
<i>H</i>	cm	Horizontalna udaljenost radnikove šake od gležnjeva
<i>L</i>	-	Faktor tereta
<i>L</i>	kg	Masa podignutog objekta
<i>V</i>	cm	Okomita udaljenost ruku iznad poda

POPIS MJERNIH JEDINICA

Jedinica	Opis
cm	Centimetar
kg	Kilogram
°	Stupanj

POPIS KRATICA

Kratika	Opis
CEN	<i>Comité Européen de Normalisation</i> – Europsko povjerenstvo za normizaciju
DMQ	<i>The Dutch Musculoskeletal Questionnaire</i> – Nizozemski upitnik za mišićno-koštane rizike
ISO	<i>International organization for standardization</i> – Međunarodna organizacija za standardizaciju
KIM	<i>Key Indicator Method</i> – Metoda ključnih pokazatelja
LI	<i>Lifting Index</i> – Indeks podizanja
LMM	<i>Lumbar Motion Monitor</i> – Monitor lumbalnog kretanja
MOD	<i>Mode</i> - Mjera
MODAPTS	<i>Modular Arrangement of Predetermined Time Standards</i> – Modularni raspored unaprijed određenih vremenskih standarda
NIOSH	<i>The National Institute of Occupational Safety and Health</i> – Nacionalni institut za sigurnost i zdravlje u radu
OCRA	<i>The Occupational Repetitive Action</i> – Radnja koja se ponavlja
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i> – Uprava za sigurnost i zdravlje u radu
OWAS	<i>Ovako Working Analysis System</i> – Ovako sustav za analizu rada
PDA	<i>Physical Demands Analysis</i> – Analiza fizičkih zahtjeva
PLIBEL	<i>Plan för Identifiering av Belastningsfaktorer</i> – Plan za identifikaciju faktora opterećenja
PPE	<i>Personal Protective Equipment</i> – Osobna zaštitna oprema
QEC	<i>Quick Exposure Check</i> – Brza provjera izloženosti
REBA	<i>Rapid Entire Body Assessment</i> – Brza procjena cijelog tijela
RULA	<i>Rapid Upper Limb Assessment</i> – Brza procjena gornjih ekstremiteta
RWL	<i>Recommended Weight Limit</i> – Preporučeno ograničenje mase
SI	<i>Strain Index</i> – Indeks naprezanja
SMART	<i>Scoring Method for Assessment of Repetitive Tasks</i> – Metoda vrednovanja za procjenu zadataka koji se ponavljaju

SAŽETAK

Ergonomija kao znanstvena disciplina postaje sve važnija, s obzirom na to da ljudi sve veću količinu vremena provode na radnome mjestu. Ergonomija se bavi prilagođavanjem radnih uvjeta ljudskim tjelesnim i psihičkim sposobnostima, s ciljem poboljšanja produktivnosti i dobrobiti zaposlenika. Razvoj novih tehnologija Industrije 4.0 poput automatizacije, digitalizacije i umjetne inteligencije, donosi izazove u prilagodbi ergonomskih uvjeta.

U ovome radu dan je pregled područja ergonomije i ergonomskih metoda. Prikazane su i analizirane ergonomske metode u programskome rješenju *ErgoFellow 3.0* te je prikazana primjena nekih ergonomskih metoda u spomenutom softveru. Računalno potpomognuta ergonomija nudi alate za praćenje ergonomskih promjena na brži i jednostavniji način te osigurava sigurno i učinkovito radno okruženje.

Ključne riječi: ergonomija, ergonomske metode, softver *ErgoFellow 3.0*, Industrija 4.0

SUMMARY

Ergonomics as a scientific discipline is becoming more and more important, given that people spend an increasing amount of time at the workplace. Ergonomics deals with the adaptation of working conditions to human physical and mental abilities, with the aim of improving the productivity and well-being of employees. The development of new Industry 4.0 technologies, such as automation, digitization and artificial intelligence, brings challenges in adapting ergonomic conditions.

This thesis provides an overview of the field of ergonomics and ergonomic methods. Ergonomic methods in the software solution *ErgoFellow 3.0* are presented and analyzed, and the application of some ergonomic methods in the mentioned software is shown. Computer-aided ergonomics offers tools to track ergonomic changes in a quick and easy way to ensure a safe and efficient work environment.

Key words: ergonomics, ergonomic methods, *ErgoFellow 3.0* software, Industry 4.0

1. UVOD

U današnje vrijeme kada ljudi mnogo vremena provode na radnome mjestu, ergonomija postaje sve važnija znanstvena disciplina te ključna za osiguranje produktivnosti i dobrobiti zaposlenika. Ergonomija je znanost o radu te uključuje postupke koji prilagođavaju karakteristike rada tjelesnim i psihičkim osobinama čovjeka. Te karakteristike obično uključuju radnu površinu, alate i dijelove strojeva s kojima čovjek radi, sjedalice i radne stolove koje koristi, signalne uređaje prilagođene čovjekovim anatomskim, fiziološkim i psihološkim karakteristikama. [1] Ergonomija predstavlja teorijsko i temeljno razumijevanje ljudskog ponašanja i performansi u međusobnom djelovanju sociotehničkih sustava. Želi pokazati koliko je važan ljudski faktor u praksi, te dobrobit pojedinaca i organizacije. [2] No, ergonomija je bitna i kao poslovna strategija poduzeća kako bi ono ostalo konkurentno. Može doprinijeti različitim strategijama poduzeća. Stoga, ergonomija ima društveni cilj u pogledu dobrobiti pojedinca, ali i ekonomski cilj, a to je izvedba cijelog sustava. [3] Jedan od ciljeva ovoga diplomskoga rada je dati pregled područja ergonomije i ergonomskih metoda.

Unatoč tome što je važnost ergonomije prepoznata, mnoge organizacije suočavaju se s izazovima u osiguravanju optimalnih radnih uvjeta. Kao jedan od izazova koji je ovdje istaknut je praćenje tehnološkog napretka. Pojava Industrije 4.0 i sve veća implementacija automatizacije, digitalizacije, umjetne inteligencije i Interneta stvari nosi sa sobom brojne prednosti, ali i izazove. Tehnološki napredak u Industriji 4.0 dovodi do promjena u načinu i organizaciji rada, uključujući rad s robotima, upravljanje sustavima putem sučelja za umjetnu inteligenciju i rad s naprednim strojevima i uređajima. [4] Kako bi se osiguralo da ti radni procesi ne uzrokuju ozljede ili zdravstvene probleme, nužno je primijeniti ergonomske pristupe i metode usmjerene na čovjeka prilikom uvođenja nove tehnologije i projektiranja radnih sustava koji podržavaju Industriju 4.0. To uključuje prilagodbu radnih mjesta, alata i postupaka kako bi se osiguralo da radnici mogu sigurno i učinkovito obavljati svoje zadatke. [5] Javila se potreba za računalno potpomognutom ergonomijom kojoj je cilj razviti softverske alate koji omogućuju detaljno praćenje promjena u ergonomskim uvjetima i uvid u probleme. [6] U ovome radu prikaz će se i analizirati ergonomske metode koje se koriste u programskome rješenju *ErgoFellow 3.0* te će biti prikazani i neki primjeri primjene ergonomskih metoda u spomenutome programskome rješenju kako bi se dodatno istaknula važnost korištenja softvera prilikom praćenja ergonomije na radnome mjestu u eri Industrije 4.0.

2. ERGONOMIJA

Ergonomija je znanost o radu. [1] To je znanstvena disciplina koja se bavi razumijevanjem interakcija među ljudima i drugim elementima sustava te primjenjuje teoriju, principe, podatke i metode za dizajn kako bi se optimizirala ljudska dobrobit i ukupna izvedba sustava. Pojam ergonomija izveden je iz grčkih riječi „*ergon*“ (rad) i „*nomos*“ (zakon). [7] Ergonomija se kao znanstvena disciplina pojavila nakon Drugog svjetskog rata. Pojam se prvi put spominje 1949. kada je Hywel Murrell okupio skupinu engleskih stručnjaka koji su osnovali prvo društvo za ergonomska istraživanja (eng. *Ergonomics Research Society*). Tada je i u Sjedinjenim Američkim Državama osnovano društvo *Human Factors Society*, a 1961. Međunarodno ergonomsko društvo sa sjedištem u Švicarskoj. [8]

2.1. Povijesni razvoj ergonomije

Godine 1857. Jastrzebowski napisao je filozofsku raspravu o „Nacrtu ergonomije ili Znanosti o radu“, ali je izvan Poljske bila nepoznata, do nedavno. U Velikoj Britaniji se također razvijalo područje ergonomije nakon Drugog svjetskog rata, kao što je ranije spomenuto. [9]

Znanstveni menadžment kojega je razvio Frederick Winslow Taylor i studij rada kojega je razvio Frank Bunker Gilbreth, prethodnici su ergonomije. Razvijeni su početkom 20. stoljeća te su se temeljili na spoznaji da se produktivnost može poboljšati redizajniranjem načina rada, a ne samo korištenjem boljih strojeva. Iako ih prate neke kontradikcije i kontroverze, oba principa preteča su studija rada i vremena te ljudskog inženjerstva. Nakon toga, 1920-ih i 1930-ih godina razvijena je i psihologija rada. [9]

U 1920-ima i 1930-ima proveo se niz eksperimenata od strane Eltona Mayo i njegovih kolega u Sjedinjenim Američkim Državama. Najpoznatiji eksperiment je eksperiment u kojem se manipuliralo osvjetljenjem prilikom rada kako bi se promatrao učinak na izlaz. Neočekivano je pokazano da čak i kada je osvjetljenje bilo slabije, izlazni rezultati bili su povećani. Ovaj eksperiment dokaz je važnosti društvenih, a ne samo fizičkih čimbenika na radnike. Radnicima je bilo drago što je netko obraćao pozornost na njih te ih je to dodatno motiviralo na rad. To se naziva eng. „*Hawthorne effect*“. Ovi eksperimenti predstavljaju važnost zbog istraživanja ljudskih odnosa na radnome mjestu. [9]

Nakon Drugog svjetskog rata, u Velikoj Britaniji pojavila se teorija sociotehničkih sustava. Zagovarala je da se organizacija tehnologije, društvena organizacija i lokalno okruženje moraju

gledati kao cjelina te se moraju dizajnirati da budu kompatibilni, ako se želi izbjeći niska produktivnost i psihički stres radnika. [9]

1950-ih javila se ideja da zaposlenici sudjeluju u donošenju odluka. Na temelju nekih eksperimenata, ideja se pokazala uspješnom. Tada se pojavila i medicina rada. Nakon Drugog svjetskog rata zanimanje za obuku nastavilo se s idejama učenja usredotočenog na povratnu informaciju te se isticala važnost interakcije čovjeka i stroja. Tada se javljaju i operacijska istraživanja koja su pokušala izgraditi matematičke modele industrijskih procesa. [9]

Moderna ergonomija pridonosi projektiranju i procjeni radnih sustava i proizvoda. Vodeća filozofija ergonomije je alternativni pristup „prilagođavanja posla čovjeku“. Može se specificirati odgovarajući set karakteristika radnika oko kojih se može oblikovati posao, osim u nekim ekstremnim slučajevima gdje se još uvijek koristi princip „prilagođavanja čovjeka poslu“. [9] Moderna ergonomija pridonosi dizajnu radnog sustava na sljedeće načine:

- Pruža standardni format za opis sustava čovjek-stroj gdje je potrebno opisati korištenu tehnologiju i operatera, što predstavlja veći problem (uz ljude ne dolaze razni priručnici i upute za korištenje).
- Identificira, klasificira i rješava probleme dizajna sustava koji utječu na ljude.
- Pruža analizu zadataka te interakcije čovjeka i stroja.
- Pruža uvid u specifikaciju sustava dizajna i ljudskog ponašanja te provedbu kontrola (danas postoje mnogi standardi i norme vezani uz ergonomiju).
- Generira nove koncepte dizajna i analize sustava čovjek-stroj. [9]

2.2. Definicija, ciljevi i važnost ergonomije

Ergonomija je interdisciplinarna znanost. Integrira niz disciplina poput psihologije, anatomije, fiziologije, antropologije, antropometrije, ortopedije, medicine rada, biomehanike, oblikovanja i konstruiranja i dr. [8] Slika 1 daje jedan od primjera prikaza komponenti ergonomije. Primarni je cilj ergonomije stvoriti ugodnije, učinkovitije i sigurnije okruženje uzimajući u obzir fizičke i psihičke potrebe te ograničenja ljudi. [10]

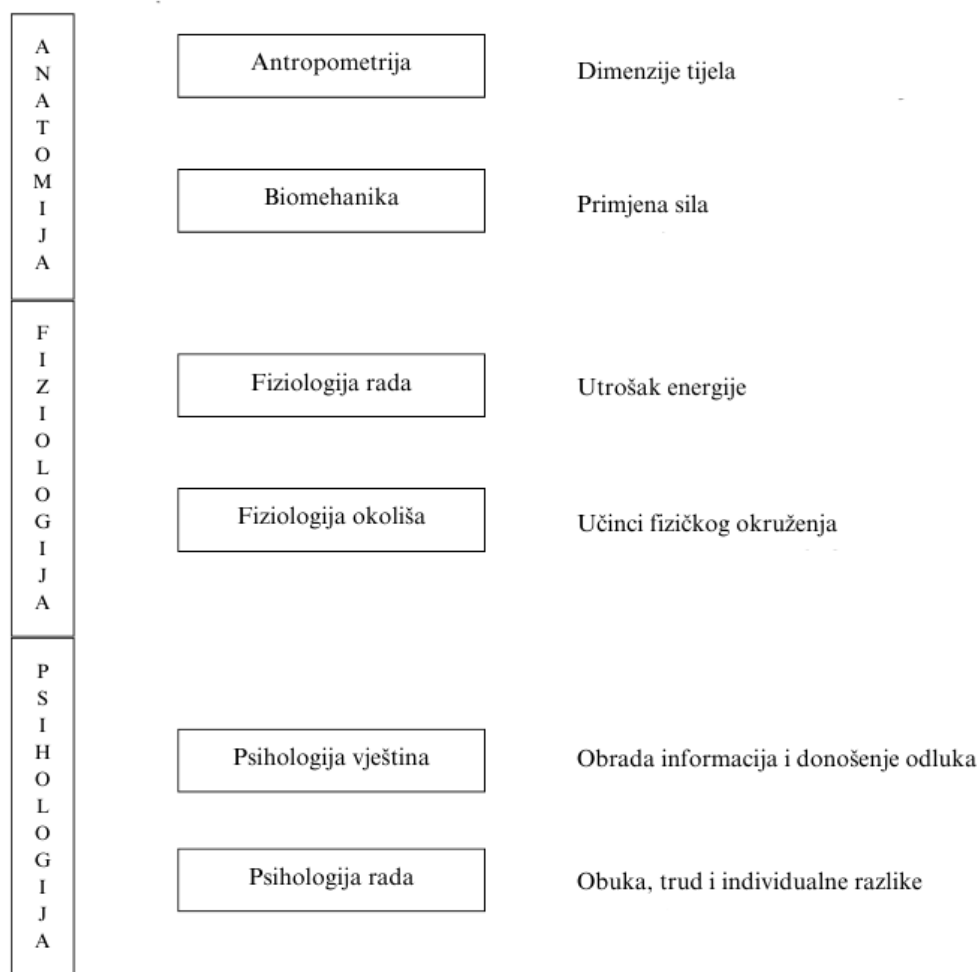
Ergonomija kao disciplina proučava interakciju među ljudima i strojevima te čimbenike koji utječu na tu interakciju. Svrha ergonomije poboljšati je izvedbu sustava poboljšanjem interakcije čovjeka i stroja. No, to treba sagledati na razini cijelog sustava, a ne samo jedne komponente. Primjerice, poboljšana izvedba stroja koja je povećala psihički ili fizički stres

radnika ili oštećenje lokalnog okoliša, ne bi predstavljala poboljšanu izvedbu ukupnog sustava.

[9] Izvedba sustava može biti poboljšana na sljedeće načine:

- Dizajniranjem korisničkog sučelja kako bi bio kompatibilniji sa zadatkom i korisnikom.
- Promjenom radne okoline kako bi bila sigurnija i prikladnija zadatku.
- Promjenom zadatka kako bi bio kompatibilniji karakteristikama korisnika.
- Promjenom načina organizacije rada kako bi se rad prilagodio psihološkim i društvenim potrebama korisnika. [9]

Radna okolina može se poboljšati primjerice uklanjanjem vibracija i buke, pružanjem boljeg mjesta za sjedenje, boljeg radnog stola, ventilacije, rasvjete i sl. Učenje i izvršenje novih zadataka može se olakšati kreiranjem zadataka koji nalikuju zadacima i postupcima s kojima su ljudi već upoznati. Organizacija rada može biti poboljšana tako što će radnici raditi vlastitim tempom. [9]



Slika 1. Komponente ergonomije [11]

Neki stručnjaci definiraju cilj ergonomije kao konstruiranje strojeva kako bi oni odgovarali ljudskim operaterima. No, također je bitno prilagoditi rukovoditelje strojevima tako da se izvrši dobra selekcija prilikom zapošljavanja, te obuka osoblja. Vjerojatno je točnije opisati ergonomiju kao područje koje proučava sustav čovjek-stroj, s naglaskom na ljudski aspekt. [12]

Implementacija ergonomije prilikom kreiranja sustava trebala bi omogućiti bolje funkcioniranje sustava eliminacijom aspekata sustava koji su nepoželjni, nekontrolirani ili neuračunati, primjerice:

- Neučinkovitost (napor radnika rezultira učinkom manjim od optimalnog).
- Umor (u loše osmišljenim poslovima ljudi se nepotrebno umaraju).
- Nesreće, ozljede i pogreške (zbog loše dizajnirana sučelja ili dodatnog psihičkog ili fizičkog stresa).
- Poteškoće korisnika.
- Nizak moral i apatija. [9]

U ergonomiji se na sve navedeno gleda kao na probleme sustava, a ne probleme ljudi. Rješenje ergonomije je osmišljavanje boljeg sustava rada, a ne u boljem upravljanju čovjekom. [9]

Ključni aspekti ergonomije su sljedeći:

- Razumijevanje ljudskih potreba i ograničenja, uključujući veličinu tijela, snagu, kognitivne sposobnosti, osjetilnu percepciju i psihološke čimbenike kao što su stavovi i ponašanja.
- Dizajn radnog mjesta (ergonomija pomaže u kreiranju pravilnog rasporeda i prilagođavanja elemenata poput stolova, stolica, monitora, tipkovnica, rasvjete kako bi odgovarali potrebama korisnika).
- Tjelesno blagostanje (naglašavanjem pravilnog držanja, podesivog namještaja i poticanjem kretanja, ergonomija se bori protiv fizičkih problema kao što su ozljede, bolovi u leđima i naprezanje očiju).
- Interdisciplinarni pristup (ergonomija uključuje podatke i metode iz različitih znanstvenih područja, kao što je ranije spomenuto).
- Prilagodba tehnološkom razvoju (kako se tehnologija razvija, ergonomija se mora prilagoditi kako bi novi alati i oprema zadovoljili fizičke i kognitivne potrebe korisnika). [10]

Važnost ergonomije očituje se u:

- Zdravlju i sigurnosti.
- Udobnosti.
- Produktivnosti.
- Kvaliteti rada.
- Uključenosti i moralu zaposlenika.
- Ekonomskim benefitima.
- Prilagodbi promjenama.
- Usklađenosti sa zakonima i propisima. [10]

Ergonomija primjenjuje znanstvene principe i podatke za dizajn i optimizaciju interakcije između ljudi i njihovog okruženja. [10] Faze ergonomije i njihova važnost mogu se prikazati na sljedeći način:

- Procjena i analiza (procjena postojećeg okruženja, alata, zadataka i korisnika, a to uključuje analizu fizičkih položaja, ponavljajućih pokreta, okolišnih čimbenika poput rasvjete i buke te kognitivnih zahtjeva zadataka).
- Prikupljanje podataka (podaci o ljudskim sposobnostima i ograničenjima prikupljaju se iz različitih izvora).
- Dizajn usmjeren na čovjeka (uzima u obzir korisnikove fizičke i psihičke karakteristike, sklonosti i potrebe prilikom dizajniranja proizvoda ili okruženja).
- Primjena interdisciplinarnog znanja (ergonomija koristi znanje i metode iz fiziologije, kineziologije, psihologije i inženjerstva za donošenje odluka).
- Izrada prototipa i testiranje (tijekom ove faze, makete ili prototipovi testiraju se sa stvarnim korisnicima i prikupljaju se povratne informacije o upotrebljivosti, udobnosti i učinkovitosti).
- Implementacija (može uključivati primjerice rekonfiguraciju radnih stanica, osiguravanje ergonomskih stolica ili promjenu radnih procesa na radnome mjestu).
- Obuka i obrazovanje (na radnome mjestu nije dovoljno osigurati ergonomske alate i okruženja već radnici moraju biti obučeni o pravilnim položajima, pokretima i načinima korištenja opreme).

- Praćenje i kontinuirano poboljšanje (ergonomija je stalan proces u kojemu je bitno pratiti učinkovitost provedenih promjena).
- Prilagodljivost promjenama (kako se zadaci, tehnologije i ljudi mijenjaju tijekom vremena, ergonomija osigurava da se dizajni i okruženja neprestano ažuriraju i prilagođavaju kako bi zadovoljili te promjene, održavajući optimalnu interakciju i smanjujući rizik od ozljeda).
- Prilagodba i fleksibilnost (s obzirom na to da svaki pojedinac može imati različite potrebe, ergonomski dizajnirani proizvodi i okruženja često imaju značajke koje dopuštaju prilagođavanje). [10]

Proizvođači teže visoko učinkovitoj i sigurnoj radnoj okolini. Prema tome, ergonomija je ključna za uspjeh organizacije. [13]

Nesigurne, nezdrave, neugodne ili neučinkovite situacije na poslu ili u svakodnevnome životu izbjegavaju se uzimajući u obzir fizičke i psihičke sposobnosti i ograničenja ljudi. [14] Velik broj čimbenika igra ulogu kada je u pitanju ergonomija, uključujući:

- Držanje tijela i kretanje (sjedenje, stajanje, podizanje, povlačenje, guranje).
- Okolišne čimbenike (buka, vibracije, osvjetljenje, klima, kemijske tvari).
- Informacije i rad (informacije dobivene vizualnim ili drugim putem).
- Organizaciju rada (prikladni zadaci, zanimljivi poslovi). [14]

Ovi čimbenici u velikoj mjeri utječu na sigurnost, zdravlje, udobnost i učinkovitost na poslu i u svakodnevnome životu. [14]

Važno je spomenuti i strategije i poslovne ciljeve tvrtke kojima bi ergonomija mogla pridonijeti. Vrijednost ergonomije nadilazi zdravlje i sigurnost. Uz očuvanje zdravlja i sigurnosti potrošača i radnika, ergonomija može podržati poslovnu strategiju poduzeća kako bi poduzeće bilo konkurentno. Stoga je bitno istaknuti društvenu i ekonomsku vrijednost ergonomije. [14]

2.2.1. Društvena vrijednost ergonomije

Svakodnevne pojave kao što su nezgode na radu, u prometu i kod kuće, kao i katastrofe koje uključuje dizalice, zrakoplove, nuklearne elektrane mogu se pripisati ljudskoj pogrešci. Iz analize ovih kvarova može se zaključiti da je uzrok često loš i neadekvatan odnos između operatera i njihovog zadatka. Vjerojatnost nesreća može se smanjiti vođenjem računa o ljudskim sposobnostima i ograničenjima pri projektiranju radnog i svakodnevnog životnog

okruženja. U dizajnu složenih tehničkih sustava kao što su procesne instalacije, zrakoplovi, elektrane i sl., ergonomija je postala jedan od najvažnijih čimbenika dizajna kako bi se smanjila pogreška operatera. [14]

Mnoge radne okolnosti i svakodnevne situacije opasne su za zdravlje. U mnogim zemljama, bolesti mišićno-koštanog sustava (uglavnom bolovi u donjem dijelu leđa) i psihičke bolesti (primjerice zbog stresa) najvažniji su uzroci odsutnosti s posla. Ovo se može djelomično pripisati lošem dizajnu opreme, tehničkih sustava i zadataka. Ovdje ergonomija može pomoći u smanjenju problema poboljšanjem radnih uvjeta. [14]

U mnogim zemljama propisi o zaštiti zdravlja i sigurnosti u radu odnose se na ergonomiju kao sredstvo za prevenciju zdravstvenih problema povezanih s radom. Sastavljeni su i službeni standardi čiji su ciljevi poticanje primjene ergonomije i sprječavanje zdravstvenih problema. Niz ergonomskih tema pokriven je ISO i CEN normama. Osim toga, tu su i specifični ergonomski standardi koji se primjenjuju u pojedinačnim tvrtkama u industrijskim sektorima. [14]

2.2.2. Ekonomska vrijednost ergonomije

Na razini društva, ekonomija može pridonijeti smanjenju troškova zbog zdravstvenih problema koji se mogu spriječiti. Na razini tvrtke, ergonomija može doprinijeti konkurentskoj prednosti. S ergonomski dizajniranim proizvodnim procesima tvrtka može povećati ljudsku izvedbu u smislu produktivnosti i kvalitete te može ostvariti važno smanjenje troškova. [14]

2.3. Sustav čovjek-stroj

Fokus ergonomije je na interakciji između čovjeka i stroja te dizajnu sučelja među njima. Prilikom suočavanja s problemima vezanima uz produktivnost, inženjeri mogu tražiti nove i bolje strojeve, a menadžeri koji upravljaju osobljem bolje obučene ljude. No, ergonomisti traže bolju interakciju između operatera i stroja. [9]

Sustav je skup elemenata, odnosa između tih elemenata i granice oko njih. Većina sustava sastoji se od ljudi i strojeva koji obavljaju funkciju kako bi proizveli neki oblik izlaza. Iz perspektive ergonomije, čovjek je dio sustava i mora u potpunosti biti integriran u sustav već u fazi projektiranja. Ljudski zahtjevi predstavljaju zahtjeve sustava, a ne sekundarna razmatranja. [9]

Usklađivanje zahtjeva s mogućnostima, odnosno kompatibilnost između korisnika i ostatka sustava može se postići na nekoliko razina, primjerice na biomehaničkoj, anatomskoj, fiziološkoj, bihevioralnoj te kognitivnoj razini. Taj je koncept zajednički primjenama ergonomije u različitim disciplinama. Kako bi se postigla kompatibilnost, potrebno je procijeniti zahtjeve koje postavljaju tehnološka i ekološka ograničenja te ih usporediti s mogućnostima čovjeka. Sustav čovjek-stroj čine ljudske komponente, komponente stroja te neposredna okolina. [9]

Kada je riječ o ljudskim komponentama, cilj ergonomije na ovoj razini je optimizirati interakciju između ljudskog tijela i njegove fizičke okoline. Iako operater može izvršiti određeni zadatak, često nastaju ergonomski problemi jer napor potreban za izvršenje zadatka preopterećuje procese održavanja i podrške tijela te uzrokuje umor, ozljede ili pogreške. [9]

Ljudske komponente čine:

- Ruke, stopala i glas kao tri glavna efektor (mišićno-koštani sustav i tjelesna masa mogu se smatrati efektorima jer se nijedna svrhovita tjelesna aktivnost udova ne može provoditi bez održavanja položaja tijela i stabilizacije zglobova).
- Osjetila (u pogledu ergonomije vid i sluh su najvažnija osjetila, iako je i njih bitan zbog detekcije curenja, požara i sl.)
- Središnji procesi (za obavljanje radnih aktivnosti čovjeku su potrebni energija i informacije). [9]

Razumijevanje osnovnih ljudskih procesa bitno je u organizaciji rada kako bi se odredile sposobnosti radnika. U konačnici, energija i informacije mogu dovesti do svrhovite radne aktivnosti samo ako je čovjek dovoljno motiviran. Motivacija je sila koja usmjerava ponašanje i ovdje se smatra procesom podrške. Iako se o motivaciji govori više u području psihologije, ergonomija ne može zanemariti temeljnu odrednicu ljudskog ponašanja, a to je da nijedan radni sustav ne može djelovati s ciljem i svrhom ako ljudska komponenta nije tako usmjerena. [9]

Stroj može označavati bilo koju napravu koju je napravio čovjek i koja povećava radnu sposobnost. Nedavni razvoj tehnologije preusmjerava pozornost ergonomije na informacijske sustave u kojima je sustav rada apstraktan i nema jedinstvenu prostornu lokaciju. [9]

Komponente stroja čine:

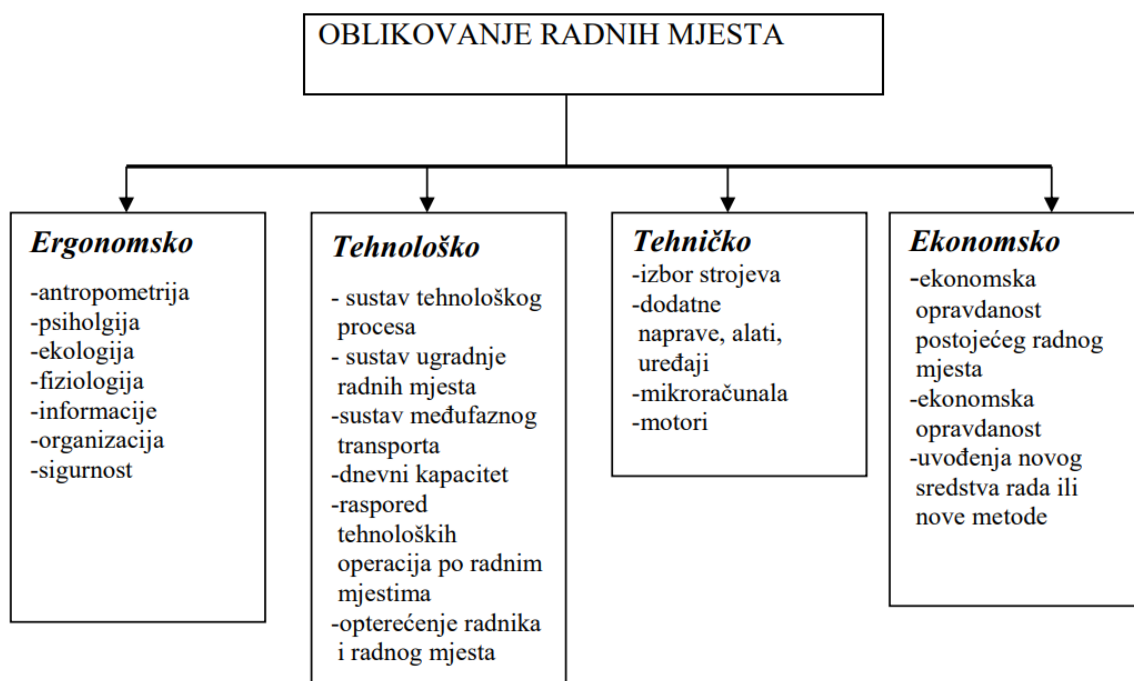
- Kontrolirani procesi (osnovni rad stroja pod kontrolom čovjeka).
- Zaslone (u takvim sustavima operater nema izravan pristup procesu već komunicira sa strojem isključivo pomoću zaslona).

- Kontrole (ljudska interakcija sa strojevima ovisi o pružanju prikladnih kontrola). [9]

Neposredna okolina odnosi se na mjesto i okolnosti u kojima se obavlja rad te se sastoji od fizičkog radnog prostora, fizičkog okruženja te društvenih i tehničkih ograničenja pod kojima se rad obavlja. [9]

2.4. Oblikovanje radnih mjesta

Cilj oblikovanja radnih mjesta je uklanjanje gubitaka i trošenja vremena, opreme, materijala, prostora te smanjenje opterećenja i zamora radnika prilikom izvršenja zadataka. [15] Čimbenici oblikovanja radnih mjesta temelje se na ergonomsom, tehnološkom, tehničkom i ekonomskom oblikovanju radnog mjesta. Za uspješno oblikovanje radnih mjesta važno je uzeti u obzir sve čimbenike. Slika 2 prikazuje čimbenike oblikovanja radnih mjesta. [15]



Slika 2. Čimbenici oblikovanja radnih mjesta [15]

Ergonomski čimbenici čine temelj za humanizaciju rada i uključuju:

- Antropometrijsko oblikovanje radnih mjesta (prilagodba radnih mjesta i alata tjelesnim mjerama čovjeka).
- Psihološko oblikovanje radnih mjesta (stvaranje ugodnog radnog okruženja).

- Ekološko oblikovanje radnih mjesta (prilagođavanje radnih uvjeta zaposleniku).
- Fiziološko oblikovanje radnih mjesta (usklađivanje načina rada s tjelesnim značajkama čovjeka).
- Vizualno i auditorno oblikovanje radnih mjesta (osiguravanje jasnog prepoznavanja vidnih i slušnih podataka).
- Organizacijsko oblikovanje radnih mjesta (prilagodba radnog vremena potrebama zaposlenika, uključujući fiziološke potrebe i pauze).
- Oblikovanje radnih mjesta u skladu sa sigurnosnim standardima i zaštitom na radu. [15]

Ergonomska načela primjenjuju se pri konstrukciji i uporabi alata, strojeva i uređaja, rukovanju materijalima te oblikovanju radnih mjesta i okoline za rad. [15]

Tehnološke čimbenike čine prikladni izbori sustava ugradnje radnih mjesta, izrada planova tehnoloških procesa proizvodnje te rasporeda zadataka po radnim mjestima. [15]

Tehnički čimbenici obuhvaćaju izbor strojeva i ostale tehničke opreme. [15]

Ekonomski čimbenici opravdavaju uvođenje novih sredstava za rad u pogledu troškova. Svrha ekonomskog oblikovanja radnih mjesta je smanjenje vremena izvođenja zadataka s ciljem smanjenja troškova izrade. [15]

2.5. Podjela ergonomije

Razumijevanje različitih vrsta ergonomije pruža bolji uvid u složeno radno okruženje moderne tvornice. Vodeći proizvođači daju prioritet ergonomiji i preuređuju svoje radno mjesto i odnose sa svojim radnicima. Čineći to, povećavaju zadovoljstvo radnika, kvalitetu i učinkovitost. [13]

Tri su osnovne vrste ergonomije:

- Fizikalna ergonomija.
- Kognitivna ergonomija.
- Organizacijska ergonomija. [13]

Svaka od tih vrsta ergonomije pridonosi ne samo organizacijskom uspjehu, već i zadovoljstvu radnika. [13] Slika 3 daje pregled osnovne podjele ergonomije.

2.5.1. Fizikalna ergonomija

Fizikalna ergonomija najpoznatiji je oblik ergonomije. Bavi se fizičkim opterećenjem ljudskog tijela pri obavljanju aktivnosti. Razumijevanje fizikalne ergonomije i kako je integrirati uvelike

utječe na sigurnost na radnome mjestu. Ako se zanemari fizikalna ergonomija, radnici mogu razviti mišićno-koštane poremećaje. Neke od aktivnosti koje su uzroci tih poremećaja su neugodan položaj tijela, posezanje iznad glave te ponavljajući pokreti. [13]

Relevantne teme uključuju radne položaje, rukovanje materijalima, pokrete koji se ponavljaju, mišićno-koštane poremećaje povezane s radom, raspored radnog mjesta, fizičku sigurnost i zdravlje. [7]

Usredotočuje se na ljudsku anatomiju i koristi antropometrijske, fiziološke i biomehaničke karakteristike za dizajn proizvoda i okruženja koje je usklađeno s fizičkim ljudskim sposobnostima. To može uključivati dizajn stolica koje potiču dobro držanje, osiguravanje da su radni materijali nadohvat ruke kako bi se smanjio napor i sl. Naglašava održavanje prirodne zakrivljenosti leđa, osiguravanje pravilnog poravnjanja vrata i kralježnice i promicanje položaja koji smanjuju rizik od mišićno-koštanih poremećaja. [10]

2.5.2. Kognitivna ergonomija

Kognitivna ergonomija metoda je dizajniranja i raspoređivanja informacija i podataka kako bi se stvorilo lagano kognitivno opterećenje. Veće kognitivno radno opterećenje uzrokuje više stresa kod radnika. Pojednostavljene radne upute mogu smanjiti kognitivno opterećenje. [13]

Kognitivna ergonomija bavi se mentalnim procesima, kao što su percepcija, pamćenje, rasuđivanje i motorička reakcija, budući da utječu na interakcije među ljudima i drugim elementima sustava. Relevantne teme uključuju mentalno opterećenje, donošenje odluka, kvalificiranu izvedbu, interakciju između čovjeka i računala, ljudsku pouzdanost, radni stres i obuku budući da se one mogu odnositi na dizajn ljudskog sustava. [7]

Primjerice, kognitivna ergonomija može uključivati dizajniranje intuitivnog korisničkog sučelja koje smanjuje kognitivni napor potreban za dovršenje zadatka ili stvaranje okruženja koje smanjuje stres i potiče koncentraciju. [10]

2.5.3. Organizacijska ergonomija

Organizacijska ergonomija kombinira znanje stečeno iz drugih područja tvornice, poput fizikalne i kognitivne ergonomije, kako bi se optimizirala sigurnost i učinkovitost u cijeloj organizaciji. To podrazumijeva pronalaženje načina za optimizaciju timskog rada, poboljšanje komunikacija, povećanje rezultata i jačanje ukupne kvalitete proizvoda. [13]

Organizacijska ergonomija bavi se optimizacijom sociotehničkih sustava, uključujući njihove organizacijske strukture, politike i procese. Relevantne teme uključuju komunikaciju, upravljanje resursima, dizajn rada, dizajn radnog vremena, timski rad, participativni dizajn, ergonomiju zajednice, kooperativni rad, nove radne paradigme, virtualne organizacije, rad na daljinu i upravljanje kvalitetom. [7]

Primjerice, organizacijska ergonomija može uključivati dizajniranje smjena koje optimiziraju spavanje i izvedbu ili stvaranje struktura timskog rada koje maksimiziraju suradnju i moral zaposlenika. [10]



Slika 3. Osnovna podjela ergonomije [7]

2.5.4. Ostale vrste ergonomije

Uz te tri osnovne vrste ergonomije, spominju se i:

- Ergonomija za posebne potrebe.
- Ergonomija okoliša.
- Korektivna ergonomija.
- Preventivna ergonomija.
- Mikro ergonomija.
- Makro ergonomija. [10]

Ergonomija za posebne potrebe ja potkategorija fizikalne ergonomije koja se usredotočuje na zahtjeve dizajna za pojedince sa specifičnim potrebama, kao što su djeca ili osobe s

invaliditetom. Cilj je stvoriti okruženje u kojem ti pojedinci mogu djelovati neovisno i učinkovito. Primjerice, uključuje projektiranje prostora pristupačnih invalidskim kolicima, stvaranje obrazovnog okruženja koje zadovoljava dječje fizičke potrebe ili izradu proizvoda za osobe s ograničenom pokretljivošću. [10]

Ergonomija okoliša proučava ljudske interakcije s fizičkim okolišem u smislu klimatskih uvjeta, temperature, tlaka, osvjetljenja i buke. Cilj joj je razumjeti kako ti čimbenici utječu na ljudsku izvedbu i dobrobit te koristi to razumijevanje za dizajniranje okruženja koja ih optimiziraju. Primjerice, to može uključivati odabir uvjeta osvjetljenja koji minimiziraju naprezanje očiju ili osiguravanje da je radno mjesto dobro prozračeno i ima temperaturu okoline. [10]

Korektivna ergonomija uključuje procjenu postojećih okruženja i praksi kako bi se identificirala područja u kojima se ergonomija može poboljšati. Ovo je često reaktivan pristup, gdje se problemi identificiraju i ispravljaju nakon što su prepoznati. Primjerice, ako radnici doživljavaju nelagodu ili ozljede, korektivna ergonomija bi uključivala procjenu radnog mjesta i potrebne prilagodbe. [10]

Za razliku od korektivne ergonomije, preventivna ergonomija je proaktivna. Usredotočuje se na prepoznavanje i rješavanje potencijalnih ergonomskih problema prije nego što postanu problemi. To može uključivati redovite procjene radnih stanica, obuku zaposlenika o najboljim praksama i osiguravanje da su radna okruženja dizajnirana imajući na umu ergonomiju. [10]

Mikro ergonomija se fokusira na dizajn pojedinačnih elemenata unutar sustava, kao što su alati, sučelja i oprema, kako bi se osiguralo da su funkcionalni, pouzdani, udobni i sigurni. Bavi se manjim aspektima ergonomije, fokusirajući se na detalje koji utječu na neposrednu interakciju pojedinca s proizvodima. [10]

Suprotno mikro ergonomiji, makro ergonomija uključuje širu perspektivu, uzimajući u obzir integraciju ljudskih i tehnoloških čimbenika unutar organizacije. Bavi se većim sustavima, fokusirajući se na odnose između tih sustava i ljudi koji ih koriste. Primjerice, može uključivati dizajniranje softverskih sustava koji poboljšavaju organizacijski tijek rada. [10]

2.6. Primjena ergonomije

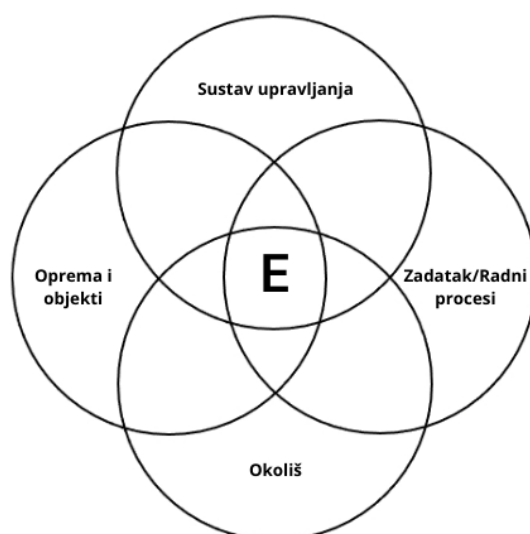
U praksi, ergonomist primjenjuje znanje iz različitih područja znanosti na analizu problema i specifikacije dizajna radnog sustava. [9]

Ergonomija se primjenjuje u proizvodnji, primjerice u proizvodnji namještaja, kućanskih uređaja, robe široke potrošnje, opreme za dječja igrališta, u industriji strojeva, uređaja i alata, a pri reklamiranju proizvoda ergonomiska svojstva ističu se kao dodatni argument za kupnju i uporabu. [8]

Neki primjeri primjene ergonomije su sljedeći:

- Ergonomska uredska stolica (s podesivom visinom, lumbalnom potporom i naslonima za ruke za promicanje pravilnog držanja i smanjenje bolova u leđima i naprezanja tijekom dugotrajnog sjedenja).
 - Podesivi računalni monitor (stalci ili nosači monitora koji korisnicima omogućuju podešavanje visine i kuta zaslona, smanjujući naprezanje vrata i umor očiju).
 - Softver za prepoznavanje glasa (ovaj softver smanjuje potrebu za opsežnim tipkanjem).
 - Stolovi podesivi po visini (kako bi korisnicima omogućili izmjenično sjedenje i stajanje, potičući kretanje i smanjujući zdravstvene rizike dugotrajnog sjedenja).
 - Rasvjeta (da smanjuje odsjaj i sjene, što može smanjiti naprezanje očiju i glavobolju).
- [10]

Slika 4 prikazuje ključne aspekte ergonomije u radnom okruženju te naglašava da su svi međusobno povezani.



Slika 4. Ergonomija u radnome okruženju [7]

3. ERGONOMSKE METODE

U proizvodnim procesima često se javljaju poremećaji mišićno-koštanog sustava zbog rada u neadekvatnim položajima te ponavljajućih radnih zadataka. Zbog toga su razvijene različite ergonomske metode s ciljem prepoznavanja nepovoljnih položaja tijela, kao i gornjih i donjih ekstremiteta. Tablica 1 prikazuje popis ergonomskih metoda, odnosno metoda radnog opterećenja koje se najčešće koriste.

Tablica 1. Popis najčešćih ergonomskih metoda [15]

Skraćenica	Naziv alata – strani jezik	Naziv alata – hrvatski jezik
OWAS	eng. <i>Ovako Working Analysis System</i>	Ovako sustav za analizu rada
MODAPTS	eng. <i>Modular Arrangement of Predetermined Time Standards</i>	Modularni raspored unaprijed određenih vremenskih standarda
PLIBEL	šved. <i>Plan för Identifiering av Belastningsfaktorer</i>	Plan za identifikaciju faktora opterećenja
NIOSH	eng. <i>The National Institute of Occupational Safety and Health</i>	Nacionalni institut za sigurnost i zdravlje u radu
DMQ	eng. <i>The Dutch Musculoskeletal Questionnaire</i>	Nizozemski upitnik za mišićno-koštane rizike
REBA	eng. <i>Rapid Entire Body Assessment</i>	Brza procjena cijelog tijela
PDA	eng. <i>Physical Demands Analysis</i>	Analiza fizičkih zahtjeva
KIM	eng. <i>Key Indicator Method</i>	Metoda ključnih pokazatelja
QEC	eng. <i>Quick Exposure Check</i>	Brza provjera izloženosti
RULA	eng. <i>Rapid Upper Limb Assessment</i>	Brza procjena gornjih ekstremiteta
SI	eng. <i>Strain Index</i>	Indeks naprezanja
OCRA	eng. <i>The Occupational Repetitive Action</i>	Radnja koja se ponavlja
LMM	eng. <i>Lumbar Motion Monitor</i>	Monitor lumbalnog kretanja
SMART	eng. <i>Scoring Method for Assessment of Repetitive Tasks</i>	Metoda vrednovanja za procjenu zadataka koji se ponavljaju

U ovome poglavlju bit će predstavljene najvažnije ergonomske metode, koje navodi Tablica 1. Međutim, glavni fokus ovoga diplomskoga rada je na prikazu i analizi ergonomskih metoda u programskome rješenju *ErgoFellow 3.0*. Detaljniji opis provedbe metoda koje softver nudi bit će prikazan u idućem poglavlju. U ovome poglavlju slijedi kratki opis svake od metoda i njihov osnovni cilj. Svrha je omogućiti čitatelju razumijevanje ključnih ergonomskih metoda koje će kasnije biti obrađene u kontekstu softverske podrške.

Mogu se podijeliti na opće metode, odnosno metode primjenjive na cijelo tijelo te metode koje se primjenjuju na gornje udove, vrat i leđa. [15]

3.1. Opće metode

Opće metode su OWAS, MODAPTS, PLIBEL, NIOSH, DMQ, REBA, PDA i KIM metoda.

3.1.1. OWAS metoda

OWAS metoda je metoda koja se koristi u analizi položaja tijela na radnome mjestu. Temelji se na razradi položaja tijela (kralježnice), ruku i nogu. Kombinacijom osnovnih položaja pojedinih dijelova tijela određuju se tipovi radnih položaja unutar izvođenja neke radne aktivnosti. Nakon provedbe metode i analize rezultata, moguće je oblikovati radno mjesto tako da radnik radi u položaju koji zahtijeva minimalno statičko i dinamičko opterećenje. [15]

Metoda je namijenjena utvrđivanju učestalosti i vremena provedenog u položajima usvojenima u danom zadatku, proučavanju i procjeni situacije te na temelju toga preporučuje korektivne radnje. Identificira najčešće položaje leđa kod radnika (4 položaja), ruke (3 položaja), noge (7 položaja) i masu tereta kojim se rukuje (u 3 kategorije). To sve podrazumijeva do 252 moguće kombinacije. Stoga je svakom položaju radnika dodijeljena 4-znamenasta šifra koja je ovisila o klasifikaciji unutar prethodnih položaja za svaki dio tijela i opterećenje. [16]

Provedba OWAS metode obradit će se u kontekstu softverske podrške, u idućem poglavlju.

3.1.2. MODAPTS metoda

MODAPTS metoda koristi se kako bi se analizirao radni učinak praćenjem pokreta operatera na radnome mjestu. Ova metoda bilježi kretanje operatera s ciljem pojednostavljenja i olakšanja rada na radnome mjestu, otkrivanja i uklanjanja nepotrebnih kretnji i analize izvedbe. Temelji se na analizi pokreta tijela potrebnih za obavljanje zadatka. Ova metoda je vrlo precizna i brzo analizira sustav koji se može primijeniti na mjerenje proizvodnih aktivnosti, radnu okolinu bez

ciklusa i upravljanje sigurnošću. Metoda se često koristi u automobilskoj industriji, vladinim organizacijama, transportnoj industriji i sl. [17] Analiza rada ovom metodom provodi se promatranjem radnih mjesta prilikom izvođenja nekog radnog zadatka ili operacije. Sastoji se od osnovnih pokreta čijom se kombinacijom može opisati neki radni zadatak. [15]


















Tablica 2 prikazuje vrednovanje određenih pokreta po razredima. Sastoji se od sljedećih razreda pokreta:

- Premještanja (M1-M5).
- Hvatanja (G0, G1, G3).
- Stavljanja (P0, P2, P5).
- Ostalih pokreta (sjedjenje, stajanje, pritiskanje, prenošenje mase itd.). [15]

U Tablica 2 je za svaki pokret dan opis i odgovarajući simbol koji se sastoji od slovne oznake i pripadajućeg MOD-a. Vrijednost pojedinog MOD-a iznosi 0,129 sekundi. Za pojedini pokret dan je prikaz stupnja opterećenja prilikom izvođenja nekog radnog zadatka. [15]

Prilikom analize položaja tijela ovom metodom, radni zadatak potrebno je podijeliti na niže cjeline i pokrete u skladu sa spomenutim razredima. Ako je prisutno opterećenje prenošenja mase, potrebno je definirati faktor tereta (L) koji se razlikuje s obzirom na to koja je masa u pitanju. Konačna MOD vrijednost jednaka je umnošku MOD-a, broja pokreta i faktora tereta (L). Faktor tereta povećava se za 4 kg počevši od mase od 6 kg. Na kraju se analiziraju konačne vrijednosti MOD-ova i utvrđuju nepovoljni pokreti koje je potrebno poboljšati. [15]

Tablica 2. Prikaz vrednovanja pokreta prema MODAPTS metodi [15]

Kategorije pokreta			Simbol	MOD							Opis	
				0/0	1/ 0.12 9	2/ 0.25 8	3/ 0.38 7	4/ 0.51 6	5/ 0.64 5	17/ 2.19 3		30/ 3.87 0
OSNOVNI POKRETI	PREMJETAJUĆI POKRETI	PREMJETAŠTANJE	 M1		○							prsti do prstnog zgloba
			M2			○						prsti i šaka, do ručnog zgloba
			M3				○					pokret prsta uz korištenje podlaktice
			M4					●				pokret ruke uz korištenje uglavnom gornjeg dijela ruke
			M5						●			pokret ispružene ruke
	ZAVRŠNI POKRETI	HVATANJE	 G0	○								dotir vrhovima prstiju
			 G1		○							pokret hvatanja predmeta
			 G3				●					hvatanje predmeta koji se teško dohvaća
		STAVLJANJE	 P0	○								stavljanje s uobičajenim pokretom
			 P2			○						pokret stavljanja popraćen pogledom
		 P5						●		stavljanje s povećanom pažnjom		
OSTALI POKRETI	Sjedenje i stajanje	 S30								●	sjedenje i stajanje	
	Saginjanje	 B17							●		saginjanje i uspravljanje	
	Hodanje	 W5						⊙			hodanje ili rotiranje tijela	
	Okret	 C4					○				rotacija šake ili ruke	
	Pritiskanje	 A4					○				pritiskanje gumba, sklopke ili nabađanje čavlića, igli...	
	Procjena	 D3				●					trenutačne konfuzije (dobro ili loše)	
	Stopalo	 F3				○					pokreti gležnja s petama na tlu	
	Ponovno dohvaćanje	 R2				●					odlaganje i ponovo dohvaćanje olovke za pisanje	
	Oko	 E2			⊙						pokret oka, fokusiranje	
	Vaga	 L1		⊙							L1, m ≤ 2kg L1×2, 2kg < m ≤ 6kg L1×3, 6kg < m ≤ 10kg itd.	



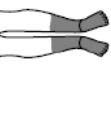
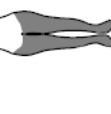

Legenda:

- - pokreti kod kojih nije prisutno opterećenje
- - pokreti s nešto opterećenja, potrebno ih je pojednostaviti i smanjiti
- ⊙ - pokreti s prisutnim opterećenjem, otežavaju izvođenje rada i potrebno ih je pojednostaviti ili ukloniti

3.1.3. PLIBEL metoda

PLIBEL metoda temelji se na razgovoru sa zaposlenikom te promatranju izvođenja radnih zadataka i radne okoline. Kod uočavanja rizika potrebno je popuniti polja u upitniku vezana uz uočeni rizik. Polja u upitniku su raspoređena po dijelovima tijela. Rizici se rangiraju prema važnosti, ovisno o njihovom utjecaju na zdravlje i intenzitetu djelovanja te po dijelovima tijela na koji se odnose. Rezultati ispitivanja daju uvid u ergonomske uvjete rada poredane od najštetnijih prema manje štetnima. [15]

PLIBEL metoda, za razliku od nekih drugih metoda, služi za općeniti pregled stanja radne okoline i zaposlenika koji se u njoj nalaze te nije namijenjena detaljnom i preciznom ispitivanju. PLIBEL metoda predstavlja popis rizika prisutnih na radnome mjestu. Uz ovu metodu, koriste se i druge metode gdje je potrebno daljnje ispitivanje. [15] Slika 5 prikazuje matricu za ocjenjivanje opterećenja radnika ovom metodom.

				
1. _____	1. _____	1. _____	1. _____	1. Je li podloga neravna, nakošena, skliska ili neoptirn
2. _____	2. _____	2. _____	2. _____	2. Je li prostor dovoljan za kretanje radnika i materijala?
3. _____	3. _____	3. _____	3. _____	3. Jesu li alati ili oprema nepravilno izvedeni/osmišljeni?
4. _____	4. _____	4. _____	4. _____	4. Je li visina na kojoj se rad obavlja prihvatljiva?
5. _____	5. _____	5. _____	5. _____	5. Je li stolica na kojoj radnik sjedi nepravilno dizajnirana ili neprilagođena?
6. _____	6. _____	6. _____	6. _____	6. (Ako se rad obavlja u stajaćem položaju) Je li postoji mogućnost sjedenja?
7. _____	7. _____	7. _____	7. _____	7. Umaraju li se noge tijekom obavljanja rada?
8. _____	8. _____	8. _____	8. _____	8. Umaraju li se noge: a) stalnim penjanjem i silazanjem? b) ponovljenim skakanjem, čučanjem ili klečanjem? c) jer je jedna noga češće opterećena od druge?
9. _____	9. _____	9. _____	9. _____	9. Obavlja li se ponavljani ili produženi rad: a) sa slabo napetim leđima? b) sa jako napetim leđima? c) sa lagano pognutim ili uvnutim leđima? d) sa jako pognutim ili uvnutim leđima?
10. _____	10. _____	10. _____	10. _____	10. Obavlja li se ponavljani ili produženi rad: a) sa slabo napetom vratom? b) sa jako napetom vratom? c) sa lagano pognutim ili uvnutim vratom? d) sa jako pognutim ili uvnutim vratom?
11. _____	11. _____	11. _____	11. _____	11. Podiže li se teret ručno? Obratiti pozornost na sljedeće: a) ponavljano podizanje b) težina tereta c) nepretan zahvat tereta d) nepretan prijenos tereta e) zahvaćanje tereta dalje od ključne podlaktice f) zahvaćanje tereta iznad razine koljena g) zahvaćanje tereta iznad razine ramena
12. _____	12. _____	12. _____	12. _____	12. Obavlja li se ponavljano, produženo ili nespretno nošenje, guranje ili vuča tereta?
13. _____	13. _____	13. _____	13. _____	13. Obavlja li se produženi rad pri kojem je jedna ruka ispružena bez potpore?
14. _____	14. _____	14. _____	14. _____	14. Ponavljaju li se: a) slični pokreti b) slični pokreti na neprikladnoj udaljenosti?
15. _____	15. _____	15. _____	15. _____	15. Obavlja li se ponavljani ili produženi ručni rad? Obratiti pozornost na sljedeće: a) težina alata i materijala b) nespretno rukovanje alatima ili materijalom
16. _____	16. _____	16. _____	16. _____	16. Umaraju li se oči?
17. _____	17. _____	17. _____	17. _____	17. Obavlja li se ponavljani rad rukom i podlakticom: a) pokretima koji izkrivljaju ruke? b) sličnim pokretima? c) u neugodnim položajima? d) za računalom ili sličnom opremom?

Primjena metode
Pronađite izloženi dio tijela
Pratite bijela polja (desno)
Sadržite li radni zadaci nešto od
nabrojano?

Ako da, popunite ta polja.

Također uzмите u obzir sljedeće:
a) Mogućnost pauza i stanka
b) Mogućnost biranja zadataka i radnog tempa
c) Da li je radnik pod stresom
d) Da li rad može imati nepredvidive situacije
e) Prisutnost vrućine, hladnoće, vlage, buke i sličnog
f) Prisutnost vibracija

Slika 5. Matrica za ocjenjivanje opterećenja radnika PLIBEL metodom [15]

3.1.4. NIOSH metoda

NIOSH metoda ergonomski je alat za procjenu rizika koji se temelji na izračunu indeksa podizanja (*LI*). To je relativna procjena koja mjeri rizik od ozljeda mišićno-koštanog sustava povezanih s ručnim podizanjem tereta na radnome mjestu. [18] Prilikom provođenja ove metode, sljedeći čimbenici uzeti su u obzir:

- Biomehanički (uzima u obzir opterećenje kralježnice i postavlja granice za smanjenje rizika od ozljeda kralježnice).
- Fiziološki (razmatra umor mišića i oporavak potreban za smanjenje rizika od ozljede mišića).
- Psihofizički (odnosi se na subjektivnu percepciju radnika o svome radnome opterećenju). [18]

NIOSH metoda omogućuje analizu postojećih zadataka dizanja, prepoznavanje čimbenika rizika i uvođenje promjena radnih stanica kako bi se poboljšali uvjeti. [18]

Provedba NIOSH metode obradit će se u kontekstu softverske podrške, u idućem poglavlju.

3.1.5. DMQ metoda

DMQ metoda služi stručnjacima zaštite na radu kako bi lako, brzo i standardizirano procijenili rizike mišićno-koštanih poremećaja uzrokovanih radom. Sastoji se od 60 pitanja koje radnici trebaju ispuniti. Pitanja se odnose na spol, dob, radno vrijeme, opterećenje, položaj tijela, organizaciju rada i način života radnika izvan radnoga mjesta. [15] Slika 6 prikazuje primjer početka jednog upitnika.

DMQ upitnik	
Upitnik je napravljen po principu zaokruživanja točnih tvrdnji (DA/NE).	
Spol: M Ž	
<u>Prilikom rada trebate li:</u>	
- podizati teški teret (više od 5kg)?	DA NE
- gurati ili vući teški teret (više od 5kg)?	DA NE
- nositi težak teret (više od 5kg)?	DA NE
<u>Prilikom rada trebate li često podizati teret:</u>	
- u nezgodnom položaju?	DA NE
- daleko od tijela?	DA NE
- iznad visine grudi?	DA NE
- kojeg je teško držati?	DA NE
- s vrlo velikim opterećenjem (većim od 20kg)?	DA NE
- sa zakrivljenim trupom?	DA NE
<u>Prilikom rada trebate li:</u>	
- stajati duže vrijeme?	DA NE
- sjediti duže vrijeme?	DA NE
- hodati duže vrijeme?	DA NE
- biti u pognutom položaju duže vrijeme?	DA NE
<u>Prilikom rada trebate li:</u>	
- lagano pognuti trup?	DA NE
- jako pognuti trup?	DA NE
- lagano okretati trup?	DA NE
- jako okretati trup?	DA NE
- okretati i pognuti trup?	DA NE
<u>Prilikom rada trebate li:</u>	
- raditi u lagano zakrivljenom položaju duže vrijeme?	DA NE
- raditi u jako zakrivljenom položaju duže vrijeme?	DA NE
- raditi u lagano pognutom položaju duže vrijeme?	DA NE
- raditi u jako pognutom položaju duže vrijeme?	DA NE
- raditi u zakrivljenom i pognutom položaju duže vrijeme?	DA NE
<u>Prilikom rada trebate li:</u>	
- dosegnuti stvari rukama?	DA NE
- držati ruke u visini nižoj od lakta?	DA NE
- držati ruke u visini iznad lakta?	DA NE
- koristiti svu snagu u rukama?	DA NE
- raditi male pokrete s rukama na visokom radnom mjestu?	DA NE
<u>Prilikom rada trebate li:</u>	
- savijati vrat prema naprijed?	DA NE

Slika 6. DMQ upitnik [15]

3.1.6. REBA metoda

REBA metoda služi za procjenu ergonomske rizika na radnome mjestu s ciljem identifikacije potencijalno štetnih položaja i pokreta tijela koje radnici izvode tijekom obavljanja svojih zadataka. Metoda je posebno korisna za procjenu poslova koji uključuju česte promjene položaja tijela, saginjanje, okretanje, dizanje tereta ili rukovanje alatima. Glavni cilj metode je brzo prepoznati i procijeniti razinu rizika povezanu s cjelokupnim tjelesnim držanjem radnika. Metoda pomaže u identifikaciji opasnosti koje mogu dovesti do poremećaja mišićno-koštanog sustava (npr. bolovi u leđima, vratu, rukama i ramenima) zbog neadekvatne ergonomije na radnome mjestu. [15]

Metoda koristi sustav ocjenjivanja koji se temelji na vizualnoj procjeni položaja tijela radnika tijekom izvođenja zadatka. Svaka regija tijela dobiva ocjenu na temelju kuta savijenosti, okretanja ili položaja u usporedbi s neutralnim položajem. Primjerice, savijeni vrat ili torzo, te podignute ruke, dobivaju više bodova jer predstavljaju veći rizik. Postoji i dodatno bodovanje za faktore poput sile primijenjene tijekom zadatka, trajanja i ponavljanja pokreta. Na kraju se svi bodovi zbrajaju, čime se dobiva ukupni rezultat rizika. [15]

REBA metoda provodi se u šest koraka:

- Promatranje zadatka.
- Odabir nepovoljnog radnog položaja za procjenu.
- Ocjenjivanje položaja.
- Obrada rezultata.
- Određivanje REBA ocjene.
- Utvrđivanje razine rizika i potrebne intervencije na radnome mjestu. [15]

Provedba REBA metode obradit će se u kontekstu softverske podrške, u idućem poglavlju.

3.1.7. PDA metoda

PDA metoda koristi se za procjenu fizičkih i okolišnih zahtjeva posla kako bi se utvrdilo koji zadaci zahtijevaju određene fizičke aktivnosti poput dizanja, nošenja, guranja, povlačenja, stajanja ili sjedenja. Ova analiza uključuje detaljno promatranje radnih zadataka i mjerenje elemenata poput učestalosti pokreta, sila koje radnici moraju primijeniti i vremena provedenog u različitim položajima. Također se koristi za procjenu sigurnog povratka ozlijeđenih radnika na posao, uspoređujući njihove sposobnosti s potrebama posla. [19]

Glavne komponente ove metode uključuju:

- Fizičke aktivnosti (procjenjuju se zadaci kao što su podizanje tereta, povlačenje, guranje, čučnjevi, savijanje, hodanje itd.).
- Okolišne uvjete (procjenjuju se utjecaji radne okoline poput buke, temperature, vibracija i prostora u kojemu se radi).
- Trajanje i učestalost zadataka (mjeri se koliko dugo ili često radnik obavlja određene zadatke). [19]

3.1.8. KIM metoda

KIM metoda je metoda procjene ergonomske rizika koja se koristi za procjenu rizika povezanih s fizičkim opterećenjima poput dizanja, nošenja, guranja i povlačenja tereta. Metoda daje ključne indikatore rizika i omogućuje brzu procjenu potencijalno štetnih radnih uvjeta, te identificira gdje su potrebne intervencije za smanjenje opasnosti na radnome mjestu. Omogućuje brzu i učinkovitu analizu radnih zadataka bez potrebe za opsežnim mjerenjima. Pomaže u prepoznavanju radnih mjesta koja zahtijevaju poboljšanja kako bi se smanjili rizici za zdravlje i sigurnost radnika. [20]

3.2. Metode primjenjive na gornje udove, vrat i leđa

Metode primjenjive na gornje udove, vrat i leđa su QEC, RULA, SI, OCRA, LMM i SMART metoda. [15]

3.2.1. QEC metoda

QEC metoda je metoda koja procjenjuje izloženost četiri područja tijela s najvećim rizikom najvažnijim čimbenicima rizika. Ova metoda razvijena je za:

- Procjenu promjene u izloženosti mišićno-koštanim čimbenicima rizika leđa, ramena i ruku, šaka i zapešća te vrata prije i nakon ergonomske intervencije.
- Uključivanje promatrača koji provodi procjenu i radnika.
- Pokazivanje promjene u rezultatima izloženosti nakon intervencije. [21]

Provedba QEC metode obradit će se u kontekstu softverske podrške, u idućem poglavlju.

3.2.2. RULA metoda

RULA metoda razvijena je za korištenje u ergonomskim ispitivanjima radnih mjesta gdje su prijavljeni poremećaji gornjih udova povezani s radom. RULA je alat koji procjenjuje opterećenje cijelog tijela s posebnim naglaskom na vratu, trupu i gornjim udovima. Potrebno je malo vremena za provođenje metode, a rezultira popisom radnji koji ukazuje na razinu intervencije potrebne za smanjenje rizika od ozljeda zbog fizičkog opterećenja operatera. [22]

Metoda se temelji na subjektivnom anketiranju promatrača na pojedinome radnome mjestu.

Provodi se u tri faze:









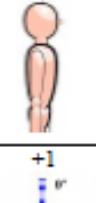



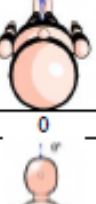
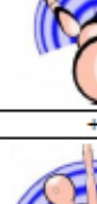
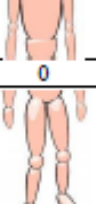

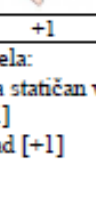
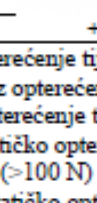
- Prikupljanje podataka putem upitnika (o radnome okruženju i zadacima te zahtjevima radnoga procesa), utvrđivanje ključnih pokreta i položaja tijela koji uzrokuju opterećenje i koje je potrebno detaljnije analizirati.
- Snimanje i ocjenjivanje položaja tijela po pojedinim segmentima pri čemu se posebice analiziraju ruke, a zatim vrat, trup i noge.
- Određivanje stupnja opterećenja po segmentima tijela korištenjem tablica za ocjenjivanje te određivanje konačnog stupnja opterećenja prethodno dobivenog po segmentima tijela. [15]

Slika 7 i Slika 8 daju prikaz radnih položaja ruke, vrata, trupa i noge prema RULA metodi. Ti slikovni prikazi koriste se za potrebe provođenja ocjenjivanja radnih položaja tijela prilikom izvođenja radnih zadataka. Svakom radnom položaju pripada odgovarajuća ocjena. [15]

Provedba RULA metode obradit će se u kontekstu softverske podrške, u idućem poglavlju.

Ruka - nadlaktica						- ramena podignuta [+1] - nadlaktica ispružena [+1] - ruka naslonjena [-1]
	+1	+2	+2	+3	+4	dodatni položaji
Ruka - podlaktica						
	+1	+2	+2	+1		
Ruka- šaka						
	+1	+2	+3	+3	+1/ dodatni položaj	
Rotacija šake			<p>Opterećenje ruke:</p> <ul style="list-style-type: none"> - nema opterećenja (opterećenje manje od 20 N) [0] - malo opterećenje (20 N-100 N) [+1] - statičko opterećenje (20-100 N)/ponavljajući intervali (20-100 N) /isprekidano opterećenje (>100 N) [+2] - statičko opterećenje (1001 N)/ ponavljajući intervali (100 N) // - veliko opterećenje (> 100 N) [+3] 			
	+1	+2				
<p>Rad mišića ruke:</p> <ul style="list-style-type: none"> -položaj ruke je većinom statičan (trajanje duže od 1 min) [+1] - rad ruku je ponavljajući [+1] 						

Slika 7. Prikaz radnih položaja ruke prema RULA metodi [15]

Vrat	 +1	 +2	 +3	 +4
	 0	 +1	dodatni položaji I	
Bočni preklon vrata	 0	 +1	dodatni položaji II	
	 +1	 +2	 +3	 +4
Rotacija trupa	 0	 +1	dodatni položaji I	
	 0	 +1	dodatni položaji II	
Noge	 +1	 +2		
	<p>Rad mišića tijela:</p> <ul style="list-style-type: none"> - položaj tijela statičan više od 1 min [+1] - repetitivni rad [+1] 		<p>Opterećenje tijela:</p> <ul style="list-style-type: none"> - bez opterećenja tijela [0] - opterećenje tijela (20 N-100 N) [+1] - statičko opterećenje(20-100 N/ponavljajući intervali (20-100 N)/isprekidana sila (>100 N) [+2] - statičko opterećenje (100 N)/ponavljajući intervali (100 N)/veliko opterećenje (> 100 N) [+3] 	

Slika 8. Prikaz radnih položaja vrata, trupa i nogu prema RULA metodi [15]

3.2.3. *SI metoda*

SI metoda je metoda koja se koristi za procjenu razine rizika posla za razvoj poremećaja šake, ručnog zgloba, podlaktice ili lakta. [23] Analitičar procjenjuje šest varijabli zadatka:

- Intenzitet napora.
- Trajanje napora.
- Broj napora u minuti.
- Položaj šake/zapešća.
- Brzinu rada.
- Trajanje zadatka po danu. [23]

Varijabli zadatka dana je vrijednost koja se naziva množitelj. Umnožak šest množitelja varijabli zadatka daje broj koji se naziva rezultat indeksa naprežanja. Ovaj se rezultat uspoređuje s gradijentom koji identificira razinu rizika zadatka. [23]

Provedba SI metode obradit će se u kontekstu softverske podrške, u idućem poglavlju.

3.2.4. *OCRA metoda*

OCRA metoda je metoda evaluacije za analizu izloženosti radnika zadacima sa različitim čimbenicima rizika za bolesti mišićno-koštanog sustava gornjih udova (repetitivnost, sila, nezgrapni položaji i pokreti, nedostatak razdoblja oporavka). [24] Sastoji se od tri specifična alata:

- OCRA indeks (služi za točne i analitičke procjene rizika koje će se koristiti u dizajnu i poboljšanju operacija i radnih stanica).
- OCRA kontrolni popis (za primarne procjene rizika, temeljene na izradi mapiranja rizika i definiranju preliminarnog pristupa upravljanju i ublažavanju rizika).
- OCRA manji kontrolni popis (za brze i vrlo približne procjene rizika, koje se koriste u pripremi karata rizika u određenim sektorima). [24]

OCRA metoda temelji se na promatranju i prvenstveno je dizajnirana za korištenje od strane tehničkih stručnjaka poduzeća (operatera za sigurnost i zdravlje u radu, ergonomista, analitičara vremena i metoda, proizvodnih inženjera). Koristi se u širokom rasponu industrija i radnih mjesta. Obuhvaća sve poslove u industriji i uslužnom sektoru koji uključuju ponavljajuće pokrete i/ili napore gornjih udova (proizvodnja mehaničkih komponenti, električnih uređaja, automobila itd.). Dijelovi tijela koji se ocjenjuju su: šake, zapešća, podlaktice i ramena. [24]

3.2.5. LMM metoda

LMM metoda je ergonomska metoda koja se koristi za praćenje pokreta donjeg dijela leđa radnika tijekom izvođenja različitih aktivnosti, osobito onih koje uključuju dizanje ili savijanje. Ova metoda omogućuje prikupljanje podataka o biomehaničkim zahtjevima radnih zadataka i procjenu rizika od povreda leđa. [25] Ključne karakteristike metode su:

- Praćenje pokreta (koristi senzore ili uređaje za praćenje pokreta donjeg dijela leđa koji bilježe različite aspekte pokreta, kao što su kutovi savijanja, opterećenje na kralježnicu i trajanje određenih pozicija).
- Analiza biomehanike (analizira kako se tijelo kreće i kako to utječe na donji dio leđa s ciljem identifikacije pokreta koji mogu uzrokovati stres ili preopterećenje leđne kralježnice).
- Procjena rizika (pomaže u procjeni rizika od ozljeda donjeg dijela leđa, posebno u kontekstu fizički zahtjevnih poslova).
- Preporuke za poboljšanje (na temelju prikupljenih podataka, metoda može pružiti preporuke za promjene u radnim postupcima ili okruženju kako bi se smanjila izloženost radnika rizicima od ozljeda).
- Korištenje u različitim industrijama (može se primijeniti u raznim sektorima, uključujući proizvodnju, zdravstvo i građevinarstvo, gdje se radnici često suočavaju s fizičkim naporima i rizicima od ozljeda donjeg dijela leđa). [25]

Slika 9 prikazuje primjer jednog takvog uređaja.



Slika 9. Monitor lumbalnog kretanja [25]

3.2.6. SMART metoda

SMART metoda je metoda pomoću koje je omogućen numerički izračun svih rizičnih faktora i ukupne razine rizika za pojavu bolesti mišićno-koštanog sustava. [26] Prvo se utvrđuju brojčane vrijednosti svakog pojedinog rizičnog faktora, a to su primjerice trajanje radnog zadatka, broj ponavljajućih pokreta, snaga potrebna za izvršavanje određenog radnog zadatka i sl. Svaki element procjene prikazan je kao zasebni dio u vlastitoj evaluacijskoj tablici, s pripadajućim bodovima. Nakon utvrđivanja brojčane vrijednosti svakog pojedinog rizičnog faktora, potrebno ih je uvrstiti u jednadžbu kojom se dolazi do rezultata, odnosno vrijednosti ukupnog rizika. Naposljetku se prema posebnoj tablici iz rezultata očitava jedna od moguće četiri razine rizika od oštećenja zdravlja koje su označene zelenom, žutom, narančastom i crvenom bojom. [26]

4. PROGRAMSKO RJEŠENJE ERGOFELLOW 3.0

Industrija 4.0 i tehnološki napredak donose brojne promjene u organizaciji rada, ali i izazove vezane uz ergonomiju. Rad s naprednim tehnologijama zahtijeva pažljivo planiranje radnih uvjeta kako bi se izbjegle ozljede i zdravstveni problemi. [4] Ergonomija u Industriji 4.0 postaje ključna za prilagodbu radnih mjesta novim tehnologijama, osiguravajući da radnici mogu sigurno i učinkovito raditi. To uključuje prilagodbu alata, radnih postupaka i sučelja prema ljudskim sposobnostima. [5] Računalno potpomognuta ergonomija javlja se kao rješenje za praćenje i analizu ergonomskih uvjeta, pružajući detaljne uvide u promjene i potencijalne probleme. Softverski alati postaju nužni za upravljanje ergonomskim aspektima radnih mjesta u kontekstu modernih tehnoloških sustava. [6] Cilj prikaza i analize ergonomskih metoda u programskome rješenju *ErgoFellow 3.0* je naglasiti važnost korištenja ovih alata za poboljšanje ergonomije na radnom mjestu, posebno u eri brzog tehnološkog napretka.

U ovome poglavlju slijedi pregled softvera *ErgoFellow 3.0*. Bit će predstavljene opće informacije o softveru, tehnički zahtjevi i informacije vezane uz instalaciju softvera, te pregled alata koje nudi.

4.1. O softveru

ErgoFellow 3.0 softver je koji se koristi za praćenje ergonomije na radnome mjestu. Razvila ga je brazilska tvrtka *FBF Sistemas* koja se bavi razvojem softvera i raznih aplikacija. Trenutno im je upravo ovaj softver glavni te se koristi u mnogim kompanijama. [27] Softver je vrlo koristan za ljude koji se bave ergonomijom, kao i za sve stručnjake koji se bave područjem sigurnosti i zdravlja na radu, a to praćenje žele unaprijediti korištenjem softvera. Također, korisno je i u obrazovne svrhe. Ovaj softver čini 17 ergonomskih metoda za procjenu i poboljšanje uvjeta na radnome mjestu. Cilj im je smanjiti profesionalne rizike i povećati produktivnost, uz praćenje čovjekove dobrobiti. [28] Korisniku je omogućena provjera i poboljšanje sigurnosnih i zdravstvenih standarda u kompaniji u pogledu zaštite osoblja od opasnosti, te povećanja njihove produktivnosti. Moguće je i stvoriti bazu podataka koja uključuje sve zaposlenike u organizaciji. Korisnik ima i mogućnost generiranja izvještaja. Uz to, moguće je izračunati različite parametre kao što su primjerice vodoravna udaljenost ruku od gležnjeva ili okomita udaljenost putovanja. Nakon brze analize rizika, moguće je vidjeti sve izvore potencijalnih opasnosti i načine njihovog uklanjanja ili smanjenja. [29]

Što se tiče tehničkih zahtjeva, softver radi na Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8, Windows 10 i Windows 11 operacijskim sustavima. [29] Softver je moguće preuzeti i besplatno koristiti 30 dana. Nakon tog razdoblja, bit će dostupna samo jedna metoda, a to je ranije spomenuta NIOSH metoda. Kao i ostale metode, detaljnije će biti objašnjena u nastavku. Dakle, za nastavak korištenja, nužno je kupiti licencu. [28]

Prije samog prikaza i analize metoda, sumirat će se glavne prednosti korištenja softvera, a to su:

- Besplatno preuzimanje i probno korištenje.
- Kompatibilnost s modernim verzijama sustava Windows.
- Omogućena analiza uvjeta zaštite na radu.
- Stvaranje baze podataka zaposlenika.
- Generiranje izvješća o potencijalnim opasnostima. [29]

4.2. Pregled metoda koje softver nudi

Programsko rješenje *ErgoFellow 3.0* nudi za korištenje sljedeće metode:

- NIOSH metoda.
- OWAS metoda.
- RULA metoda.
- REBA metoda.
- Suzanne Rodgers metoda.
- Moore i Garg, tj. SI metoda.
- Upitnik nelagode (eng. *Discomfort Questionnaire*).
- QEC metoda.
- Lehmann metoda.
- Analiza slike (eng. *Image Analysis*).
- Analiza videa (eng. *Video Analysis*).
- Antropometrija (eng. *Anthropometry*).
- Proračun sile (eng. *Calculation of Force*).
- PPE metoda (eng. *Personal Protective Equipment – Osobna zaštitna oprema*).

- Toplinski stres (eng. *Heat Stress*).
- OSHA metoda (eng. *Occupational Safety and Health Administration* – Uprava za sigurnost i zdravlje u radu).
- Procjena tipkanja (eng. *Typing Evaluation*). [28]

4.3. O metodama

U ovome poglavlju slijedi prikaz i kratko objašnjenje 17 metoda u softveru *ErgoFellow 3.0*.

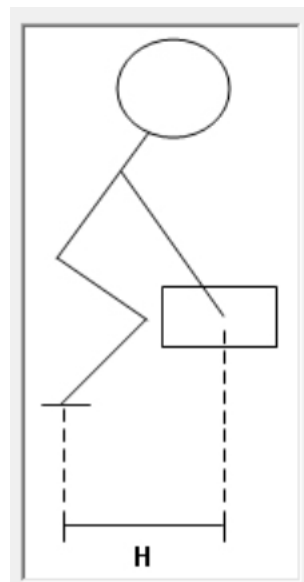
4.3.1. NIOSH metoda

Slika 10 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda NIOSH metoda. Metoda je ranije objašnjena, ovdje slijedi objašnjenje provedbe u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slika. Prilikom otvaranja prozora alata, potrebno je unijeti podatke o imenu radnika (eng. *Name of the worker*), funkciji (eng. *Function*), nazivu poduzeća (eng. *Company*) i odjela (eng. *Department*) te objektu koji se podiže (eng. *Lifting object*).

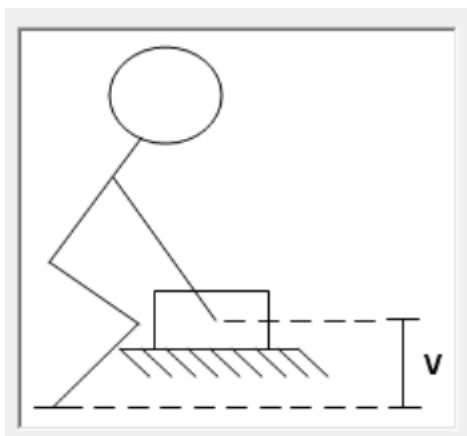
Slika 10. NIOSH metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru [30]

Cilj je pomoću revidirane jednadžbe podizanja (eng. *Revised Lifting Equation*) izračunati preporučeno ograničenje mase (eng. *Recommended Weight Limit – RWL*) u kilogramima te ranije spomenuti indeks podizanja. Revidirana jednadžba podizanja uključuje sljedeće faktore:

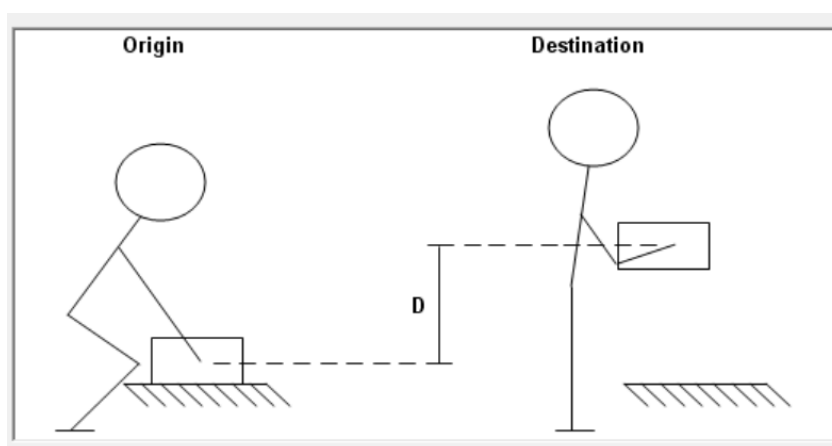
- H – vodoravna udaljenost radnikove šake od gležnja (eng. *Horizontal distance of the hands away from the ankles*) [cm], kao što prikazuje Slika 11.
- V – okomita udaljenost ruku iznad poda (eng. *Vertical distance of the hands above the floor*) [cm], kao što prikazuje Slika 12.
- D – okomit put (eng. *Vertical travel distance*) [cm], kao što prikazuje Slika 13.
- A – kut asimetrije (eng. *Angle of asymmetry*), mjeri koliko je objekt pomaknut od prednje strane radnika [°].
- F – frekvencijska komponenta (eng. *Frequency component*), označava broj podizanja tereta tijekom radnog dana, detaljniji opis slijedi u nastavku.
- C – spojna komponenta (eng. *Coupling component*), označava kvalitetu radnikovog zahvata, detaljniji opis slijedi u nastavku.
- L – masa podignutog objekta (eng. *Weight of the object lifted*) [kg].



Slika 11. Prikaz H komponente revidirane jednadžbe podizanja [28]



Slika 12. Prikaz V komponente revidirane jednadžbe podizanja [28]



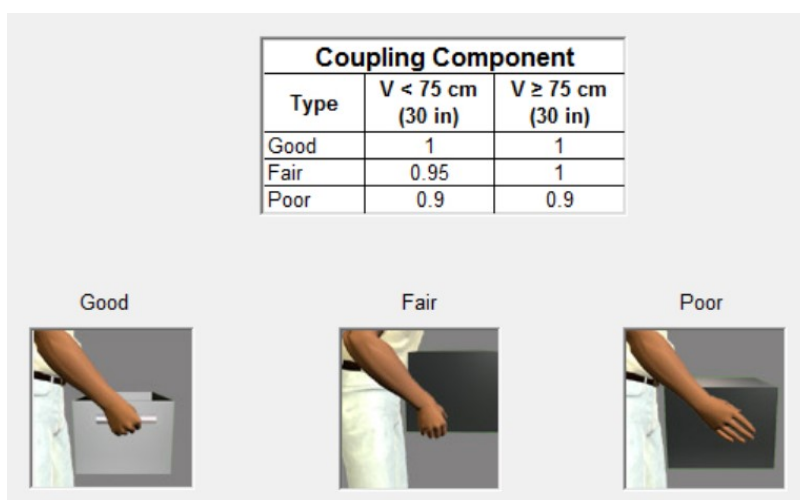
Slika 13. Prikaz D komponente revidirane jednadžbe podizanja [28]

Slika 14 prikazuje kako se određuje frekvencijska komponenta. Prvo se razmatra trajanje posla (eng. *Work Duration*), je li posao trajao ≤ 1 sat (eng. ≤ 1 hour), ≤ 2 sata (eng. ≤ 2 hours), odnosno ≤ 8 sati (eng. ≤ 8 hours). Zatim je za to trajanje potrebno odrediti je li vertikalna komponenta $V < 75$ cm ili ≥ 75 cm, te se za zadani broj podizanja u minuti (eng. *Lifts/min*) određuje iznos frekvencijske komponente.

Slika 15 prikazuje kako se određuje spojna komponenta. Za početak je potrebno odrediti drži li osoba objekt dobro (eng. *Good*), prihvatljivo (eng. *Fair*) ili loše (eng. *Poor*). Za određenu kvalitetu zahvata i u ovisnosti je li vertikalna komponenta $V < 75$ cm ili ≥ 75 cm, određuje se spojna komponenta.

Frequency (Lifts / min)	Work Duration					
	≤ 1 hour		≤ 2 hours		≤ 8 hours	
	V < 75 cm (30 in)	V ≥ 75 cm (30 in)	V < 75 cm (30 in)	V ≥ 75 cm (30 in)	V < 75 cm (30 in)	V ≥ 75 cm (30 in)
≤ 0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.27
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
> 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Slika 14. Prikaz F komponente revidirane jednadžbe podizanja [28]



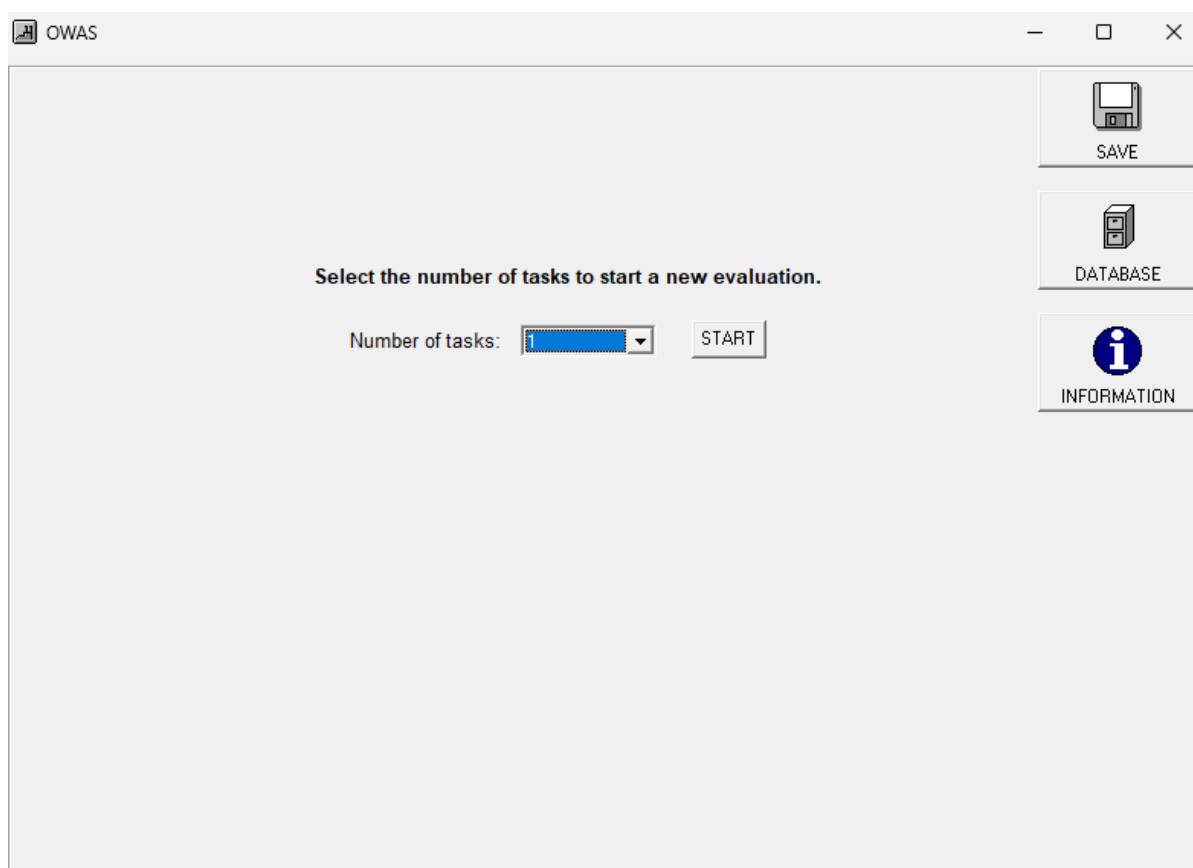
Slika 15. Prikaz C komponente revidirane jednadžbe podizanja [28]

Mjerne jedinice u ovome slučaju vrijede za metrički sustav (eng. *Metric*), kao i u nastavku diplomskoga rada. RWL definira najveću prihvatljivu masu (opterećenje) koju bi gotovo svi zdravi zaposlenici mogli podići tijekom 8-satne smjene bez povećanja rizika od mišićno-koštanih poremećaja u donjem dijelu leđa, a indeks podizanja daje relativnu procjenu razine fizičkog napora i rizika od ozljeda povezanih sa procijenjenim zadacima ručnog podizanja. Cilj je da indeks podizanja bude manji od jedan. [31]

4.3.2. OWAS metoda

Slika 16 i Slika 17 prikazuju kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda OWAS metoda. Metoda je ranije objašnjena, ovdje slijedi objašnjenje provedbe u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slika. Prilikom otvaranja prozora alata, potrebno je odabrati broj zadataka kako bi se započelo s novom procjenom (eng. *Select the number of tasks to start a new evaluation*). Zatim je za svaki pojedini zadatak (eng. *Task*) potrebno unijeti opis zadatka (eng. *Description of the task*) te postotak vremena proveden obavljajući zadatak (eng. *% time in this task*). Nakon toga, potrebno je odabrati u kojim se položajima nalaze leđa (eng. *Back*), ruke (eng. *Arms*) i noge (eng. *Legs*) te odabrati masu tereta (eng. *Load*) te se prema tome dobije jedan od četiri rezultata:

- Nije potrebno poduzeti korektivne mjere.
- Potrebno je poduzeti korektivne mjere u bliskoj budućnosti.
- Potrebno je poduzeti korektivne mjere što je prije moguće.
- Potrebno je poduzeti korektivne mjere za poboljšanje odmah.



Slika 16. OWAS metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru – 1 [28]

Opcije za odabir položaja leđa su:

1. Ravna (eng. *Straight*).
2. Savijena (eng. *Bent*).
3. Uvijena (eng. *Twisted*).
4. Savijena i uvijena (eng. *Bent and Twisted*).

Opcije za odabir položaja ruku su:

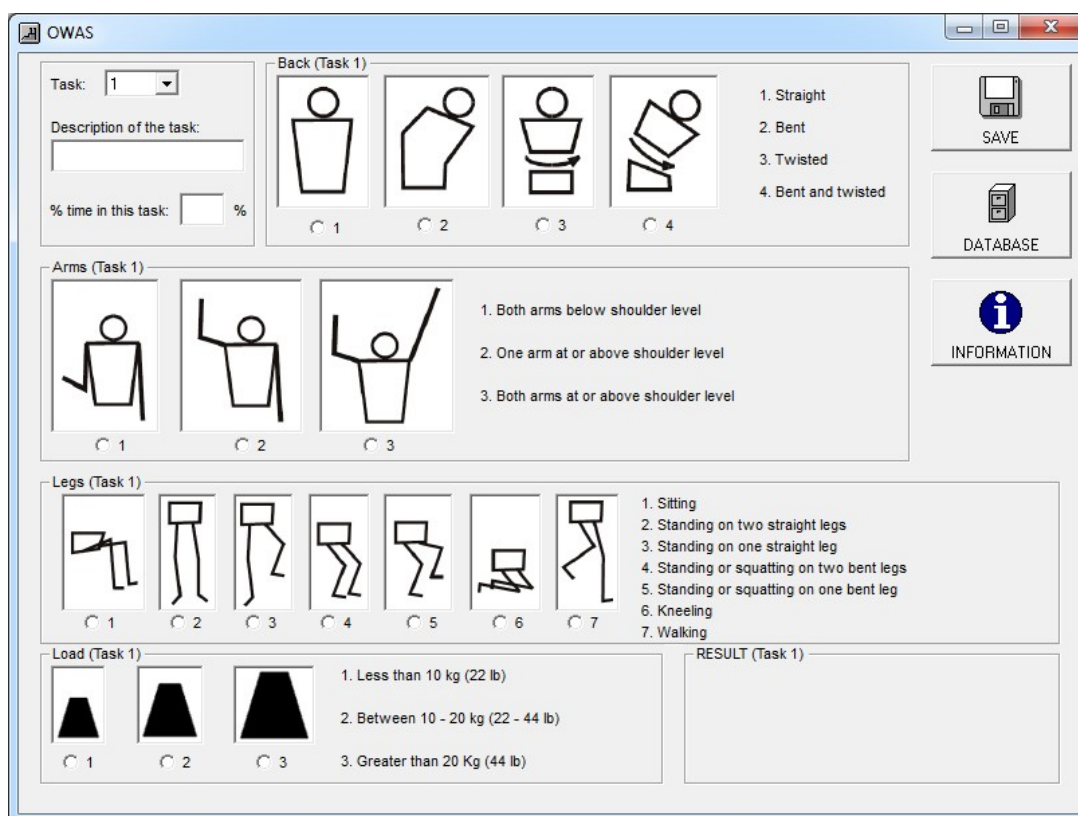
1. Obje ruke ispod visine ramena (eng. *Both arms below shoulder level*).
2. Jedna ruka u visini ili iznad visine ramena (eng. *One arm at or above shoulder level*).
3. Obje ruke u visini ili iznad visine ramena (eng. *Both arms at or above shoulder level*).

Opcije za odabir položaja nogu su:

1. Sjedenje (eng. *Sitting*).
2. Stajanje na dvije uspravne noge (eng. *Standing on two straight legs*).
3. Stajanje na jednoj uspravnoj nozi (eng. *Standing on one straight leg*).
4. Stajanje ili čučanje na dvije savijene noge (eng. *Standing or squatting on two bent legs*).
5. Stajanje ili čučanje na jednoj savijenoj nozi (eng. *Standing or squatting on one bent leg*).
6. Klečanje (eng. *Kneeling*).
7. Hodanje (eng. *Walking*).

Teret može težiti:

1. Manje od 10 kg (eng. *Less than 10 kg*).
2. Između 10 i 20 kg (eng. *Between 10 and 20 kg*).
3. Više od 20 kg (eng. *Greater than 20 kg*).

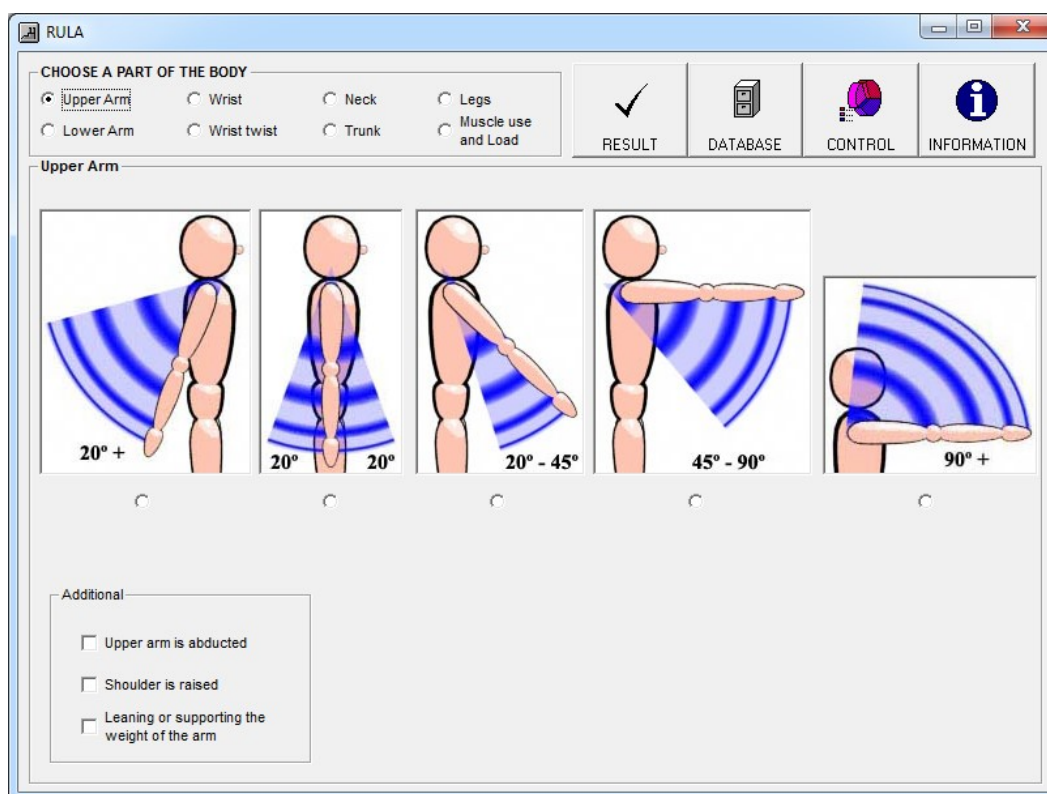


Slika 17. OWAS metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru – 2 [30]

4.3.3. RULA metoda

Slika 18 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda RULA metoda. Metoda je ranije objašnjena, ovdje slijedi objašnjenje provedbe u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slika. Prilikom otvaranja prozora alata, potrebno je odabrati dio tijela. Slika 18 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija nadlaktice (eng. *Upper Arm*). Odabire se kut pod kojim se ruka nalazi, te neka od dodatnih opcija (eng. *Additional*), ako je potrebna:

- Nadlaktica je abducirana (eng. *Upper arm is abducted*).
- Rame je podignuto (eng. *Shoulder is raised*).
- Oslanjajući se ili podupirući težinu ruke (eng. *Leaning or supporting the weight of the arm*).



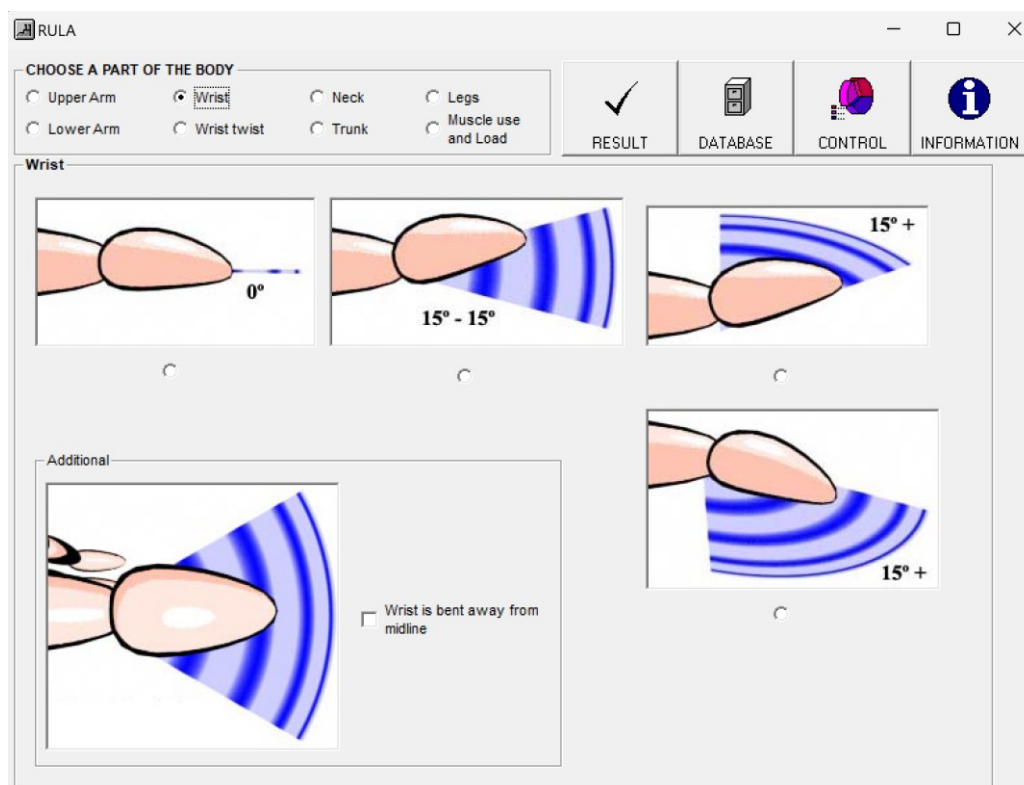
Slika 18. RULA metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru – 1 [30]

Slika 19 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija zapešća (eng. *Wrist*). Odabire se kut pod kojim se zapešće nalazi, te dodatna opcija (eng. *Additional*), ako je potrebna:

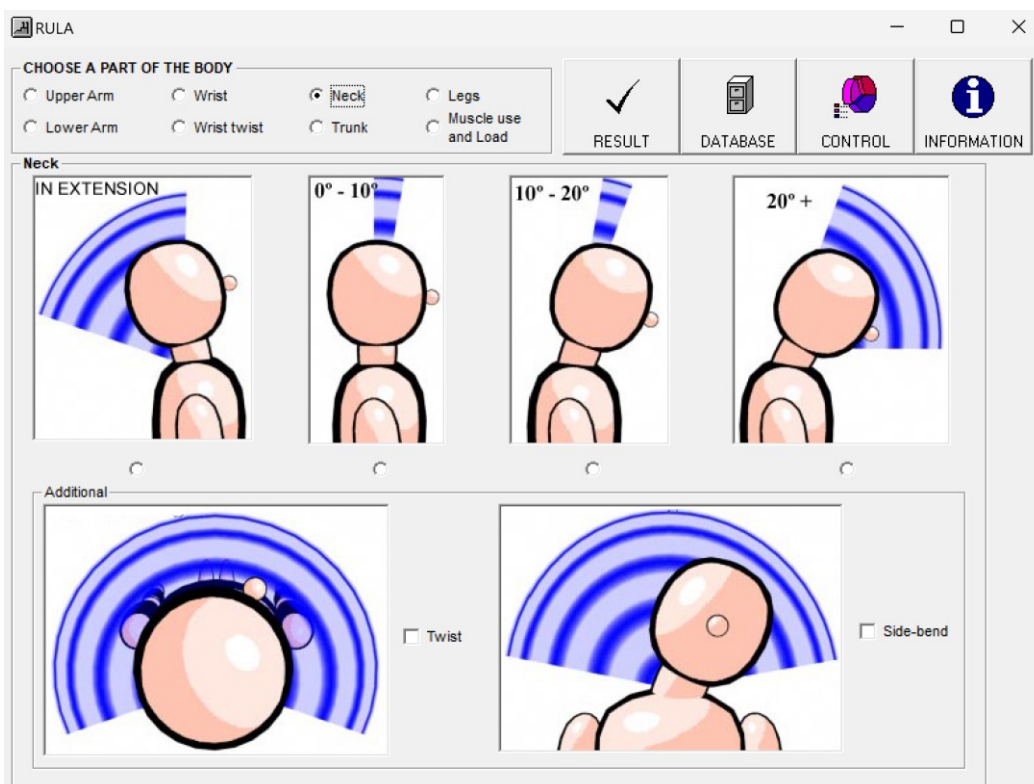
- Zglob je savijen od središnje linije (eng. *Wrist is bent away from midline*).

Slika 20 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija vrata (eng. *Neck*). Odabire se je li vrat izdužen (eng. *In extension*) ili kut pod kojim se vrat nalazi, te neka od dodatnih opcija (eng. *Additional*), ako je potrebna:

- Savijen (eng. *Twist*).
- Nagnut na stranu (eng. *Side-bend*).



Slika 19. RULA metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru – 2 [28]



Slika 20. RULA metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru – 3 [28]

Slika 21 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija nogu (eng. *Legs*). Moguće je odabrati sljedeće opcije za položaj nogu:

- Noge i stopala su dobro oslonjeni i u ravnomjerno uravnoteženom položaju (eng. *Legs and feet are well supported and in an evenly balanced posture*).
- Noge i stopala nisu ravnomjerno uravnoteženi i poduprti (eng. *Legs and feet are not evenly balanced and supported*).

Slika 22 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija podlaktice (eng. *Lower Arm*). Odabire se kut pod kojim se ruka nalazi, te dodatna opcija (eng. *Additional*), ako je potrebna:

- Rad preko središnje linije tijela ili van u stranu (eng. *Working across the midline of the body or out to the side*).

Slika 23 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija gdje je zapešće zakrenuto (eng. *Wrist twist*). Odabire se neka od sljedećih opcija:

- Uglavnom u položaju rukovanja (eng. *Mainly in handshake position*).
- Zakrenuto od položaja rukovanja (eng. *Twisted away from the handshake position*).

Slika 24 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija trupa (eng. *Trunk*). Odabire se kut pod kojim se trup nalazi, te neka od dodatnih opcija (eng. *Additional*), ako je potrebna:

- Savijen (eng. *Twist*).
- Nagnut na stranu (eng. *Side-bend*).

Slika 25 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija korištenja i opterećenja mišića (eng. *Muscle use and Load*). Dijeli se u dvije grupe:

- Grupa A – Nadlaktica, podlaktica i zapešće (eng. *Group A – Upper Arm, Lower Arm and Wrist*).
- Grupa B – Vrat, trup i noge (eng. *Group B – Neck, Trunk and Legs*).

Za korištenje mišića (eng. *Muscle use*) u obje je grupe moguće odabrati opciju:

- Položaj je uglavnom statičan, primjerice kao takav se drži dulje od 1 minute ili ponavlja više od 4 puta u minuti (eng. *Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute*).

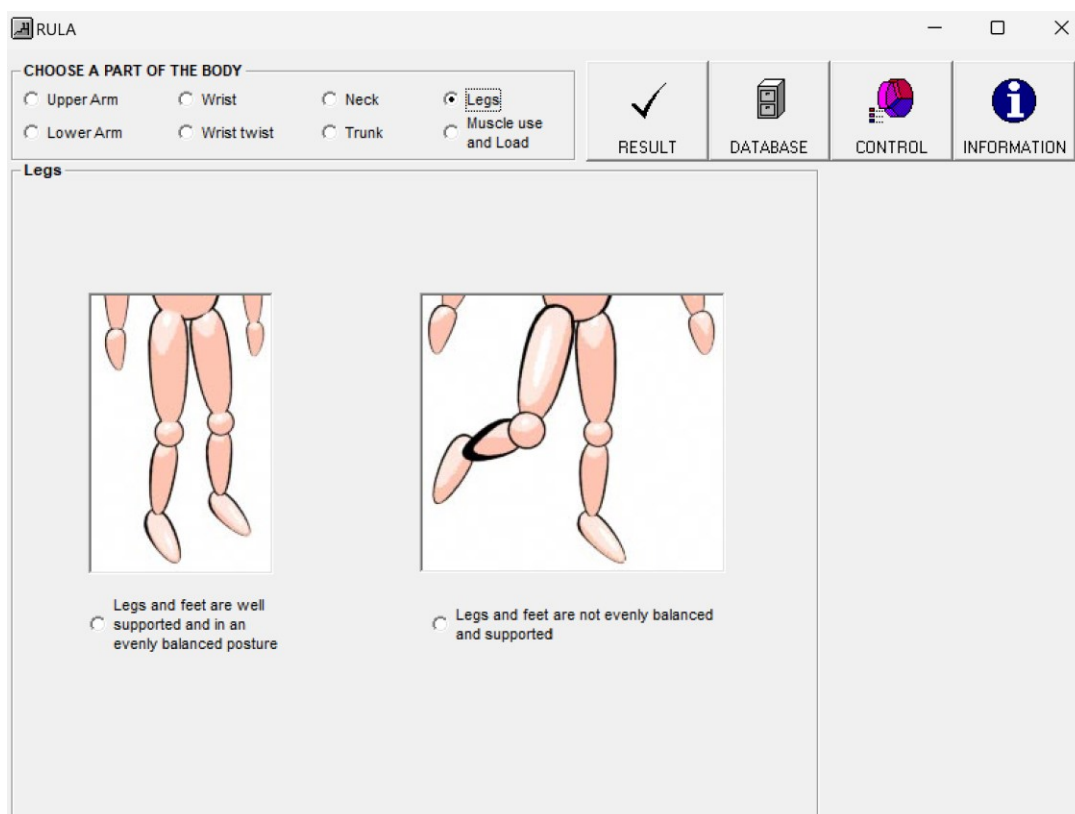
Kod opterećenja mišića (eng. *Load*), u obje je grupe moguće odabrati neku od opcija:

- Nema otpora ili je povremeno opterećenje manje od 2 kg (eng. *No resistance or less than 2 kg intermittent load*).

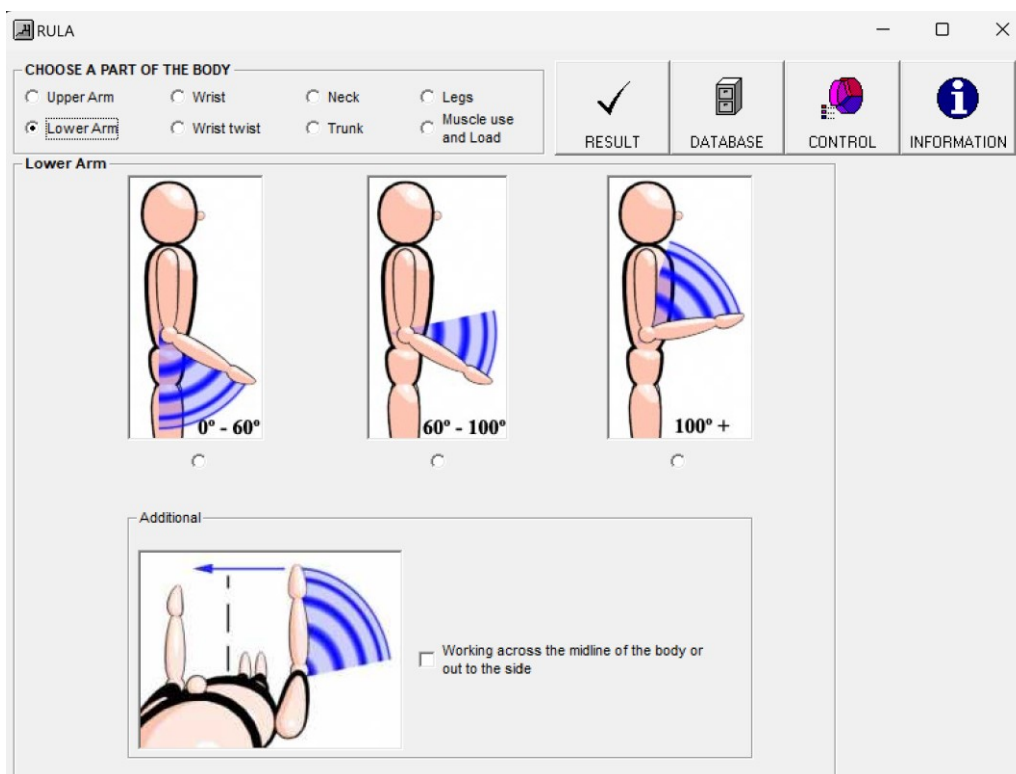
- 2 – 10 kg povremenog opterećenja (eng. *2 to 10 kg intermittent load*).
- 2 – 10 kg statičkog opterećenja ili ponovljenih opterećenja (eng. *2 to 10 kg static load or repeated loads*).
- 10 ili više kg povremenog opterećenja (eng. *10 kg or more intermittent load*).
- 10 ili više kg statičkog opterećenja ili ponovljenih opterećenja (eng. *10 kg or more static load or repeated loads*).
- Šok ili sile s brzim povećanjem (eng. *Shock or forces with rapid build up*).

Nakon odabira opcija za sve dijelove tijela, rezultat provedbe metode jedan je od sljedeća četiri:

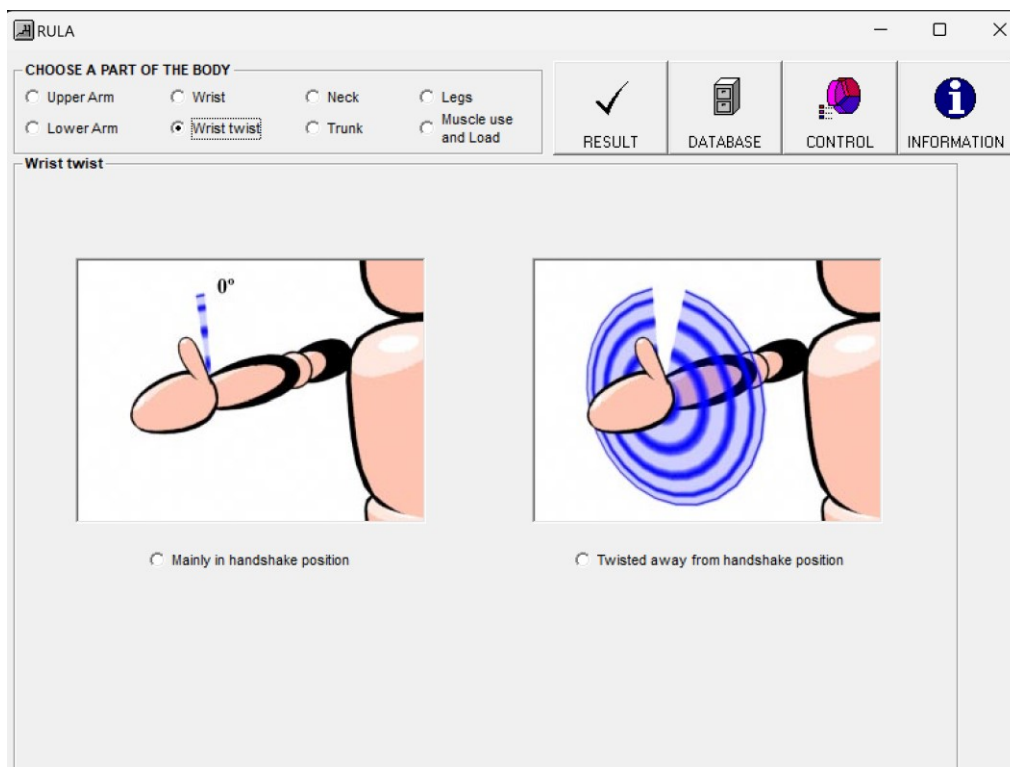
- Položaj je prihvatljiv ako nije dugotrajan ili se ne ponavlja dugo vremena.
- Potrebno je dublje istraživanje i potencijalne promjene.
- Potrebno je dublje istraživanje i score promjene.
- Potrebno je dublje istraživanje i promjene odmah.



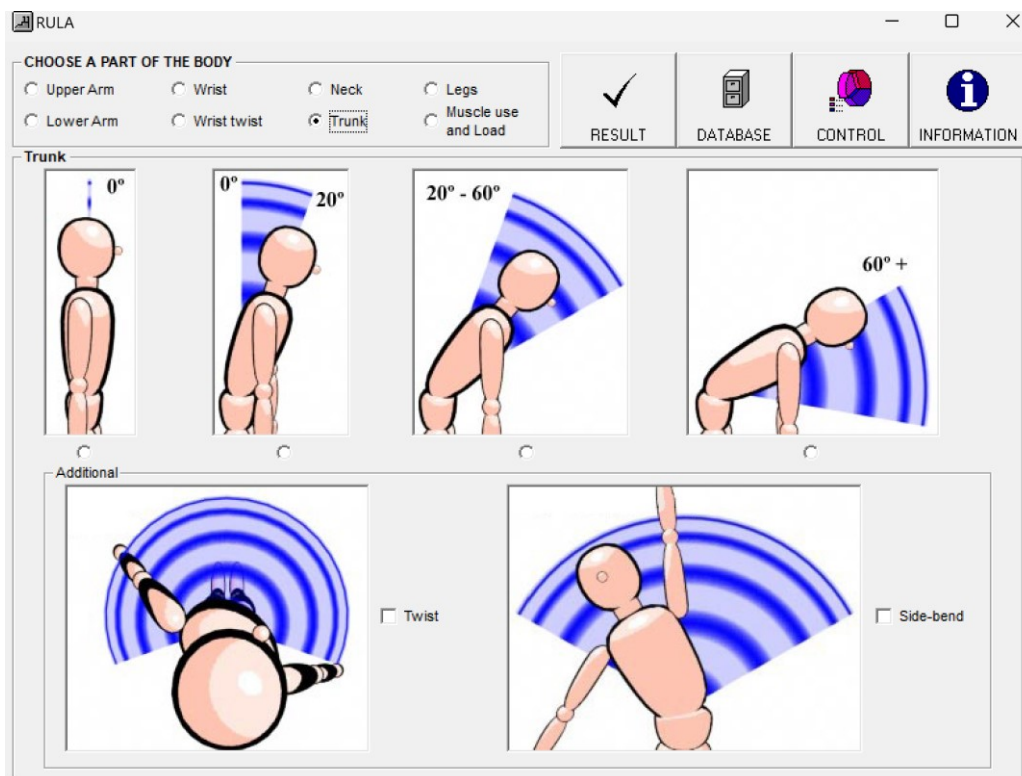
Slika 21. RULA metoda u *Ergofellow 3.0* softveru – 4 [28]



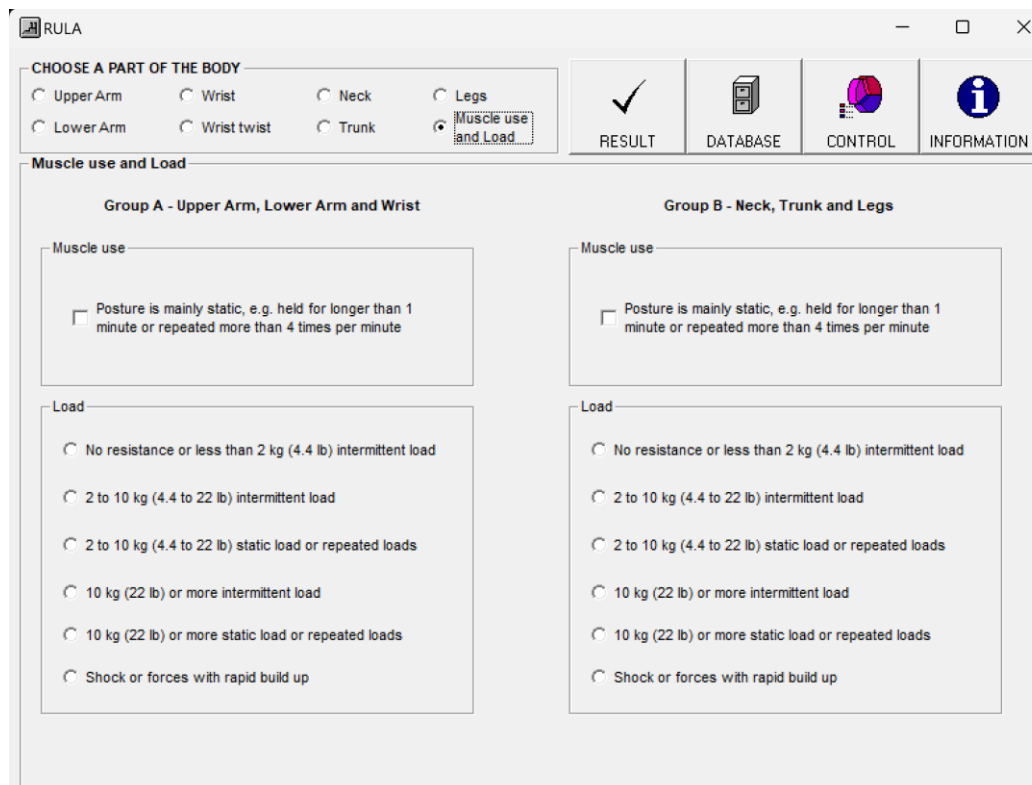
Slika 22. RULA metoda u *Ergofellow 3.0* softveru – 5 [28]



Slika 23. RULA metoda u *Ergofellow 3.0* softveru – 6 [28]



Slika 24. RULA metoda u Ergofellow 3.0 softveru – 7 [28]



Slika 25. RULA metoda u Ergofellow 3.0 softveru – 8 [28]

4.3.4. REBA metoda

Slika 26 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda REBA metoda. Metoda je ranije objašnjena, ovdje slijedi objašnjenje provedbe u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slika. Prilikom otvaranja prozora alata, potrebno je odabrati dio tijela, prihvat (eng. *Coupling*) i aktivnost (eng. *Activity*). Slika 26 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija vrata, trupa i nogu (eng. *Neck, trunk and legs*). Za vrat (eng. *Neck*) moguće je odabrati neku od sljedećih opcija:

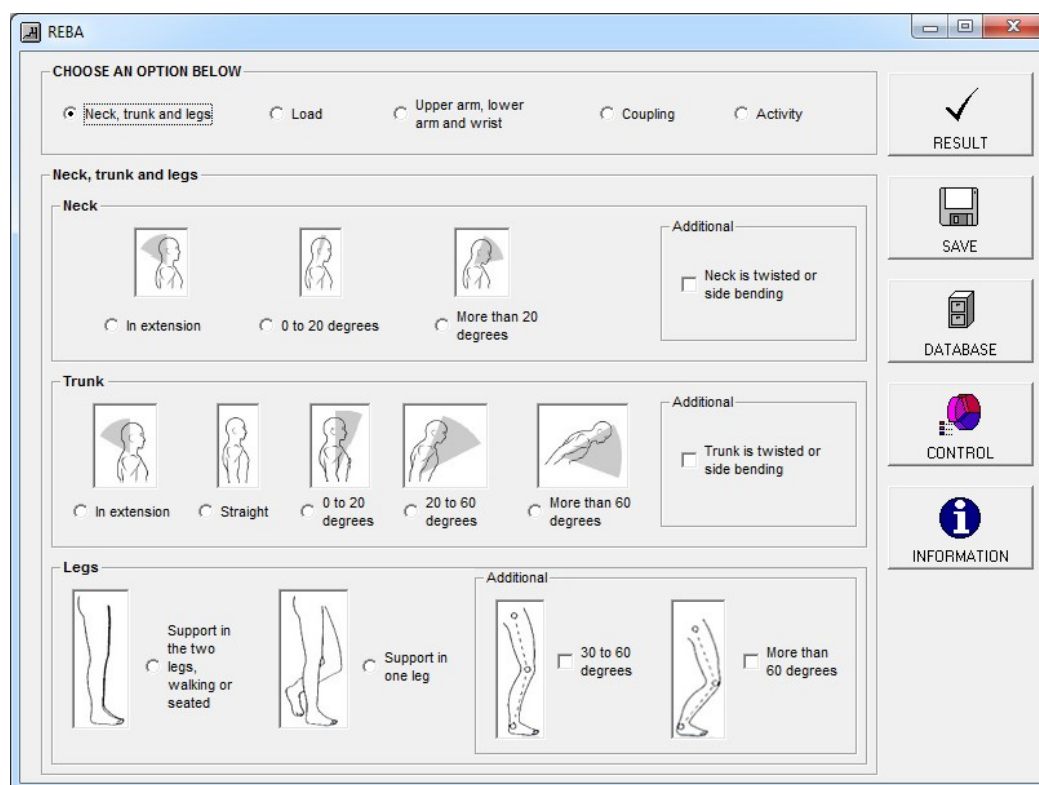
- Izdužen (eng. *In extension*).
- 0 – 20 stupnjeva (eng. *0 to 20 degrees*).
- Više od 20 stupnjeva (eng. *More than 20 degrees*).
- Dodatno (eng. *Additional*): Vrat je savijen ili nagnut na stranu (eng. *Neck is twisted or side bending*).

Za trup (eng. *Trunk*) moguće je odabrati neku od sljedećih opcija:

- Izdužen (eng. *In extension*).
- Uspravan (eng. *Straight*).
- 0 – 20 stupnjeva (eng. *0 to 20 degrees*).
- 20 – 60 stupnjeva (eng. *20 to 60 degrees*).
- Više od 60 stupnjeva (eng. *More than 60 degrees*).
- Dodatno (eng. *Additional*): Trup je savijen ili nagnut na stranu (eng. *Trunk is twisted or side bending*).

Za noge (eng. *Legs*) moguće je odabrati neku od sljedećih opcija:

- Oslonac u dvije noge, hodajući ili sjedeći (eng. *Support in the two legs, walking or seated*).
- Oslonac u jednoj nozi (eng. *Support in one leg*).
- Dodatno (eng. *Additional*):
 - 30 – 60 stupnjeva (eng. *30 to 60 degrees*).
 - Više od 60 stupnjeva (eng. *More than 60 degrees*).



Slika 26. REBA metoda u *Ergofellow 3.0* softveru – 1 [30]

Slika 27 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija opterećenja (eng. *Load*). Teret može težiti:

- Manje od 5 kg (eng. *Load < 5 kg*).
- Između 5 i 10 kg (eng. *Load 5 to 10 kg*).
- Više od 10 kg (eng. *Load > 10 kg*).

Dodatno (eng. *Additional*) je moguće odabrati opciju:

- Šok ili brzo povećanje sile (eng. *Shock or rapid build up of force*).

Slika 28 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija nadlaktice, podlaktice i zapešća (eng. *Upper arm, lower arm and wrist*). Za nadlakticu (eng. *Upper arm*) moguće je odabrati neku od sljedećih opcija:

- Izdužena više od 20 stupnjeva (eng. *In extension more than 20 degrees*).
- -20 – 20 stupnjeva (eng. *-20 to 20 degrees*).
- 20 – 45 stupnjeva (eng. *20 to 45 degrees*).
- 45 do 90 stupnjeva (eng. *45 to 90 degrees*).

- Više od 90 stupnjeva (eng. *More than 90 degrees*).
- Dodatno (eng. *Additional*):
 - Nadlaktica je abducirana (eng. *Upper arm is abducted*).
 - Rame je podignuto (eng. *Shoulder is raised*).
 - Ruka je oslonjena ili se osoba naslanja (eng. *Arm is supported or person is leaning*).

Za podlakticu (eng. *Lower arm*) moguće je odabrati neku od sljedećih opcija:

- 60 – 100 stupnjeva (eng. *60 to 100 degrees*).
- 0 – 60 stupnjeva ili više od 100 stupnjeva (eng. *0 to 60 degrees or more than 100 degrees*).

Za zapešće (eng. *Wrist*) moguće je odabrati neku od sljedećih opcija:

- Između 15 stupnjeva gore i 15 stupnjeva dolje (eng. *Between 15 degrees up and 15 degrees down*).
- Više od 15 stupnjeva gore ili više od 15 stupnjeva dolje (eng. *More than 15 degrees up or more than 15 degrees down*).
- Dodatno (eng. *Additional*): Zglob je savijen od središnje linije ili uvijen (eng. *Wrist is bent from midline or twisted*).

Slika 29 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija prihvata (eng. *Coupling*). Moguće je odabrati je li prihvata:

- Dobar (eng. *Good*).
- Prihvatljiv (eng. *Fair*).
- Loš (eng. *Poor*).
- Neprihvatljiv (eng. *Unacceptable*).

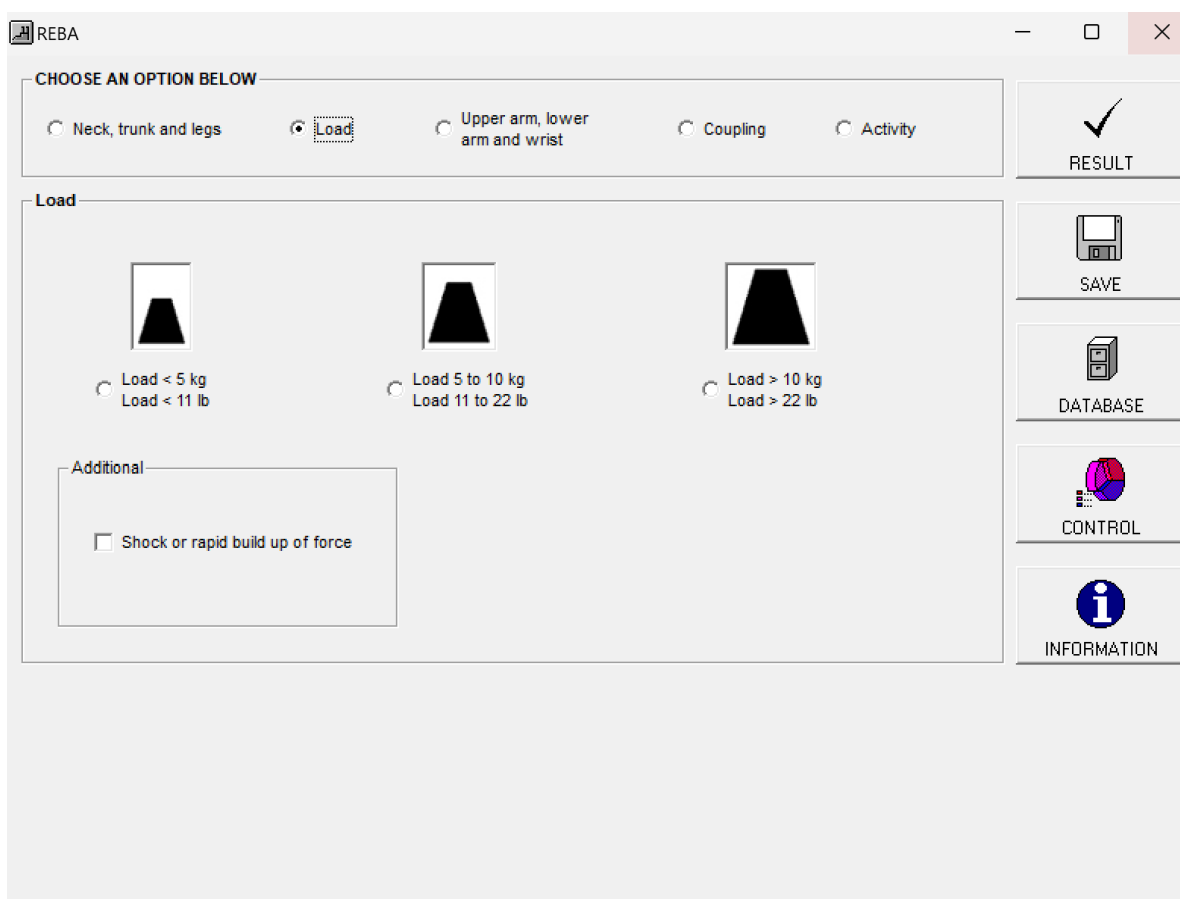
Slika 30 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija aktivnosti (eng. *Activity*). Moguće je odabrati neku od sljedećih opcija:

- Jedan ili više dijelova tijela drže se duže od 1 minute (statično) (eng. *One or more body parts are held longer than 1 minute (static)*).
- Ponavljane radnje malog dometa (više od 4 puta u minuti) (eng. *Repeated small range actions (more than 4x per minute)*).

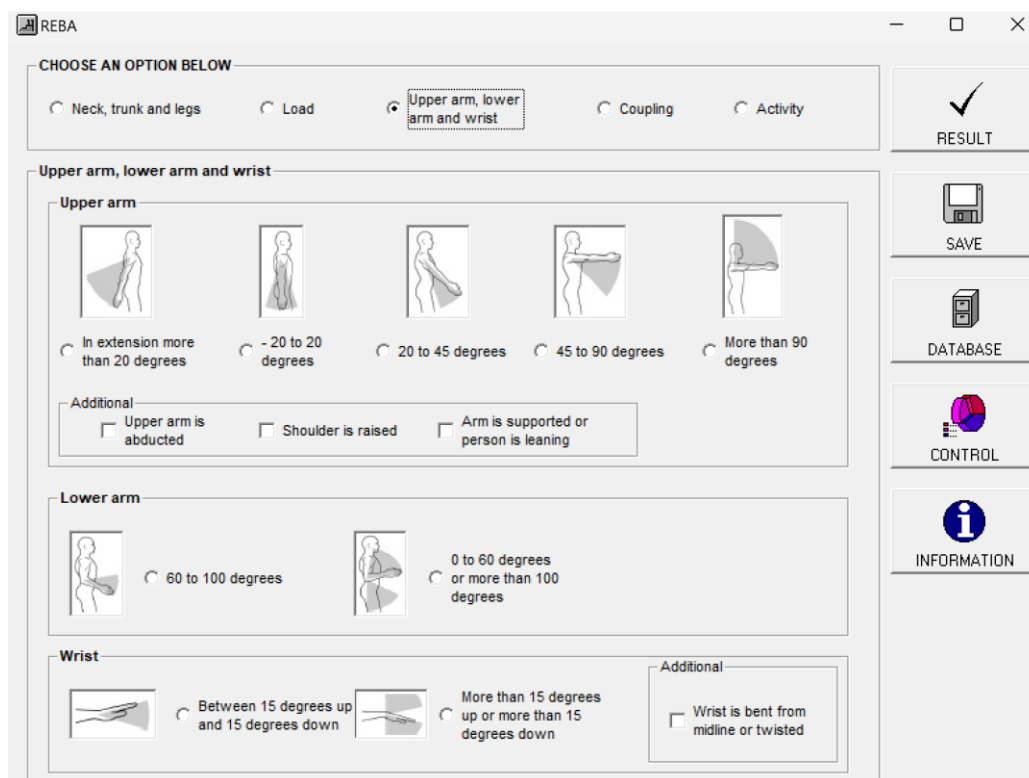
- Radnja uzrokuje brze velike promjene položaja ili nestabilnu podlogu (eng. *Action causes rapid large range changes in postures or unstable base*).

Nakon odabira svih opcija, rezultat provedbe metode jedan je od sljedeća četiri:

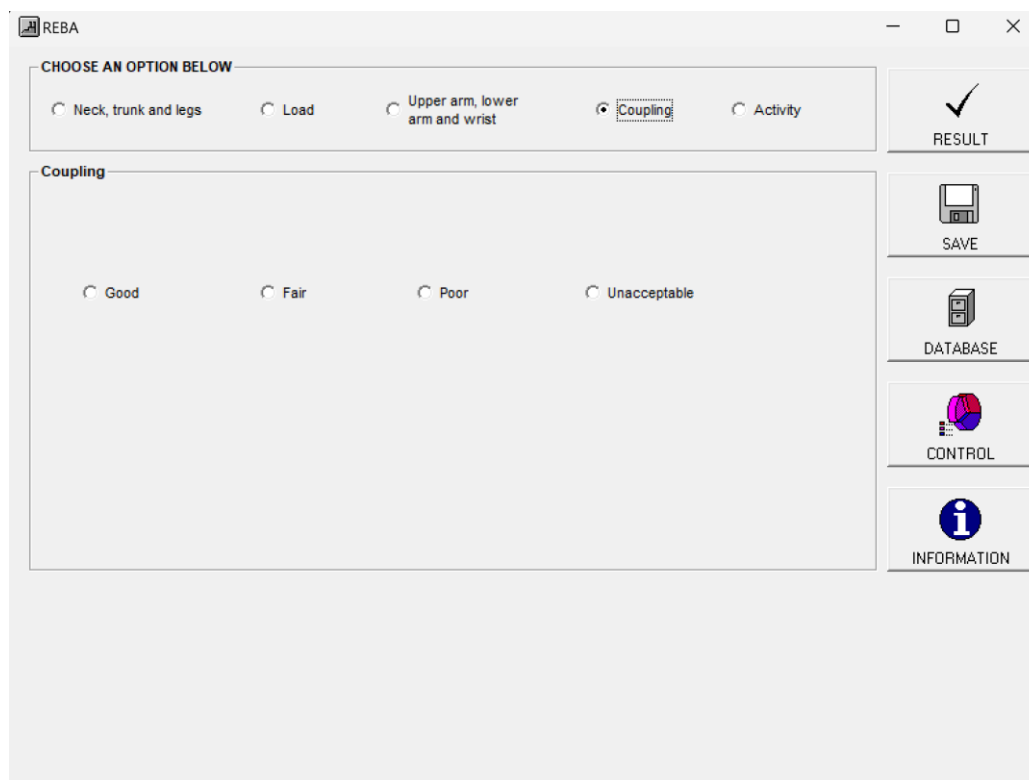
- Zanemariv rizik.
- Nizak rizik – potencijalno potrebne promjene.
- Srednji rizik – dublje istraživanje, score promjene.
- Visok rizik – istražiti i primijeniti promjene.
- Vrlo visok rizik – primijeniti promjene.



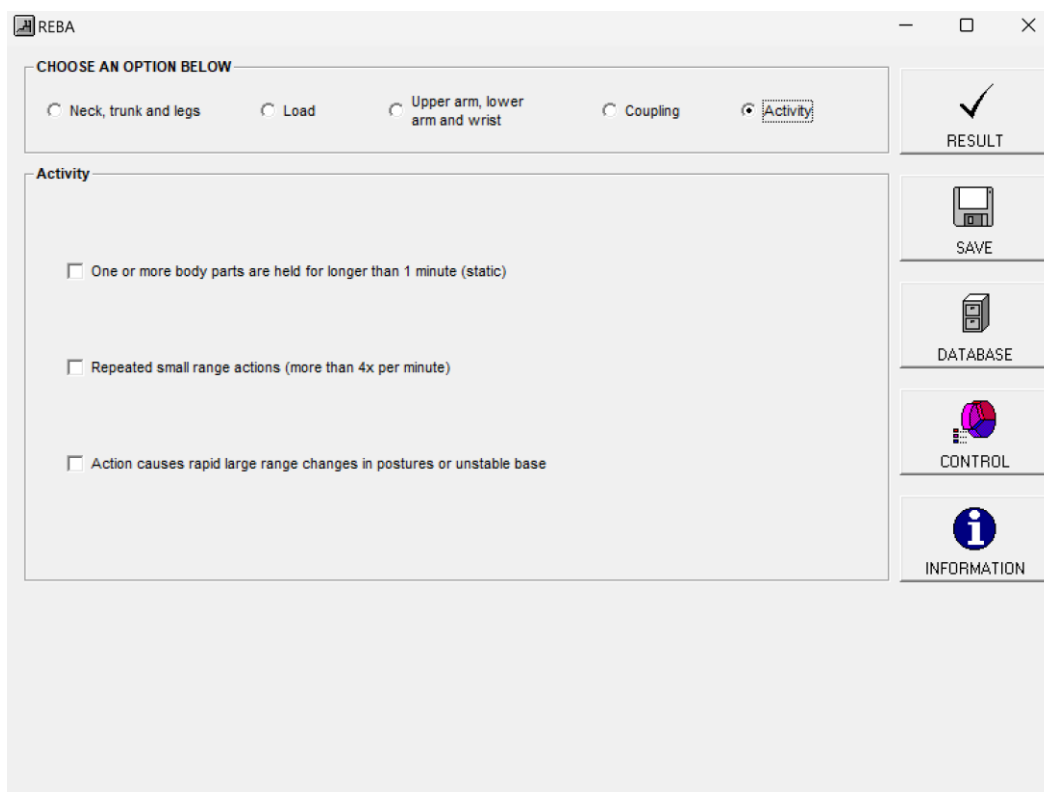
Slika 27. REBA metoda u *Ergofellow 3.0* softveru – 2 [28]



Slika 28. REBA metoda u *Ergofellow 3.0* softveru – 3 [28]



Slika 29. REBA metoda u *Ergofellow 3.0* softveru – 4 [28]



Slika 30. REBA metoda u *Ergofellow 3.0* softveru – 5 [28]

4.3.5. Suzanne Rodgers metoda

Slika 31 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda Suzanne Rodgers metoda. To je koristan alat koji pokriva sve dijelove tijela za određivanje stupnja prioriteta za promjenu. Također pruža analizu umora mišića procjenjujući tri faktora, a to su napor, trajanje i učestalost. Slijedi objašnjenje provedbe metode u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slike. Prilikom otvaranja prozora alata, potrebno je odabrati dio tijela:

- Vrat (eng. *Neck*).
- Leđa (eng. *Back*).
- Zapešća/ruke/prsti (eng. *Wrists/Hands/Fingers*).
- Gležnjevi/stopala/nožni prsti (eng. *Ankles/Feet/Toes*).
- Ramena (eng. *Shoulders*).
- Ruke/lakat (eng. *Arms/Elbow*).
- Noge/koljena (eng. *Legs/Knees*).

Za svaki dio tijela, potrebno je odabrati sljedeće:

- Stranu tijela (eng. *Side of the body*).
- Razinu napora (eng. *Effort level*):
 - Lagana (eng. *Light*).
 - Umjerena (eng. *Moderate*).
 - Teška (eng. *Heavy*).
 - Jako teška (eng. *Very heavy*).
- Trajanje neprekidnog napora (eng. *Continuous Effort Duration*):
 - Manje od 6 sekundi (eng. *< 6 seconds*).
 - 6 – 20 sekundi (eng. *6 – 20 seconds*).
 - 20 – 30 sekundi (eng. *20 – 30 seconds*).
 - Više od 30 sekundi (eng. *> 30 seconds*).
- Učestalost napora (eng. *Effort Frequency*):
 - Manje od 1 u minuti (eng. *< 1 per minute*).
 - 1 – 5 u minuti (eng. *1 – 5 per minute*).
 - Više od 5 – 15 u minuti (eng. *> 5 – 15 per minute*).
 - Više od 15 u minuti (eng. *> 15 per minute*).

Nakon odabira opcija za sve dijelove tijela, rezultat provedbe metode su tri znamenke za svaki dio tijela. Prva znamenka je za napor, druga za trajanje, a treća za učestalost. Na temelju toga dobije se objašnjenje potrebe za promjenom.

Interpretacija rezultata (eng. *Interpretation of the result*) je sljedeća:

- Zeleno (eng. *Green*) označava nizak prioritet za promjenu (eng. *Low priority for change*).
- Žuto (eng. *Yellow*) označava umjeren prioritet za promjenu (eng. *Moderate priority for change*).
- Crveno (eng. *Red*) označava visok prioritet za promjenu (eng. *High priority for change*).
- Ljubičasto (eng. *Purple*) označava vrlo visok prioritet za promjenu (eng. *Very high priority for change*).

Slika 31 prikazuje kako alat izgleda kada je odabrana opcija vrata (eng. *Neck*). Za svaki dio tijela, odabir izgleda isto.

Slika 31. Suzanne Rodgers metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru [30]

4.3.6. Moore i Garg (SI) metoda

Slika 32 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda Moore i Garg, tj. SI metoda. Metoda je ranije objašnjena, ovdje slijedi objašnjenje provedbe u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slike. Prilikom otvaranja prozora alata, potrebno je odabrati sljedeće:

- Intenzitet napora (eng. *Intensity of Exertion*):
 - Lagan (eng. *Light*).
 - Donekle težak (eng. *Somewhat Hard*).
 - Težak (eng. *Hard*).
 - Jako težak (eng. *Very Hard*).
 - Blizu maksimuma (eng. *Near Maximal*).
- Trajanje napora (eng. *Duration of Exertion*):
 - Manje od 10 % ciklusa (eng. *< 10 % of cycle*).

- 10 – 29 % ciklusa (eng. *10 to 29 % of cycle*).
- 30 – 49 % ciklusa (eng. *30 to 49 % of cycle*).
- 50 – 79 % ciklusa (eng. *50 to 79 % of cycle*).
- Više ili jednako 80 % ciklusa (eng. $\geq 80 \% \text{ of cycle}$).
- Broj napora u minuti (eng. *Efforts Per Minute*):
 - Manje od 4 (eng. < 4).
 - 4 – 8 (eng. *4 to 8*).
 - 9 – 14 (eng. *9 to 14*).
 - 15 – 19 (eng. *15 to 19*).
 - Više ili jednako 20 (eng. ≥ 20).
- Položaj šake/zapešća (eng. *Hand/Wrist Posture*):
 - Jako dobar (eng. *Very Good*).
 - Dobar (eng. *Good*).
 - Prihvatljiv (eng. *Fair*).
 - Loš (eng. *Bad*).
 - Jako loš (eng. *Very Bad*).
- Brzinu rada (eng. *Speed of Work*):
 - Jako sporo (eng. *Very Slow*).
 - Sporo (eng. *Slow*).
 - Prihvatljivo (eng. *Fair*).
 - Brzo (eng. *Fast*).
 - Jako brzo (eng. *Very Fast*).
- Trajanje zadatka (eng. *Duration of Task*):
 - Manje ili jednako 1 satu po danu (eng. $\leq 1 \text{ hour per day}$).
 - 1 – 2 sata po danu (eng. *1 to 2 hours per day*).
 - 2 – 4 sata po danu (eng. *2 to 4 hours per day*).
 - 4 – 8 sati po danu (eng. *4 to 8 hours per day*).
 - Više ili jednako 8 sati po danu (eng. $\geq 8 \text{ hours per day}$).

Nakon odabira svih stavki, metoda računa ranije spomenuti indeks naprežanja. Interpretacija rezultata:

- Ako je indeks naprežanja manji od 3, izvođenje zadatka je sigurno.
- Ako je indeks naprežanja između 3 i 5, izvođenje zadatka nije u potpunosti sigurno.
- Ako je indeks naprežanja između 5 i 7, izvođenje zadatka predstavlja određeni rizik.
- Ako je indeks naprežanja veći od 7, izvođenje zadatka je opasno.

Slika 32. Moore i Garg (SI) metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru [30]

4.3.7. Upitnik nelagode

Slika 33 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda Upitnik nelagode. Slijedi objašnjenje provedbe metode u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slike. Prilikom otvaranja prozora alata, vidljiva je skica čovjeka na kojoj su označene regije (eng. *Region*) tijela. Kako bi se upitnik proveo, odabire se regija tijela, dio tijela (eng. *Part of the body*), učestalost (eng. *Frequency*) osjećanja nelagode, strana (eng. *Side*) na kojoj se nelagoda pojavljuje te procjena osjećaja nelagode u satu (eng. *Evolution (hour)*). Opcije za odabir učestalosti su sljedeće:

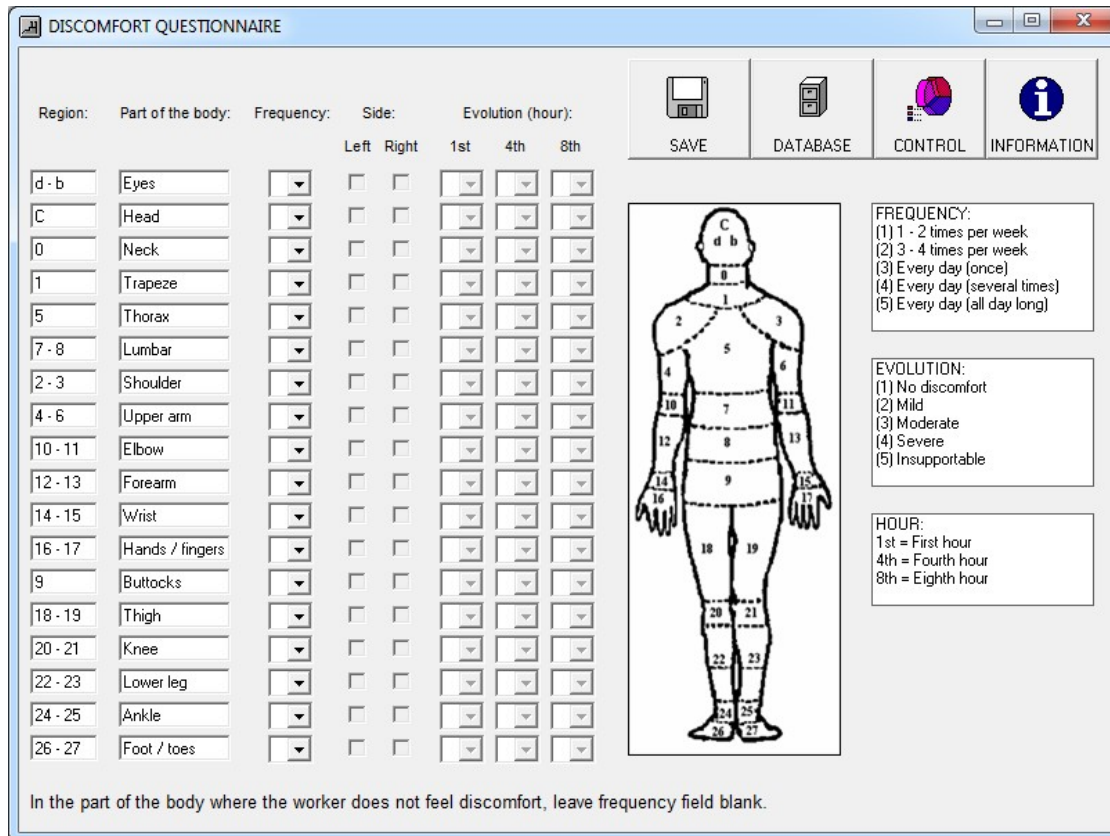
1. 1 – 2 puta tjedno (eng. *1 – 2 times per week*).
2. 3 – 4 puta tjedno (eng. *3 – 4 times per week*).
3. Svaki dan (jednom) (eng. *Every day (once)*).
4. Svaki dan (nekoliko puta) (eng. *Every day (several times)*).
5. Svaki dan (cijeli dan) (eng. *Every day (all day long)*).

Opcije za odabir strane su lijeva (eng. *Left*) i desna (eng. *Right*).

Opcije za odabir procjene nelagode su sljedeće:

1. Nema nelagode (eng. *No discomfort*).
2. Blaga (eng. *Mild*).
3. Umjerenjena (eng. *Moderate*).
4. Ozbiljna (eng. *Severe*).
5. Nepodnošljiva (eng. *Insupportable*).

Nelagoda se procjenjuje u prvom (eng. *1st – First hour*), četvrtom (eng. *4th – Fourth hour*) i osmom (eng. *8th – Eight hour*) satu.



Region:	Part of the body:	Frequency:	Side:		Evolution (hour):		
			Left	Right	1st	4th	8th
d - b	Eyes		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
C	Head		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
0	Neck		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
1	Trapeze		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
5	Thorax		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
7 - 8	Lumbar		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
2 - 3	Shoulder		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
4 - 6	Upper arm		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
10 - 11	Elbow		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
12 - 13	Forearm		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
14 - 15	Wrist		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
16 - 17	Hands / fingers		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
9	Buttocks		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
18 - 19	Thigh		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
20 - 21	Knee		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
22 - 23	Lower leg		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
24 - 25	Ankle		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
26 - 27	Foot / toes		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

Legend:

FREQUENCY:
 (1) 1 - 2 times per week
 (2) 3 - 4 times per week
 (3) Every day (once)
 (4) Every day (several times)
 (5) Every day (all day long)

EVOLUTION:
 (1) No discomfort
 (2) Mild
 (3) Moderate
 (4) Severe
 (5) Insupportable

HOOR:
 1st = First hour
 4th = Fourth hour
 8th = Eighth hour

In the part of the body where the worker does not feel discomfort, leave frequency field blank.

Slika 33. Upitnik nelagode u *ErgoFellow 3.0* softveru [30]

4.3.8. QEC metoda

Slika 34 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda QEC metoda. Metoda je ranije objašnjena, ovdje slijedi objašnjenje provedbe u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slike. Prilikom otvaranja prozora alata, moguće je odabrati tko ispunjava anketu – promatrač (eng. *Observer*) ili radnik (eng. *Worker*). Pitanja se razlikuju.

Slika 34. QEC metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru [30]

Slika 34 prikazuje kako alat izgleda iz perspektive promatrača. Pitanja su sljedeća:

- Leđa (eng. *Back*) – Tijekom izvođenja zadatka, jesu li leđa (eng. *When performing the task, is the back*):
 - Skoro neutralna (eng. *almost neutral*)?
 - Umjereno savijena ili uvijena ili nagnuta na stranu (eng. *moderately flexed or twisted or side bent*)?
 - Pretjerano savijena ili uvijena ili nagnuta na stranu (eng. *excessively flexed or twisted or side bent*)?

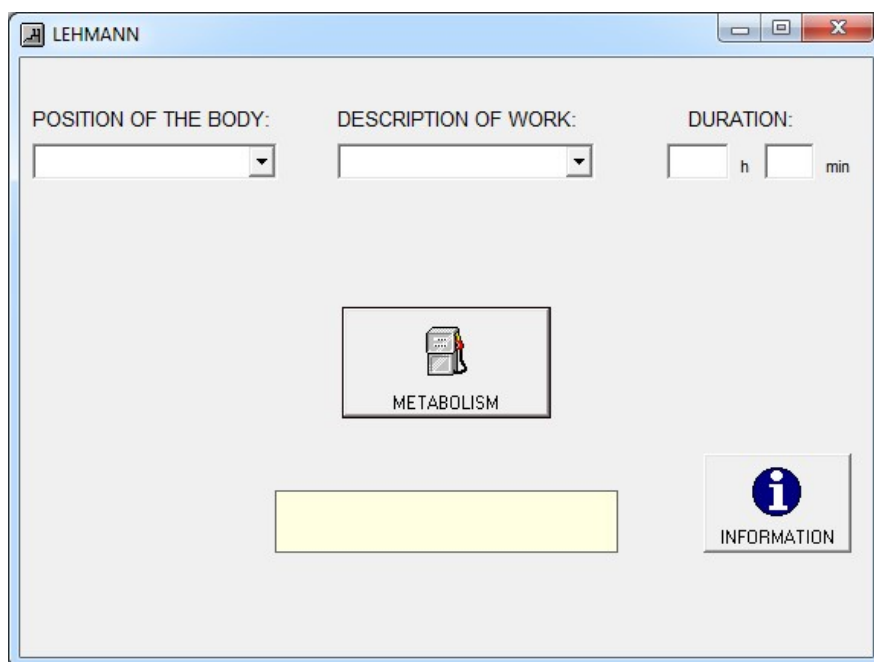
- Leđa (eng. *Back*) – Za zadatke podizanja, guranja/povlačenja i nošenja, je li pomicanje leđa (eng. *For lifting, pushing/pulling and carrying tasks, is the movement of the back*):
 - Rijetko (oko 3 puta u minuti ili manje) (eng. *infrequent (around 3 times per minute or less)*)?
 - Često (oko 8 puta u minuti) (eng. *frequent (around 8 times per minute)*)?
 - Vrlo često (oko 12 puta u minuti ili više) (eng. *very frequent (around 12 times per minute or more)*)?
- Leđa (eng. *Back*) – Za sjedeće i stajće stacionarne zadatke (eng. *For seated or standing stationary tasks*):
 - Ostaju li leđa većinu vremena u stacionarnom položaju (eng. *Does the back remain in a static position most of the time*)?
- Rame/ruka (eng. *Shoulder/Arm*) – Dok se zadatak izvodi, jesu li ruke (eng. *When the task is performed, are the hands*):
 - U ili ispod visine struka (eng. *at or below waist height*)?
 - Otprilike u visini prsa (eng. *at about chest height*)?
 - U ili iznad visine ramena (eng. *at or above shoulder height*)?
- Rame/ruka (eng. *Shoulder/Arm*) – Je li pomicanje ramena/ruke (eng. *Is the shoulder/arm movement*):
 - Rijetko (neki isprekidani pokret ruke) (eng. *infrequently (some intermittent arm movement)*)?
 - Često (redoviti pokreti ruku uz stanke) (eng. *frequently (regular arm movement with some pauses)*)?
 - Vrlo često (gotovo neprekidno kretanje ruku) (eng. *very frequently (almost continuous arm movement)*)?
- Zapešće/ruka (eng. *Wrist/Hand*) – Izvodi li se zadatak s (eng. *Is the task performed with*):
 - Gotovo ravnim zapešćem (eng. *an almost a straight wrist*)?
 - Iskrivljenim ili savijenim zapešćem (eng. *a deviated or bent wrist*)?
- Zapešće/ruka (eng. *Wrist/Hand*) – Ponavljaju li se slični obrasci kretanja (eng. *Are the similar motion patterns repeated*):
 - 10 puta u minuti ili manje (eng. *10 times per minute or less*)?

- 11 – 20 puta u minuti (eng. *11 to 20 times per minute*)?
- Više od 20 puta u minuti (eng. *more than 20 times per minute*)?
- Vrat (eng. *Neck*) – Tijekom izvođenja zadatka, je li glava/vrat savijen ili uvijen? (eng. *When performing the task, is the head/neck bent or twisted?*):
 - Ne (eng. *No*).
 - Da, povremeno (eng. *Yes, occasionally*).
 - Da, neprekidno (eng. *Yes, continuously*).

Nakon što promatrač odgovori na pitanja, red je na radniku. On odgovara na razna pitanja vezana uz obavljanje svog zadatka, na sličan način. Nakon što obje strane ispune anketu, dobije se za svaki dio tijela bročani rezultat koji se nalazi unutar određenog raspona. Što je broj veći, odnosno bliži gornjoj granici, situacija je gora i potrebno je što prije promijeniti način izvođenja zadatka.

4.3.9. Lehmann metoda

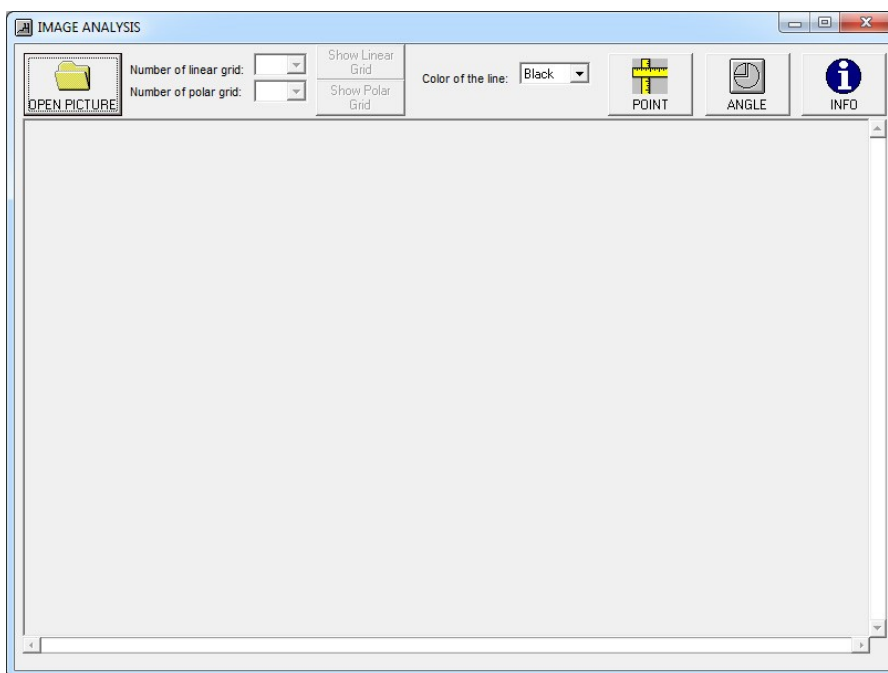
Slika 35 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda Lehmann metoda. Slijedi objašnjenje provedbe metode u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slike. Prilikom otvaranja prozora alata, potrebno je izabrati položaj tijela (eng. *Position of the body*), opis posla (eng. *Description of work*) i trajanje (*Duration*). Na temelju toga, računa se metabolizam (eng. *Metabolism*), odnosno kalorijska potrošnja.



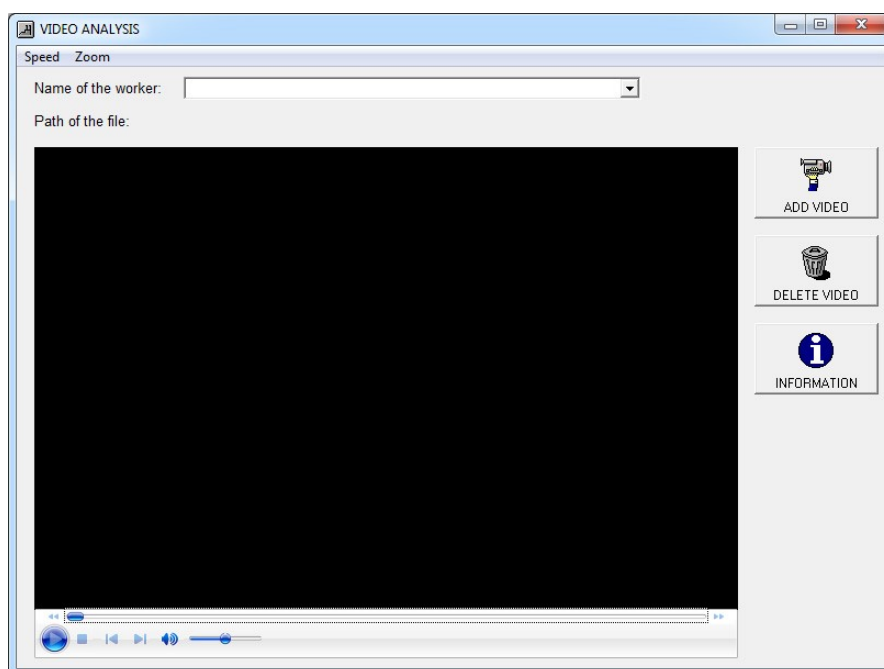
Slika 35. Lehmann metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru [30]

4.3.10. Analiza slike i Analiza videa

Slika 36 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda Analiza slike, a Slika 37 prikazuje kako izgleda Analiza videa. Ovi alati koriste vizualne podatke u obliku slika ili videozapisa kako bi se analizirali različiti aspekti rada.



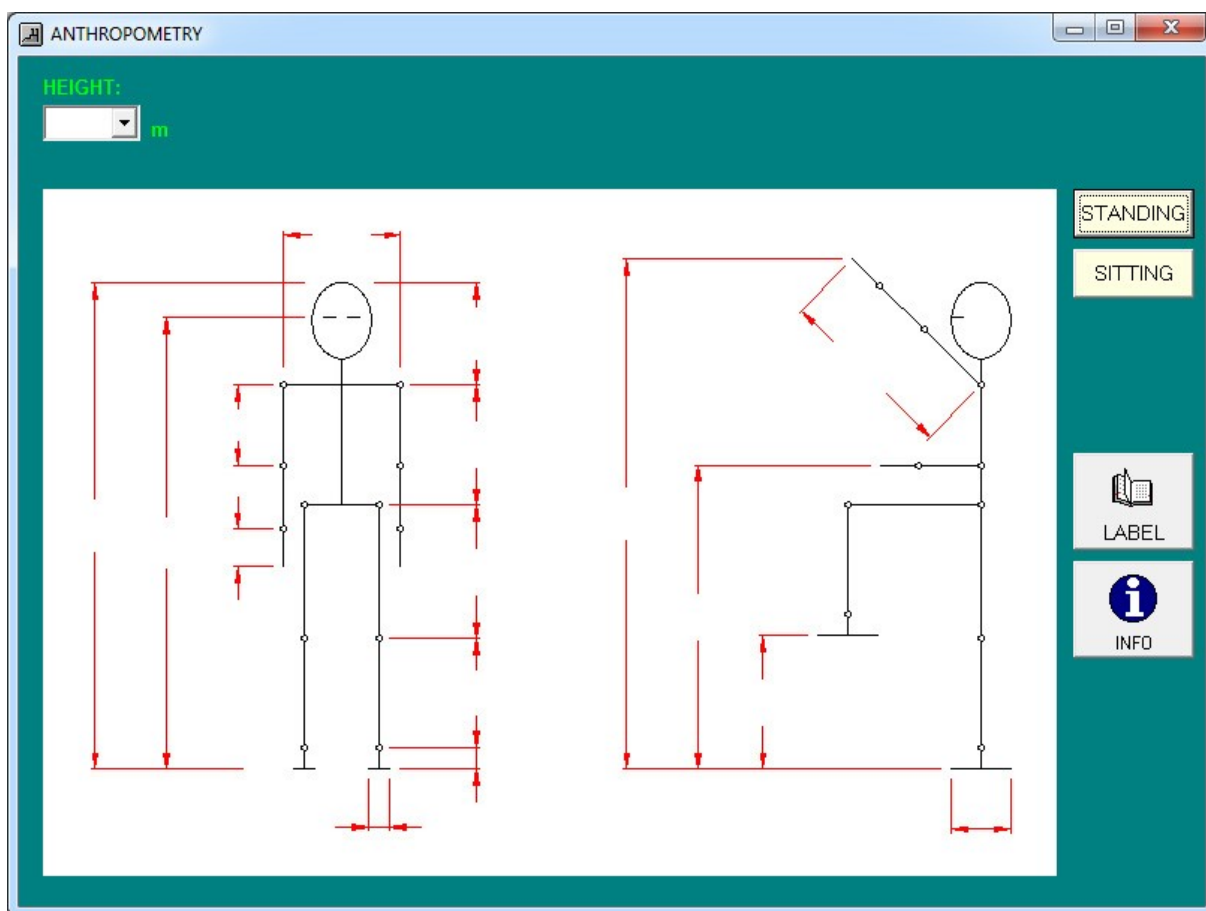
Slika 36. Analiza slike u *ErgoFellow 3.0* softveru [30]



Slika 37. Analiza videa u *ErgoFellow 3.0* softveru [30]

4.3.11. Antropometrija

Slika 38 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda Antropometrija. Slijedi objašnjenje provedbe metode u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slike. Prilikom otvaranja prozora alata, potrebno je odabrati visinu (eng. *Height*) čovjeka, te je li riječ o stajanju (eng. *Standing*) ili sjedenju (eng. *Sitting*). Nakon toga, alat izbací prikladne fizičke dimenzije ovisne o toj visini i položaju tijela. To može koristiti dizajnu uredskog namještaja i primjerice klupa. Slika 38 prikazuje primjer gdje čovjek stoji.

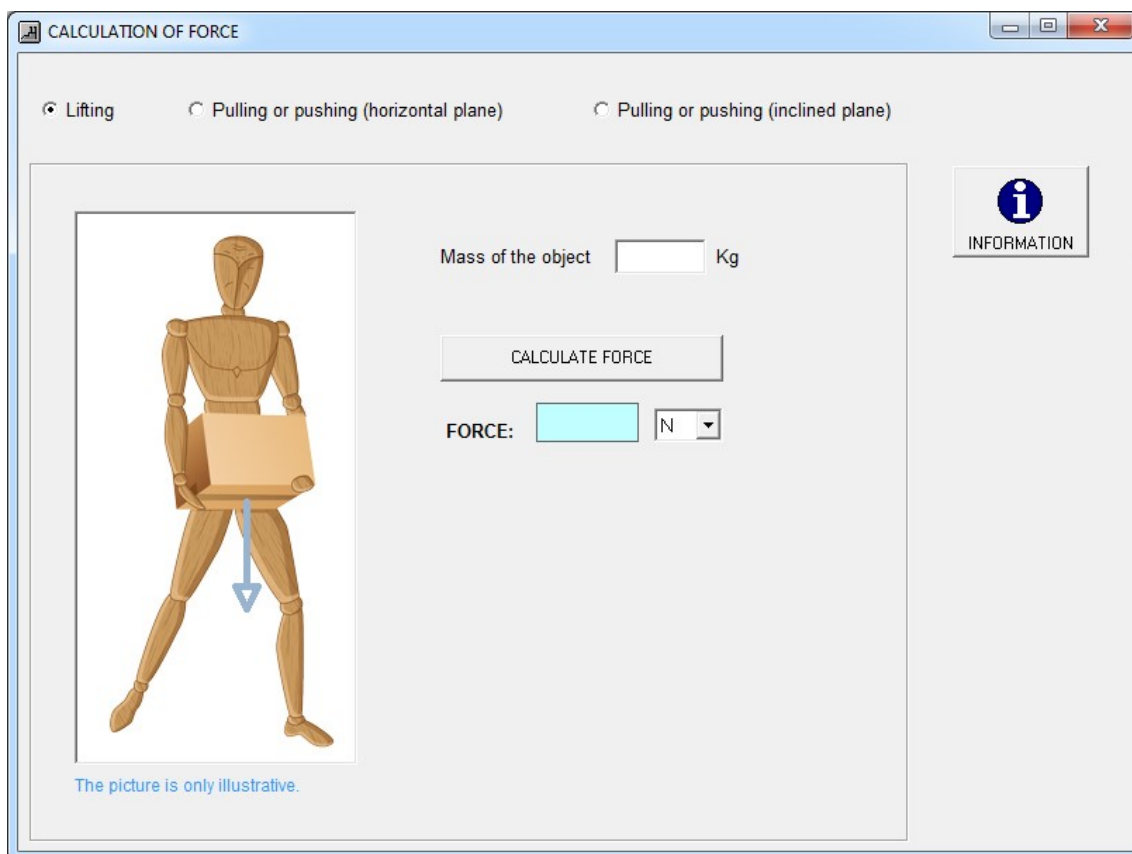


Slika 38. Antropometrija u *ErgoFellow 3.0* softveru [30]

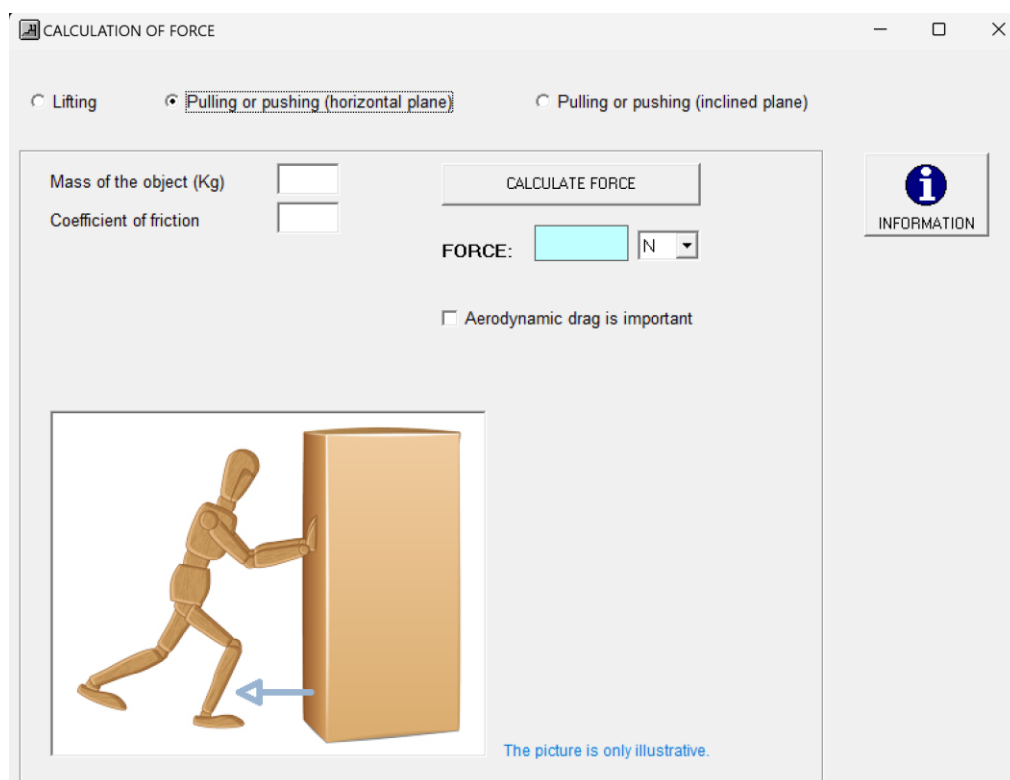
4.3.12. Proračun sile

Slika 39 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda Proračun sile. Slijedi objašnjenje provedbe metode u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slika. Prilikom otvaranja prozora alata, potrebno je odabrati je li riječ o podizanju (eng. *Lifting*), povlačenju ili guranju (eng. *Pulling or pushing*) u vodoravnoj (eng. *horizontal plane*) ili kosoj ravnini (eng. *inclined plane*). Osnovno je potrebno unijeti masu tereta (eng. *Mass of the object*) u kilogramima. Kod

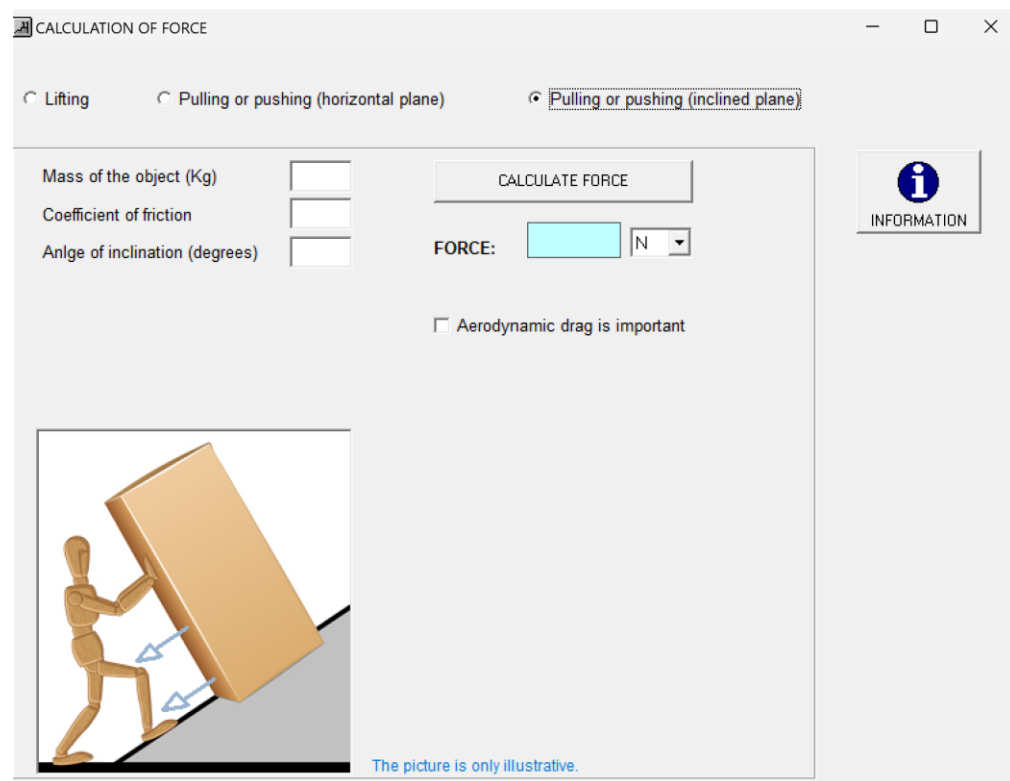
povlačenja i guranja, potrebno je unijeti i faktor trenja (eng. *Coefficient of friction*). Ako je riječ o kosoj ravnini, traži se i kut nagiba (eng. *Angle of inclination*) u stupnjevima. Slika 39 prikazuje primjer podizanja. Slika 40 prikazuje primjer povlačenja ili guranja u vodoravnoj ravnini, a Slika 41 prikazuje primjer povlačenja ili guranja u kosoj ravnini. Rezultat je izračunata sila kojom radnik djeluje.



Slika 39. Proračun sile u *ErgoFellow 3.0* softveru – 1 [30]



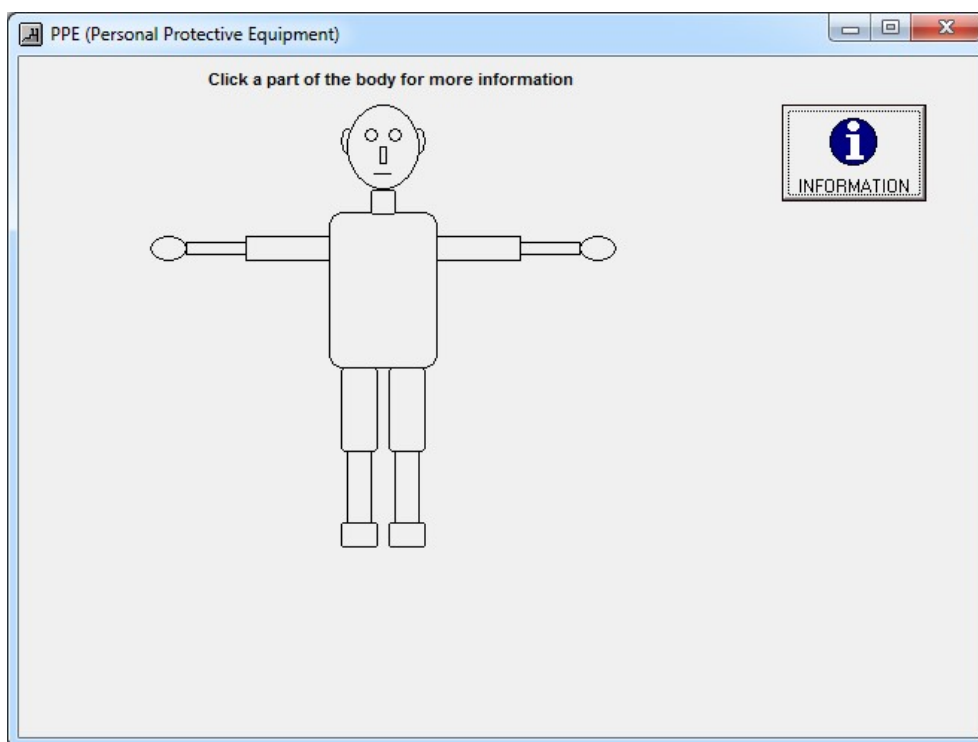
Slika 40. Proračun sile u ErgoFellow 3.0 softveru – 2 [28]



Slika 41. Proračun sile u ErgoFellow 3.0 softveru – 3 [28]

4.3.13. PPE metoda

Slika 42 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda PPE metoda. Slijedi objašnjenje provedbe metode u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slike. Prilikom otvaranja prozora alata, vidljiva je skica čovjeka. Klikom na određeni dio tijela, dostupne su informacije o opasnostima i potrebnoj zaštitnoj opremi za taj dio tijela.



Slika 42. PPE metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru [30]

Klikom na glavu, dostupne su sljedeće informacije:

- Opasnosti:
 - Udar od padajućih ili letećih predmeta.
 - Opasnost od udarca glavom.
 - Zapetljanje kose.
- Zaštitna oprema:
 - Izbor kaciga i kapa.

Klikom na ruke i dlanove, dostupne su sljedeće informacije:

- Opasnosti:
 - Abrazija.

- Ekstremne temperature.
- Posjekotine i prijelomi.
- Kemikalije.
- Strujni udar.
- Infekcije kože i bolesti.
- Kontaminacija.
- Zaštitna oprema:
 - Razne vrste rukavica i narukvica.

Klikom na tijelo, dostupne su sljedeće informacije:

- Opasnosti:
 - Temperaturni ekstremi.
 - Loši vremenski uvjeti.
 - Prskanje kemikalija ili metala.
 - Prskanje od curenja plina.
 - Udarci.
 - Prodiranje.
 - Kontaminirana prašina.
 - Prekomjerno trošenje ili zapetljavanje vlastite odjeće.
- Zaštitna oprema:
 - Kombinezoni.
 - Razna radna odijela.
 - Specijalizirana zaštitna odjeća.

Klikom na noge i stopala, dostupne su sljedeće informacije:

- Opasnosti:
 - Mokro tlo.
 - Elektrostatska nakupljanja.
 - Klizanje.
 - Posjekotine i prijelomi.
 - Predmeti koji padaju.

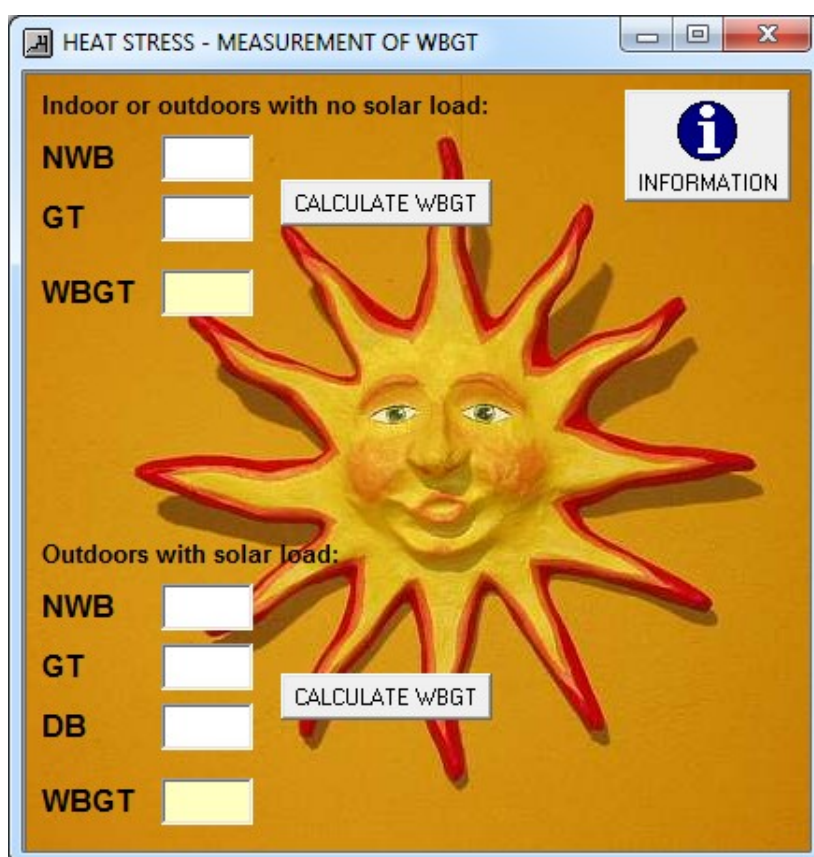
- Prskanje metala i kemikalija.
- Abrazija.
- Zaštitna oprema:
 - Zaštitne čizme i cipele sa zaštitnim kavicama.

4.3.14. Toplinski stres

Slika 43 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda Toplinski stres. Slijedi objašnjenje provedbe metode u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slike. Prilikom otvaranja prozora alata, moguće je izračunati temperaturni indeks:

- Unutra ili na otvorenom bez solarnog opterećenja (eng. *Indoor or outdoors with no solar load*).
- Na otvorenom sa solarnim opterećenjem (eng. *Outdoors with solar load*).

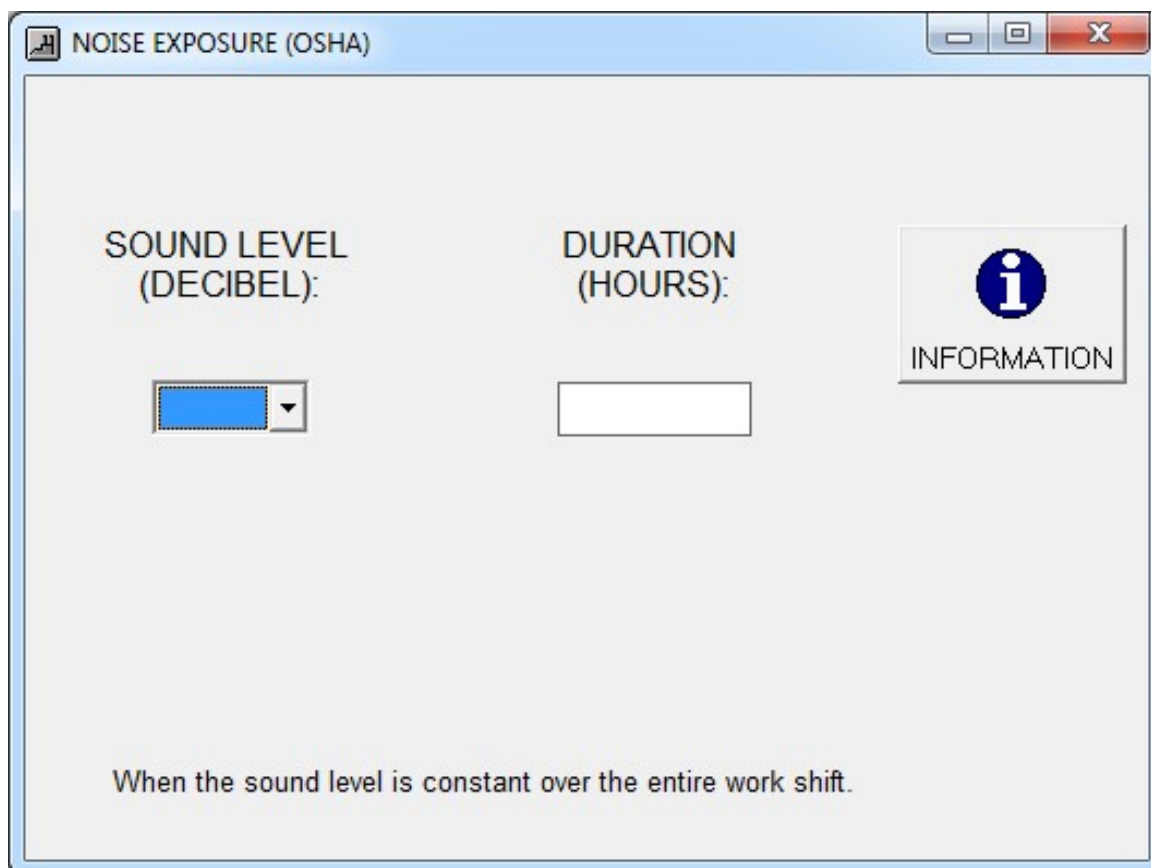
Metoda procjenjuje izloženost toplini. Na temelju različitih temperatura računa se temperaturni indeks i procjenjuje je li izloženost toplini odgovarajuća kako ne bi nastupile različite tegobe.



Slika 43. Toplinski stres u *ErgoFellow 3.0* softveru [30]

4.3.15. OSHA metoda

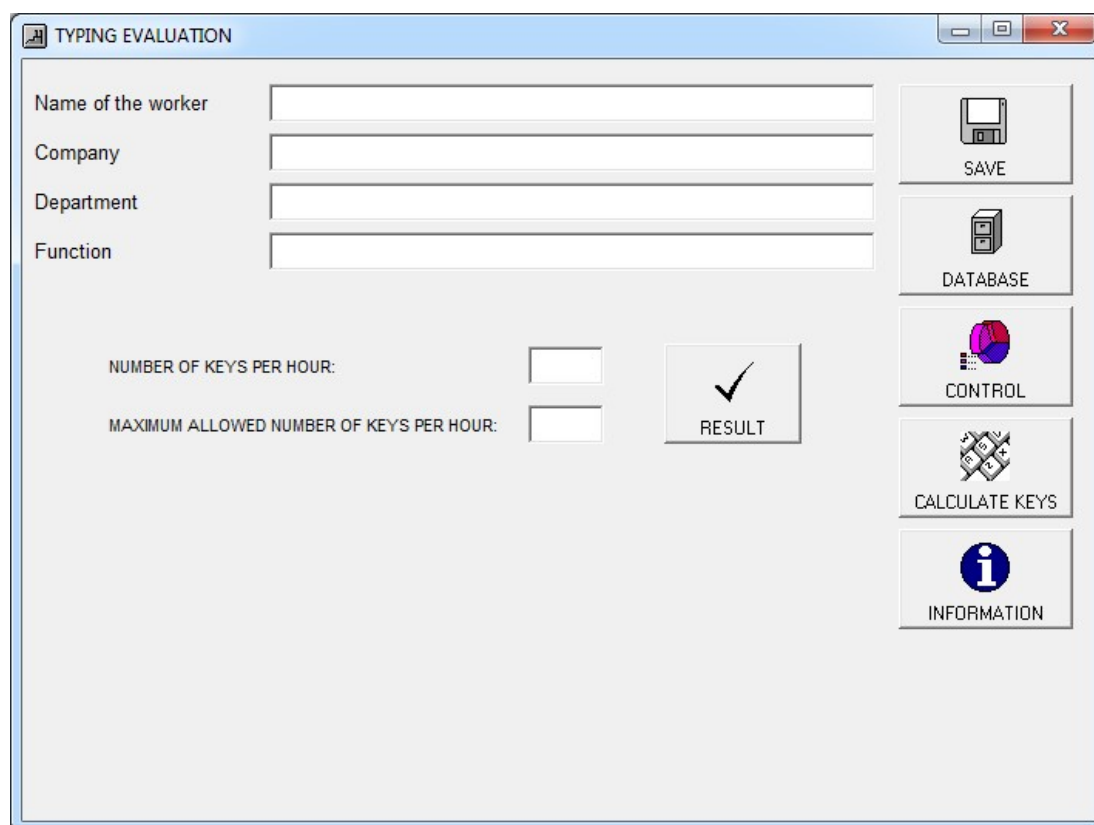
Slika 44 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda OSHA metoda. Slijedi objašnjenje provedbe metode u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slike. Prilikom otvaranja prozora alata, potrebno je odabrati razinu zvuka (eng. *Sound level*) u decibelima. Na temelju toga, alat procjenjuje trajanje (eng. *Duration*) izloženosti toj razini zvuka koje je prihvatljivo da ne dođe do neke nelagode.



Slika 44. OSHA metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru [30]

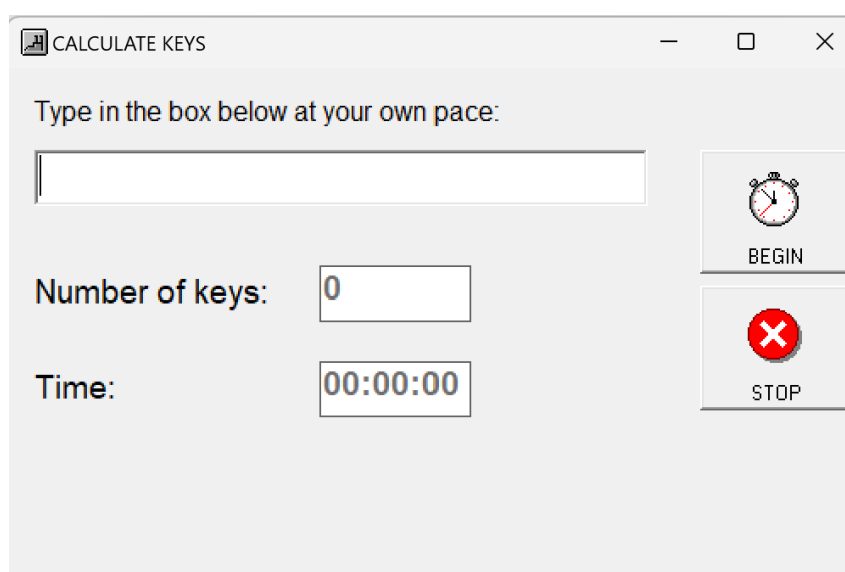
4.3.16. Procjena tipkanja

Slika 45 prikazuje kako u softveru *ErgoFellow 3.0* izgleda Procjena tipkanja. Slijedi objašnjenje provedbe metode u kontekstu softverske podrške, uz pomoć slika. Metoda služi za ocjenu tipkanja radnika. Prilikom otvaranja prozora alata, potrebno je upisati ime radnika (eng. *Name of the worker*), naziv poduzeća (eng. *Company*), odjela (eng. *Department*) te funkciju (eng. *Function*) radnika. Potrebno je navesti broj unesenih tipki po satu (eng. *Number of keys per hour*). Alat na temelju toga izbacuje maksimalno dozvoljeni broj unesenih tipki po satu (eng. *Maximum allowed number of keys per hour*).



Slika 45. Procjena tipkanja u *ErgoFellow 3.0* softveru – 1 [30]

Slika 46 prikazuje način kako izračunati broj tipki. Potrebno je kliknuti gumb „Pokreni“ (eng. *Begin*), zatim tipkati i konačno kliknuti na gumb „Zaustavi“ (eng. *Stop*).



Slika 46. Procjena tipkanja u *ErgoFellow 3.0* softveru – 2 [28]

5. PRIMJENA ERGONOMSKIH METODA U PROGRAMSKOME RJEŠENJU ERGOFELLOW 3.0

U ovome poglavlju slijedi prikaz primjene nekih ergonomskih metoda u programskome rješenju *ErgoFellow 3.0*. Metode čija će se primjena prikazati su ranije spomenute NIOSH metoda, OWAS metoda i Upitnik nelagode. Metode su primijenjene u poduzeću KONČAR – Institut za elektrotehniku, u Visokonaponskom laboratoriju Laboratorijskog centra Instituta. Visokonaponski laboratorij bavi se ispitivanjem elektroenergetske opreme već više od 50 godina. Osnovne djelatnosti Laboratorija su istraživačka, razvojna i komercijalna ispitivanja elektroenergetske opreme u skladu s međunarodnim i nacionalnim normama. Uz ispitivanja, Laboratorij se bavi i umjeravanjem elektroenergetske opreme. [32]

5.1. Primjena NIOSH metode u *ErgoFellow 3.0* softveru

Kao što je ranije spomenuto, cilj NIOSH metode je pomoću revidirane jednadžbe podizanja (eng. *Revised Lifting Equation*) izračunati preporučeno ograničenje mase (eng. *Recommended Weight Limit – RWL*) u kilogramima te indeks podizanja (*LI*) prilikom zadataka podizanja. Metoda omogućuje analizu postojećih zadataka dizanja, prepoznavanje čimbenika rizika i uvođenje promjena radnih stanica kako bi se poboljšali uvjeti. [18]

Slika 47 prikazuje radnika koji podiže objekt.

Slika 48 prikazuje rezultate primijenjene NIOSH metode. Za početak, bilo je potrebno navesti sljedeće podatke:

- Ime radnika (eng. *Name of the worker*): Ivan.
- Poduzeće (eng. *Company*): KONČAR – Institut za elektrotehniku (eng. *KONČAR – Electrical Engineering Institute*).
- Odjel (eng. *Department*): Visokonaponski laboratorij (eng. *Highvoltage Laboratory*).
- Funkcija (eng. *Function*): Student na praksi (eng. *Student Intern*).
- Objekt koji se podiže (eng. *Lifted object*): Kutija koja sadrži stvari potrebne za ispitivanje (eng. *Box containing items needed for testing*).

Prilikom podizanja objekta, izmjereni su ili procijenjeni sljedeći faktori revidirane jednadžbe podizanja:

- $H = 48$ cm.
- $V = 14$ cm.

- $D = 80$ cm.
- $A = 90$ °.
- $F = 0,95$.
- $C = 0,9$.
- $L = 5$ kg.

Slika 14 prikazuje odabir frekvencijske komponente (F). Na temelju podataka da je ispitivanje trajalo 2 sata, da je $V \geq 75$ cm te da je u 2 sata frekvencija podizanja bila $\leq 0,2$, određena je frekvencijska komponenta $F = 0,95$.

Slika 15 prikazuje odabir spojne komponente (C). Na temelju lošeg držanja objekta i podatka da je $V \geq 75$ cm, određena je spojna komponenta $C = 0,9$.

Slika 49 prikazuje skicu podizanja objekta u ovome slučaju.

Kako prikazuje Slika 48, pomoću *ErgoFellow 3.0* softvera dobiveni su sljedeći rezultati:

- $RWL = 5,221$ kg
- $LI = 0,958$.

Najveća prihvatljiva masa koju bi gotovo svi zdravi zaposlenici mogli podići tijekom 8-satne smjene bez povećanja rizika od mišićno-koštanih poremećaja u donjem dijelu leđa iznosi 5,221 kg. Indeks podizanja koji daje relativnu procjenu razine fizičkog napora i rizika od ozljeda povezanih sa procijenjenim zadacima ručnog podizanja iznosi 0,958, što je prihvatljivo jer je manji od jedan. No, s obzirom na to da je masa objekta blizu najvećoj prihvatljivoj masi, te da je indeks podizanja blizu jedan, potrebno je obratiti pozornost na način izvođenja ove aktivnosti. Softver nudi sljedeće savjete:

- Pokušati smanjiti vodoravnu udaljenost između radnika i objekta.
- Pokušati povećati okomitu udaljenost između radnika i objekta.
- Pokušati smanjiti kut asimetrije.
- Poboljšati prihvaćanje objekta tako da ne bude loše.



Slika 47. Aktivnost podizanja objekta

NIOSH (Revised Lifting Equation)

Name of the worker	Ivan
Company	KONCAR-Electrical Engineering Institute
Department	Highvoltage Laboratory
Function	Student Intern
Lifted object	Box containing items needed for testing

H: 48 cm
V: 14 cm
D: 80 cm
A: 90 °
F: 0.95
C: 0.9
L: 5 kg
RWL: 5,221 kg
LI: 0.958

Good: LI is less or equal to 1

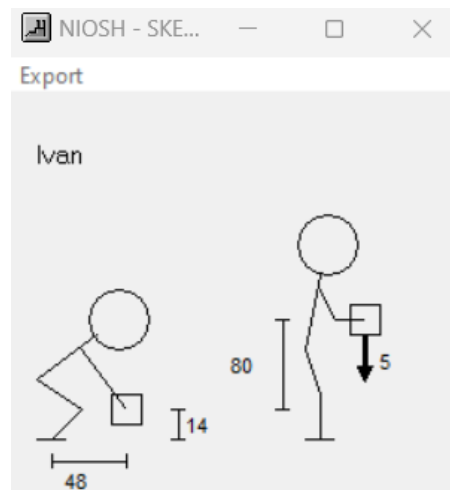
Metric U.S. Customary

H - Horizontal distance of the hands away from the ankles (cm)
V - Vertical distance of the hands above the floor (cm)
D - Vertical travel distance (cm)
A - Angle of asymmetry (degrees)
F - Frequency component
C - Coupling component
L - Weight of the object lifted (kg)
RWL - Recommended Weight Limit (kg)
LI - Lifting Index

SAVE
DATABASE
CONTROL
INFORMATION
RESET

CALCULATE

Slika 48. Rezultati primjene NIOSH metode u ErgoFellow 3.0 softveru [28]



Slika 49. Skica podizanja objekta [28]

5.2. Primjena OWAS metode u *ErgoFellow 3.0* softveru

Kao što je ranije spomenuto, OWAS metoda koristi se u analizi položaja tijela na radnome mjestu prilikom izvođenja određenih aktivnosti. U ovome slučaju, promatrane su tri aktivnosti:

- Podizanje kutije (eng. *Lifting a box*), kao što prikazuje Slika 47.
- Bušenje (eng. *Drilling*), kao što prikazuje Slika 50 (lijevo).
- Guranje palete (eng. *Pushing a pallet*), kao što prikazuje Slika 50 (desno).



Slika 50. Aktivnost bušenja (lijevo) i guranja palete (desno)

5.2.1. Aktivnost podizanja kutije

Slika 51 prikazuje rezultate primijenjene OWAS metode za prvi zadatak (eng. *Task*). Prvo je potrebno unijeti opis zadatka (eng. *Description of the task*) – Podizanje kutije (eng. *Lifting a box*), te postotak vremena proveden obavljajući zadatak (eng. *% time in this task*) – 20 % u ovome slučaju. Nakon toga, potrebno je odabrati u kojim se položajima nalaze leđa (eng. *Back*), ruke (eng. *Arms*) i noge (eng. *Legs*) te odabrati masu tereta (eng. *Load*).

Za ovu aktivnost, odabrano je sljedeće:

- Leđa (eng. *Back*): Savijena (eng. *Bent*).
- Ruke (eng. *Arms*): Objе ruke ispod visine ramena (eng. *Both arms below shoulder level*).
- Noge (eng. *Legs*): Stajanje ili čučanje na dvije savijene noge (eng. *Standing or squatting on two bent legs*).
- Teret (eng. *Load*): Manje od 10 kg (eng. *Less than 10 kg*).

Rezultat primjene metode je:

- Potrebno je poduzeti korektivne mjere što je prije moguće (eng. *Corrective actions should be done as soon as possible*).

The screenshot shows the OWAS software interface with the following details:

- Task:** 1
- Description of the task:** Lifting a box
- % time in this task:** 20 %
- Back (Task 1):** Four posture icons are shown. Option 2 (Bent) is selected. The legend lists: 1. Straight, 2. Bent, 3. Twisted, 4. Bent and twisted.
- Arms (Task 1):** Three posture icons are shown. Option 1 (Both arms below shoulder level) is selected. The legend lists: 1. Both arms below shoulder level, 2. One arm at or above shoulder level, 3. Both arms at or above shoulder level.
- Legs (Task 1):** Seven posture icons are shown. Option 4 (Standing or squatting on two bent legs) is selected. The legend lists: 1. Sitting, 2. Standing on two straight legs, 3. Standing on one straight leg, 4. Standing or squatting on two bent legs, 5. Standing or squatting on one bent leg, 6. Kneeling, 7. Walking.
- Load (Task 1):** Three load icons are shown. Option 1 (Less than 10 kg) is selected. The legend lists: 1. Less than 10 kg (22 lb), 2. Between 10 - 20 kg (22 - 44 lb), 3. Greater than 20 Kg (44 lb).
- RESULT (Task 1):** 3. Corrective actions should be done as soon as possible
- Buttons:** SAVE, DATABASE, INFORMATION

Slika 51. Rezultati primjene OWAS metode u *ErgoFellow 3.0* softveru – Podizanje kutije [28]

Kako bi se smanjilo opterećenje, moguće je poduzeti neku od sljedećih mjera:

- Poboljšanje ergonomije radnog mjesta:
 - Postaviti kutiju na višu površinu kako bi se izbjeglo savijanje leđa prilikom podizanja (preporučuje se korištenje stolova ili polica u visini struka).
 - Dodati ergonomske podloge koje će omogućiti sigurnije i stabilnije kretanje i podizanje.
- Korištenje pomoćne opreme:
 - Uvesti kolica ili dizalice za pomicanje težih predmeta kako bi se smanjio fizički napor potreban za podizanje tereta.
 - Ako je moguće, koristiti remenje za podizanje koje podupire leđa i smanjuje opterećenje na lumbalni dio kralježnice.
- Edukacija i obuka radnika:
 - Provesti obuku o pravilnoj tehnici podizanja tereta, naglašavajući važnost savijanja koljena umjesto leđa te korištenja nogu kao primarnih oslonaca pri podizanju.
 - Educirati radnike o optimalnim ergonomskim položajima prilikom obavljanja zadatka kako bi se smanjilo opterećenje na kralježnicu i zglobove.
- Organizacija posla i raspored zadataka:
 - Povećati učestalost odmora i pauza za radnike kako bi se smanjilo kumulativno opterećenje.
 - Rotirati zadatke među radnicima kako bi se izbjeglo stalno opterećenje istih dijelova tijela.
- Poboljšanje radne okoline:
 - Pobriniti se da radno mjesto bude dovoljno osvijetljeno i bez prepreka koje bi mogle otežati kretanje i promjenu položaja.
 - Osigurati dovoljno prostora za slobodno kretanje prilikom podizanja i nošenja tereta kako bi se izbjeglo prisilno savijanje leđa.

5.2.2. Aktivnost bušenja

Slika 52 prikazuje rezultate primijenjene OWAS metode za drugi zadatak (eng. *Task*). Prvo je potrebno unijeti opis zadatka (eng. *Description of the task*) – Bušenje (eng. *Drilling*), te postotak vremena proveden obavljajući zadatak (eng. *% time in this task*) – 40 % u ovome slučaju. Nakon toga, potrebno je odabrati u kojim se položajima nalaze leđa (eng. *Back*), ruke (eng. *Arms*) i noge (eng. *Legs*) te odabrati masu tereta (eng. *Load*).

Za ovu aktivnost, odabrano je sljedeće:

- Leđa (eng. *Back*): Ravna (eng. *Straight*).
- Ruke (eng. *Arms*): Jedna ruka u visini ili iznad visine ramena (eng. *One arm at or above shoulder level*).
- Noge (eng. *Legs*): Stajanje ili čučanje na jednoj savijenoj nozi (eng. *Standing or squatting on one bent leg*).
- Teret (eng. *Load*): Manje od 10 kg (eng. *Less than 10 kg*).

Rezultat primjene metode je:

- Potrebno je poduzeti korektivne mjere u bliskoj budućnosti (eng. *Corrective actions required in the near future*).

The screenshot shows the OWAS software interface with the following configuration and results:

- Task:** 2
- Description of the task:** Drilling
- % time in this task:** 40 %
- Back (Task 2):** 1. Straight (selected), 2. Bent, 3. Twisted, 4. Bent and twisted
- Arms (Task 2):** 1. Both arms below shoulder level, 2. One arm at or above shoulder level (selected), 3. Both arms at or above shoulder level
- Legs (Task 2):** 1. Sitting, 2. Standing on two straight legs, 3. Standing on one straight leg, 4. Standing or squatting on two bent legs, 5. Standing or squatting on one bent leg (selected), 6. Kneeling, 7. Walking
- Load (Task 2):** 1. Less than 10 kg (22 lb) (selected), 2. Between 10 - 20 kg (22 - 44 lb), 3. Greater than 20 Kg (44 lb)
- RESULT (Task 2):** 2. Corrective actions required in the near future

Slika 52. Rezultati primjene OWAS metode u *ErgoFellow 3.0* softveru – Bušenje [28]

Kako bi se smanjilo opterećenje, moguće je poduzeti neku od sljedećih mjera:

- Pобољшanje položaja tijela:
 - Ako je moguće, radnik bi trebao koristiti postolje ili podesivu stolicu kako bi osigurao da se ruke ne moraju držati u visini ili iznad visine ramena, čime bi se smanjilo naprezanje ramena i vrata.
- Upotreba ergonomске opreme:
 - Osigurati korištenje lakših bušilica ili bušilica s ergonomskim drškama koje smanjuju naprezanje ruku i zglobova.
- Podrška za noge:
 - Uvesti primjerice podignute platforme za noge kako bi se radnici mogli smjestiti u stabilniji položaj i smanjiti naprezanje na jednoj nozi.
- Povećanje učestalosti odmora:
 - Provesti promjene u rasporedu posla, kako bi radnici imali redovite pauze za opuštanje ruku, ramena i nogu, smanjujući kumulativni učinak naprezanja.
 - Promovirati praksu rotacije zadataka među radnicima, kako bi se izbjegla stalna opterećenja na istim mišićnim skupinama.
- Edukacija o pravilnoj tehnici rada:
 - Educirati radnike o važnosti pravilnog držanja i promjene položaja prilikom bušenja te naglasiti važnost održavanja leđa ravnim i smanjenja vremena provedenog u položajima gdje su ruke iznad visine ramena.

5.2.3. Aktivnost guranja palete

Slika 53 prikazuje rezultate primijenjene OWAS metode za treći zadatak (eng. *Task*). Prvo je potrebno unijeti opis zadatka (eng. *Description of the task*) – Guranje palete (eng. *Pushing a pallet*), te postotak vremena proveden obavljajući zadatak (eng. *% time in this task*) – 40 % u ovome slučaju. Nakon toga, potrebno je odabrati u kojim se položajima nalaze leđa (eng. *Back*), ruke (eng. *Arms*) i noge (eng. *Legs*) te odabrati masu tereta (eng. *Load*).

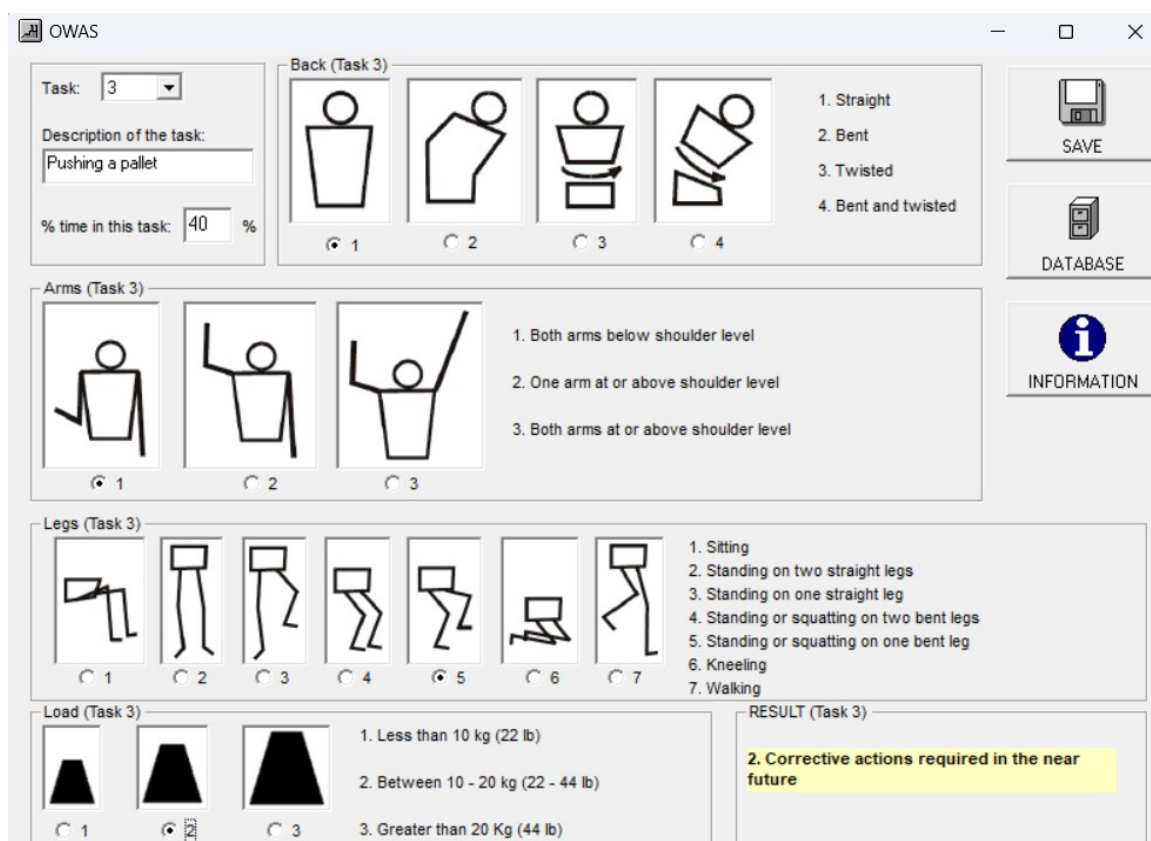
Za ovu aktivnost, odabrano je sljedeće:

- Leđa (eng. *Back*): Ravna (eng. *Straight*).
- Ruke (eng. *Arms*): Obje ruke ispod visine ramena (eng. *Both arms below shoulder level*).

- Noge (eng. *Legs*): Stajanje ili čučanje na jednoj savijenoj nozi (eng. *Standing or squatting on one bent leg*).
- Teret (eng. *Load*): Između 10 i 20 kg (eng. *Between 10 and 20 kg*).

Rezultat primjene metode je:

- Potrebno je poduzeti korektivne mjere u bliskoj budućnosti (eng. *Corrective actions required in the near future*).



Slika 53. Rezultati primjene OWAS metode u *ErgoFellow 3.0* softveru – Guranje palete [28]

Kako bi se smanjilo opterećenje, moguće je poduzeti neku od sljedećih mjera:

- Korištenje odgovarajuće opreme:
 - Osigurati ručna kolica, paletne viličare ili druga pomagala kako bi se smanjila potreba za ručnim guranjem teških tereta.
- Optimizacija položaja tijela:
 - Educirati radnike o pravilnom položaju prilikom guranja, s naglaskom na ravna leđa, lagano savijena koljena i korištenje snage nogu umjesto leđa.

- Prilagodba radne površine:
 - Podići paletu na visinu koja omogućuje rad bez potrebe za savijanjem ili čučanjem, čime se smanjuje opterećenje na leđa i koljena.
- Redoviti odmori i rotacija zadataka:
 - Planirati pauze i rotaciju zadataka kako bi se radnici odmorili od ponavljajućih opterećenja, smanjujući rizik od kumulativnog umora.

5.3. Primjena metode Upitnik nelagode u *ErgoFellow 3.0* softveru

Slika 54 prikazuje ispunjeni Upitnik nelagode u softveru *ErgoFellow 3.0*. Ime radnika, poduzeće, odjel i funkcija jednaki su kao i kod primjene NIOSH metode. Provedba ove metode u softveru objašnjena je ranije. Ovdje slijedi prikaz rezultata primjene ove metode za konkretan slučaj. Ranije spomenuti radnik osjeća tegobe u području glave (eng. *Head*), području trapeza (eng. *Trapeze*), lumbalnom području (eng. *Lumbar*), ramenima (eng. *Shoulder*), području podlaktica (eng. *Forearm*), području bedra (eng. *Thigh*) te području koljena (eng. *Knee*).

Učestalost, osjećaj nelagode i sat u kojem se procjenjuje osjećaj nelagode razlikuju se ovisno o dijelu tijela. Kako prikazuju Tablica 3 i Slika 54, u svim navedenim područjima, u prvome satu nema osjećaja nelagode. U četvrtome satu također, osim kod glavobolje. U slučaju glavobolje, u četvrtome satu nelagoda je umjerena. U osmome satu, nelagoda je umjerena u području glave, lumbalnom području i bedrima, dok je u području trapeza, ramenima i području podlaktica nelagoda blaga. Ozbiljnu nelagodu radnik osjeća u osmome satu u koljenima. U svim navedenim područjima, zahvaćene su obje strane tijela, i lijeva (eng. *Left*), i desna (eng. *Right*). Radnik osjeća nelagodu u području glave, trapeza, ramena i podlaktica 1 – 2 puta tjedno, dok u lumbalnom području, bedrima i koljenima 3 – 4 puta tjedno.

Slika 55 prikazuje grafički prikaz (eng. *Graph*) procjene nelagode (eng. *Discomfort evolution*) za navedenog radnika. Iz grafičkog prikaza je vidljivo da se nelagode u svim navedenim područjima najčešće javljaju nakon radnog vremena, odnosno 8-satne smjene (označeno crvenom bojom na grafikonu).

Tablica 3. Nelagoda koju radnik osjeća

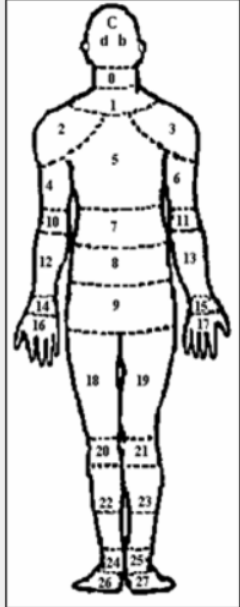
Sat rada	Osjećaj nelagode	Dio tijela	Učestalost
1. sat	Nema	-	-
4. sat	Umjeren	Glava	1 – 2 puta tjedno
8. sat	Umjeren	Glava	1 – 2 puta tjedno
		Lumbalno područje	3 – 4 puta tjedno
		Bedra	3 – 4 puta tjedno
	Blag	Trapez	1 – 2 puta tjedno
		Ramena	1 – 2 puta tjedno
		Podlaktice	1 – 2 puta tjedno
Ozbiljan	Koljena	3 – 4 puta tjedno	

DISCOMFORT QUESTIONNAIRE - DATABASE

Name of the worker: Ivan
 Company: KONCAR-Electrical Engineering Institute
 Department: Highvoltage Laboratory
 Function: Student Intern

Region: Part of the body: Frequency: Side: Evolution (hour):

			Left	Right	1st	4th	8th
d - b	Eyes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C	Head	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	3	3
0	Neck	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	Trapeze	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	2
5	Thorax	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 - 8	Lumbar	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	3
2 - 3	Shoulder	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	2
4 - 6	Upper arm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 - 11	Elbow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 - 13	Forearm	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	2
14 - 15	Wrist	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16 - 17	Hands / fingers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Buttocks	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18 - 19	Thigh	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	3
20 - 21	Knee	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1	4
22 - 23	Lower leg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24 - 25	Ankle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26 - 27	Foot / toes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



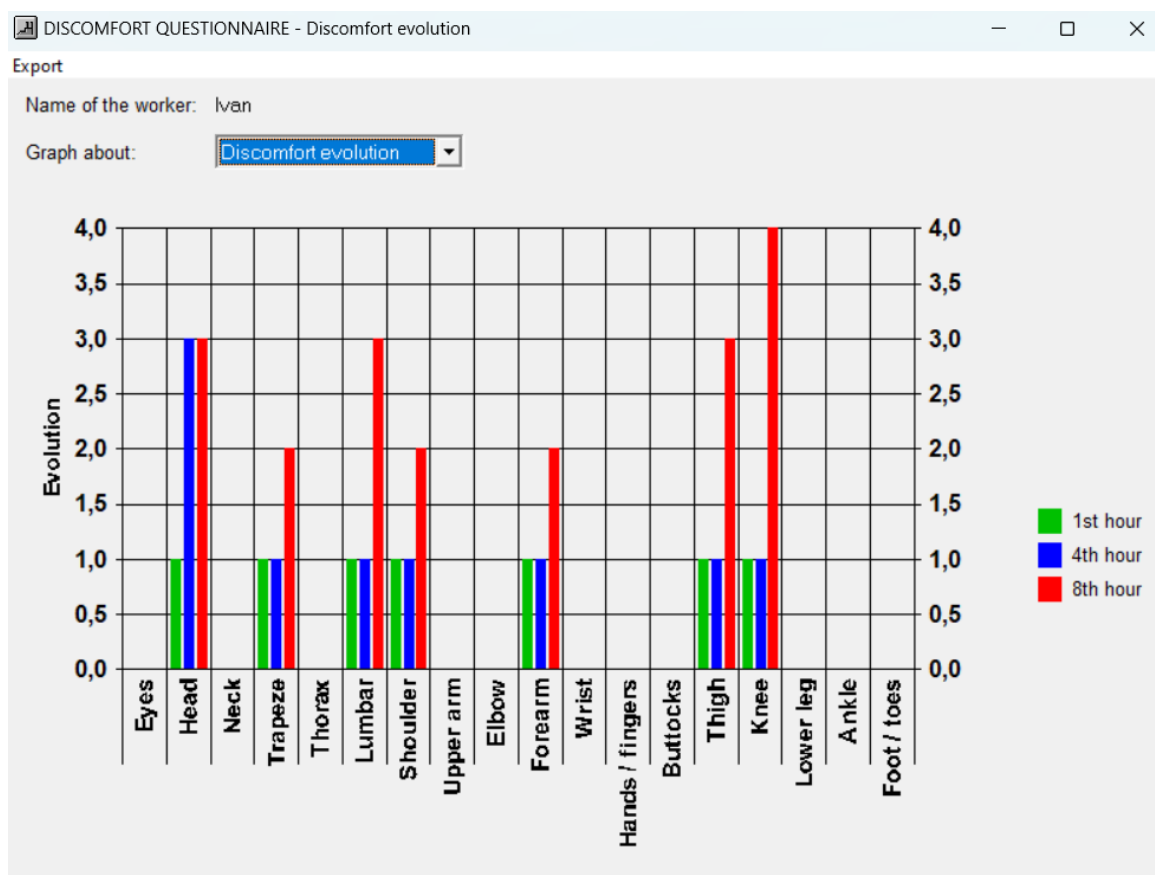
EVOLUTION:
 (1) No discomfort
 (2) Mild
 (3) Moderate
 (4) Severe
 (5) Insupportable

HOUR:
 1st = First hour
 4th = Fourth hour
 8th = Eighth hour

FREQUENCY:
 (1) 1 - 2 times per week
 (2) 3 - 4 times per week
 (3) Every day (once)
 (4) Every day (several times)
 (5) Every day (all day long)

GRAPH
 PRINT
 DELETE
 EXPORT
 SEARCH
 COMPLETE LIST
 BACK

Slika 54. Rezultati primjene Upitnika nelagode u ErgoFellow 3.0 softveru [28]



Slika 55. Grafički prikaz procjene nelagode [28]

6. ZAKLJUČAK

Ergonomija predstavlja jedinstveno znanstveno područje i zauzima „ničiju zemlju“ između inženjerstva i medicine, arhitekture, zdravlja, sigurnosti, informatike, dizajna potrošačkih proizvoda. Predstavlja vrlo važnu znanstvenu disciplinu kojoj je glavni cilj osiguranje produktivnosti i dobrobiti zaposlenika. Tehnološki napredak jedan je od glavnih čimbenika koji utječu na smjer i rast ergonomije. Javlja se promjene u načinu i organizaciji rada. Suvremeni izazovi u radu zahtijevaju pažljivo promišljanje i primjenu ergonomske stručnosti kako bi se osiguralo da nove tehnologije ne uzrokuju ozljede ili nelagodu radnicima. Računalno potpomognuta ergonomija nameće se kao nezamjenjiv alat za praćenje i unapređenje radnih uvjeta, omogućujući poduzećima analizu ergonomskih čimbenika i prilagođavanje radnog prostora prema specifičnim potrebama svakog radnog mjesta.

ErgoFellow 3.0 softver predstavlja snažan alat za praćenje ergonomije na radnome mjestu. Nudi 17 različitih alata za procjenu različitih aspekata ergonomije, uključujući procjenu rizika pri podizanju, analizu položaja tijela, ocjenu rizika povrede udova, analizu umora mišića i mnoge druge parametre. Nakon brze analize rizika, moguće je vidjeti izvore potencijalnih opasnosti i načine njihovog uklanjanja ili smanjenja. Alati koje softver nudi igraju ključnu ulogu u osiguranju sigurnosti, produktivnosti i dobrobiti radnika, a posebno postaju vrijedni prilikom integracije tehnologije u radne procese. Korištenje ergonomskih softvera kao *ErgoFellow 3.0* može pomoći organizacijama u održavanju konkurentske prednosti, osiguravajući da su radni uvjeti optimalni i da radnici ostaju sigurni i zadovoljni.

U ovome diplomskome radu dan je prikaz područja ergonomije i ergonomskih metoda te prikaz ergonomskih metoda koje nudi spomenuti softver. S ciljem dodatnog isticanja važnosti korištenja softvera prilikom praćenja ergonomije na radnome mjestu u eri Industrije 4.0 prikazani su primjeri primjene NIOSH metode, OWAS metode i metode Upitnika nelagode u spomenutom softveru. Korištenje softvera prilikom primjene ergonomskih metoda omogućuje jednostavno i brzo provođenje složenih ergonomskih analiza, čime se znatno smanjuje vrijeme potrebno za evaluaciju i identifikaciju rizika u usporedbi s klasičnim metodama. Softver smanjuje subjektivnost i pruža standardizirane rezultate koji se mogu lako integrirati u strategije organizacije za poboljšanje radnih uvjeta.

U konačnici, ergonomija ostaje ključna poveznica između čovjeka i radnog okruženja, a primjena suvremenih ergonomskih alata i softvera kao *ErgoFellow 3.0* pridonosi postizanju tih ciljeva, osiguravajući da se ljudski faktor i sigurnost na radu tretiraju s najvišim prioritetom.

LITERATURA

- [1] Ergonomija: <https://enciklopedija.hr/clanak/ergonomija>, Pristupljeno 7.10.2024.
- [2] Wilson J. R.: Fundamentals of ergonomics in theory and practice, Applied Ergonomics, 2000;31(6):557-567
- [3] Dul J., Neumann P.: Ergonomics contributions to company strategies, Applied Ergonomics, 2009;40(4):745-752
- [4] Reiman A., Kaivo-oja J., Parviainen E., Takala E. P., Lauraeus T.: Human factors and ergonomics in manufacturing in the industry 4.0 context – A scoping review, Technology in Society, 2021;65
- [5] Kadir B. A., Broberg O., Souza da Conceição C.: Current research and future perspectives on human factors and ergonomics in Industry 4.0, Computers & Industrial Engineering, 2019;137
- [6] Feyen R., Liu Y., Chaffin D., Jimmerson G., Joseph B.: Computer-aided ergonomics: a case study of incorporating ergonomics analyses into workplace design, Applied Ergonomics, 2000;31(3):291-300
- [7] Ergonomija: <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>, Pristupljeno 8. listopada 2024.
- [8] Ergonomija: <https://tehnika.lzmk.hr/ergonomija/>, Pristupljeno 8. listopada 2024.
- [9] Bridger R. S.: Introduction to Ergonomics, Taylor & Francis, London, 2003.
- [10] Ergonomija: <https://www.hseblog.com/what-is-ergonomics/>, Pristupljeno 8. listopada 2024.
- [11] Singleton W. T.: Introduction to Ergonomics, World Health Organization, Geneva, 1972.
- [12] Lehto M. R., Buck J. R.: Introduction to Human Factors and Ergonomics for Engineers, Taylor & Francis Group, LLC, New York, 2008.
- [13] Ergonomija: <https://www.lightguidesys.com/resource-center/blog/what-is-ergonomics/>, Pristupljeno 8. listopada 2024.
- [14] Dul J., Weerdmeester B.: Ergonomics for Beginners, A Quick Reference Guide, Third Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 2008.
- [15] Kirin S.: Uvod u ergonomiju, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2019.
- [16] OWAS metoda: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5546841/>, Pristupljeno 9. listopada 2024.

- [17] Erliana C. I., Abdullah D.: Application of The MODAPTS Method with Innovative Solutions in The Cement Packing Process, *International Journal of Engineering & Technology*, 2018;7(2):470-473
- [18] NIOSH metoda: <https://www.ergoibv.com/en/posts/niosh-lifting-equation-method/>, Pristupljeno 9. listopada 2024.
- [19] PDA metoda: https://www.ohcow.on.ca/edit/files/general_handouts/PhysicalDemandsAnalysis.pdf, Pristupljeno 9. listopada 2024.
- [20] KIM metoda: <https://www.baua.de/EN/Topics/Work-design/Risk-assessment/Key-indicator-method/Key-indicator-method.html>, Pristupljeno 9. listopada 2024.
- [21] QEC metoda: https://lni.wa.gov/safety-health/_docs/QECReferenceGuide.pdf, Pristupljeno 9. listopada 2024.
- [22] RULA metoda: <https://osha.europa.eu/en/themes/musculoskeletal-disorders/practical-tools-musculoskeletal-disorders/rula-rapid-upper-limb-assessment-tool>, Pristupljeno 9. listopada 2024.
- [23] SI metoda: <https://ergoweb.com/the-strain-index-job-analysis-method-q-a/>, Pristupljeno 9. listopada 2024.
- [24] OCRA metoda: <https://nawo-solution.com/ocra-method/>, Pristupljeno 9. listopada 2024.
- [25] LMM metoda: <http://www.nexgenergo.com/ergonomics/lumbarmm.html>, Pristupljeno 9. listopada 2024.
- [26] SMART metoda: <https://hrcak.srce.hr/clanak/291979>, Pristupljeno 9. listopada 2024.
- [27] *ErgoFellow 3.0* softver: <https://www.fbfsistemas.com/about.html>, Pristupljeno 10. listopada 2024.
- [28] *ErgoFellow 3.0* softver: <https://www.fbfsistemas.com/ergonomics.html>, Pristupljeno 10. listopada 2024.
- [29] *ErgoFellow 3.0* softver: <https://iowin.net/en/ergofellow/>, Pristupljeno 10. listopada 2024.
- [30] Prikaz metoda u *ErgoFellow 3.0* softveru: <https://www.fbfsistemas.com/imageserg.html>, Pristupljeno 12. listopada 2024.
- [31] Rajendran M., Sajeev A., Shanmugavel R., Rajpradeesh T.: Ergonomic evaluation of workers during manual material handling, *Materials Today: Proceedings*, 2021;46(17):7770-7776
- [32] Visokonaponski laboratorij Instituta: <https://www.koncar-institut.hr/hr/visokonaponska-ispitivanja>, Pristupljeno 25. listopada 2024.