

Snježana Kirin

UVOD U ERGONOMIJU

Copyright ©

Veleučilište u Karlovcu 2019.

ISBN (online) 978-953-8213-03-8

Izdavač: Veleučilište u Karlovcu

Za izdavača: dr. sc. Nina Popović, prof. v. š.

Recenzenti: prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić, izv. prof. dr. sc. Anica Hursa Šajatović, dr. sc. Ante Pavić, prof. v. š.

Grafički urednik: dr. sc. Damir Kralj, v. pred.

Objavljivanje ovog udžbenika odobrilo je Povjerenstvo za izdavačku djelatnost Veleučilišta u Karlovcu Odlukom o izdavanju publikacije br. 7.5-13-2018-5

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Studij sigurnosti i zaštite



Snježana Kirin

UVOD U ERGONOMIJU

Karlovac, 2019.

Predgovor

Ergonomija je znanstvena disciplina koja multidisciplinarnim i interdisciplinarnim pristupom proučava ljudske sposobnosti, ograničenja i ponašanje primjenjujući utvrđene informacije na oblikovanje sustava čovjek-stroj-okoliš. Cilj je da se rad humanizira radi povećanja produktivnosti, poboljšanja udobnosti čovjeka-radnika i povećanja korisnosti proizvoda. Ubrzani način života i vremensko ograničenje prisiljava čovjeka da se izlaže velikim fizičkim i psihičkim naporima koji prelaze granice tjelesne izdržljivosti što povećava rizik nastanka ozljeda. Stoga je zadatak ergonomije da se njenom primjenom smanje i spriječe ozljede, poboljšaju uvjeti rada te promiču zdravi stavovi društva prema životnom radnom okolišu.

Ovaj udžbenik Veleučilišta u Karlovcu pod naslovom *Uvod u ergonomiju* nastao je na inicijativu studenata studija Sigurnosti i zaštite koji su pokazali interes za pisanim materijalom iz kolegija Primijenjena ergonomija. Nadam se da udžbenik svojim sadržajem može poslužiti i studentima drugih visokoškolskih ustanova koji proučavaju ergonomiju u okviru svojih nastavnih planova i programa.

U udžbeniku su objašnjene podjele tipova i vrsta ergonomije. Obradene su fiziološka antropologija, statička i kinematička antropometrija te biomehanika kao osnove za povoljno oblikovanje radnih mjesta. Nadalje, obrađeni su elementi povoljnog stanja radne okoline kao što su mikroklima, buka, vibracije te rasvjeta. Dane su osnovne postavke oblikovanja radnih mjesta sa stajališta antropometrije, psihologije, fiziologije, ekonomije, organizacije i sigurnosti i zaštite na radu. Temeljem Pravilnika i normi dane su osnovne postavke oblikovanja radnog mjesta za rad radnika za računalom. Prikazane su i metode za analizu radnog opterećenja koje omogućavaju otkrivanje manjkavosti i nedostatke na radnom mjestu te daju osnovne smjernice za pravilno oblikovanje radnog mjesta s ciljem smanjenja radnog opterećenja u radnom sustavu. Na kraju je dan kratak osvrt na odjeću koja mora biti ergonomski oblikovana, a u skladu s kinematičkim antropometrijskim uvjetima korištenja pri čemu mora biti osigurana udobnost kod nošenja i postignut visok stupanj slobode kretanja.

Na kraju koristim priliku da se zahvalim recenzentima prof. dr. sc. Tanji Jurčević Lulić (Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu), izv. prof. dr. sc. Anici Hursa Šajatović (Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu) i dr. sc. Anti Paviću, prof. v. š. (Veleučilište u Karlovcu) koji su tekst pomno pregledali i dali korisne primjedbe i sugestije što je dodatno obogatilo ovaj udžbenik.

Karlovac, ožujak 2019.

mr. sc. Snježana Kirin, viši pred.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Povijest ergonomije	2
1.2. Podjela ergonomije	3
1.3. Vrste ergonomije	5
1.3.1. Kognitivna ergonomija	5
1.3.2. Organizacijska ergonomija	8
1.3.3. Fizikalna ergonomija	8
2. FIZIOLOŠKA ANTROPOLOGIJA	13
2.1. Dimenzijski odnosi ljudskog tijela	13
2.2. Konstrukcija modela ljudskog tijela	14
2.3. Harmonijska antropometrijska analiza	15
3. ANTROPOMETRIJA	19
3.1. Statička antropometrija	22
3.2. Kinematička i dinamička antropometrija	25
4. BIOMEHANIČKI ASPEKTI GIBANJA TIJELA	27
4.1. Biomehanički model čovjeka	27
4.2. Biomehanika kralješnice	33
4.3. Biomehaničko mjerenje ljudskog rada	36
5. ZNAČAJ ČOVJEKA U RADNOM SUSTAVU	39
5.1. Termoregulacija čovjeka	42
6. TOPLINSKA UDOBNOST	45
6.1. Temperatura zraka	45
6.2. Relativna vlažnost	47
6.3. Brzina strujanja zraka	47
6.4. Indeks PMV (<i>Predicted Mean Vote Index</i>)	49
6.5. Indeks WBGT (<i>Wet Bulb Globe Temperature</i>)	50
6.6. Efektivna temperatura (ET)	51

6.7.	Toplinske svojstva odjeće.....	53
6.8.	Metabolizam	54
7.	BUKA.....	57
7.1.	Učinci buke na sluh i zdravlje radnika	57
7.2.	Norme i propisi u području zaštite od buke.....	61
7.3.	Zaštitne mjere od buke	62
7.4.	Mjerenje buke	63
8.	VIBRACIJE	65
8.1.	Učinci vibracija na zdravlje radnika	69
8.2.	Norme i propisi u području zaštite od vibracija	70
9.	VID I RASVJETA	73
9.1.	Anatomija i fiziologija oka	73
9.2.	Vidno polje i vidne karakteristike	74
9.3.	Fotometrijske veličine i jedinice.....	77
9.4.	Rasvjeta	77
9.4.1.	Fiziološki zahtjevi umjetne rasvjete	80
9.4.2.	Djelovanje rasvjete na čovjeka	82
9.4.3.	Norme i propisi u području rasvjete	83
10.	OBLIKOVANJE RADNIH MJESTA	85
10.1.	Oblikovanje radnih mjesta sa stajališta antropometrije	86
10.1.1.	Sjedeći radni položaj	86
10.1.2.	Stojeći radni položaj	92
10.1.3.	Radne zone	96
10.1.4.	Zone vida	97
10.2.	Oblikovanje radnih mjesta sa stajališta psihologije	100
10.3.	Oblikovanje radnih mjesta sa stajališta fiziologije	101
10.4.	Oblikovanje radnih mjesta sa stajališta ekonomije	102
10.5.	Oblikovanje radnih mjesta s uvažavanjem načela učinkovitosti organizacije.....	103
10.6.	Oblikovanje radnih mjesta sa stajališta sigurnosti i zaštite na radu.....	104

10.7.	Računalno oblikovanje radnih mjesta	104
11.	RAD RADNIKA ZA RAČUNALOM	107
11.1.	Opterećenje radnika za računalom	107
11.2.	Osnovna ergonomska načela kod oblikovanja radnih mjesta s računalom.....	108
11.2.1.	Zaslona	109
11.2.2.	Tipkovnica	110
11.2.3.	Radna sjedalica i radni stol	111
11.2.4.	Radni uvjeti kod rada za računalom	115
12.	METODE ZA ANALIZU RADNOG OPTEREĆENJA	117
12.1.	MODAPTS (<i>Modular Arrangement of Predetermined Time Standards</i>) metoda.	118
12.2.	RULA (<i>Rapid Upper Limb Assessment</i>) metoda	120
12.2.1.	Primjer određivanja opterećenja radnika RULA metodom	125
12.3.	NIOSH (<i>The National Institut for Occupational Safety and Health</i>) metoda.....	126
12.4.	OWAS (<i>Ovaco Working Analysing System</i>) metoda	128
12.5.	PLIBEL (<i>Plan för identifiering av. Belastningfaktorer</i>) metoda.....	130
12.6.	DMQ (<i>Dutch Musculoskeletal Questionnaire</i>) metoda	132
12.7.	REBA (<i>Rapid Entire Body Assesment</i>) metoda	135
12.7.1.	Primjer određivanja opterećenja radnika REBA metodom	139
13.	ERGONOMIJA I ODJEĆA	143
14.	LITERATURA.....	147
PRILOG	157
	Popis oznaka i mjernih jedinica	157
	Popis tablica	158
	Popis slika	160
	Popis kratica	165

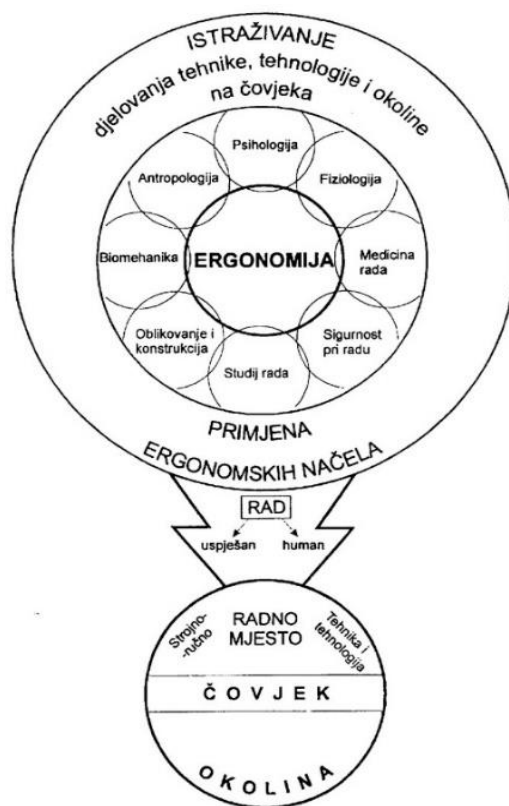
1. UVOD

Ergonomija (grčki: *ergon*-rad i *nomos*-zakon) je znanstveno područje u kojem se multidisciplinarnim (više stručnjaka iz raznih područja) i interdisciplinarnim istraživanjem (svaki sa svog stajališta) te donošenjem ergonomskih načela nastoje uskladiti odnosi u sustavu čovjek-radno mjesto-radna okolina sa svrhom da se rad humanizira.

U rješavanju problematike prilagođavanja rada čovjeku sudjeluje tim različitih stručnjaka: antropologa, psihologa, fiziologa, biomehaničara, medicinara rada, konstruktora, projektanata i inženjera koji se bave studijem rada i sigurnošću na radu.

Prema Međunarodnom ergonomijskom udruženju (IEA-*International Ergonomics Association*) ergonomija je znanstvena disciplina koja podrazumijeva međudjelovanje ljudi i drugih elemenata sustava, odnosno struka, koja primjenjuje teoriju, principe, podatke i metode oblikovanja sa svrhom optimiranja dobrobiti čovjeka i općih svojstava sustava. Ergonomisti doprinose oblikovanju i vrednovanju zadataka, poslova, proizvoda, okoliša i sustava kako bi oni postali kompatibilni s potrebama, sposobnostima i ograničenjima čovjeka (Mijović, 2008.). Stoga je osnovi zadatak ergonomije prilagođavanje rada čovjeku s tri stajališta (Čolović, 2015.):

- prilagođavanje strojeva i alata koji moraju biti projektirani tako da uvažavaju anatomske, fiziološke i psihofiziološke karakteristike čovjeka,
- prilagođavanje metoda rada čovjeku u odnosu na radne položaje i pokrete, podjelu rada (radne operacije), organizaciju i sredstva za rad (stroj, predmet rada, alati, uređaji) i
- prilagođavanje uvjeta radne okoline.



Slika 1. Prikaz područja djelovanja ergonomije u sustavu čovjek-stroj-okolina (Taboršak, 1987.)

Ergonomija je znanstveno područje koje istraživanjem djelovanja tehnike, tehnologije i okoline na čovjeka te primjenom ergonomskih načela pomoću različitih struka nastoji uskladiti odnose između čovjeka, radnog mjesta i okoline s ciljem humanizacije rada (*Tabořsak, 1987.*) Različite discipline sadržane u ergonomiji prikazane su na slici 1.

Antropometrija proučava (antropometrijske) tjelesne dimenzije čovjeka kako bi se omogućilo dobro oblikovanje odnosa sustava čovjek-stroj-okolina.

Fiziologija rada daje podatke o funkcioniranju ljudskog organizma pri radu.

Psihologija rada daje podatke o psihičkim zahtjevima rada te odnosu čovjeka prema radu.

Biomehanika se bavi rješavanjem zadataka vezanih za pokretljivost tijela u radnom sustavu.

Medicina rada ima zadaću uskladiti odnose između čovjeka i rada te preventivnim mjerama spriječiti narušavanje zdravlja.

Sigurnost na radu uključuje niz mjera u pružanju sigurnih radnih uvjeta, očuvanju privatnosti, dostojanstva i integriteta čovjeka na radu.

Studij rada obuhvaća područje vezano za studij i analizu vremena i pojednostavljenje rada s ciljem utvrđivanja potrebnog radnog vremena korištenjem optimalnih metoda rada, a u svrhu smanjenja zamora, povećanja sigurnosti, smanjenja troškova i povećanja produktivnosti.

Oblikovanje i konstrukcija obuhvaća projektiranje radnog mjesta da bude funkcionalno, ekonomično i konstrukcijski podobno prilikom rada čovjeka.

Ekologija rada obuhvaća prilagođavanje radnih uvjeta (rasvjeta, mikroklimatski parametri, plin, para, zračenje) radniku.

1.1. Povijest ergonomije

Mnogi su primjeri u povijesti koji govore o primjeni ergonomije u oblikovanju predmeta, arhitekturi ili proceduri obavljanja rada.

Hipokrat (460-370 p.n.e.) donosi konkretne preporuke za oblikovanje radne okoline kirurga kojima preporučuje rad u sjedećem ili stojećem položaju s obzirom na vrstu operacije, pri čemu navodi relativan položaj kirurga i pacijenta, smjer i izvor svjetla (da se omogući dovoljno svjetla, a onemogući refleksija), razmještaj instrumenata (dovoljno blizu a opet dovoljno daleko da neograničava slobodu pokreta), dimenzije instrumenata (oblik, veličinu i težinu), čime se osigurava lakoća korištenja.

Bernardino Ramazzini (1633.-1714.) bio je liječnik koji je proučavao bolesti uzrokovane na radnom mjestu te je primijetio da pojedini pacijenti imaju simptome bolesti povezane s njihovom profesijom.

Wojciech Bogumił Jastrzębowski (1799.-1882.) je koristio ime ergonomija. Istraživao je interaktivni odnos čovjeka i radnog okruženja te je 1857. godine koristio pojam ergonomije u svom članku „Rys ergonomji czyli nauki o pracy, opartej na prawdach poczerpnietych z Nauki Przyrody“.

Frederick Winslow Taylor (1856.-1915.) je utemeljitelj teorije znanstvenog rukovođenja koji se bavio proučavanjem učinkovitosti na osnovu specijalizacije i podjele rada. Koristio je studij pokreta, no naglasak je stavljao na materijale, alate i opremu u vezi s poboljšanjem metoda.

Frank Bunker Gilbreth (1868.-1924.) i *Lilian Gilbreth* (1878.- 1972.) poznati su po svom radu u području studija vremena i pokreta. Podijelili su osnovne pokrete u 18 podvrsta ili događaja te ih nazvali *Therblig* (anagram Gilbreth), a prikazani su u tablici 1 (*Barnes, 1964.*). Svakom pokretu, uz naziv, dodijelili su simbol i boju, za jednostavnije praćenje i opisivanje pokreta ruku, što ujedno predstavlja prvi sustav opisivanja i načina izvođenja rada, ali bez vremenskih vrijednosti pojedinih pokreta.

Tablica 1. Prikaz therbligsa (*Barnes, 1964.*)

Proizvodni			Ometajući			Neproizvodni		
Naziv	Simbol	Boja	Naziv	Simbol	Boja	Naziv	Simbol	Boja
posezanje	☪	maslinasto-zelena	traženje	👁	crna	držanje	👉	zlatno žuta
prenošenje	👁	zelena	nalaženje	👁	siva	odmaranje	👉	narančasta
hvatanje	👉	crvena	odabiranje	➔	svjetlo siva	neplanirani zastoj	👉	svijetli oker
ispuštanje	👁	jarko crvena	kontroliranje	👉	tamni oker	planirani zastoj	👉	žuta
postavljanje	👉	plava	pripremanje	👉	svjetlo plava			
upotrebljavanje	👉	purpurna	Planiranje	👉	smeđa			
sastavljanje	👉	ljubičasta						
rastavljanje	👉	svjetlo ljubičasta						

Ralph M. Barnes je proširio Gilbrethove osnovne principe racionalizacije pokreta na 22 načela koja se primjenjuju kada se želi optimalno oblikovati radno mjesto:

- 8 načela vezanih za ekonomiju pokreta,
- 8 načela vezanih za uređenje radnog mjesta i
- 6 načela vezanih za metode i načela oblikovanja alata i opreme.

Za uspješno i humano oblikovanje rada potrebno je poznavati čovjeka i njegove mogućnosti kod izvođenja rada, kao i karakteristike radnog mjesta i radne metode pri čemu je potrebno osigurati normalne uvjete radne okoline. Prilagođavanjem rada čovjeku postiže se povećanje produktivnosti, smanjenje psihofizičkog opterećenja radnika, smanjenje broja profesionalnih oboljenja i osiguravanje efikasnosti i sigurnosti na radu.

1.2. Podjela ergonomije

Ergonomiju možemo podijeliti na konceptijsku, sistemsku, korektivnu, ergonomiju programske potpore i ergonomiju računalnog sklopovlja (slika 2).



Slika 2. Prikaz podjele ergonomije

Koncepcijska ergonomija se bavi oblikovanjem ergonomskih mjera prilikom projektiranja radnih sustava te obuhvaća područje humaniteta i ekonomičnosti.

U okviru područja humaniteta potrebno je smanjiti opterećenje radnika i opasnosti na radu, učiniti rad ugodnim, omogućiti uvid u rezultate rada, osigurati predahe i odmore, poboljšati dostupnost informacija, predvidjeti sposobnosti čovjeka, smanjiti oštećenje zdravlja radnika, utvrditi metodu rada, poboljšati radni učinak, smanjiti monotoniju, optimirati uvjete radne okoline, osigurati zaštitu na radu i dr. U okviru ekonomičnosti potrebno je povećati kvalitetu rada, osigurati prirodni ritam rada, optimirati zahtjeve pri radu, smanjiti mogućnost pojave pogrešaka, smanjiti fluktuaciju radnika, povećati motivaciju, omogućiti razvoj vještina i dr. (Mikšić, 1997.).

Sistemska ergonomija vodi brigu o usklađivanju funkcija jednog proizvodnog sustava (čovjek-stroj-okolina). Prema B. Döringu obuhvaća područja (Döring, 1974.):

- oblikovanja organizacije radnog sustava,
- organizacije tijeka radnog sustava,
- oblikovanja radnog mjesta,
- oblikovanja radne okoline i
- izbora i obrazovanja radnog osoblja.

Ova ergonomija obuhvaća oblikovanje radnog mjesta i radne okoline već u fazi projektiranja proizvodnog procesa.

Korektivna ergonomija bavi se oblikovanjem ergonomskih mjera tijekom izvođenja radnog procesa. Za korektivnom se ergonomijom poseže u slučajevima zapostavljanja ergonomskih načela u razvojnom razdoblju sustava, u procesu kad je već sustav djelomično gotov. Kada se uzmu u obzir sveukupne faze razvoja, iako je korektivna ergonomija skuplja metoda, njezina su rješenja pouzdana, te je napredak još uvijek zadovoljavajući i bolji nego da se nedostaci otkriju u kasnijim fazama razvoja.

Ergonomija programske potpore ima zadatak razviti kriterije i metode kojima će se softverski proizvodi kvalitativno ocjenjivati i međusobno uspoređivati radi njihova praktičnog poboljšanja. To je dio znanosti o radu koja se bavi direktnim ili indirektnim djelovanjem softverskih proizvoda u radnom sustavu čovjek-stroj.

Ciljevi ergonomije programske potpore su:

- poboljšanje prihvaćanja ove tehnologije,
- poboljšanje radne motivacije,
- povećanje radnih kompetencija,
- razvoj osobnosti i
- optimiranje opterećenja pri uvođenju novih tehnologija.

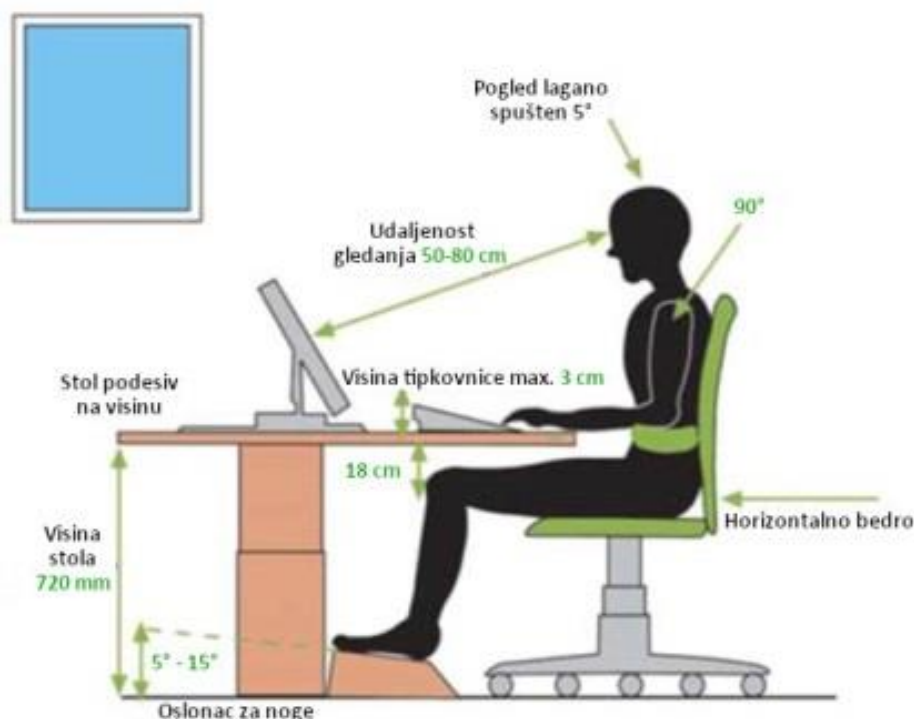
Uvođenjem računala čovjek dolazi u indirektan odnos s predmetom rada zbog čega mora raspolagati komponentama koje će mu omogućavati određeni stupanj slobode pri savladavanju radnih zadataka.

Ergonomska programska potpora je programska potpora koja podržava korisnika u radu, bez nametanja koraka ili problema koji su uzrokovani programskom potporom. Na području programske potpore postoje smjernice za projektiranje radnog mjesta za računalom, za prikazivanje informacija na monitoru. Smjernice su navedene u normi HR EN ISO 9241-125:2017: *Ergonomija interakcije čovjek-sustav - 125. dio: Upute za vizualni prikaz informacija*, i zbog toga se uzimaju u obzir kod stvaranja aplikacijske programske potpore. Cilj je izrada ergonomskih smjernica za unapređenje međudjelovanja čovjeka i softvera u radnom okolišu s namjerom provođenja praktičnih poboljšanja i prilagođavanja softvera potrebama korisnika. Programska potpora se bavi principima i metodama za projektiranje i

ocjenjivanje interaktivnih programskih potpora. Bitno je da programska potpora ne izazove opterećenje radnika u vidu stresa ili frustracije.

Ergonomija programske potpore upotrebljava se da bi se povećala proizvodnja uz pomoć novih tehnologija, omogućilo povećanje efikasnosti obrade informacija uvođenjem boljih metoda i postupaka i ovladalo djelovanjem informacijskih tehnologija na čovjeka.

Ergonomija računalnog sklopovlja bavi se tehničko-fizikalnim komponentama računalnog sustava. Njezin je zadatak briga o odnosu stanja u okolini i računala, što obuhvaća uređenje samog radnog mjesta (stol, sjedalica, tipkovnica, miš, zaslon itd.). Na slici 3 prikazane su neke karakteristike radnog mjesta za računalom koje pripadaju domeni sklopovske ergonomije.



Slika 3. Prikaz radnika za računalom (Božić, 2016.)

Zaslon se postavlja po horizontalnoj osi tako da je moguća dobra prilagodba na svjetlosne uvjete i visinu očiju korisnika, uzimajući u obzir djelovanje bliještanja i titranja. Važna je struktura informacija na zaslonu, te sadržajna i praktična građa zaslona. Sadržajna strana zaslona podrazumijeva logičnost informacija, dok grafička strana podrazumijeva preglednost, uočljivost i zanimljivost tih informacija. Tipkovnica mora biti ergonomski oblikovana.

1.3. Vrste ergonomije

1.3.1. Kognitivna ergonomija

Kognitivna ergonomija se bavi načinom kako mentalni procesi, kao što su percepcija, pamćenje, opažanje i motoričke reakcije, djeluju na ljude i druge elemente sustava. Obrađuje teme: mentalno opterećenje i preopterećenje, donošenje odluka, mogućnosti uvježbanih radnji, međudjelovanje čovjeka i računala, pouzdanost čovjeka, stres i trening.

Mentalno opterećenje tijekom rada, donošenje odluka i kontinuirano planiranje su prisutni kod svakodnevnog rada radnika koji se ne bave primarno fizičkim radom. To ne znači da fizički rad nema svoja mentalna opterećenja, daleko od toga, fizički rad samo dodatno opterećuje takvog radnika. Stoga je ova vrsta ergonomije bitan faktor u organiziranju svih vrsta rada. Proces kojim se ljudsko biće koristi da bi se orijentiralo usred raznih svakodnevnih prilika i neprilika u vanjskom svijetu naziva se mentalni proces, a on može biti proces osjećanja, percepcije, učenja, promišljanja i pamćenja. Sva osjetila su zapravo refleksijska određenih utjecaja vanjskog svijeta unutar našeg uma (*Wickens et al., 2004.*).

Percepcija je proces koji daje smisao osjetilnim informacijama, spaja prethodna iskustva s tekućima, stvara i održava osnovnu unutarnju koheziju i jedinstvo znanja o bitnim dijelovima vanjskog svijeta, odnosno stvarnosti uopće (*Dehlin et al., 1998.*). Bitni dijelovi percepcije su (*Čolović, 2014.*):

- percepcija radnog učinka,
- percepcija organizacijskih uloga,
- percepcija karaktera i
- percepcija određenih grupa i kategorija unutar organizacije.

Percepcija, dakle, uključuje istraživanje, pronalazak i obradu informacija. Ljudi kroz rad i izvan njega konstantno dolaze do novih iskustava iz okoline putem svojih osjetila. Odabirom i filtracijom tih iskustava dobivenih percepcijom stvara se znanje koje se pohranjuje i postaje dio pamćenja. Svaka informacija koja dođe u dodir s čovjekovim mentalnim procesima izaziva neku vrstu reakcije koja može biti pozitivna ili negativna. Reakcija koju ljudi imaju na te informacije ovisi o tome kako su ih interpretirali i hoće li biti korisna u budućnosti.

Primijenjeno na rad, situacije i međusobni odnosi radnika s kolegama i nadređenima imaju veliki utjecaj na mentalno stanje svih uključenih u taj odnos. Gledano od strane nadređenih, potrebno je shvatiti da bez obzira na radnu situaciju i poslovne prioritete, u krajnjoj se liniji uvijek radi s ljudima. Na njih utječemo, direktno ili indirektno, pa je izuzetno važno imati svijest o utjecaju koji društveni odnosi imaju na rad. Ti odnosi su od velikog značaja jer utječu i na prijenos onih informacija koje se ne dokumentiraju, već se prenose s osobe na osobu usmenom komunikacijom. Ako je odnos neprilagođen zbog određenih subjektivnih mišljenja, narušava se cijeli sustav rada i to na jednoj nevidljivoj, ali jako utjecajnoj razini. Kod takvih slučajeva određena znanja, odnosno informacije poznate zaposleniku, ne mogu doći do potrebnih dijelova sustava niti u jednom smjeru, bilo prema gore, dolje ili horizontalno, na zaposlenikovoj razini.

U prihvatljivim uvjetima, gdje su odnosi među zaposlenicima dobri, međusobni prijenos informacija rezultira kontinuiranim nesvjesnim učenjem i proširivanjem znanja. Osobe na ključnim pozicijama u sustavu moraju biti svjesne toga ako žele postići poboljšanje sustava iznutra. Prijenos informacija uzrokuje učenje vještina, a učenje vještina mora uzrokovati trajnu promjenu u ponašanju i spoznaji pojedinog zaposlenika kako bi imala trajni utjecaj na rad, odnosno mora se stvoriti navika.

U tvrtkama, nadređeni žele da radnici nauče i primjenjuju produktivan pristup radu. Učenje novih radnih navika i uspješnost njihove primjene uvelike ovisi o radnoj okolini. Cilj je stvoriti radnu okolinu koja osigurava i podupire razvoj ponašanja i spoznaja radnika u onom smjeru u kojem to tvrtka zahtijeva.

Pamćenje je proces učenja kroz koji se stvaraju nove navike, nova znanja i iskustva. Ono je zapravo sposobnost primanja, zadržavanja i korištenja informacija koje su došle izvana. Ono je zato od neizmjerne važnosti za svakog čovjeka radi njegovog razvoja, kao i njegovog karaktera, te stoga ima i veliku važnost za uspješnost u radu.

Razmišljanje, ili tok misli, misaoni je proces kojeg karakteriziraju razum i zaključivanje, a do njega se dolazi razumijevanjem uzročno-posljedičnih veza između različitih pojmova ili ideja.

Mobilnost, pokretljivost ili stupanj razvijenosti motoričkih sposobnosti, kao i ostali kognitivni procesi, imaju veliku ulogu u životu pa samim time i u radu. Pokreti se izvode primjenom glatkog i poprečno-prugastog mišićnog tkiva koji omogućuju statička i dinamička stanja tijela, kao što su držanje, položaj glave, sjedenje, stajanje, hodanje, penjanje i sve ostale kretnje (Muftić, 1998.).

Fizičko je kretanje uglavnom predmet istraživanja fizikalne ergonomije, no ima i svoju sferu u kognitivnoj ergonomiji jer je kretanje nemoguće bez misaonih procesa koji ga uzrokuju. Poznato je da različiti ljudi imaju različite sposobnosti kretanja. Te razlike mogu biti prvenstveno fizičke, no činjenica je da su neki ljudi jednostavno sposobniji obavljati neke vrste rada u odnosu na druge bez obzira na to što imaju podjednako fizičko stanje.

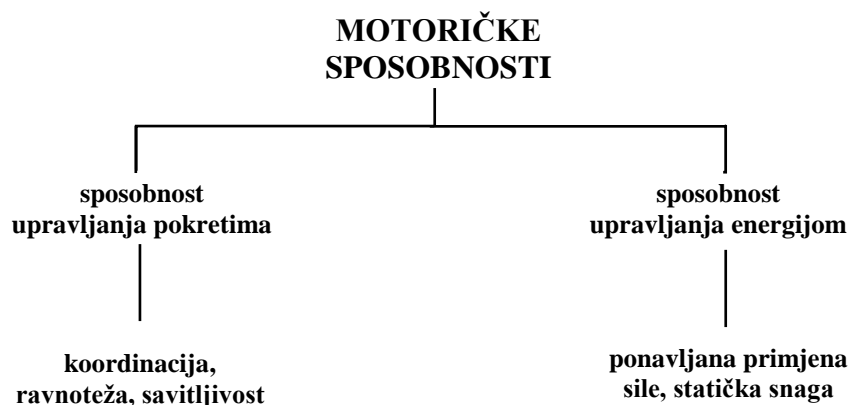
Prva razlika koja se može uzeti za primjer je razlika između muškaraca i žena. Glavna je razlika da su žene sposobnije za izvođenje pokreta koji spadaju pod fine motoričke vještine, dok muškarci imaju veće sposobnosti kod grubih motoričkih vještina.

Takve razlike ne znače da zbog njih ljudi nisu sposobni raditi određene poslove, već samo to da im treba vremena da razviju svoje motoričke sposobnosti da bi došli na razinu na kojoj netko drugi već je zahvaljujući svojim genetskim predispozicijama. Takve razvijene sposobnosti koje ljudi imaju nazivamo talentom.

Motoričke su sposobnosti potrebne za izvođenje pokreta uz međudjelovanje fizikalnih parametara prostora, vremena i sila koje utječu na tijelo (slika 4).

Motoričke sposobnosti su:

- primarne motoričke sposobnosti: koordinacija, brzina, preciznost, ravnoteža, snaga, savitljivost i
- sekundarne motoričke sposobnosti: sposobnost upravljanja pokretima u prostoru i vremenu i sposobnost upravljanja energijom kod izvođenja radnji koje zahtijevaju silu.



Slika 4. Podjela motoričkih sposobnosti (Čolović, 2014.)

Sposobnost upravljanja energijom se odnosi na sposobnost tijela da potencijalnu energiju pretvori u kinetičku. U tom smislu, također, postoje talentirani i netaleirani pojedinci, no ovo je možda jedna od sposobnosti koju je najlakše svladati te je ljudi nesvjesno svladavaju kroz bilo koju vrstu rada.

Primjer toga je stupanj umora novog radnika i radnika koji je na tom radnom mjestu duže vrijeme. Novi radnik nema percepciju o potrebnoj energiji koju je potrebno uložiti u rad pa je skloniji preuranjenom umoru. S druge strane, iskusni radnik zna raspodijeliti svoju energiju

kroz vrijeme što rezultira mnogo manjim ili kasnijim umorom. Iskusni radnik je razvio svoje motoričke sposobnosti kroz rad.

1.3.2. Organizacijska ergonomija

Organizacijska ergonomija se bavi optimizacijom društveno-tehničkih sustava, uključujući njihovu organizacijsku strukturu, pravila i procese te proučava komunikaciju, organizaciju rada i ostale organizacijske dijelove proizvodno-poslovnog sustava. Obrađuje teme poput komunikacije među ljudima, upravljanja radnim grupama, dizajniranja načina obavljanja rada, vremenske organizacije rada, ergonomije društvenih zajednica, kompetencija u radu, virtualne organizacije i upravljanja kvalitetom.

Organizacijska struktura proizvodno-poslovnog sustava sastoji se od rasporeda i međuodnosa njegovih unutarnjih komponenti: financija koje omogućuju rad, predmeta rada i zaposlenika koji rad obavljaju.

U tom se procesu veći i kompliciraniji radni zadaci dijele na manje, specijalizirane i individualne zadatke. Temelj organizacijske strukture proizvodno-poslovnog sustava je, dakle, raspodjela ukupnog rada na više manjih individualnih poslova ili grupa zadataka. Raspodjela se ostvaruje kroz dijeljenje poslova i zadataka kroz radni tijek pojedinim radnicima, grupama radnika ili timovima.

Na organizacijsku bi strukturu trebalo gledati kao na dinamičnu kategorizaciju ljudi u kojoj se unutarnji međuodnosi ostvaruju između različitih komponenti u svrhu obavljanja rada i ostvarenja kratkoročnih i dugoročnih ciljeva cijelog sustava.

Organizacijska ergonomija definira tok informacija između različitih razina, a ovisno o strukturi koja je primijenjena, može biti centralizirana, orijentirana odozgo prema dolje ili obrnuto ili na bilo koji drugi način na koji se odluči vodstvo sustava.

Komunikacija je proces prijenosa i razmjene informacija, ideja, misli ili planova između različitih dijelova organizacije. Odnosi među ljudima nisu mogući bez nje, kao što ni uspješna organizacija nije moguća bez dobro razvijene komunikacije.

Suvremena organizacija stavlja naglasak na važnost načina na koji se pristupa procesu rada te timskom međuodnosu zaposlenika koji na njemu rade. Ključni element, uz sam proces, je pristup cijeloj organizaciji putem razmjene informacija, odnosno komunikacijom. To omogućuje komunikacijska tehnologija i kontinuirano ulaganje u razvoj i poboljšavanje komunikacijskih procesa.

1.3.3. Fizikalna ergonomija

Fizikalna ergonomija se bavi ljudskim anatomskim, fiziološkim i biomehaničkim karakteristikama te načinom kako one utječu na fizičku aktivnost. Ovdje se obrađuju teme poput položaj pri radu, rukovanja materijalom (teretom), ponavljajućih pokreta, utjecaja rada na poremećaje mišića i kostiju, organizacije radnog prostora, sigurnosti i zdravlja. U ovom segmentu ergonomija predstavlja znanost kojom se dizajnira način obavljanja rada, oprema i radni okoliš tako da odgovaraju radniku. Dobar ergonomski dizajn nužan je kako bi se spriječile ozljede od ponavljajućih kretnji i radnji koje s vremenom mogu dovesti do invaliditeta. Najčešći uzroci ozljeda su brzi i ponavljajući pokreti, neprirodni položaji, uporaba sile (podizanje i prebacivanje tereta, rukovanje težim objektima) i nedostatak odmora.

Glavni ciljevi fizikalne ergonomije su poboljšanje ugodnosti rada te smanjenje bolova i mišićno-koštanih bolesti. Zbog toga se gotovo primarno bavi osmišljanjem sustava koji, na najmanju moguću mjeru, smanjuju fizikalan utjecaj okoline na tijelo.

Kao takva, fizikalna ergonomija demonstrira ljudsku sposobnost, logiku i razum da shvati, prepozna i poboljša uvjete rada, a time i života.

Da bi se ostvarili ti ciljevi fizikalne ergonomije, potrebno je prepoznati i razumjeti kako i kada rad negativno utječe na čovjeka i njegovu zdravlje. To je zadatak službe zaštite na radu. Čovjek pri radu dolazi u kontakt s rizicima koji mogu biti rizici od ozljeda i rizici od bolesti uzrokovanih radom.

Ozljede mogu uzrokovati kratkotrajno, ali i dugotrajno oštećenje zdravlja i umanjiti radnu sposobnost, dok su oboljenja uzrokovana radom gotovo uvijek dugotrajna i u svojoj boli i u utjecaju na radnu sposobnost.

Opasnosti na radu uključuju niz štetnih učinaka na zdravlje radnika. Opasnost nije uvijek trajno stanje (mehanički izvori opasnosti, opasnost od strujnog udara) već se češće javlja trenutno, a tada se događaju nesreće. U opasnosti na radu spadaju utjecaji na tijelo radnika koji uzrokuju dugoročna zdravstvena oštećenja (štetne i otrovne tvari, buka, vibracije).

Prema ILO-u (eng. *International Labour Organisation*) opasnosti na radu dijele se na kemijske i fizikalne te se mogu svrstati u sljedećih 12 kategorija:

- fizički napor (nefiziološki položaj tijela), odnosno bilo koje radnje koje zahtijevaju dinamičan ili statičan napor,
- mehaničke opasnosti, odnosno sve što nastaje utjecajem mehaničkog rada, tj. utjecajem sredstava rada na tijelo radnika, bilo u stanju odmora ili stanju obavljanja rada,
- opasnost od strujnog udara pri radu s električnim uređajima ili kod uporabe električne energije,
- opasne tvari, uzrokovane prašinom, parama, dimovima, koje najčešće uzrokuju oštećenje dišnog sustava, očiju i kože radnika,
- kemijske opasnosti (radnik koji u radu rukuje štetnim kemikalijama u direktnoj je opasnosti za zdravlje),
- opasnost od buke, vibracija i udara, gubitak sluha, srčani poremećaji, poremećaji u ravnoteži, nesаница itd.,
- slabo osvjetljenje i oštećenje vida koji uzrokuju smanjenu radnu sposobnost,
- štetno zračenje (posljedice se mogu prepoznati nakon kratkoročnog, ali i dugoročnog izlaganja),
- nepovoljni mikroklimatski uvjeti, temperatura, vlaga, strujanje zraka,
- biološke opasnosti, virusi, bakterije, paraziti, insekti itd., opasnosti organskog podrijetla,
- opasnost od padova s visine ili u dubinu i
- opasnost od požara i eksplozija (zahtijeva posebnu zaštitu).

Služba sigurnosti i zaštite na radu unutar svakog proizvodno-poslovnog sustava mora biti osnovana na primjeni mjera prevencije ozljeda na radu, oboljenja ili bilo kojih drugih štetnosti na zdravlje radnika, koje se moraju primijeniti prije nego što radnik počne rad na radnom mjestu.

Preduvjet uspješnoj primjeni i provedbi mjera za sigurno i zdravo radno okruženje na radnom mjestu je procjena rizika. Rizik je vjerojatnost ozljede, oboljenja ili oštećenja zdravlja radnika uzrokovanih opasnostima.

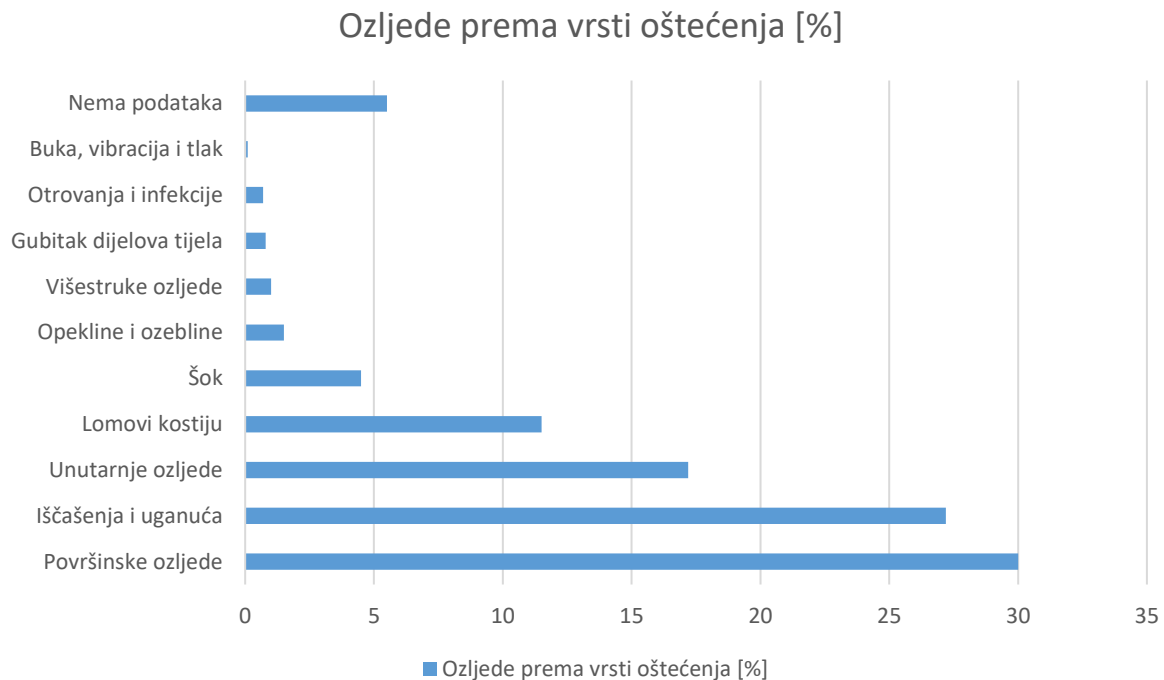
Procjena rizika je sustavno popisivanje i ocjenjivanje svih čimbenika u radnom procesu koji mogu rezultirati ozljedom, oboljenjem ili štetom za zdravlje. Uz to se bavi pronalaskom i osmišljanjem mjera koje te čimbenike eliminiraju u potpunosti ili ih smanjuju na najmanju moguću mjeru.

Iz perspektive poslodavca, a time ujedno i njegovog interesa, briga o rizicima i čimbenicima koji ih predstavljaju, odnosno o sigurnosti i zdravlju radnika, pridonosi povećanoj produktivnosti i efikasnosti na načine da:

- direktno utječe na održivost radnog kapaciteta,
- smanjuje trošak zamjene radnika odsutnih zbog ozljede ili oboljenja,
- eliminira mogućnost troškova naknade radnicima oboljelih od profesionalnih bolesti,
- ima pozitivan učinak na percepciju poduzeća u javnosti, a time i na tržištu rada i
- smanjuje nezadovoljstvo radnika koje bi inače bilo prisutno zbog nepredvidivih situacija u radnom procesu.

U svijetu se svake godine dogodi 50 milijuna ozljeda ili 160 tisuća svakog dana. Podaci o ozljedama na radu u Europskoj uniji za 2017. godinu pokazuju da je 3 milijuna ozljeda godišnje uzrokovano izostankom s posla u trajanju od najmanje 4 dana. Dva milijuna ozlijeđenih su muškarci, jedan milijun su žene, dok je broj smrtno stradalih osoba 3 739 ([http://cc.europa.eu/eurostat/statistics-explained/indeks.php/Accidents at work statistics](http://cc.europa.eu/eurostat/statistics-explained/indeks.php/Accidents%20at%20work%20statistics)).

Prema tim podacima najčešće su površinske ozljede i lakše ozljede mišićno-koštanog sustava (slika 5).



Slika 5. Ozljede prema vrsti oštećenja

([http://cc.europa.eu/eurostat/statistics-explained/indeks.php/Accidents at work statistics](http://cc.europa.eu/eurostat/statistics-explained/indeks.php/Accidents%20at%20work%20statistics))

Najčešći uzroci ozljeda na radu su nedovoljno provedene mjere i pravila zaštite na radu te nedovoljan broj ispunjenih obveza propisanih strukom od strane radnika. Od toga, velik broj se događa zbog loše organizacije radnog okruženja, odnosno radnog mjesta (tablica 2).

Procjenjuje se da ukupni gubitak uzrokovan smanjenom produktivnošću zbog oboljenja, ozljeda i za njih potrebne zdravstvene skrbi iznosi preko 10 milijardi eura godišnje.

Tablica 2. Utjecaji ozljeda na radu (*Čolović, 2014.*)

	Utjecaj na zdravstveno stanje radnika	Ekonomski utjecaj
Ozlijeđeni radnik u poduzeću	fizička bol psihološki problemi	smanjeni prihodi dodatni troškovi smanjena produktivnost
Ozlijeđeni samozaposleni radnik	psihološki problemi smanjena mogućnost ostalih aktivnosti	financijske poteškoće
Tvornica/Pogon	nelagoda zabrinutost panika	smanjeni prihodi prekomjerni rad osposobljavanje novih radnika
Proizvodno-poslovni prostor	poremećena radna atmosfera narušena reputacija	smanjena produktivnost šteta na sredstvima rada Isplata odštete
Društvo	smanjen broj radno sposobnog stanovništva	smanjenje ukupne proizvodnje povećane cijene osiguranja smanjenje kupovne moći

Analiza uzroka ozljeda na radu pokazuje da su pojave ozljeda ponajviše uzrokovane ponašanjem (70 %), zatim samim sposobnostima radnika (20 %) i na kraju znanjem (10 %). Iz toga se da zaključiti da se prevencija ozljeda na radu može postići u prvom redu upravo utjecanjem na ponašanje i motivaciju radnika.

[Na Sadržaj>](#)

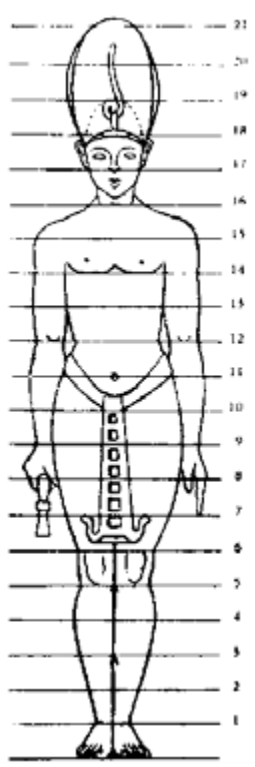
2. FIZIOLOŠKA ANTROPOLOGIJA

Fiziološka antropologija je grana znanosti koja istražuje funkcionalne čimbenike, životne procese ljudskog organizma, međusobne odnose pojedinih dijelova ljudskog organizma i organa, varijabilnosti rasta i razvoja ljudskih populacija i njihovih struktura. Fiziološka antropometrija istražuje različitosti kod ljudi te kako i na koji način pojedini dijelovi tijela djeluju zajedno u postizanju određene funkcije. Primarni zadatak djelovanja na temelju rezultata istraživanja fiziološke antropologije je unapređenje pouzdanosti uporabe raznovrsne opreme te njenog oblikovanja i prilagodbe ljudima tijekom svakodnevnog korištenja.

2.1. Dimenzijski odnosi ljudskog tijela

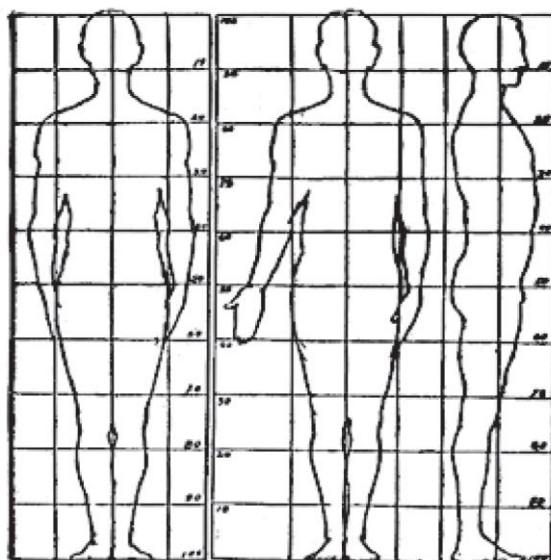
Kod čovjeka postoji sklad dimenzija pojedinih dijelova tijela u zavisnosti od spola, uzrasta i rase. Na taj se način poznavanjem dimenzija jednog dijela tijela mogu odrediti dimenzije bilo kojeg drugog dijela tijela. Još u staroj antici pronalazak zakonitosti utvrđen je temeljem kanona. Svaki od kanona oblikovan je prema tzv. modulu koji određuje izabranu dimenziju dijela tijela te se prema njoj definiraju sve ostale veličine tjelesnih segmenata.

Prema egipatskom kanonu postoji modul određen dimenzijama srednjeg prsta šake, pri čemu tjelesna visina iznosi 19 duljina srednjeg prsta šake (slika 6).



Slika 6. Egipatski kanon (Muftić, Milčić, 2000.)

Prema grčkom kanonu, kao modul se uzima visina glave pri čemu tjelesna visina iznosi osam visina glave. Prema Kollmanu, tjelesna se visina dijeli na deset po visini jednakih dijelova (slika 7).



Slika 7. Kollmanov modul (*Muftić, Milčić, 2000.*)

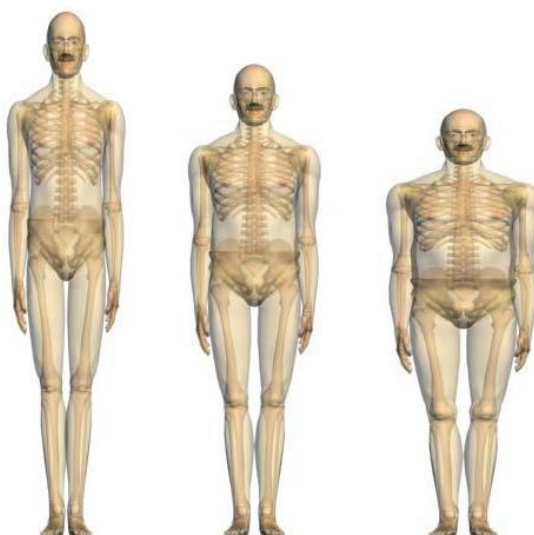
Kroz povijest se dimenzije tijela čovjeka mijenjaju, a time i omjeri tijela.

2.2. Konstrukcija modela ljudskog tijela

Iz brojnih antropometrijskih studija koje se odnose na definiciju tzv. statičkih antropomjera postoje razlike u konstrukciji tijela ovisno o spolu, uzrastu te građi tijela.

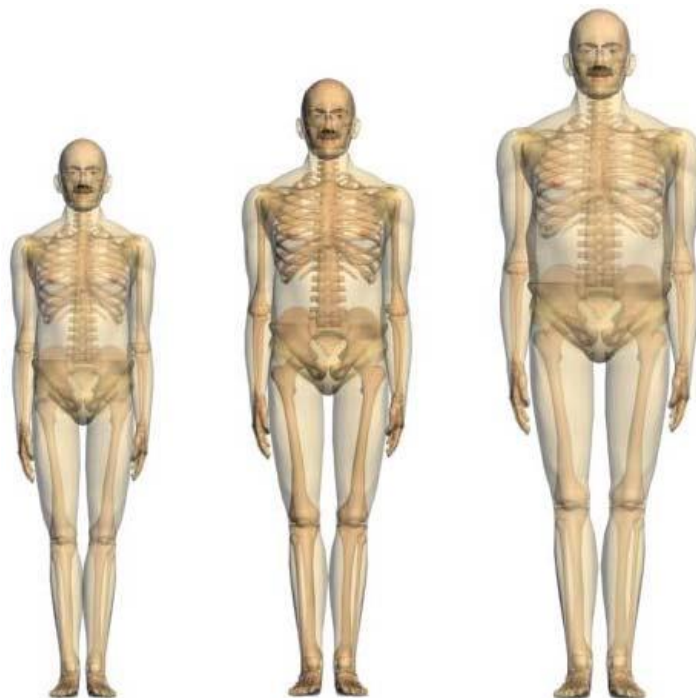
Prema građi tijela razlikuju se konstrukcije prikazane na slici 8 (*Baksa, 2007.*):

- a) astenična konstrukcija (leptosomna prema Kretscheru ili respiratorna prema Signadu)
- b) fibrozna (atletska prema Kretscheru ili atletsko-muskulatorna prema Signadu)
- c) piknička (eurosomna prema Kretscheru, digestivna prema Signadu)



Slika 8. Prikaz građe tijela (*Baksa, 2007.*)

S obzirom na različite konstrukcije tijela ukupna tjelesna visina može se kretati u rasponu od 7,5 do 8,5 visina glave, dok se za tzv. asteničnu građu tijela može kretati i do 9 visina glave prema dimenzijama kanona od osam visina glava koje se nalaze u području jednog modula (slika 9).



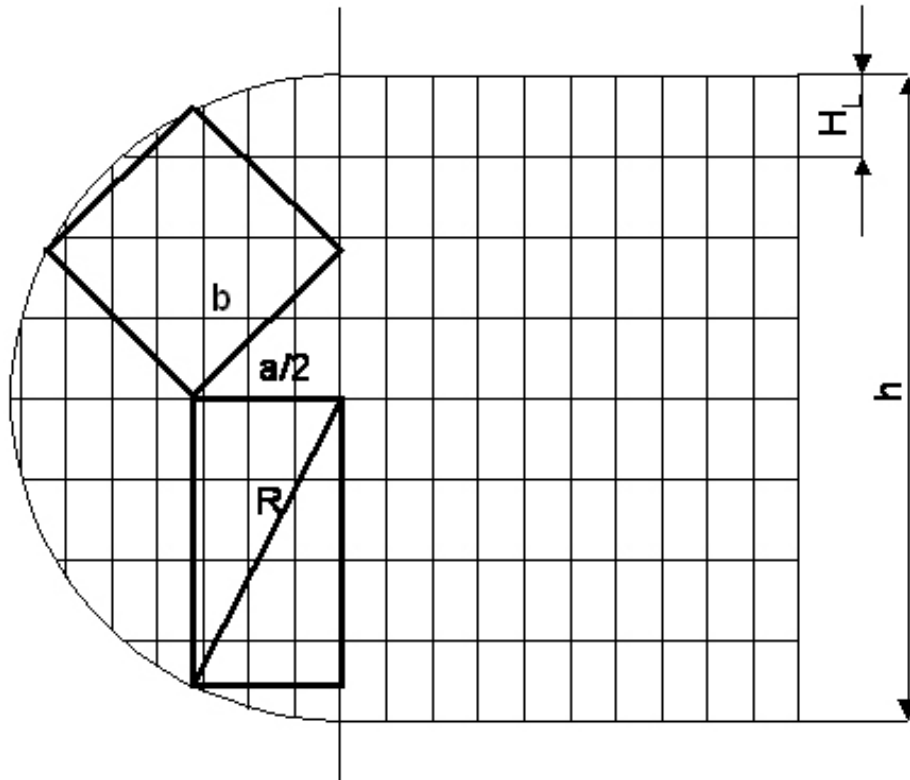
Slika 9. Prikaz tipova tijela s obzirom na različite kanone visine glave (*Baksa, 2007.*)

Ukupna širina tijela promatrano u frontalnoj ravnini može se kretati od 2 do 2,33 visine glava, a astenična građa i do 2,66 visina glava.

Na izbor određenog kanona, pored analiziranih i utvrđenih korelacijskih vrijednosti, potrebno je uvažiti i individualne antropometrijske značajke promatranog čovjeka. Može se zaključiti da je najprimjerenija metoda kombinacija kanona osam visina glave s pridruženim harmonijskim vrijednostima koje se u prirodi javljaju kao univerzalne.

2.3. Harmonijska antropometrijska analiza

Osman Muftić je razvio metodu harmonijske analize povezane sa stojećom visinom čovjeka (*Muftić, 1984.*). Za navedenu antropometrijsku analizu koristi se grčki kanon od osam duljina glave. *Osman Muftić* je sačinio posebnu konstrukciju harmonijske kružnice koja se temelji na primjeni *Zederbauerove* harmonijske kružnice i pridružene mreže kanona 8 visina glave (slika 10) (*Zederbauer, 1917.*). Na slici je također ucrtan polumjer kružnice R i označene su stranice prikazanog trokuta $a/2$ i b .



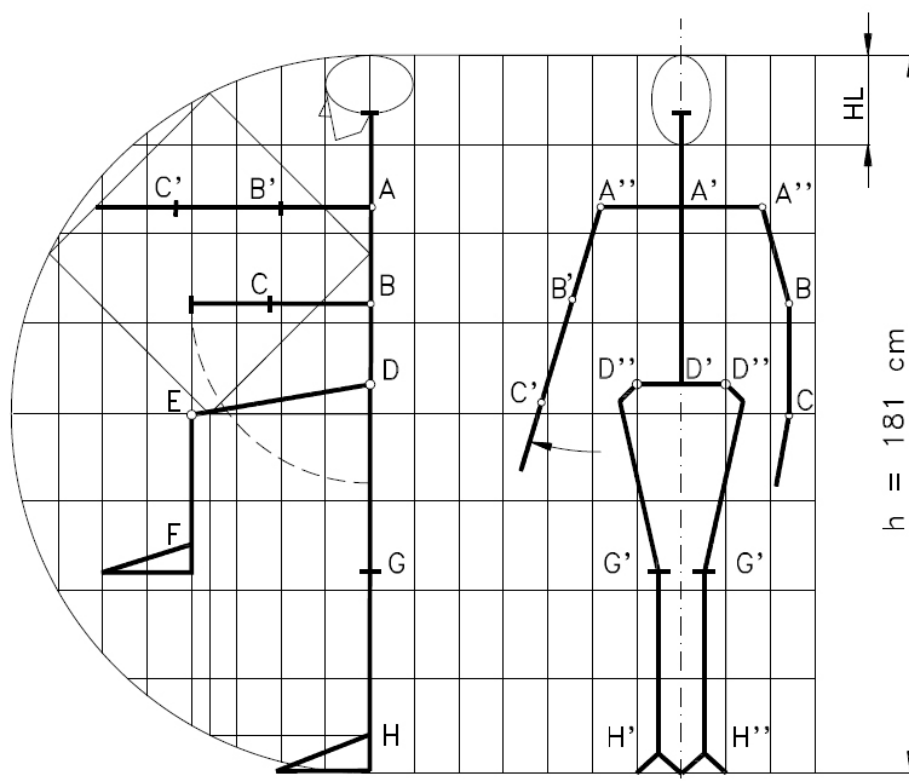
Slika 10. Polovina harmonijske kružnice i pridružena mreža kanona osam visina glave
(Muftić i sur., 2011.)

U tablici 3 dane su duljine dijelova ljudskog tijela kao funkcije visine.

Tablica 3. Duljine dijelova tijela kao funkcije visine (Muftić i sur., 2011.)

duljina ruke = $(25/64)h$	duljina nadlaktice = $(5/32)h$
duljina podlaktice = $h/8$	duljina šake = $(7/64)h$
duljina noge = $(17/32)h$	duljina natkoljenice = $(9/32)h$
duljina potkoljenice = $(7/32)h$	duljina stopala = $(1/8)h$

Temeljem metode harmonijske analize nacrtana je mreža koja predstavlja granice kontura čovjeka u stojećem položaju tijela pri čemu su određene karakteristične točke A, B, C, D.....M koje predstavljaju zglobove koljena, kuka, ramena i laktova. Ucertavanjem spojnih duljina, nacrtan je kostur čovjeka, tzv. žičani model (slika 11).



Slika 11. Harmonijska kružnica s geometrijskim skeletnim modelom (*Muftić i sur., 2011.*)

Tijekom studije antropometrijske kružnice (*Muftić, 1998.*) utvrđeno je da je ukupna stojeća visina ljudskog tijela ispravna temeljna veličina. Ovaj pristup harmonijske kružnice razlikuje se od Leonardove antropometrijske kružnice temeljene na duljini raspona ruku.

[Na Sadržaj>](#)

3. ANTROPOMETRIJA

Antropometrija (grč. *antropos*-čovjek; *metron*-mjera) je jedna od grana antropologije čiji je zadatak da što točnijim mjerenjem kvantitativno odredi morfološke osobine ljudskog tijela.

U radnom je sustavu čovjeku potrebno osigurati odgovarajući radni prostor. Za utvrđivanje primjenjivosti radnog prostora koristi se antropometrija. Antropometrija je dio biološke antropologije u kojoj se proučavaju biološka svojstva čovjeka: rast, razvoj i ponašanje tijela u gravitacijskom polju i vremenu. Antropologija (grč. *antropos*-čovjek i *logos*-riječ), ima zadaću upoznavanja i razumijevanja čovjeka i njemu sličnih bića u vremenu i prostoru. Biološka antropologija proučava biološka svojstva čovjeka i probleme vezane uz njegov rast i razvoj u vremenu i prostoru. Antropometrijom se određuju dimenzije čovjeka u nekoj populaciji, a u svrhu prilagođavanja dimenzija radnog mjesta prilikom izvođenja određenog radnog zadatka. U antropometriji se koriste dimenzije tijela važne za izvođenje određenog rada. Antropometrijsko istraživanje obavlja se u laboratoriju i na terenu na određenom odabranom uzorku pod određenim uvjetima mjerenja.

Za određivanje prostornih uvjeta na radnim mjestima koriste se podaci statičke i dinamičke antropometrije koje čine temelj za pogodno oblikovanje radnog mjesta, radne metode i konstrukcije stroja ili sredstva za rad.

Prilikom mjerenja tijela u statičkom položaju postupak je sljedeći:

1. Ispitanik treba biti u standardnom položaju:
 - stojeći položaj - stajati na ravnoj podlozi, bez obuće, skupljenih peta, relaksiranih ramena, s rukama ispruženim uz trup i s uspravnom glavom (ravnina pogleda i crta koja spaja lijevi tragus s najnižom točkom donjeg ruba lijeve orbite moraju biti u istoj razini),
 - sjedeći položaj - ravan trup, nadlaktice uz tijelo, podlaktice pod pravim kutom u odnosu na nadlaktice, noge pod pravim kutom, sastavljene pete,
2. Dermografom (olovkom) treba označiti antropometrijske točke, utvrđena referentna mjesta na tijelu radnika na koja se prislanjaju odgovarajući dijelovi instrumentarija.
3. Kad je moguće, mjerenja treba izvoditi na desnoj strani tijela.

Pri pojedinim mjerenjima treba uvažavati sljedeće (*Ujević i sur., 2006.*):

- sve instrumente potrebno je kalibrirati u metričkom sustavu,
- točnost očitavanja instrumenta mora odgovarati standardnoj pomičnoj mjerki,
- postupak mjerenja ispitanika može izvoditi samo ovlašteni mjeritelj,
- potrebno je uvijek upotrebljavati iste instrumente,
- uređaji se za kalibriranje trebaju nalaziti na onoj strani gdje se nalazi mjeritelj.

Antropometrijski instrumenti su vaga, antropometar s jednim ili dva kraka, kljunasti klizni antropometar, vrpca za mjerenja, kutomjer, naprava za mjerenje duljine stopala i tjelesne visine, pelvimetar i kaliper.

Vaga se koristi za određivanje mase tijela (slika 12). U uporabi su male prijenosne digitalne vage. Točnost mjerenja određena je prikazom na LCD zaslonu (*Liquid Cristal Display*) na 0,5 kg, s rasponom mjerenja do 130 kg (*Ujević i sur., 2006.*).



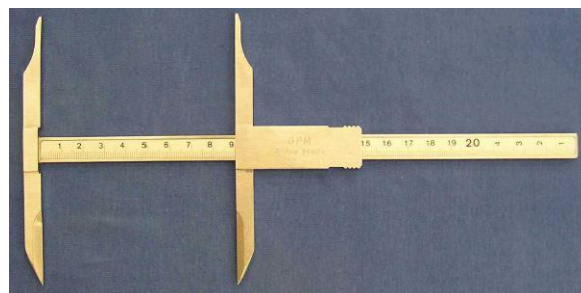
Slika 12. Digitalna vaga (Ujević i sur., 2006.)

Antropometar služi za utvrđivanje uzdužnih dimenzija ljudskog tijela, a sastoji se od metalnog štapa okruglog ili kutnog profila dužine preko 2 m, postolja, jedne klizne i jedne učvršćene skale. Uređaj ima dvije ljestvice, a rezultati se očitavaju kroz dva otvora na kliznoj skali, ovisno o smjeru mjerenja (slika 13).



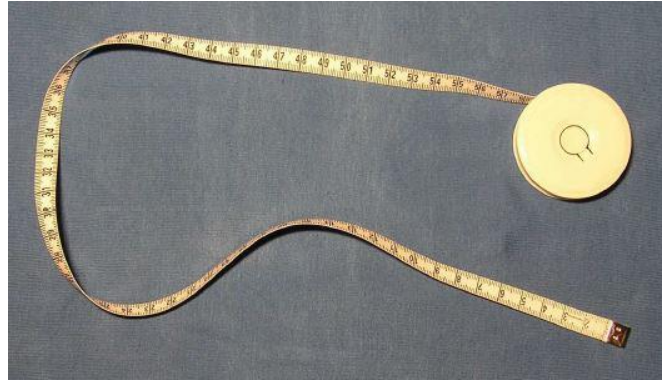
Slika 13. Antropometar (Ujević i sur., 2006.)

Kljunasti klizni antropometar je mjerni instrument s rasponom skale od 15 ili 20 cm ili više, s točnošću očitavanja od 0,1 cm. Upotrebljava se za mjerenje manjih udaljenosti (slika 14).



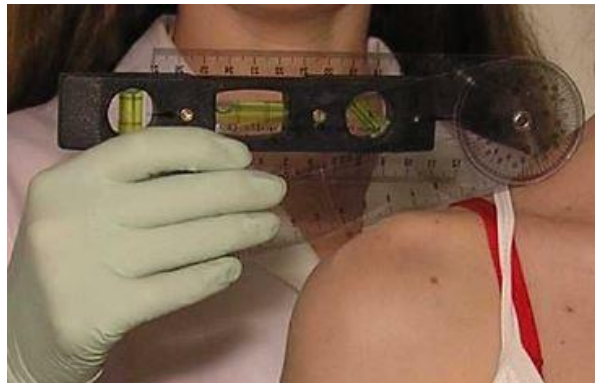
Slika 14. Kljunasti klizni antropometar (Ujević i sur., 2006.)

Vrpca za mjerenje je u plastičnoj izvedbi s centimetarskom ili milimetarskom podjelom. Duljina vrpce je 150 ili 200 cm, a točnost mjerenja iznosi 0,1 cm. Nalazi se u plastičnom ili metalnom spremniku (slika 15). Prilikom mjerenja, vrpca treba čitavom dužinom prilegnuti uz kožu, ali bez stvaranja udubljenja.



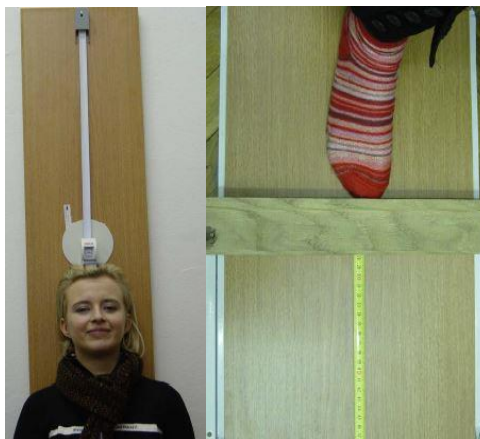
Slika 15. Centimetarska vrpca (Ujević i sur., 2006.)

Kutomjer je namijenjen za mjerenje kosine ramena i posebno je konstruiran za potrebe HAS-a (Hrvatski antropometrijski sustav). Mjerenje se obavlja tako da se instrument postavlja na rame i slijedi liniju koja spaja vrh ramena i točku spoja ramena i vrata (slika 16). Vrijednosti u stupnjevima očitavaju se kada se znak nalazi između oznaka (Ujević i sur., 2006.).



Slika 16. Kutomjer za mjerenje kosine ramena (Ujević i sur., 2006.)

Naprava za mjerenje tjelesne visine i duljine stopala konstruiran je u obliku slova L (slika 17). Na verikalnom kraku naprave ugrađen je klizač koji pod pravim kutom određuje tjelesnu visinu koja se mjeri mjernom vrpcom. Određivanje duljine stopala mjeri se polaganjem stopala na horizontalni krak naprave na kojem se nalazi ugrađena mjerna vrpca.



Slika 17. Naprava za mjerenje visine tijela i duljine stopala (Ujević i sur., 2006.)

Pelvimetar je šestar za određivanje poprečnih dimenzija čovječjeg tijela (slika 18) (www.medical-center.hr). Sastoji se iz dva zaobljena (obično metalna) kraka, spojena svornjakom. Na jedan je krak učvršćena klizna skala s centimetarskom ljestvicom, raspona do 60 cm. Rezultat mjerenja očitava se na unutarnjem rubu sjecišta klizne skale i slobodnog kraka pelvimetra i izražava se u centimetrima.



Slika 18. Pelvimetar

Kefalometar je analogna naprava namijenjena određivanju manjih raspona (pretežno na glavi) s ljestvicom do 30 cm.

Kaliper je šestar za mjerenje debljine kožnih nabora radi procjene potkožnog masnog tkiva (slika 19) (www.medical-center.hr).



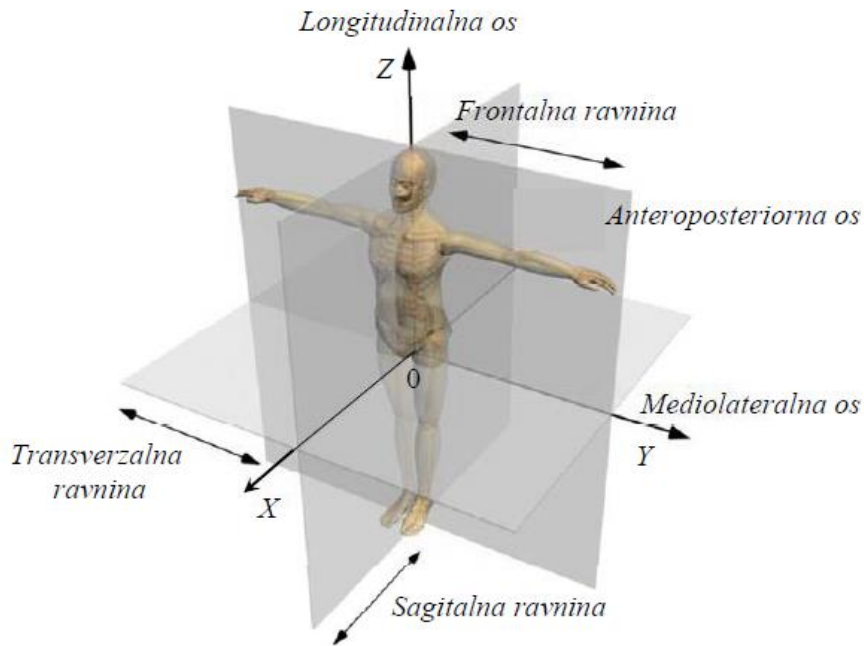
Slika 19. Kaliper

Izbor antropometrijskih mjera varira ovisno o obliku stroja ili nekog proizvoda i njegovom zadatku, a zatim o onome tko će upotrebljavati taj predmet. Nadalje, treba razmotriti i koji će dijelovi tijela dolaziti u izravan odnos s tim proizvodom te odrediti one dijelove koji se nalaze u njegovoj neposrednoj blizini.

3.1. Statička antropometrija

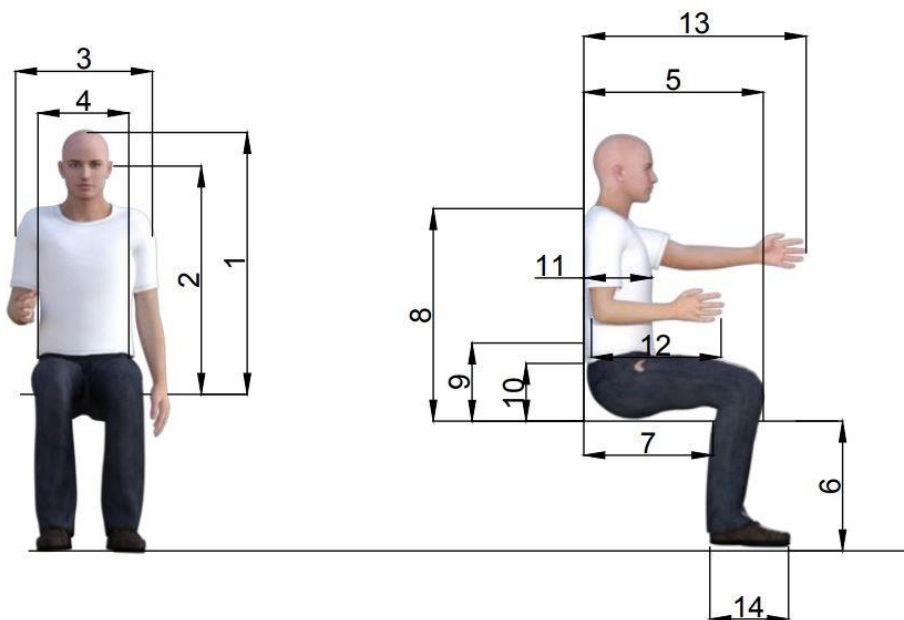
Statička antropometrija bavi se statičkim antropometrijskim varijablama kada tijelo čovjeka miruje. U statičkoj se antropometriji mjere sve statičke dimenzije tijela, dimenzije koje predstavljaju osnovne informacije o morfološkim svojstvima neke populacije.

U antropometriji se tijelo promatra kroz tri ravnine: frontalnu, transverzalnu i sagitalnu (slika 20). Sagitalna ravnina (OXZ ravnina) prolazi kroz tijelo tako da ga dijeli na dvije jednake polovice – desnu i lijevu. Frontalna ravnina (OYZ ravnina) prolazi kroz tijelo u smjeru lijevo – desno (paralelno s čelom) te je vertikalna na sagitalnu ravninu i dijeli tijelo na prednji i stražnji dio. Transverzalna ravnina (OXY ravnina) postavljena je horizontalno pri osnovnom anatomskom položaju te prolazi kroz tijelo paralelno s tlom (*Baksa, 2007.*).



Slika 20. Prikaz ravnina (Baksa, 2007.)

Ovisno o vrsti radnog zadatka odabiru se pojedini statički podaci za stojeći ili sjedeći radni položaj. Statički antropometrijski podaci za sjedeći radni položaj prikazani su na slici 21 i u tablici 4.



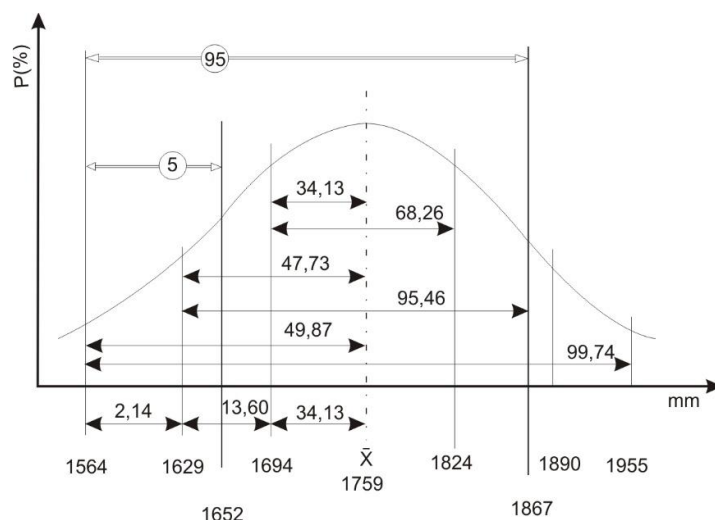
Slika 21. Položaj statičkih antropometrijskih izmjera pojedinih dijelova tijela za sjedeći položaj (Muftić, 1984.)

Tablica 4. Statički antropometrijski izmjeri sjedećeg položaja za žensku i mušku populaciju (Muftić, 1984.)

Ozn.	Naziv	Žene			Muškarci		
		$\bar{X} - 2\sigma$	\bar{X}	$\bar{X} + 2\sigma$	$\bar{X} - 2\sigma$	\bar{X}	$\bar{X} + 2\sigma$
	stajaća visina	153	165	177	163	175	187
1	sjedeća visina	78	84	90	83	90	95
2	visina očiju	68	73	78	73	79	84
3	širina ramena	37	40	43	42	46	49
4	širina natkoljenica	32	34	27	29	32	34
5	udaljenost koljena od leđa	52	56	60	57	61	65
6	duljina potkoljenice	40	43	46	42	45	49
7	duljina natkoljenice	43	46	49	44	48	51
8	visina ramena	50	54	58	55	60	6
9	visina lakta	20	21,5	23	21	23	24
10	debljina natkoljenice	13	14	15	12	13	14
11	debljina trupa	23	25	27	21	23	24
12	duljina podlaktice	40	43	46	44	48	51
13	duljina ruke od obrisa leđa	66	71	76	80	86	92
14	duljina stopala	23	25	27	25	27	29

Podaci dobiveni antropometrijskim mjerama nisu samo izračunate vrijednosti skupa podataka izmjerenih veličina, nego i podaci iskazani u percentilima. Percentil pokazuje koliki je postotak ljudi jedne populacije za neku antropometrijsku varijablu veći ili manji od te varijable (Knez, Rogale, 1989.) Aritmetička sredina (\bar{x}) je izračunata srednja vrijednost mjerene veličine, dok pripadajući percentil obuhvaća područje rasipanja (σ) za pojedina obilježja antropometrijskih mjera.

Kod oblikovanja radnih mjesta i određivanja radnog prostora i mjesta koriste se vrijednosti 5. i 95. percentila, koji su u granicama $\bar{x} \pm 1,65\sigma$, čime je obuhvaćeno 90 % populacije, koji su prikazani na slici 22 i tablici 5.



Slika 22. Iskazivanje udjela i raspona tjelesne visine muške populacije pomoću percentila (Polajnar, Verhovnik, 2000.)

Tablica 5. Raspon odstupanja i udjela pojedine antropometrijske veličine iskazane u percentilima (*Polajnar, Verhovnik, 2000.*)

Percentili	Raspon odstupanja	Udio skupine [%]
1.	$\bar{X} - 2,33 \sigma$	49,0
3.	$\bar{X} - 1,88 \sigma$	47,0
5.	$\bar{X} - 1,65 \sigma$	45,1
10.	$\bar{X} - 1,28 \sigma$	40,0
20.	$\bar{X} - 0,84 \sigma$	30,0
25.	$\bar{X} - 0,67 \sigma$	24,9
50.	\bar{X}	-
75.	$\bar{X} + 0,67 \sigma$	24,9
80.	$\bar{X} + 0,84 \sigma$	30,0
90.	$\bar{X} + 1,28 \sigma$	40,0
95.	$\bar{X} + 1,65 \sigma$	45,1
97.	$\bar{X} + 1,88 \sigma$	47,0
99.	$\bar{X} + 2,33 \sigma$	49,0

Statička antropometrija koristi podatke za određivanje prostora u kojem radnik boravi za vrijeme rada, kao i prilagođavanje radniku alata i uređaja.

3.2. Kinematička i dinamička antropometrija

Prilikom oblikovanja radnih mjesta potrebno je imati podatke o kinematičkim dimenzijama tijela, odnosno informacije o međuzavisnosti antropometrijskih podataka vezanih za kinematiku kretanja radnika. Stoga, zadatak je kinematičke antropometrije da mjerenjima odredi dimenzije ljudskog tijela prilikom izvođenja određenog radnog zadatka, pri čemu je važno da se tijelo nalazi u stabilnom položaju (*Mijović, 2001.*). U radnom sustavu treba odrediti najpodobnije i optimalne veličine i oblike te mogućnost prostornih položaja tih predmeta s obzirom na morfološke i psihofiziološke osobine populacije koja ih primjenjuje.

Vrlo je teško odrediti mogućnost npr. doseg ruku budući da ovisi o mobilnosti ljudskog tijela, pokretljivosti ramenog obruča, mobilnosti gornjeg dijela tijela i trupa uz istovremeno zadržavanje povoljnog i stabilnog radnog položaja.

Za pogodno oblikovanje radnog mjesta i radne metode podaci statičke antropometrije nadopunjavaju se podacima kinematičke antropometrije s ciljem prilagođavanja dimenzija radnog stola, sjedalice, alata i sredstva rada čovjeku. Time se postiže sklad između čovjekovih mogućnosti i gibljivosti pojedinih zglobova pri izvođenju rada u različitim radnim položajima.

Pri oblikovanju radnih mjesta ne koriste se najveće vrijednosti pojedinog pokreta, već podaci udobnog gibanja pojedinih segmenata tijela koji su prikazani u tablici 6 (*Sušnik, 1992.*). U zglobovima može doći do sljedećih vrsta pokreta: fleksije, ekstenzije, laterofleksije, rotacije, elevacije, addukcije i abdukcije.

Tablica 6. Kinematički antropometrijski podaci gibanja glave, trupa, ruku i nogu (*Sušnik, 1992.*)

Redni broj	Opis gibanja	Gibanje u maksimalnom području [°]	Gibanje u udobnom području [°]
1.	Glava u:		
1.1.	sagitalnoj ravnini: fleksija	80	30
1.2.	sagitalnoj ravnini: ekstenzija	90	30
1.3.	frontalnoj ravnini: laterofleksija	±60	±20
1.4.	horizontalnoj ravnini: rotacija	±100	± 45
2.	Trup u:		
2.1.	sagitalnoj ravnini: fleksija	110 do 160	40
2.2.	sagitalnoj ravnini: ekstenzija	50 do 80	20
2.3.	frontalnoj ravnini: laterofleksija	±50 do ±80	±30
2.4.	horizontalnoj ravnini: rotacija	± 60 do ± 80	± 30
3.	Ruka u:		
3.1.	sagitalnoj ravnini: fleksija	170 do 190	150
3.2.	sagitalnoj ravnini: ekstenzija	50 do 70	35
3.3.	frontalnoj ravnini: elevacija	180	160
3.4.	fontalnoj ravnini: ekstenzija	35	5
3.5.	horizontalnoj ravnini: addukcija	40 do 80	30
3.6.	horizontalnoj ravnini: abdukcija	140 do 160	100
3.7.	frontalnoj ravnini: vanjska rotacija	45	10
3.8.	frontalnoj ravnini: unutarnja rotacija	95	60
4.	Noga u:		
4.1.	sagitalnoj ravnini: fleksija kuka	120	70
4.2.	sagitalnoj ravnini: ekstenzija kuka	45	15
4.3.	horizontalnoj j ravnini: addukcija kuka	30	10
4.4.	horizontalnoj ravnini: abdukcija kuka	60	30
4.5.	frontalnoj ravnini: rotacija kuka	± 45	± 20
4.6.	sagitalnoj ravnini: fleksija koljena	135	90
4.7.	frontalnoj ravnini: unutarnja rotacija koljena	60	20
4.8.	frontalnoj ravnini: vanjska rotacija koljena	65	25
4.9.	sagitalnoj ravnini: fleksija skočnog zgloba	30	15
4.10.	sagitalnoj ravnini: ekstenzija skočnog zgloba	60	30
4.11.	horizontalnoj ravnini: addukcija skočnog zgloba	30	10
4.12.	horizontalnoj ravnini: abdukcija skočnog zgloba	35	15

U radu se susrećemo s raznovrsnim položajima tijela pri čemu je važno ostati u optimalnom području. Zglobovi dopuštaju veće pokrete koji nisu optimalni. Kada čovjek radi u položaju gdje su tjelesni segmenti izvan preporučenih granica, dolazi do zamora i većeg opterećenja. Dinamičke antropomjere potrebne su za opisivanje gibanja i izračunavanja sila i momenata koji djeluju na ljudsko tijelo. Dinamičke antropomjere (*Muftić i sur., 2001.*) su dinamički momenti tromosti koji se izračunavaju za dijelove ljudskog tijela, za tri glavne osi koje prolaze kroz težište dijela tijela. Za izračunavanje su potrebni podaci o masi i dimenzijama dijela tijela.

[Na Sadržaj>](#)

4. BIOMEHANIČKI ASPEKTI GIBANJA TIJELA

Prilikom oblikovanja radnih mjesta i radnih prostora potrebno je poznavati principe biomehanike i antropometrije. Gibanje ljudskog tijela sastoji se od osnovnih gibanja pojedinih dijelova tijela u pojedinim zglobovima. Ljudsko tijelo može se gledati kao sustav poluga čiji su pokretački dijelovi mišići, pri čemu mišići na kosti djeluju kao na poluge, a središta rotacija su u zglobovima.

Biomehanika se može definirati kao znanost koja zakone mehanike primjenjuje u rješavanju bioloških problema. Biomehanika proučava opće zakonitosti ljudskog kretanja i dijeli se na kinetiku, dinamiku i statiku.

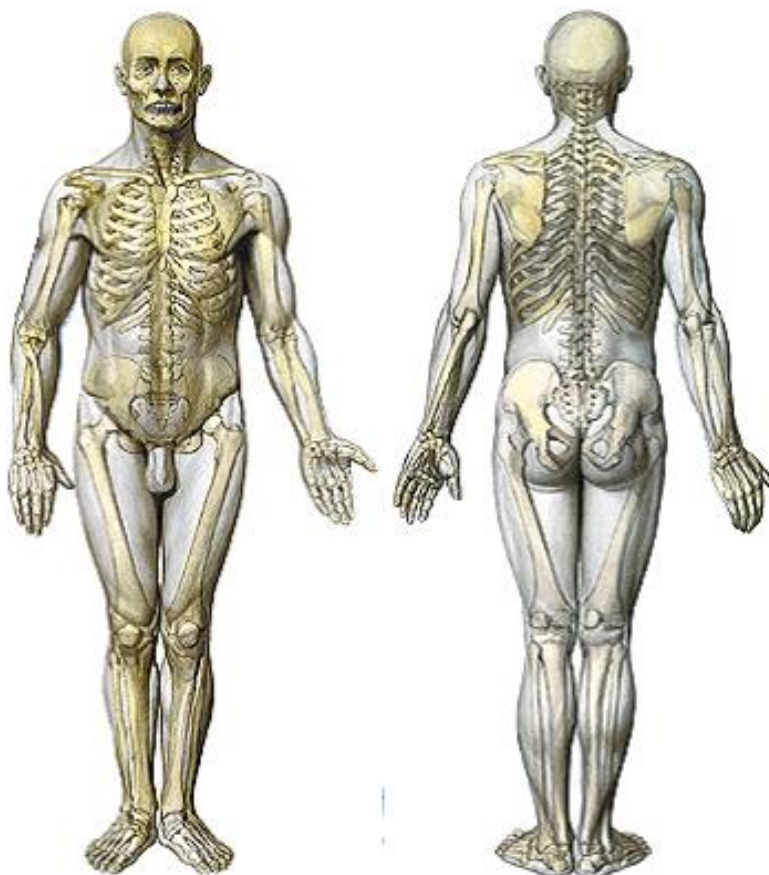
Kinetika istražuje kretanje bez obzira na uzroke kretanja.

Dinamika istražuje uzroke kretanja i povezanost između kretanja i sila koje su uzrok u tom kretanju.

Statika istražuje uvjete mirovanja u kojima se unutarnje i vanjske sile nalaze u ravnoteži (geometrija sila).

4.1. Biomehanički model čovjeka

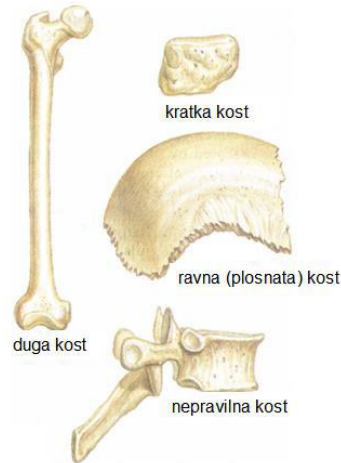
Lokomotorni sustav čovjeka čini koštano-mišićni sustav koji omogućava pokrete i mijenjanje položaja. Ovaj sustav ima pasivni i aktivni dio. Pasivni dio čine kosti i zglobovi, a aktivni skeletni mišići. U tijelu imamo preko dvije stotine kostiju (slika 23).



Slika 23. Prikaz kostura čovjeka (*Šentija, 2018.*)

Kosti mogu biti (slika 24):

- duge (kosti udova),
- kratke (kralješci, šaka, stopalo) i
- plosnate (zdjelica, lubanja lopatica).



Slika 24. Prikaz kostiju čovjeka (*Šentija, 2018.*)

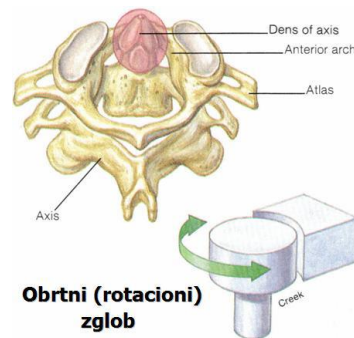
Zglobovi su spojevi između kostiju i dio su kostura koji omogućavaju pokrete. Prema građi dijele se na vezivne, hrskavične i prave, dok se prema funkciji i obliku dijele na kutne, obrtne, ravne, jajolike, sedlaste i kuglaste.

Kutni zglobovi omogućavaju pokret samo u jednoj ravnini, oko poprečne osi na ravninu pokreta (slika 25). Ti zglobovi omogućuju pokrete pregibanja i ispružanja, a primjer su lakat, koljeno i dr.



Slika 25. Kutni zglob (*Šentija, 2018.*)

Obrtni (rotacijski) zglob omogućuje samo rotaciju oko središnje osi zgloba (slika 26). Primjer je zglob palčane i lakatne kosti.



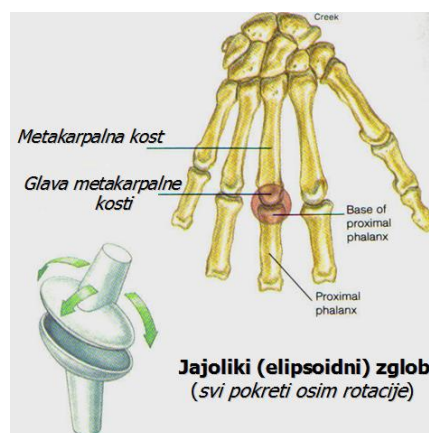
Slika 26. Obrtni (rotacijski) zglob (*Šentija, 2018.*)

Klizni (ravni) zglobovi, kao što je zglob kostiju zapešća, omogućavaju samo najjednostavnije pokrete klizanja između ravnih zglobnih ploha (slika 27).



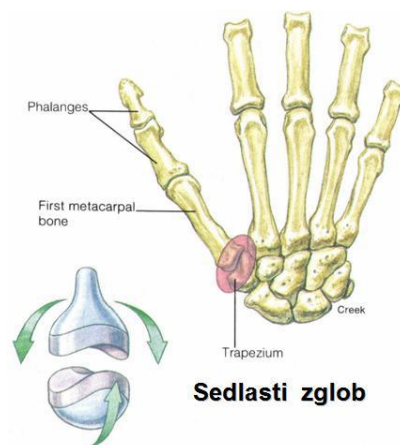
Slika 27. Ravni zglob (*Šentija, 2018.*)

Jajoliki (elipsoidni) zglobovi, kao što je npr. ručni zglob, omogućavaju pokrete u dva smjera (slika 28).



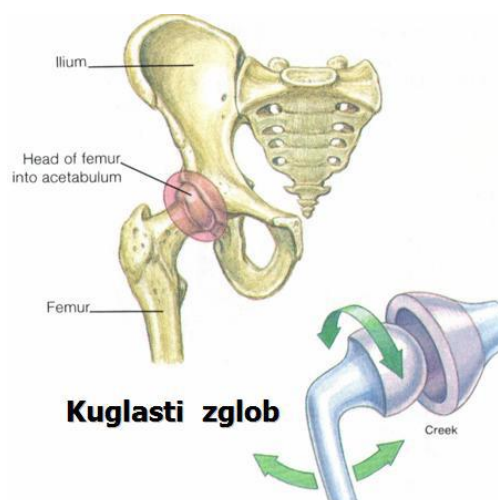
Slika 28. Jajoliki zglob (*Šentija, 2018.*)

Sedlasti zglob omogućava pokrete u dva smjera, npr. zglob palca (slika 29).



Slika 29. Sedlasti zglob (*Šentija, 2018.*)

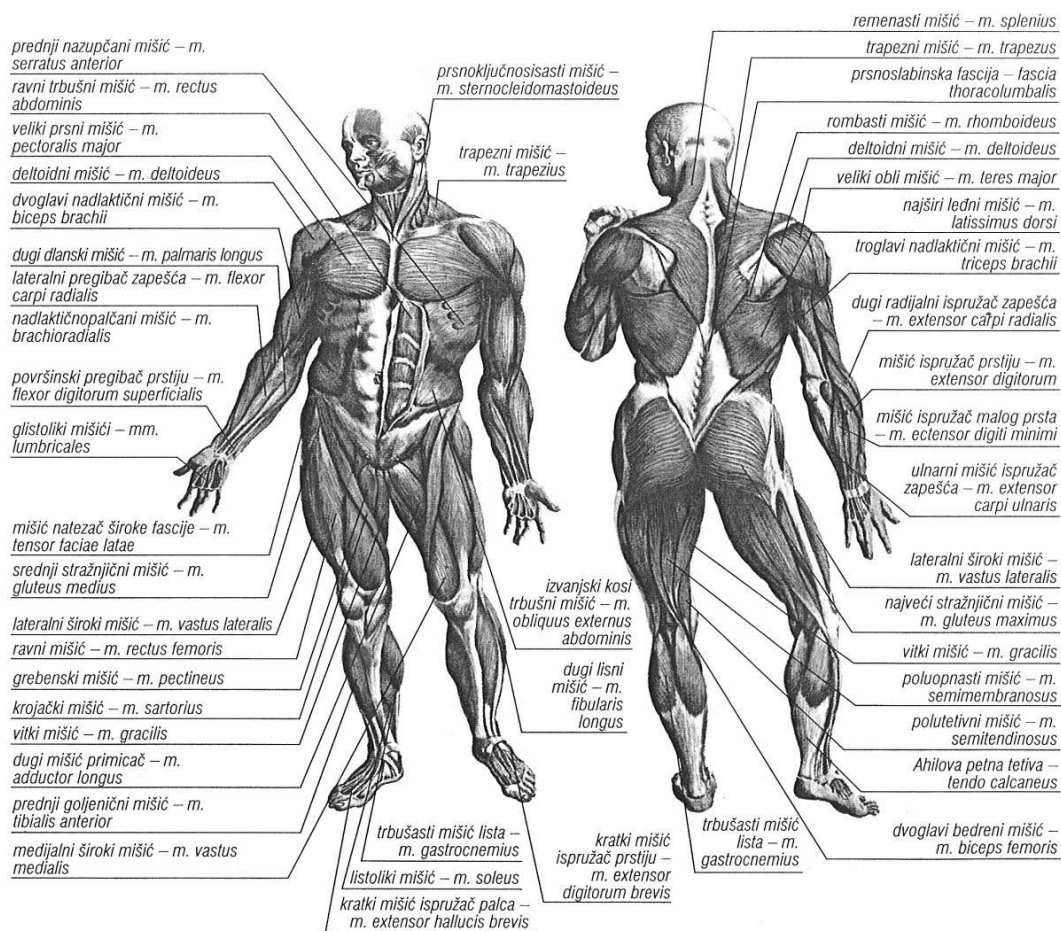
Kuglasti (sferoidni) zglobovi u koje pripadaju zglob ramena i kuka najpokretljiviji su i omogućavaju pokrete u svim smjerovima (slika 30).



Slika 30. Kuglasti zglob (*Šentija, 2018.*)

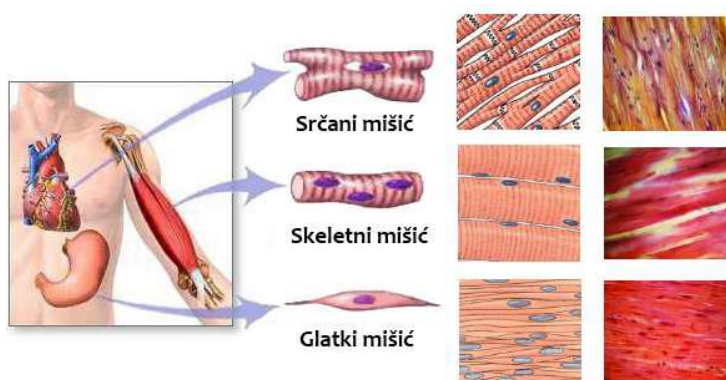
U ljudskom se tijelu nalaze tri vrste mišića:

- skeletni - ovezani su s kostima preko tetiva i pokreću skelet, čine ukupnu tjelesnu masu i pod utjecajem su naše volje (slika 31),
- glatki - mišići unutarnjih organa (jednjak, crijeva) koji oblikuju stjenke krvnih žila i unutrašnjih organa i nisu pod utjecajem naše volje već vegetativnog i živčanog sustava i
- srčani - nisu pod utjecajem naše volje i imaju funkciju pumpanja krvi.



Slika 31. Skeletni mišići (Šentija, 2018.)

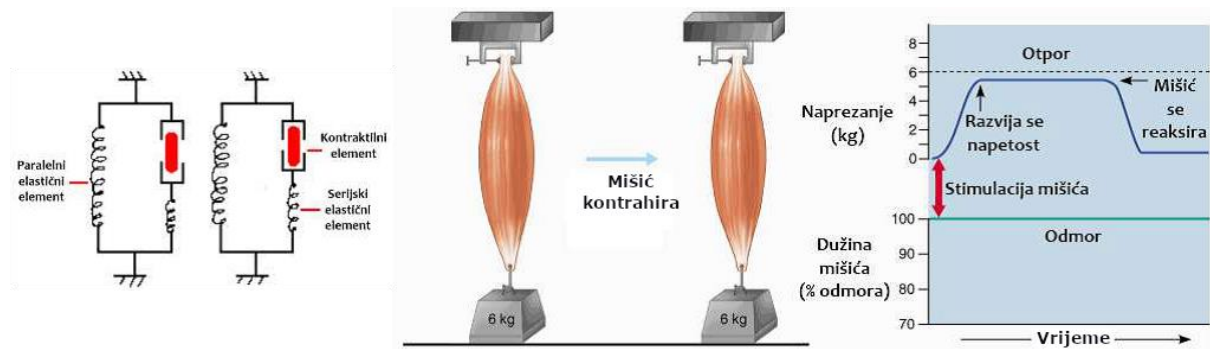
Mišići imaju funkciju kretanja, održavanja položaja i tjelesne temperature (slika 32).



Slika 32. Prikaz mišića ljudskog tijela (Šentija, 2018.)

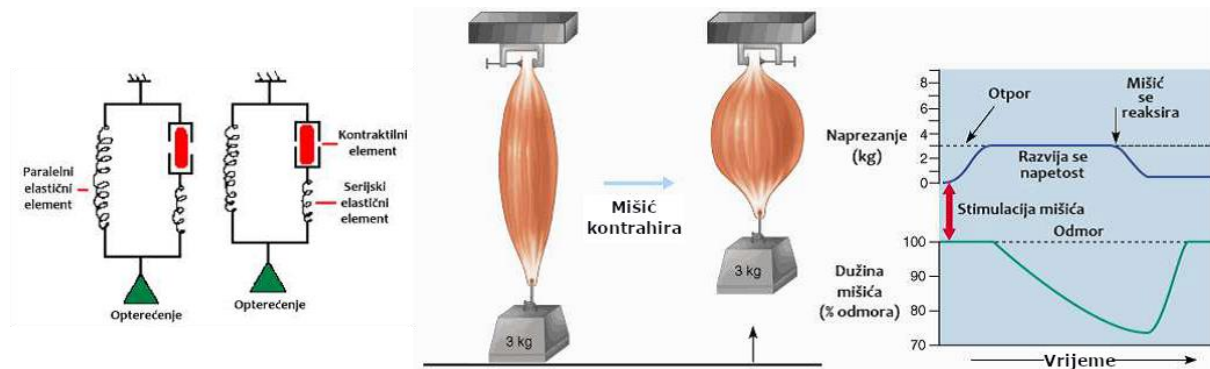
Mišići s tetivama djeluju na dva načina kao izometrična (statička) kontrakcija i kao izotonička (dinamička) kontrakcija.

Kod izometrične kontrakcije duljina mišića se ne mijenja, odnosno mišić se stimulira na svojim krajevima ili u fiksiranim tetivama kontrakcije, ali se ne skraćuje te ne dolazi do vanjskog rada (slika 33).



Slika 33. Izometrična kontrakcija (Šentija, 2018.)

Kod izotonične kontrakcije jedna strana mišića je fiksirana te se mišić skraćuje pri konstantnom opterećenju (slika 34).

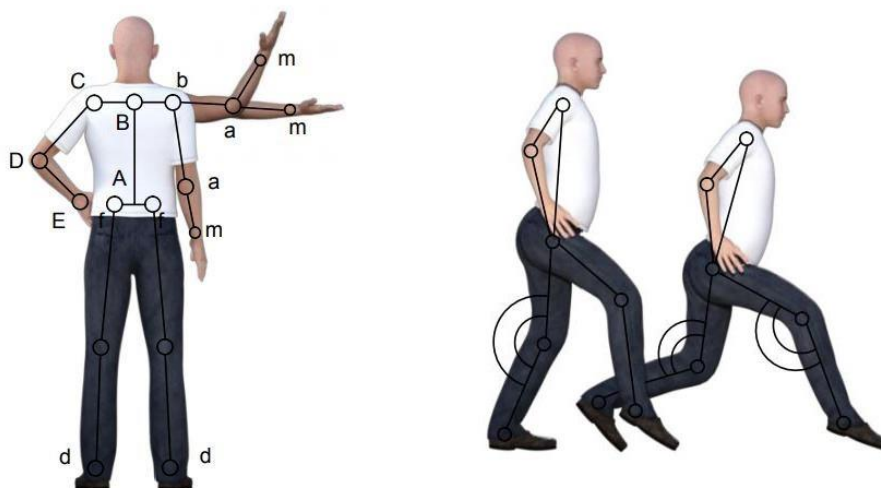


Slika 34. Izotonična kontrakcija (Šentija, 2018.)

Ljudski se organizam može promatrati kao mehanizam koji je sastavljen od kostiju koje su međusobno povezane u kinematičke lance te mišićnog sustava kao pokretačkog dijela tog mehanizma. Zglobne veze kostiju dijele se u tri skupine: zglobni sustavi s jednim stupnjem slobode, zglobovi s dva i zglobovi s tri stupnja slobode.

Ljudski je kostur sastavljen od jednog zatvorenog kinematičkog lanca kralješnice s prsnim košem i pet otvorenih kinematičkih lanaca: glave, ruke i noge (slika 35).

Pojam kinematički lanac označava ulančavanje više segmenata tijela. Otvoreni kinematički lanac označava pokret pri kojem je segment tijela slobodan u prostoru (npr. b-a-m). Zatvoreni kinematički lanac označava pokret kada je segment tijela fiksiran (npr. C-D-E).



Slika 35. Kinematički lanci čovjeka (Horvat, 2008.)

Strukturna shema ljudskog kostura sadrži 264 stupnja slobode. Ruke s ramenom ostvaruju 28 stupnjeva slobode, a noga 25 stupnjeva slobode gibanja što ukupno na ruke i noge ljudskog tijela iznosi 106 stupnjeva slobode gibanja, odnosno 40 % od ukupnog broja stupnjeva slobode gibanja. Kralješnica sadrži 54 stupnja slobode gibanja ili oko 20 % od ukupnog broja. Ostalih 40 % stupnjeva slobode gibanja ljudskog tijela odnosi se na zglobove prsnog koša, vrata i glave.

4.2. Biomehanika kralješnice

Kralješnica je šuplji koštani stup dugačak od 72 do 75 cm kod muškaraca, a od 60 do 65 cm kod žena, a sastoji se od 33 ili 34 kralješaka, od toga su 24 slobodna s uložnim intervertebralnim pločama i 9 do 10 kralješaka koji oblikuju krstačnu i trtičnu kost. Kralješnica se sastoji od 7 vratnih, 12 grudnih, 5 slabinskih, 5 krstačnih i 4 ili 5 trtičnih kralješaka (slika 36).

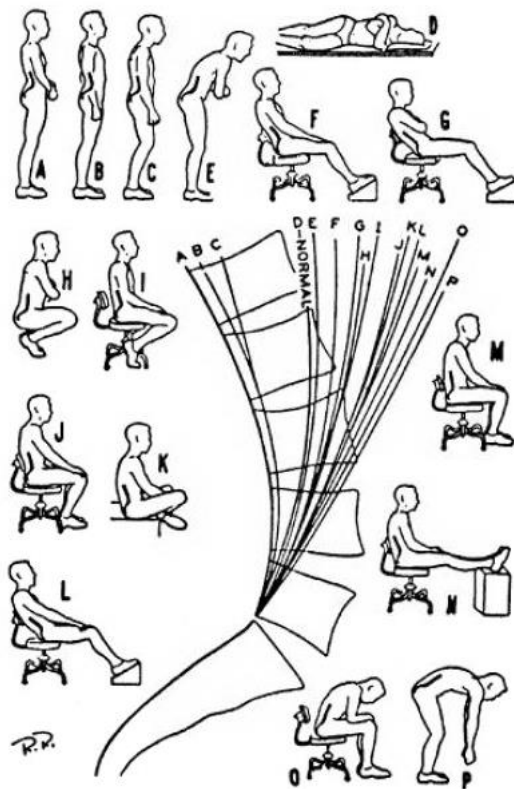


Slika 36. Dijelovi kralješnice (Mijović, 2001.)

Kralješci se takvom podjelom i označavaju i to odozgo prema dolje, te stoga razlikujemo C1 do C7 (cervikalni), T1 do T2 (torakalni) i L1 do L5 (lumbalni).

Kralješnica sudjeluje u pokretu tijela, nosi glavu i podupire trup, te je glavni organ sustava za kretanje i preko zdjelice prenosi na noge težinu tijela (slika 37).

Kralješnica ima funkciju prenošenja i prigušivanja opterećenja, gibanja trupa i glave, zaštite kralješničke moždine i živčanih ogranaka što izlaze iz moždine prema mišićnom i krvožilnom sustavu.

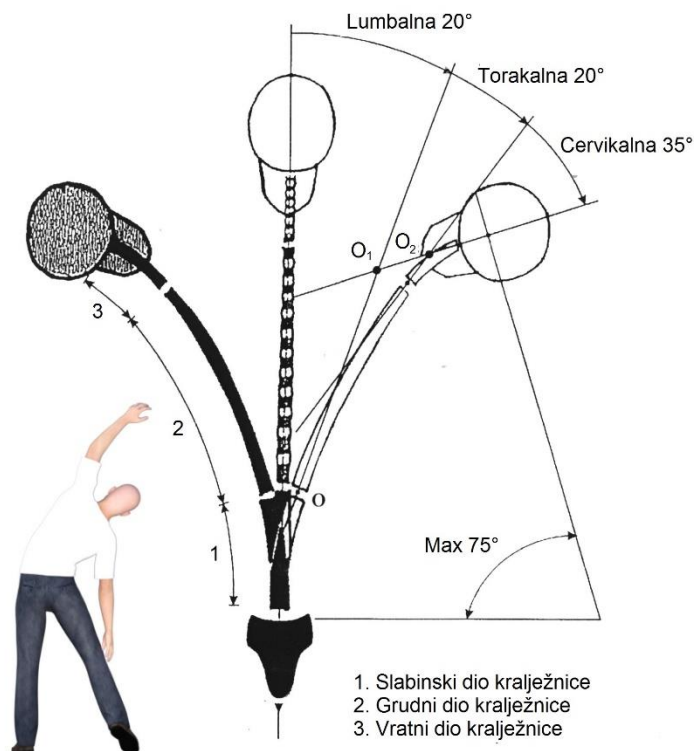


Slika 37. Prikaz zakrivljenosti kralješnice za različite položaje tijela (Doncij, Zacijorskij, 1979.)

Kralješnica u sagitalnom smjeru ima oblik dvostrukog savijenog slova S pri čemu vratni i slabinski dio čine lordozu (izbočen prema naprijed), a grudni i krstačni kifožu (izbočena prema natrag). Oblik dvostrukog savijenog slova S kralješnice uvjetovan je uspravnim stavom čovjeka i mogućnošću da glava zadrži najprikladniji položaj u prostoru.

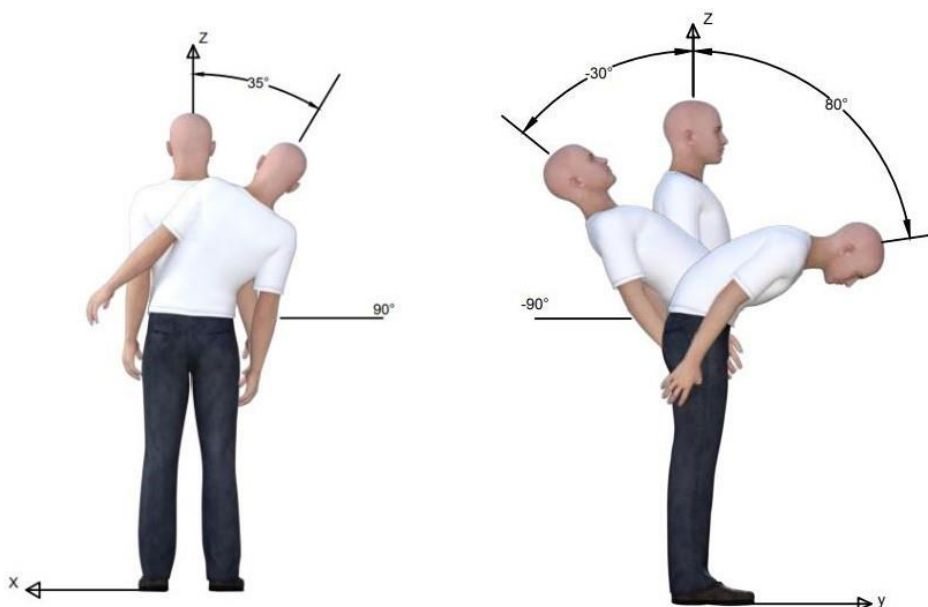
Čovjek se oko poprečne osi (frontalna) pregiba naprijed (antefleksija) i natrag (reterofleksija), dok se oko sagitalne pregiba u stranu (aterofleksija), a oko okomite (vertikalne) se rotira.

Na slici 38 dan je prikaz gibljivosti kralješnice. Vratni dio kralješnice je pokretljiv od 35 ° do 45°, slabinski 20°, a grudni do 20°. Maksimalna pokretljivost u stranu od krstačne kosti do lubanje iznosi od 75 ° do 85°.



Slika 38. Pokretljivost kralježnice (Mijović, 2001.)

Kralježnica čovjeka je središnji organ fleksibilnosti i omogućava uspravan stav kao i pokretanje glave, vrata i trupa, a istovremeno je uporište mišićima ramenog i zdjelice važnim za pokretanje ruku i nogu (slika 39).

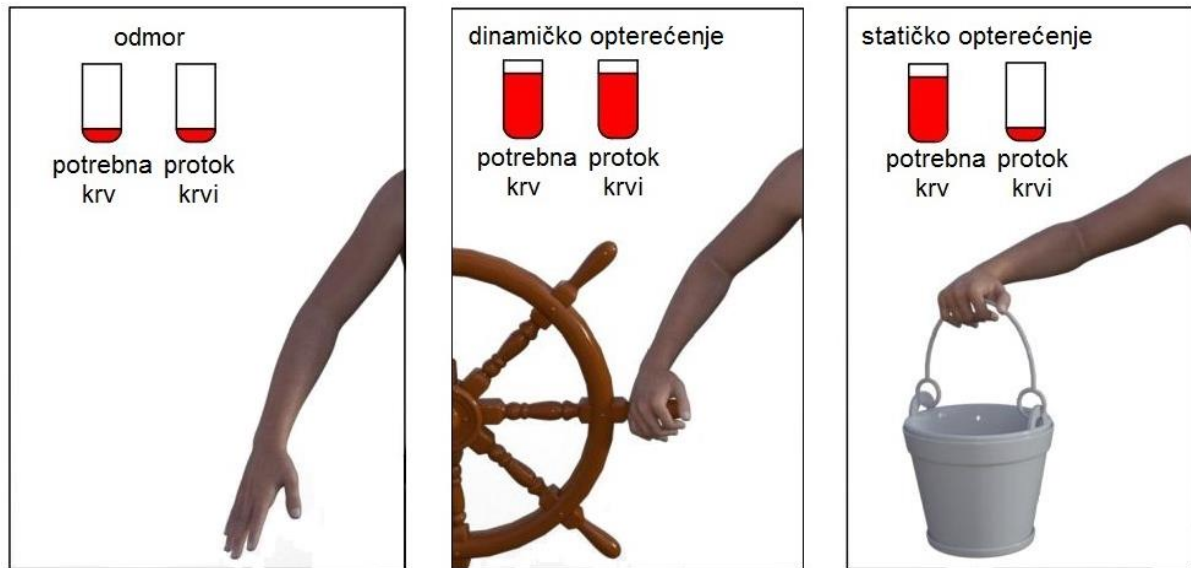


Slika 39. Prikaz naklona u stranu i naprijed - natrag (Mijović, 2005.)

Kod ljudi ovisno o građi, obliku kralješaka, građi prsnog koša, elastičnosti kralježnice, opterećenju i težini tijela postoje razlike u giblivosti kralježnice.

4.3. Biomehaničko mjerenje ljudskog rada

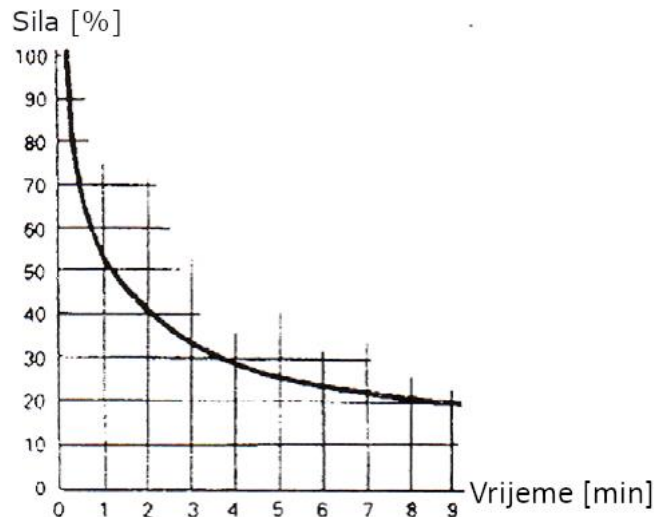
Biomehaničko mjerenje ljudskog rada može se proučavati kroz energetski ili fiziološki pristup. Kod energetskog pristupa proučavanje težine ljudskog rada temelji se na utvrđivanju određenih fizikalnih čimbenika kao energetske potrošnje kisika. Kod fiziološkog pristupa, utvrđivanje i proučavanje težine ljudskog rada provodi se mjerenjem mehaničkog rada ljudskog tijela. Razlikuju se dva oblika mišićnog napora: statički i dinamički napor ili rad.



Slika 40. Prikaz statičkog i dinamičkog rada (*Kroemer, Grandjean, 1999.*)

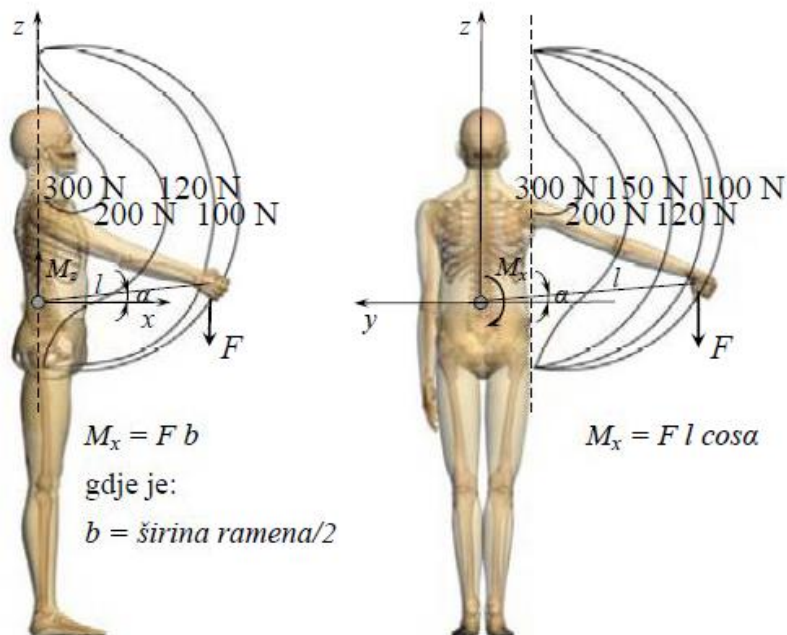
Kod statičkog opterećenja nema kontrakcije i opuštanja mišića te je otežana cirkulacija krvi u mišićima. Da bi se dobila veća prokrvljenost mišića potrebno je omogućiti naizmjenično stezanje i otpuštanje mišića. Slika 40 prikazuje protok krvi za vrijeme statičkog i dinamičkog rada. Prilikom statičkog rada umaranje je znatno veće i javlja se brže nego prilikom dinamičkog rada. Prilikom rada potrebno je nizom pokreta izvršiti izmjenično stezanje i otpuštanje mišića da bi se omogućila ravnomjerna prokrvljenost mišića.

Prema slici 41, koja prikazuje maksimalno trajanje statičkog mišićnog napora, vidljivo je da statički mišićni napor s porastom sile od oko 50 % ljudsko tijelo ne može podnijeti duže od jedne minute.

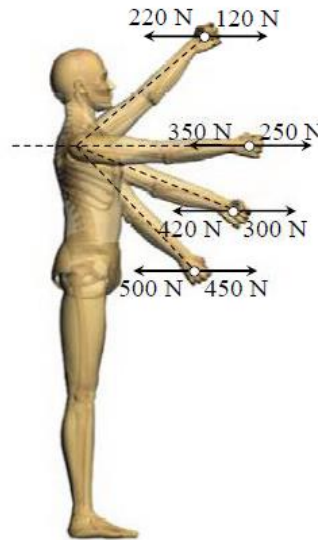


Slika 41. Maksimalno trajanje mišićnog napora (Davis, Stubbs, 1977.)

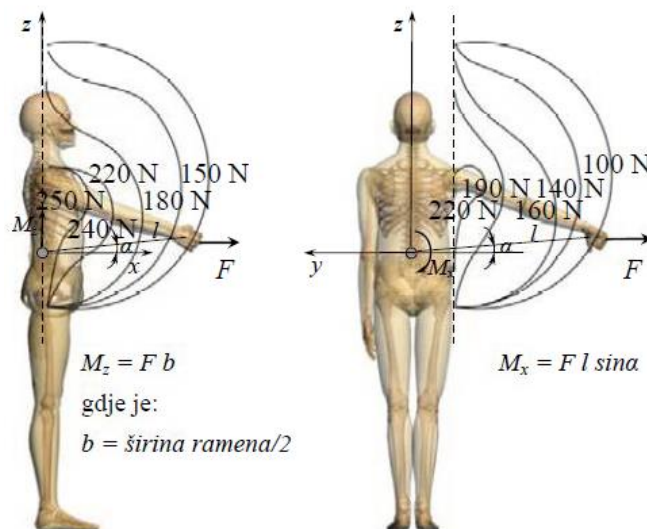
Na slikama 42, 43 i 44 dan je prikaz utvrđene kritične sile i položaja ruku tijekom djelovanja opterećenja kod podizanja tereta (slika 42), guranja tereta u horizontalnom ili kosom pravcu (slika 43) ili od ili prema tijelu (slika 44) dobivenog temeljem proučavanja Davis-a i Stubbs-a (Davis, Stubbs, 1977.)



Slika 42. Podizanje tereta jednom rukom (Baksa, 2007.)



Slika 43. Dvoručno guranje i puzanje tereta (Baksa, 2007.)



Slika 44. Guranje tereta od tijela s jednom rukom (Baksa, 2007.)

Prema Rohmetru (Muftić, Milčić, 2000.) maksimalno razdoblje za opterećenje mišića:

- a) 100 % od maksimalne sile trajanje je 0,1 minuta
- b) 75 % od maksimalne sile trajanje je 0,35 minuta
- c) 50 % od maksimalne sile trajanje je 1,0 minuta
- d) 25 % od maksimalne sile trajanje je 3,4 minuta

Međutim, kod dinamičkog rada dešava se veći utrošak energije, veća srčana frekvencija te je potrebno duže razdoblje za odmor.

Mišićno zamaranje ljudskog tijela tijekom radne aktivnosti nastupa prije kod statičkog nego dinamičkog rada.

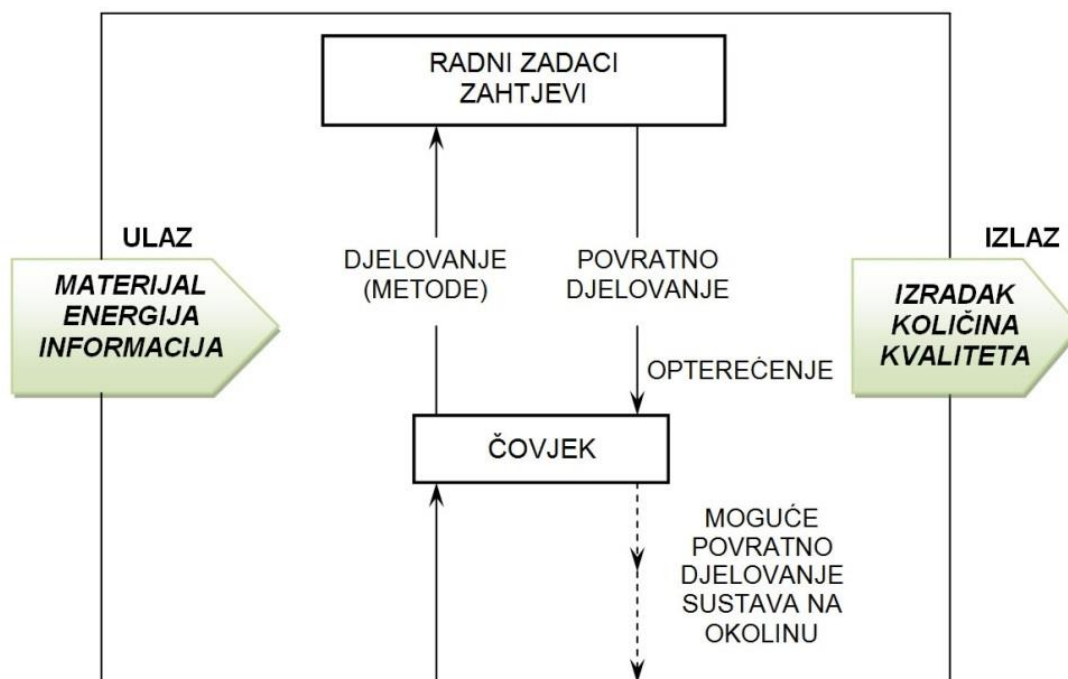
[Na Sadržaj>](#)

5. ZNAČAJ ČOVJEKA U RADNOM SUSTAVU

U radnom sustavu postoji međudjelovanje radnika, stroja i materijala koji se obrađuje. Usklađenost tehničkih karakteristika stroja s psihofizičkim, odnosno perceptivnim i biomehaničkim mogućnostima čovjeka vrlo je važno u radnom sustavu.

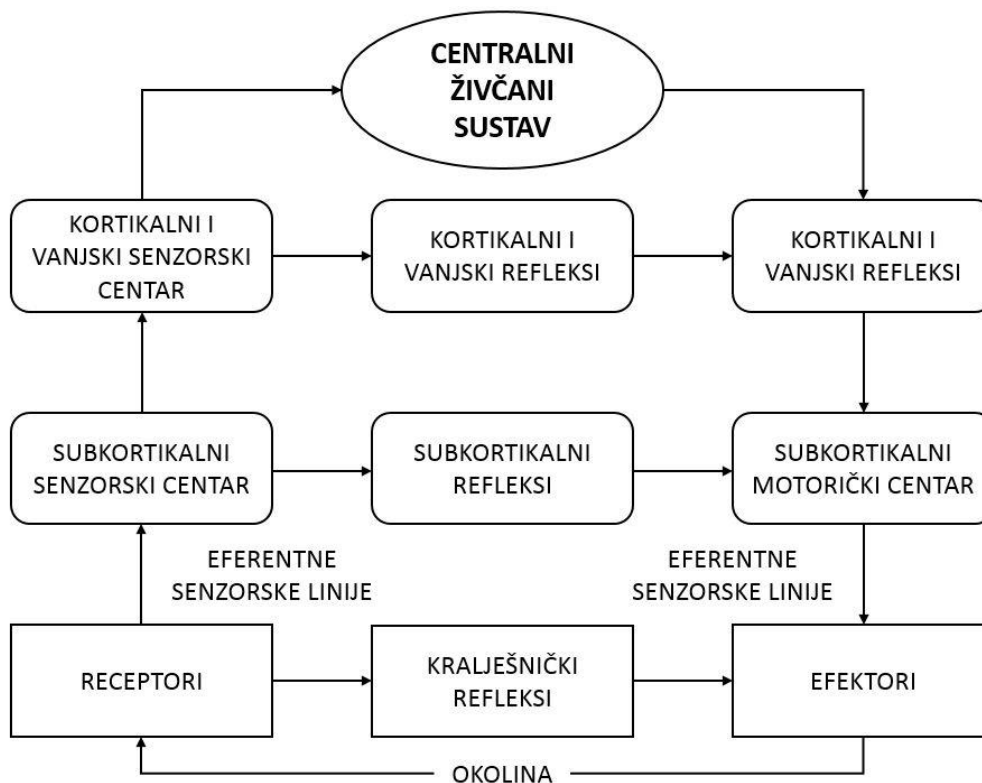
Čovjek kao dio radnog sustava obrađuje materijal na stroju određenim radnim metodama prema zahtjevima radnog zadatka te kao rezultat nastaje poluproizvod ili proizvod u određenoj količini i kvaliteti (slika 45) (*Polajnar, 1999.*).

U toku rada uslijed zahtjevnosti radnog procesa može doći do opterećenja i zamora radnika. Stoga je važno radno mjesto uskladiti s antropometrijskim karakteristikama čovjeka te odabrati adekvatnu metodu rada koja psihofizički zamor radnika smanjuje na najmanju moguću mjeru.



Slika 45. Model radnog sustava (*Polajnar, 1999.*)

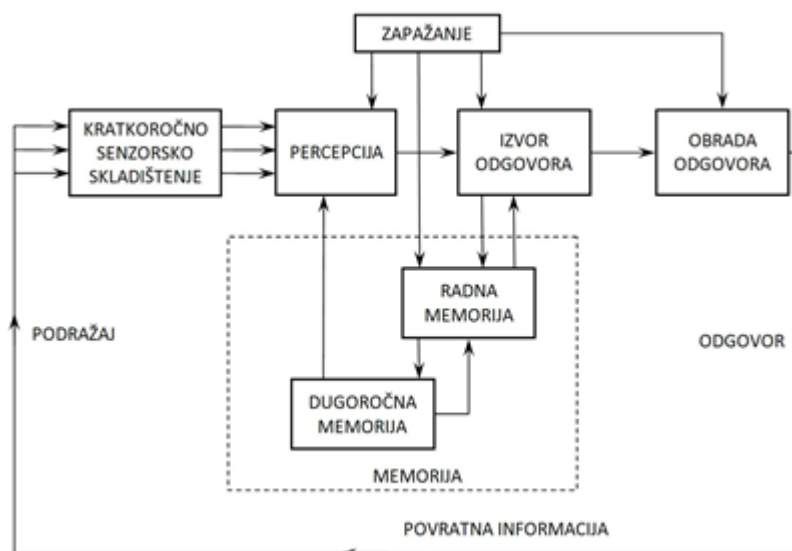
Na slici 46 prikazan je tok informacija koje čovjek dobiva iz okoline (*Sušnik, 1992.; Polajnar, Verhovnik, 2000.*). Kada receptor dobije informaciju iz okoline, ona preko senzorskih centara ide u centralni živčani sustav. Potom središnji živčani sustav daje podražaj motoričkim centrima, a on samom efektoru. Efektor je organ koji reagira na podražaj, prenesen putem motoričkog neurona iz središnjeg živčanog sustava. Podražaji iz okoline su predmeti ili događaji koji se neposredno osjete vidom, sluhom ili dodirrom. Podražaj mora biti dovoljno jasno definiran da ga primi i obradi središnji živčani sustav.



Slika 46. Obrada informacija kod čovjeka primljenih iz okoline (Sušnik, 1992.; Polajnar, Verhovnik, 2000.)

U proizvodnim procesima tok izvođenja tehnoloških operacija ili zahvata predstavlja usklađenu aktivnost mišića. Kada se izvodi tehnološka operacija ili zahvat, potrebna je pored muskulatorne aktivnosti izvođenja pokreta i vidna misaona aktivnost uz aktivno sudjelovanje ostalih perceptivnih osjetila. Potom se ukupni osjećaj ili utisak registrira i obrađuje za donošenje svjesne odluke u centralnom nervnom sustavu te se u obliku impulsa šalje do organa za izvođenje pokreta koji izvodi sam pokret (Sušnik, 1992.; Polajnar, Verhovnik, 2000.).

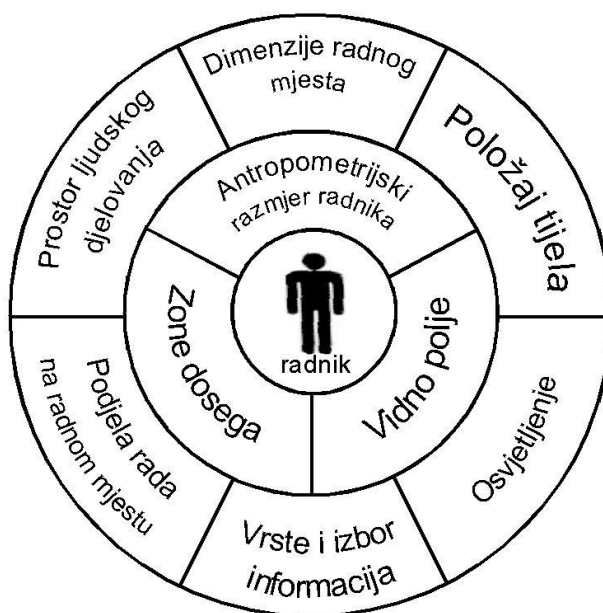
Na slici 47 prikazan je općeniti model procesiranja informacija (Polajnar i sur., 2003.). Kada dođe do podražaja, odnosno do informacije iz okoline, ona se kratkoročno zadržava u senzorskom sustavu. Vidna memorija ostaje pohranjena sekundu, a slušna nekoliko sekundi. Nakon toga slijedi prepoznavanje podražaja kojeg imenujemo kao percepcija ili zapažanje. U tom se procesu nova informacija uspoređuje s informacijom u dugoročnoj memoriji. Percepcije se raspoznaju u radnoj memoriji kao vidne i slušne informacije. Iz radne memorije se informacije prenose u dugoročnu memoriju gdje se analiziraju i uspoređuju s prijašnjim znanjem.



Slika 47. Model procesiranja informacija (Polajnar i sur., 2003.)

Radne operacije najčešće se izvode na strojnim sustavima u kojima postoji uzajamni odnos čovjeka i stroja. Uspješnost radnog procesa ovisi o osobnim sposobnostima i stupnju uvježbanosti pojedinog radnika.

Za pogodno oblikovanje radnog mjesta u sustavu čovjek-stroj-okolina i učinkovito izvođenje rada potrebno je cjelokupni sustav prilagoditi čovjeku, jer on zbog izvođenja radnog zadatka i osobnih sposobnosti čini sastavni dio sustava (slika 48) (Dragčević, Kirin, 2007.).



Slika 48. Međusobni utjecaj sustava čovjek-stroj-okolina (Dragčević, Kirin, 2007.)

Prilikom oblikovanja radnog mjesta važan je antropometrijski razmjer radnika, te radne i vidne zone. Također je važan položaj tijela u radu, dimenzije radnog mjesta i parametri radne okoline.

5.1. Termoregulacija čovjeka

Tijelo zadržava temperaturu tijela od oko 37 °C što je preduvjet za normalno funkcioniranje najvažnijih vitalnih organa, dok je oko 32,5 °C površinska temperatura kože.

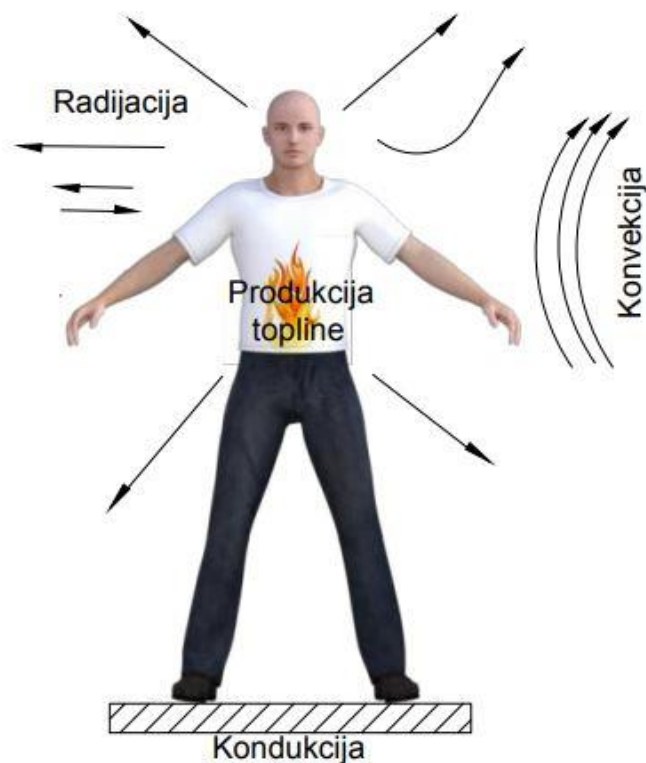
Na slici 49 (Kroemer, Grandjean, 1999.) prikazani su mehanizmi tijela potrebni da bi se temperatura održala konstantnom.



Slika 49. Fiziološka kontrola topline i toplinske ravnoteže u tijelu (Kroemer, Grandjean, 1999.)

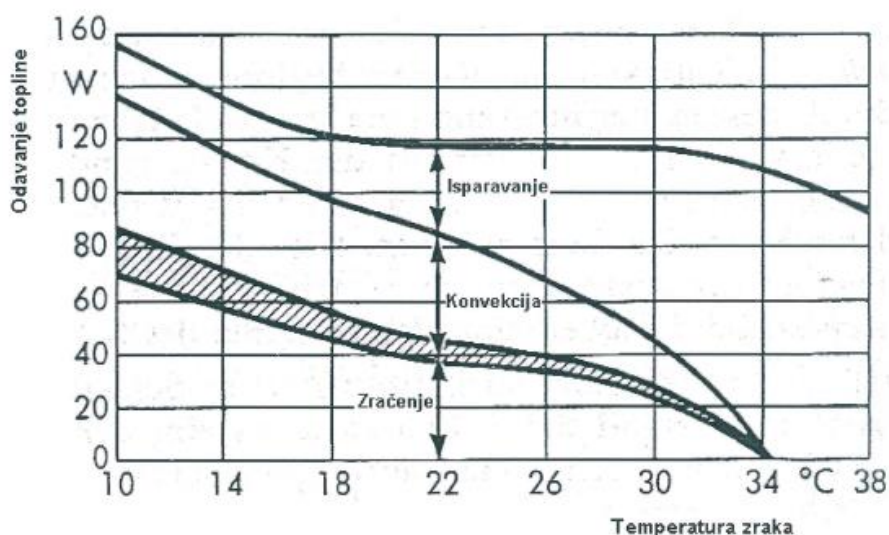
Centar za tjelesnu temperaturu kontrolira stvaranje topline u tijelu, njezinu difuziju putem krvožilnog sustava i gubitak topline izlučivanjem znoja na koži omogućujući tako odvijanje procesa termoregulacije. Tijelo pretvara kemijsku, mehaničku i toplinsku energiju, pri čemu postoji stalna izmjena topline između tijela i okoline koju reguliraju fiziološki mehanizmi organizma što uključuje četiri različita procesa (slika 50):

- provođenje ili kondukciju (ovisi o provodljivosti objekata i materijala koji su u kontaktu s kožom),
- odavanje ili konvekciju (ovisi o razlici temperature, koeficijentu toplinske vodljivosti i brzini strujanja zraka),
- isparavanje ili evaporaciju (ovisi o temperaturi, vlažnosti zraka i strujanju zraka),
- isijavanje ili radijaciju (ovisi o razlikama temperature kože i površina koje se nalaze u blizini).



Slika 50. Produkcija topline (Balantič i sur., 2016.)

Na slici 51 dan je primjer količine odavanja topline normalno odjevenog čovjeka bez tjelesne aktivnosti.



Slika 51. Odavanje topline normalno odjevenog čovjeka bez tjelesne aktivnosti (Regent, 2017.)

U ljudskom organizmu, postupci koji upravljaju gubicima topline postavljeni su kao fizikalna regulacija, a postupci koji upravljaju toplinskim procesima kao kemijska regulacija. Tijelo kondukcijom (K_o), konvekcijom (K) i radijacijom, odnosno zračenjem, toplinu iz okoline prima ili predaje okolini ovisno o toplinskom gradijentu.

Pojednostavljena jednačba toplinske ravnoteže može se opisati kao:

$$M \pm K \pm K_o \pm R - E_z = \pm Q \quad (1.1.)$$

gdje je:

M - toplina proizvedena metabolizmom [Wm^{-2}]

K_o - toplina dovedena/odvedena kondukcijom [Wm^{-2}]

K - toplina dovedena/odvedena konvekcijom [Wm^{-2}]

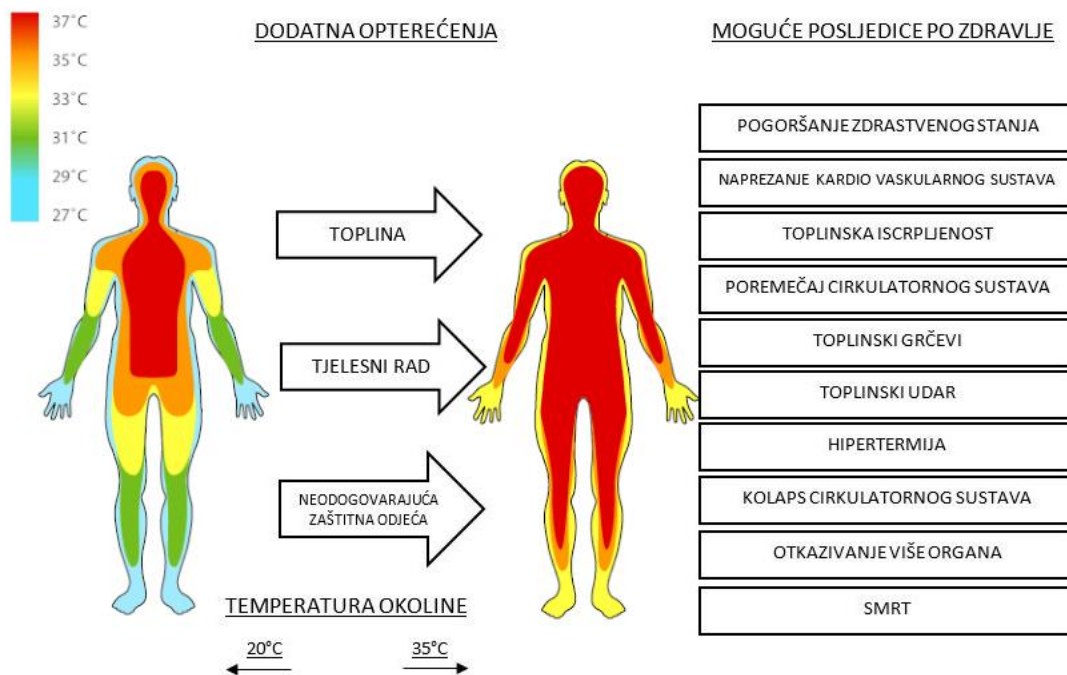
R - toplina dovedena/odvedena zračenjem [Wm^{-2}]

E_z - evaporacija znoja - toplina odvedena isparavanjem [Wm^{-2}]

Q - nagomilana ili izgubljena toplina - zaliha [Wm^{-2}]

Tijelo koje se nalazi u toplinskoj ravnoteži ima $Q = 0$. Živi organizmi imaju sposobnost da svoju unutarnju temperaturu održavaju konstantnom unutar granica uskog područja promjene čak i kod promjenjivih uvjeta okoline i kod razlika učinaka vlastite promjene tvari. Pretpostavka za to je da se prema klimatskim stanjima okoline mijenjaju uvjeti za prijelaz topline, a pod određenim okolnostima i toplinski procesi (Mijović, 2005.).

Na slici 52 dan je primjer posljedica pregrijavanja tijela uslijed djelovanja topline, tjelesnog rada i neodgovarajuće odjeće.



Slika 52. Posljedice pregrijavanja tijela (Regent, 2017.)

Tijelo daje ili prima toplinu ovisno o razlici temperature površine tijela i njegove okoline. Ako je zrak, odnosno okolina u kojoj se nalazi tijelo toplija od kože, toplina konvekcijom prelazi na tijelo. Tijelo se isto tako zagrijava zračenjem ako je okolina toplija od površine tijela.

[Na Sadržaj>](#)

6. TOPLINSKA UDOBNOST

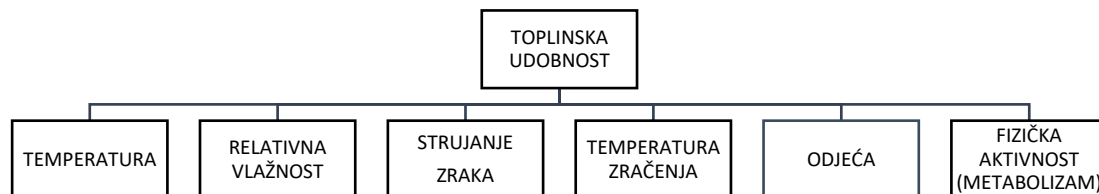
Klimatski uvjeti radnog prostora su jedan od najvažnijih pretpostavki čovjekova zdravlja i zadovoljstva na radnom mjestu.

Optimalni mikroklimatski uvjeti podrazumijevaju održavanje temperature, relativne vlažnosti, strujanja zraka i toplinskog zračenja u granicama koji pri dužem djelovanju na čovjeka osiguravaju normalno funkcionalno i toplinsko stanje organizma uz očuvanje visoke razine radne sposobnosti. Na stanje toplinske ugone još na radnom mjestu utječu fizička aktivnost (metabolizam) i toplinska udobnost odjeće (*Vučinić i sur., 2008.*).

Neprikladne klimatske uvjete na radnom mjestu uzrokuju:

- prevelike temperaturne razlike između efektivne temperature prostora i zidova i/ili podova,
- pretopli ili prehladni pod prostorije,
- prevelika temperaturna razlika glave i nogu radnika i
- propuh koji nastaje zbog razlika u brzini gibanja zraka.

Stoga, na toplinsku udobnost čovjeka utječu klimatske veličine: temperatura zraka, vlažnost zraka, strujanje zraka, temperatura zračenja ploha u okolišu i dvije neklimatske veličine: fizička aktivnost (metabolizam) i odjeća (slika 53).



Slika 53. Prikaz elemenata toplinske udobnosti

Za ocjenu toplinskog okruženja na radnom mjestu prvo se mjere klimatske i neklimatske veličine te se na osnovu klimatskih indeksa mogu predvidjeti fiziološki učinci na radnika. Klimatske veličine se mjere na svakom pojedinom mjestu na visini od oko 1,2 m od poda u vremenskom razdoblju od 10 do 13 h i od 14 do 17 h.

Radna okolina može biti ugodna ili neugodna ovisno o parametrima klimatskih i neklimatskih veličina. Neugoda doprinosi funkcionalnim promjenama koje djeluju na čitavo tijelo. Prevelika toplina dovodi do malaksalosti, pospanosti, smanjenja tjelesne radne sposobnosti i većeg broja grešaka u radu. Pretjerana hladnoća izaziva nemir, nepažnju i smanjenje koncentracije.

6.1. Temperatura zraka

Temperatura u radnom okruženju ovisi o vanjskoj temperaturi, količini topline koju proizvode strojevi, godišnjem dobu, broju ljudi u radnom prostoru te u znatnoj mjeri utječe na udobnost radnika na radnom mjestu. Normalno djelovanje ljudskog organizma uvjetovano je stalnom unutarnjom temperaturom te svako vanjsko opterećenje i promjena temperature uzrokuje osjećaj neugode i smanjenja radne aktivnosti.

U tablici 7 dan je prikaz potrebne temperature, relativne vlažnosti i strujanja zraka ovisno o vanjskoj temperaturi. Povećana ili snižena temperatura može različito utjecati na ljudsko tijelo.

Tablica 7. Odnos vanjske temperature i temperature, relativne vlažnosti i strujanja zraka u prostoriji (Čolović, 2014.)

Vanjska temperatura									
	< +5°			+5° - +15°			> +15°		
Vrsta rada	°C	%	ms ⁻¹	°C	%	ms ⁻¹	°C	%	ms ⁻¹
lagan rada	18-28	75	0,3	18-28	75	0,6	28	55	0,5
							26	60	
							25	65	
							<24	73	
srednje teški rad	15-28	75	0,5	15-28	75	0,6	28	55	0,7
							26	60	
							25	65	
							<24	73	
teški rad	15-28	75	0,5	15-28	75	0,6	28	55	
							26	60	
							25	65	
							<24	73	

Ako se temperatura povećava u odnosu na normalne radne uvjete dolazi do (Kroemer, Grandjean, 1999.):

- povećanja umora s gubitkom psihomotoričke sposobnosti,
- povećanja srčane frekvencije,
- povećanja krvnog tlaka,
- smanjenja aktivnosti probavnih organa,
- povećanja unutarnje temperature i naglog povećanja temperature kože,
- velikog povećanja krvnog optoka kroz kožu i
- povećanja lučenja znoja.

Kod previsokih temperatura dolazi do dehidracije tijela (glavobolja, umor), toplinskog stresa (mučnina, umor, znojenje, ubrzani puls, smanjenje koncentracije), toplinskog udara (kontrakcija mišića, zbunjenost). Kod niskih temperatura dolazi do povećanja u psihomotoričkoj spretnosti, pospanosti te slabosti tijela.

Temperatura zraka ovisi o strujanju zraka, vlažnosti, temperaturi prostorije i vremenu. Temperatura se mjeri termometrom pri čemu je mjerna jedinica celzijus (°C). Pod temperaturom zraka u prostoriji se misli na srednju prosječnu temperaturu koja okružuje korisnika. Za mjerenje temperature, na tržištu se nalaze različiti digitalni termometri koji omogućavaju vrlo precizno određivanje temperature radnog prostora (slika 54) (https://agrologistika.hr/hr-HR/mjerni_instrumenti/termometri).



Slika 54. Prikaz digitalnih termometara

6.2. Relativna vlažnost

Vlažnost zraka utječe na zdravlje i tjelesnu sposobnost radnika. Na vlažnost zraka utječe tehnološki proces, organizacija rada te vanjski parametri vlažnosti. Ugodnim se stanjem smatra radna okolina pri temperaturi od 18 do 24°C i relativne vlažnosti zraka između 30 i 70 %.

Relativna vlažnost se definira kao odnos parcijalnog tlaka vodene pare u mješavini ravnotežnog tlaka vodene pare preko ravne površine čiste vode na danjoj temperaturi. Uređaj za mjerenje vlažnosti zraka zove se higrometar. Za mjerenje relativne vlažnosti na tržištu se nalaze digitalni higrometri koji omogućavaju vrlo precizno određivanje relativne vlažnosti zraka u prostoru (slika 55) (<https://www.conrad.hr>>Alat>Mjerna tehnika>Mjerila okoliša>Mjerači vlage).



Slika 55. Prikaz digitalnih higrometara

Relativna vlažnost pokazuje odnos između količine vodene pare koja stvarno postoji u zraku u nekom trenutku i maksimalne količine vodene pare koji bi taj zrak pri toj temperaturi mogao primiti. Za temperaturu zraka do 20 °C i nisku razinu fizičke aktivnosti preporuča se održavanje relativne vlažnosti između 35 i 65 %.

6.3. Brzina strujanja zraka

Zrak neprestano struji u prostoru na način da struji s područja s višim tlakom prema području s nižim tlakom. Razlika u tlaku nastaje zbog sagorijevanja, pri čemu je specifična težina zraka niža i na to područje dolazi zrak s višom specifičnom težinom (*Balantič i sur., 2016.*).

Strujanje zraka mjeri se digitalnim anemometrom, a mjerna jedinica je ms^{-1} (slika 56) (<https://agrologistika.hr>>klima i okoliš). Brzina strujanja zraka je definirana kao srednja brzina strujanja zraka kojoj je tijelo izloženo.



Slika 56. Prikaz anemometra

Strujanje zraka u određenom smjeru nastaje na otvorenom prostoru, u hodnicima, uz otvorena vrata, prozore i druge prolaze u prostorijama. U proizvodnim je procesima važno osigurati potrebnu količinu svježeg zraka radi opskrbe kisikom te iz radnih prostorija ukloniti štetne tvari (plinovi, pare, prašina).

Pravila koja je potrebno slijediti ovisno o izmjeni zraka po osobi, temperaturi i relativnoj vlažnosti te brzini strujanja zraka predstavljena su u tablici 8, tablici 9 i tablici 10 (Mikšić, 1997.).

Tablica 8. Izmjena zraka u satu po osobi (Mikšić, 1997.)

Težina rada	Izmjena zraka po osobi/ m ³ h ⁻¹	Najmanja izmjena zraka/m ³
vrlo lagan tjelesni rad (administracija)	30	10
lagan tjelesni rad (prodavačica)	35	12
srednje težak tjelesni rad (stolar, alatničar)	50	16
težak tjelesni rad (bravar)	60	18

Tablica 9. Vrijednosti temperature zraka i vlažnosti zraka (Mikšić, 1997.)

Vrsta rada	Temperatura [°C]			Vlažnost zraka [%]		
	minimalno	optimalno	maksimalno	minimalno	optimalno	maksimalno
rad u uredu	18	20-21	24	40	50	70
lagan ručni rad, sjedenje	18	20	24	40	50	70
lagan rad, stajanje	17	18	22	40	50	70
težak rad	15	17	21	30	50	70
vrlo težak rad	14	16	20	30	50	70
rad u vrućini	12	15	18	20	35	60

Tablica 10. Strujanje zraka i temperature zračenja okoline (Mikšić, 1997.)

Vrsta rada	Strujanje zraka [ms ⁻¹]	Temperatura zračenja okoline [°C]	Odstupanje od temperature zraka
rad u uredu	0,1	0-2	
lagan ručni rad, sjedenje	0,1	0-2	
lagan rad, stajanje	0,2	0-2	
težak rad	0,4	0-2	
vrlo težak rad	0,5	0-2	
rad u vrućini	1-1,5		

Stvaranje pogodnog stanja radne okoline dovodi do većeg zadovoljstva radnika na poslu te znatnog smanjenja radnog opterećenja.

6.4. Indeks PMV (*Predicted Mean Vote Index*)

Normom EN ISO 7730 – *Ergonomija toplinskog okoliša - analitičko utvrđivanje i značenje toplinske udobnosti izračunom PMV i PPD indeksa i lokalnih toplinskih kriterija udobnosti* su definirane projektne vrijednosti ključnih parametara toplinske udobnosti. Toplinska ravnoteža je postignuta kada je proizvedena toplina tijela jednaka onoj izmijenjenoj s okolišem. Za subjektivnu ocjenu osjećaja ugodnosti koristi se skala PMV indeksa prema HRN EN ISO 7730 što je u skladu s ASHRAE-ovom ljestvicom (tablica 11).

Tablica 11. ASHRAE ljestvica (*Balantič i sur., 2016.*)

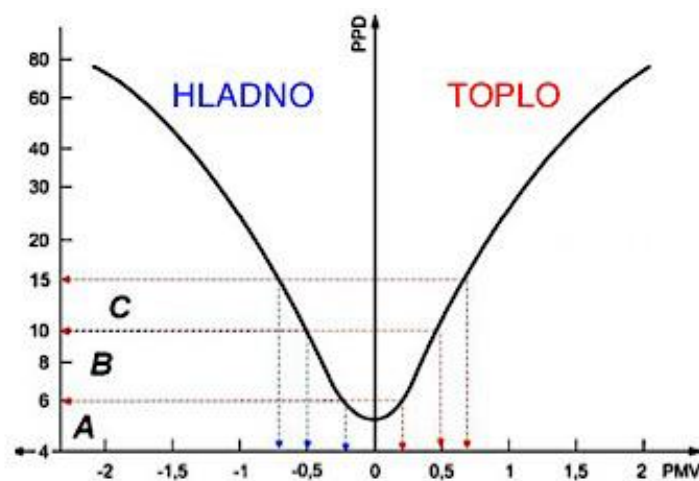
Ocjena	Toplinsko stanje
+3	vruće
+2	toplo
+1	blago toplo
0	neutralno
-1	prohladno
-2	hladno
-3	ledeno

HRN EN ISO 7730 daje jednadžbu za izračun PMV indeksa. PMV indeks prema navedenoj normi može se izračunati na tri načina:

- koristeći kod za program BASIC dan u normi,
- tablicama PMV vrijednosti za različite kombinacije razine aktivnosti, odjevenosti, temperature i relativne vlažnosti i
- direktnim mjerenjem koristeći integracijski senzor.

PPD predstavlja postotak nezadovoljnih osoba, odnosno onih koji bi glasali da im je toplo, vruće, hladno ili ledeno.

Na slici 57 prikazan je PPD kao funkcija PMV. Na osi x su vrijednosti PMV od -3 do +3, dok su na osi y vrijednosti PPD.



Slika 57. PPD kao funkcija PMV (*Balantič i sur., 2016.*)

Svakom indeksu PMV odgovara PPD koji je veza između PMV i broja ljudi koji se osjećaju neugodno (tablica 12).

Tablica 12. Kategorije toplinskog okoliša i utjecaj lokalne neugode (*Balantič i sur., 2016.*)

Kategorija	Toplinsko stanje cijelog tijela		Lokalna neugoda			
	PPD[%]	PMV	DR [%]	PD[%]		
				Razlika temp. po visini	Topli ili hladni podovi	Razlika temp.ploha
A	<6	-0,2<PMV<+0,2	<10	<3	<10	<5
B	<10	-0,5<PMV<+0,5	<20	<5	<10	<5
C	<15	-0,7<PMV<+0,7	<30	<10	<15	<10

Kategorija A je najbolja kategorija s manje od 6 % predviđenih nezadovoljnih osoba. Preporuka je da su uvijek u prostoriji minimalno B kategorije što znači manje od 10 % nezadovoljnih osoba i PMV indeks između -0,2 i +0,2. Može se vidjeti da je propuh (DR(*Draught*)) najutjecajniji faktor lokalne neugode i najviše je osoba nezadovoljno zbog toga.

6.5. Indeks WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*)

Indeks WBGT (eng. *Wet Bulb Globe Temperature*) je indeks toplinskog stresa normiran prema normi ISO 7243. Indeks WBGT predstavlja kombinaciju temperature vlažnog termometra i temperature globus termometra. Računa se pomoću dvije jednadžbe (*Balantič i sur., 2016.*):

Ako toplinsko zračenje nije izraženo:

$$WBGT = 0,7 \times T_v + 0,02 \times T_g + 0,1 \times T_z \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1.2.)$$

Ako je toplinsko zračenje izraženo:

$$WBGT = 0,7 \times T_v + 0,3 \times T_g \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1.3.)$$

gdje je: T_v - temperatura vlažnog termometra [°C]

T_g - temperatura globus termometra [°C]

T_z - temperatura zraka [°C]

U tablici 13 dane su referentne vrijednosti WBGT ovisno o razredu fizičke aktivnosti.

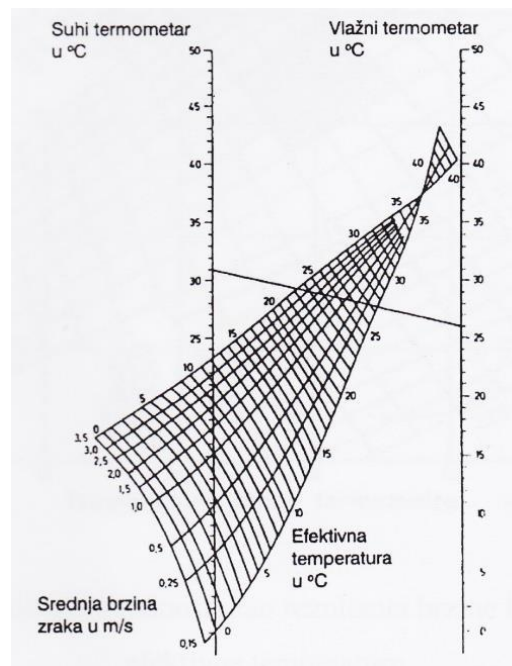
Tablica 13. Referentne vrijednosti WGBT ovisno o razredu fizičke aktivnosti (*Balantič i sur., 2016.*)

Razred fizičke aktivnosti	Razina fizičke aktivnosti (metabolizam) M		Referentna vrijednost WGBT		
	Relativna [Wm^{-2}]	Ukupna [W]	Osoba prilagođena temperaturi [$^{\circ}\text{C}$]	Osoba neprilagođena temperaturi [$^{\circ}\text{C}$]	
0	$M < 65$	$M < 117$	33	32	
1	$65 < M < 130$	$117 < M < 234$	30	29	
2	$130 < M < 200$	$234 < M < 360$	28	26	
3	$200 < M < 260$	$360 < M < 468$	Beznačajna brzina strujanja zraka 25	Beznačajna brzina strujanja zraka 22	Beznačajna brzina strujanja zraka 23
4	$M > 260$	$m > 468$	23	18	20

Indeks WGBT najčešće se koristi kod radnih mjesta gdje su prisutne povišene temperature.

6.6. Efektivna temperatura (ET)

Efektivna temperatura je definirana kao temperatura potpuno mirnog zraka ($v=0 \text{ ms}^{-1}$) zasićena vodenom parom ($\Phi=100 \%$) koji u zdravom čovjeku odražava jednak toplinski učinak kao kombinacija temperature, vlažnosti i strujanja zraka na radnom mjestu (slika 58).

**Slika 58.** Efektivna temperatura (*Balantič i sur., 2016.*)

U tablici 14 dane su vrijednosti efektivne temperature zraka u odnosu na relativnu vlažnost, strujanje zraka i temperature zraka.

Tablica 14. Efektivna temperatura u odnosu na relativnu vlažnost, temperaturu zraka i brzinu strujanja zraka (*Balantič i sur., 2016.*)

Relativna vlažnost zraka [%]	Brzina strujanja zraka [ms ⁻¹]	Temperatura zraka [°C]	Efektivna temperatura [°C]
100	0,1	25	25
100	0,5	26	25
100	2,0	28	25
75	0,1	27	25
45	0,1	32	25
25	2,0	32	25
10	3,0	37	25

NET (normalna efektivna temperatura) računa se pomoću jednadžbe (*Balantič i sur., 2016.*):

$$NET = 37 - \left[\frac{1}{0,68 - 0,14 \times \frac{R_v}{100} + \frac{1}{1,76 + 1,4 \times v^{0,75}}} \times (37 - T_z) \right] - \left[0,29 \times T_z \left(1 - \frac{R_v}{100} \right) \right] \quad (1.4.)$$

Ako je temperatura globus termometra viša od temperature zraka za više od 1°C, računa se KET (korigirana efektivna temperatura), (*Balantič i sur., 2016.*):

$$KET = 37 - \left[\frac{1}{0,68 - 0,14 \times \frac{R_v}{100} + \frac{1}{1,76 + 1,4 \times v^{0,75}}} \times (37 - T_g) \right] - \left[0,29 \times T_g \left(1 - \frac{R_v}{100} \right) \right] \quad (1.5.)$$

gdje je:

- T_z – temperatura zraka [°C]
- T_g – temperatura globus termometra [°C]
- R_v – relativna vlažnost [%]
- v – brzina strujanja zraka [ms⁻¹]

Prema normi DIN 33403, definirane su NET vrijednosti temeljem kojih se definira toplinska ugodna čovjeka (tablica 15).

Tablica 15. NET vrijednosti (*Balantič i sur., 2016.*)

Razred	Radni metabolizam [kJh ⁻¹]	NET [°C]
1	M ≤ 480	31 < NET ≤ 33
2	480 < M ≤ 720	28 < NET ≤ 31
3	720 < M ≤ 960	24 < NET ≤ 28
4	960 < M ≤ 1200	20 < NET ≤ 24
5	1200 < M ≤ 1380	16 < NET ≤ 20
6	1380 < M ≤ 1500	12 < NET ≤ 16
7	M > 1500	NET ≤ 12

Toplinska ugodna čovjeka može se definirati za određeni radni metabolizam.

6.7. Toplinske svojstva odjeće

Funkcionalna uloga odijevanja je održavanje tijela u prihvatljivom toplinskom stanju u različitim okruženjima. Faktori koji djeluju na toplinsko ponašanje odjeće uključuju svaku toplinsku izolaciju, prijenos vlažnosti i isparavanja kroz kožu (znoj, kiša), izmjenu topline (kondukcija, radijacija, isparavanje, kondenzacija), položaj tijela itd. Toplinska izolacija odjeće izražava se jedinicom clo pri čemu je:

$$1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Normom EN ISO 9920 definirana je toplinska otpornost odjeće (tablica 16).

Tablica 16. Termalna izolacija u Clo (*Mijović, 2008.*)

Opis dijelova odjeće	Termalna izolacija Clo [I_{clo}]
Donji dio odjeće	
gaćice	0,03
dugačke gaće	0,10
potkošulja	0,04
majica kratkih rukava	0,09
majica dugih rukava	0,12
Majice/bluze	
dugi rukav	0,15
lagane, dugi rukavi	0,20
normalne, dugi rukavi	0,25
flanelne majice, dugi rukav	0,30
lagane bluze, dugi rukav	0,15
Hlače	
kratke	0,16
lagane	0,20
normalne	0,25
flanelne	0,28
Haljine/suknje/odijela	
lagana suknja (ljetne)	0,15
punije haljine (zimske)	0,25
lagane haljine, dugi rukav	0,20
zimski haljina, dugi rukav	0,40
toplo odijelo	0,55
Džemperi	
vesta bez rukava	0,12
tanki džemperi	0,20
džemperi	0,28
debeli džemperi	0,35
Jakne	
tanka ljetna jakna	0,25
jakna	0,35
kuta	0,30
Vanjska odjeća	
kaput	0,60
postava	0,55
kožna jakna	0,70
pleteni puloveri	0,55

Ostali odjevni predmeti i obuća	
čarape	0,02
kratke čarape	0,05
dokoljenice	0,05
najlonske čarape	0,03
cipele –tanki đon	0,02
cipele-debeli đon	0,04
čizme	0,10
rukavice	0,05

Toplinski otpor odjeće ovisan je o vrsti i broju odjeće koja prekriva tijelo, a određuje se temeljem opisa odjeće.

6.8. Metabolizam

Metabolizam je zajedničko ime za procese u ljudskom tijelu koji pretvaraju kemijsku energiju u mehaničku energiju i toplinu. Pri tom je procesu potreban kisik koji odlazi u tkiva s krvotokom preko pluća. Ravnotežu u organizmu i potrošnju energije podržava hrana (voda, sol,...). Unosom hrane i vode u organizam trebaju se osigurati kalorijske potrebe i unijeti nužne tvari potrebne za normalan metabolizam. Potrebe za energijom su: kalorije potrebne za održavanje metabolizma, kalorije potrebne za razgradnju hrane i kalorije potrebne za fizičku aktivnost (*Mijović, 2005.*). Za normalan metabolizam potrebno je osigurati odgovarajući kvalitativni unos, što znači da je u organizam potrebno unijeti ugljikohidrate, masti i bjelančevine. Povoljan omjer ugljikohidrata, bjelančevina i masti u prehrani bi bio: 20 %, kalorijskog unosa u obliku bjelančevina, 50 % kalorijskog unosa u obliku ugljikohidrata i 30 % kalorijskog unosa u obliku masti. Također je nužna potreba za vodom koja iznosi 1 mlkg⁻¹.

Metabolizam je živi proces i označava promjenu kemijske energije (hrana) u toplinsku (75 %) i u mehaničku energiju (< 25 %).

U praksi za metabolizam se koriste jedinice kJmin⁻¹ ili W.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ Js}^{-1} = 0,06 \text{ kJmin}^{-1}$$

$$1 \text{ kJmin}^{-1} = 16,67 \text{ Js}^{-1} = 16,67 \text{ W}$$

Za metabolizam se kao mjerilo uzima i potrošnja O₂ pri čemu

$$1 \text{ l O}_2 \text{ min}^{-1} = 20,37 \text{ kJmin}^{-1} = 339,57 \text{ W}$$

Kod proučavanja metabolizma razlikuje se bazalni (M_{baz}) i radni (M_{rad}) metabolizam, pri čemu je ukupni metabolizam njihov zbroj.

$$M = M_{baz} + M_{rad} \quad (1.6.)$$

Bazalni metabolizam je skup svih biokemijskih procesa u tijelu s obzirom obavlja li tijelo neku radnju ili miruje, te mehanizam za opskrbu hranom vitalnih funkcija tijela u mirovanja. Mjeri se s energijom (J) na 1 kg tjelesne mase na 1 sat. Bazalni metabolizam ovisi o masi, površini tijela, starosti, spolu, hormonalnom stanju i vrsti rada.

Bazalni metabolizam za žene se izračunava prema jednadžbi (*Balantič i sur., 2016.*):

$$M_{baz-\dot{z}} = 0,934 + 0,0287 \times m + 0,00538 \times v - 0,0136 \times s \quad (1.7.)$$

Bazalni metabolizam za muškarce izračunava se prema jednadžbi (*Balantič i sur., 2016.*) :

$$M_{baz-m} = 0,193 + 0,0400 \times m + 0,01454 \times v - 0,0196 \times v \quad (1.8.)$$

gdje je : m - tjelesna masa [kg]

v - tjelesna visina [cm]

s - starost [godine]

M_{baz} - bazalni metabolizam [kJm^{-1}]

Radni metabolizam predstavlja dio kompleksne metaboličke energije koja se u unutrašnjosti tijela izgubi zbog čovjekove fizičke aktivnosti. Određuje se s obzirom na težinu rada, odnosno dinamičke mišićne aktivnosti. Radnik za različite tjelesne aktivnosti troši određenu energiju što ovisi o radu mišića.

Na fizikalne i kemijske procese u ljudskom organizmu utječe toplinska okolina i brzina rada. Za određivanje radnog metabolizma mogu se koristiti tablica 17, tablica 18 i tablica 19, pri čemu se uzima u obzir vrsta rada (tablica 17), položaj tijela (tablica 18) ili vrsta kretanja (tablica 19) s obzirom na vrijeme radne aktivnosti.

Tablica 17. Radni metabolizam za muškarce i žene kod različitih vrsta rada (*Balantič i sur., 2016.*)

Vrsta rada		M_{rad} [kJmin^{-1}]			
		Muškarci		Žene	
		Područje	Srednja vrijednost	Područje	Srednja vrijednost
Ručni rad	lagano	<2,4	1,8	<2,2	1,6
	srednje	2,4-4,2	3,6	2,2-3,8	3,2
	teško	>4,2	4,8	>3,8	4,3
Jednoručni rad	lagano	<5,4	4,2	<4,9	3,8
	srednje	5,4-7,8	6,6	4,9-7,0	5,9
	teško	>7,8	9,0	>7,0	8,1
Dvoručni rad	lagano	<9,0	7,8	<8,1	7,0
	srednje	9,0-11,4	10,2	8,1-10,2	9,2
	teško	>11,4	12,6	>10,2	11,3
Tjelesni rad	lagano	<18,6	15	<116,7	13,5
	srednje	18,6-27,6	22,8	16,7-24,8	20,5
	teško	27,6-39,6	33,6	24,8-35,6	30,2
	vrlo teško	>39,6	46,8	>35,6	42,1

Tablica 18. Radni metabolizam s obzirom na različite radne položaje (*Balantič i sur., 2016.*)

Radni položaj	M_{rad} [kJmin^{-1}]	
	Muškarci	Žene
sjedenje	1,2	1,1
klečanje	2,4	2,2
čućanje	2,4	2,2
stajanje	3,0	2,7
stajanje u pognutom položaju	3,6	3,2

Tablica 19. Radni metabolizam s obzirom na vrstu aktivnosti (*Balantič i sur., 2016.*)

Vrste aktivnosti i radni uvjeti	M_{rad} [kJmin^{-1}]	
	Muškarci	Žene
Hod po ravnom 2-5 kmh^{-1}		
lagani hod	13,2	11,9
Hod uzbrdo 3-5 kmh^{-1}		
uspon s nagibom 5°	25,2	22,7
uspon s nagibom 10°	43,2	38,9
Hod nizbrdo 3-5 kmh^{-1}		
spuštanje s nagibom 5°	7,2	6,5
spuštanje s nagibom 10°	6,0	5,4
Hod s teretom po ravnom, 3-5 kmh^{-1}		
10 kg tereta	10,2	9,2
30 kg tereta	22,2	20,0
50 kg tereta	34,2	38,8
Penjanje po nagnutim ljestvama- brzina 9-11 mmin^{-1}		
bez tereta	199,2	179,3
10 kg tereta	224,4	202,0
50 kg tereta	398,4	358,6
Penjanje po uspravnim ljestvama- brzina 12 mmin^{-1}		
bez tereta	243,6	219,2
10 kg tereta	280,2	252,2
50 kg tereta	570,0	513,0

Za određeno vrijeme radne aktivnosti radnika može se odrediti radni metabolizam za muškarce i žene kod različitih vrsta rada uvažavajući radne položaje i vrstu radne aktivnosti.

[Na Sadržaj>](#)

7. BUKA

Buka se najčešće definira kao svaki nepoželjan zvuk koji ometa čovjekov rad i odmor, te u krajnjem slučaju oštećuje njegovo zdravlje (*Tanković i sur., 2016., Mijović, 2008.*). Radi se o svakom zvuku koji prekoračuje najviše dopuštene razine s obzirom na vrijeme i mjesto nastanka u sredini u kojoj ljudi rade i borave (*Zakon o zaštiti od buke, NN20/03*).

Buku u urbanim područjima možemo podijeliti na:

- a) Buku na radnom mjestu:
 - buka proizvedena od uređaja na kojem radi čovjek,
 - buka proizvedena od drugih strojeva i uređaja i
 - buka od neproizvodnih izvora (ventilacija, klima).
- b) Buka iz okoliša:
 - prometna buka,
 - industrijska buka i
 - ulična buka.

Na čovjeka može djelovati zvučni tlak u velikom rasponu te zato buku mjerimo logaritamskom jedinicom decibel (dB). Visinu tonova mjerimo u hercima (Hz), gdje je 1 Hz jedan titraj u sekundi.

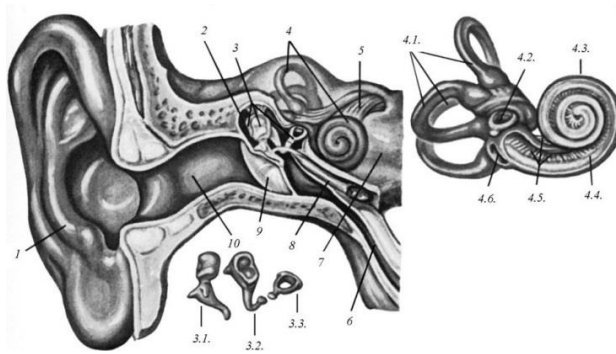
Buka je neželjeni uznemiravajući zvuk koji se rasprostire titranjem čestica zraka. Može se podijeliti prema načinu širenja, mjestu izvora ili putovima prodiranja. Prema načinu širenja dijeli se na zračnu i strukturnu. Prema mjestu izvora dijeli se na unutarnju i vanjsku, dok se prema frekvencijskom području dijeli na infrazvučnu (do 16 Hz), zvučnu (16 – 20 000 Hz) i ultrazvučnu (iznad 20 000 Hz). Buka prema načinu djelovanja može biti kontinuirana ili isprekidana (*Mijović, 2009.; Kirin, Šabić, 2016.*).

Ljudsko uho registrira zvuk frekvencije u rasponu od 16 Hz do 20 000 Hz, a najosjetljivije je na raspon frekvencija između 2000 i 5000 Hz, pri čemu se ljudski govor nalazi između 300 i 700 Hz. Prag sluha uredno čujne osobe je u području od 0 do 24 decibela zvučnog tlaka, dok nagluhe osobe imaju prag sluha između 26 i 93 decibela. Potpuna gluhoća nastaje ako je prag čujnosti iznad 93 decibela (*Gomzi, 2009.*).

Osjetljivost na buku ovisi o karakteristikama buke (jakost, ritam, sadržaj), individualnim karakteristikama izložene osobe (stanje organa sluha, životna dob, individualna osjetljivost na buku) te o duljini, vrsti i načinu izloženosti (položaj osobe prema izvoru buke, prisutnost ili neprisutnost buke u vrijeme odmora uzetog za radnog odmora te u slobodno vrijeme) (*Horvat, Regent, 2009.; Gomzi, 2009.*).

7.1. Učinci buke na sluh i zdravlje radnika

Prema građi uho možemo podijeliti na vanjsko uho koje čine ušna školjka i zvukovod, srednje uho sastavljeno od bubnjića, tri koščice (čekić, nakovanj, stremen), Eustahijeve cijevi i unutarnje uho čiju osnovu čine pužnica i brojni kanalići (slika 59) (www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63037).



Legenda: 1. uška, 2. srednje uho, 3. slušne košćice: 3.1. čekić, 3.2. nakovanj, 3.3. stremen, 4. unutarnje uho: 4.1. polukružni kanalići, 4.2. stremen u ovalnom prozorčiću, 4.3. pužnica, 4.4. membranski labirint, 4.5. slušni živac, 4.6. okrugli prozorčić, 5. slušni živac, 6. eustahijeva tuba, 7. sljepoočna kost, 8. tenzorni mišić, 9. bubnjić, 10. zvukovod

Slika 59. Građa uha

Ušna školjka sakuplja i usmjerava zvučne valove zvukovodom koji pojačava njihovu frekvenciju prema opni-bubnjiću (koji dijeli vanjsko od srednjeg uha). Zvučni val koji dolazi zvukovodom pokreće bubnjić i vibracija se prenosi preko 3 košćice (čekić, nakovanj, stremen) koje dalje pokreću perilimfu pužnice i predvorja. Preko stanica pužnice zvučni se val pretvara u impuls te se prenosi živcem do centra za sluh u mozak. Unutarnje uho ima sustav od tri kanalića odgovoran za osjet ravnoteže. Eustahijeva cijev je dio srednjeg uha koji ga spaja s nosnim dijelom ždrijela i važna je za izjednačavanje tlakova u bubnjiću i onog izvana. Slušne stanice na početku pužnice reagiraju na visoke frekvencije, dok one koje se nalaze u središtu pužnice reagiraju na niske frekvencije zvuka, odnosno visoki tonovi rezultiraju kratkim valovima s vrhovima na samom početku pužnice, dok niski tonovi stvaraju duže valove s vrhovima blizu središta pužnice.

Unutarnje uho izvodi analizu frekvencija dolazećih zvučnih valova i transformira njihove zvučne impulse prema mozgu koji tako dobiva informaciju o različitim komponentama zvuka, čime se percipira zvuk kao cjelina, a ne kao pojedinačne frekvencije koje su u njemu zastupljene (Kroemer, Grandjean, 1999.).

Izloženost intezivnoj buci ima direktan (djelovanje buke na osjetilo sluha-auralno djelovanje ili auditivni učinak) ili indirektan utjecaj na zdravlje (djelovanje buke na cijeli organizam-ekstraauralno ili neauditivni učinak) (Resanović i sur., 2016.).

Auralno djelovanje buke izražava se preko izravnog oštećenja slušnog organa i time sluha. Štetni efekti djelovanja buke na sluh mogu se podijeliti na tri stupnja:

- stupanj adaptacije-nastaje poslije kraćeg djelovanja umjereno jake buke, naglušost je prolazna i kratka,
- stupanj zamora-poremećaj mehanizma slušne percepcije uslijed dužeg izloženosti buke, prisutna je naglušost, napetost, psihički i neuro-vegetativni poremećaji i
- oštećenje sluha koje se manifestira gluhoćom osobe.

Oštećenje sluha dijelimo na naglušost i gluhoću. Naglušost je veće ili manje oštećenje sluha, a gluhoća se smatra gubitkom sluha u govornim frekvencijama (Poplašen, 2014.).

Prema oštećenju sluha razlikujemo:

- normalnu naglušost: 0-20 dB,
- laku naglušost: 21-40 dB,
- manju naglušost: 41-60 dB,

- tešku naglušnost: 61-80 dB,
- gluhoću: > 93 dB.

Pojava profesionalne gluhoće je vrlo složena i vezana je uz buku velikog intenziteta te progresivno raste s vremenom provedenim u bučnoj okolini.

Ekstraauralne posljedice buke izražavaju se (*Varžić, 2010.*):

- utjecajem na organe i tjelesne sustave (živčani sustav, krvožilni sustav, probavni trakt, hormonski sustav),
- utjecajem na ljudsko funkcioniranje i obavljanje posla (umni rad, koncentracija, pozornost, zapažanje zvučnih signala, govorna komunikacija, odmor, san).

Buka utječe na psihomotoriku očitujući se razdražljivošću, dekoncentracijom, padom radnog učinka i porastom nesreća na radu.

Ovisno o razini buke kojoj je zaposlenik izložen, propisano je i dopušteno vrijeme izlaganja određenoj razini buke (*Salihbegović, 2016.*). U tablici 20 prikazan je rizik za oštećenje sluha u ovisnosti o vremenu izlaganja buci (*Horvat, Regent, 2009.*).

Posljedice buke na radnom mjestu u proizvodnom procesu onemogućavaju komunikaciju, izazivaju pojavu umora, izazivaju pojavu zamora, smanjenje koncentracije, smanjenje sigurnosti na radu, izazivaju poremećaje u orijentaciji, gubitak sluha, smanjenje produktivnosti i porast broja pogrešaka pri radu (*Klaničnik, 2016.*).

Tablica 20. Rizik oštećenja sluha prema vremenu izlaganja buci (*Horvat, Regent, 2009.*)

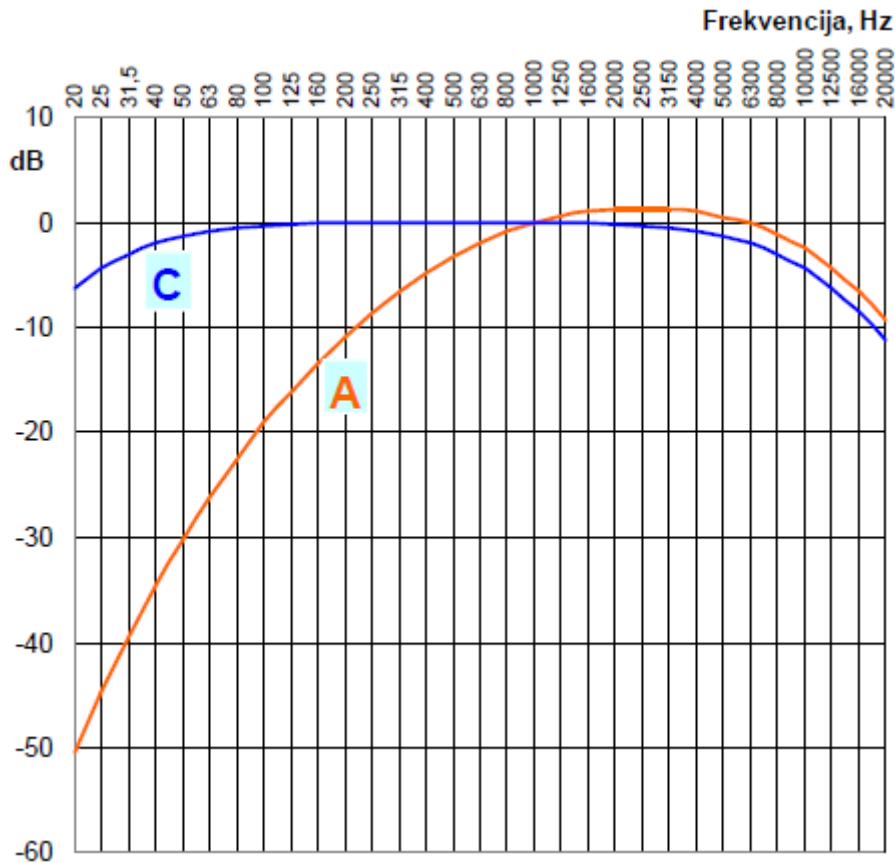
Razina buke [dB(A)]	Ekvivalentno vrijeme izlaganja buci [min]	Relativni osjet zvuka (percepcija glasnoće)	Faktor opasnosti za oštećenje sluha
85	480	1,00	1
88	240	1,22	2
91	120	1,50	4
94	60	1,85	8
95	48	2,00	10
97	30	2,30	16
100	15	2,80	32
103	7,5	3,45	64
105	4,0	4,00	100
109	2,0	5,25	256
112	1,0	6,50	512
115	0,5	8,00	1000

Buka djeluje na čovjeka višestruko štetno te izravno ili neizravno oštećuje čovjekovo zdravlje, izaziva umor i smanjuje radne sposobnosti te ometa sporazumijevanje, odmor i san.

Buka se najčešće izražava u jedinicama dB(A) i dB(C). Navedene jedinice povezane su s filtrima koji se koriste kod mikrofona u svrhu smanjenja osjetljivosti mikrofona na određenom frekvencijskom području. Mikrofonu za mjerenje imaju ravnu karakteristiku, a čovjek lošije čuje niske frekvencije i vrlo visoke frekvencije, a dobro čuje srednje frekvencije (oko 1-5 kHz). Da bi razina zvuka prikazana jednom brojkom korespondirala sa subjektivnim osjetom glasnoće, potrebno je zvuk koji snima mikrofoni filtrirati na način kako to čuje

čovjek. U tu svrhu se koristi A krivulja, a tako mjerene vrijednosti se označavaju s dB (A) (slika 60) (www.noisemeters.com/help/fag/frequency-weighting.asp).

Ako se pak radi o vrlo velikim razinama zvuka, tada sluh više nije toliko nelinearan i sve frekvencije u čujnom području čuju se gotovo podjednako. Zato se koristi C filter koji tek malo smanjuje osjetljivost mikrofona na niskim i visokim frekvencijama, a upotrebljava se tipično za vršne (*peak*) vrijednosti zvučnog signala, npr. kod udaraca, eksplozije, vršnih razina buke u industriji i dr. Tako mjerena razina se onda označava s dB (C). U slučaju da se ne koristi filter, onda je jedinica dB.



Slika 60. Normirane krivulje A i C za frekvencijsko vrednovanje

S obzirom na razine štetnosti buka se može podijeliti na četiri stupnja štetnosti:

- 30-60 dB (A) – područje psihološkog djelovanja (radnici postaju umorni, razdražljivi i osjećaju se nelagodno),
- 60-90 dB (A) – područje ozbiljnih psiholoških i fizioloških smetnji (radnici postaju razdražljivi, psihički labilni, bez koncentracije i sa smanjenom motivacijom),
- 90-120 dB (A) – područje oštećenja sluha (dolazi do oštećenja sluha, naglušnosti ili potpune gluhoće uslijed izloženosti buke za vrijeme cijelog radnog vremena) i
- iznad 120 dB (A) – područje akutnog oštećenja sluha (*Kirin, Lauš, 2011.*).

Buka djeluje na živčani, probavni i hormonski sustav što se manifestira porastom krvnog tlaka, poremećajem u radu probavnih organa, sniženjem vidnog polja te endokrinološkim i metaboličkim poremećajima (*Kroemer, Grandjean., 1999.*). Smatra se da već buka preko 60 dB(A) može neizravno utjecati na podraživanje živčanog sustava. Nadalje, može izazvati ubrzani rad srca, ubrzano disanje i znojenje. Reakcija na buku može biti kratkotrajna ili

kronična, a očituje se kao nesаница, povišeni krvni tlak, poremećaj apetita, tjeskoba i depresija. Prema svjetskoj zdravstvenoj organizaciji, zvučna granica koja se smatra prihvatljiva za zdravlje iznosi 65 dB(A) za dan i 55 dB(A) za noć.

Jake i repetitivne stimulacije intenzivnom bukom mogu dovesti do gubitka sluha, koji je privremen u početku, ali nakon ponavljanja ekspozicije mogu se pojaviti permanentna oštećenja sluha što predstavlja gubitak sluha zbog izloženosti buci (*Britvić, 2009.*). Intenzivnija buka i duža ekspozicije uzrokuju veće oštećenje sluha. Postoje individualne razlike reakcije na buku. Osobito osjetljivi ljudi mogu doživjeti permanentni gubitak sluha nakon nekoliko mjeseci izloženosti, dok manje osjetljivi mogu pokazati prve simptome tek nekoliko godina nakon ekspozicije buci (*Skoko, Stracaboško, 1993.*).

Tablica 21 prikazuje omjer između duljine trajanja izloženosti i intenziteta buke, uz istu veličinu rizika gubitka sluha.

Tablica 21. Prikaz omjera duljine trajanja izloženosti i intenziteta buke (*Kroemer, Grandjean, 1999.*).

Sati izloženosti	dB(A)
8	90
6	92
3	97
1,5	102
0,5	110

Opseg oštećenja sluha ovisi o intenzitetu buke, njezinom frekvencijskom spektru, trajanju ekspozicije, životnoj dobi radnika, nekim bolestima te kolektivnim i individualnim zaštitnim mjerama (*Polajnar i sur., 2007.*).

7.2. Norme i propisi u području zaštite od buke

Propisima i normama definira se prihvatljivo stanje buke za svaku konkretnu sredinu na temelju postavljenih kriterija, kao što su zaštita sluha i zdravlja, utjecaj na umor i produktivnost, čujnost zvučnih signala, razumljivost govora, potrebe za mentalnom koncentracijom, mogućnost odmora, rekreacije i mirnog sna (*Učur, 2010.; Učur, 2009.*).

U RH primjenjuju se sljedeći zakoni, propisi i norme iz područja zaštite od buke (*Trbojević, 2011.*):

- Zakon o zaštiti od buke (*NN20/03*)
- Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade o borave (*NN145/04*)
- Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (*NN 46/08*)
- HRN ISO 1996.- *Dio 1 i 2, Akustika-opisivanje, mjerenje i utvrđivanje buke okoliša*
 - *1 dio: Osnovne veličine i postupci (HRN ISO 1996-1:2004; ISP 1996-1:2003)*
 - *2 dio: Određivanje razine buke okoliša (HRN ISO 1996-2:2008; ISO 1996-2:2007)*
- HRN EN ISO 9612:2010: *Akustika-Određivanje izloženosti buci na radu (EN ISO 9612:2009)*
- HRN EN 60804: *Zvukomjeri s integriranjem i usrednjavanjem*

U Republici Hrvatskoj zaštita od buke u radnoj okolini utvrđena je Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, pri čemu su definirani kriteriji za zaštitu od ometanja

bukom dok se opasnosti od oštećenja sluha određuju na temelju razine dnevne ili tjedne izloženosti.

Dopuštene razine buke s obzirom na vrstu rada prikazane su u tablici 22, gdje su preporučene dopuštene vrijednosti ekvivalentne razini buke na radnom mjestu za osmosatno radno vrijeme.

Tablica 22. Prikaz dopuštenih razina buke s obzirom na vrstu djelatnosti (NN 46/08)

Opis posla	Najviša dopuštena razina buke LAeq u dB(A)	
	(a)*	(b)*
Najzahtjevniji umni rad, vrlo velika usredotočenost, rad vezan za veliku odgovornost, najsloženiji poslovi upravljanja i rukovođenja	45	40
Pretežno umni rad koji zahtijeva usredotočenost, kreativno razmišljanje, dugoročne odluke, istraživanje, projektiranje, komuniciranje sa skupinom ljudi	50	40
Zahtjevniji uredski poslovi, liječničke ordinacije, dvorane za sastanke, školska nastava, neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje	55	45
Manje zahtjevni uredski poslovi, pretežno rutinski umni rad koji zahtijeva usredotočenje ili neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje, komunikacijske centrale	60	50
Manje zahtjevni i uglavnom mehanizirani uredski poslovi, prodaja, vrlo zahtjevno upravljanje sustavima, fizički rad koji zahtijeva veliku pozornost i usredotočenost, zahtjevni poslovi montaže	65	55
Pretežno mehanizirani uredski poslovi, zahtjevno upravljanje sustavima, upravljačke kabine, fizički rad koji zahtijeva stalnu usredotočenost, rad koji zahtijeva nadzor sluhom, rad koji se obavlja na temelju zvučnih signala	70	60
Manje zahtjevni fizički poslovi koji zahtijevaju usredotočenost i oprez, manje zahtjevno upravljanje sustavima	75	65
Pretežno rutinski fizički rad sa zahtjevom na točnost, praćenje okoline slušanjem	80	65

(a) Razina buke na radnom mjestu koja potječe od proizvodnih izvora,

(b) Razina buke koja potječe od neproizvodnih izvora (ventilacija, klimatizacija, promet i dr.)

Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu obvezuje poslodavce da utvrde mjere i sredstva u svrhu zaštite radnika od rizika za njegovo zdravlje i sigurnost koji proizlaze ili mogu proizaći od izloženosti buci na radu.

7.3. Zaštitne mjere od buke

Zaštita od buke obuhvaća niz različitih koordiniranih postupaka radi postizanja prihvatljivog stanja buke u radnom i životnom okolišu. Svaki problem zaštite od buke može se sastojati od tri osnovna dijela: izvora buke (mjesto emisije), putova širenja buke i prijemnih prostora (ugrožena osoba). Sustavno rješavanje buke može se promatrati kroz nekoliko cjelina:

- definiranje cilja temeljem zakona,
- određivanje akustičkih svojstava izvora zvuka,
- analiza puta širenja zračne i strukturne komponente zvuka,
- prognoziranje razine buke,
- izbor i optimalizacija mjera zaštite radi ostvarenja postavljenog cilja i
- ispitivanje i ocjena.

Mjere zaštite od buke mogu biti opće ili individualne. Za smanjenje izloženosti prekomjernoj buci primjenjuju se opće mjere u vidu (*Trbojević, 2011.; Polajnar, Verhovnik, 1999.*):

- organizacijskih mjera (vremensko ograničavanje rada izvora buke),
- organizacijsko-tehničkih mjera (redovito održavanje i servisiranje uređaja, izbor strojeva i uređaja koji stvaraju manju buku),
- građevinsko-planskih mjera (prostorno odvajanje izvora buke, pravilan raspored strojeva) i
- tehničkih mjera (izolacija izvora buke, ugradnja prigušivača, lokalna izolacija).

Opće zaštitne mjere su na mnogim radnim mjestima nedovoljne ili neprovedive pa treba trajno primjenjivati individualne mjere u svojstvu primjene osobne zaštite koje se primjenjuju ovisno o intenzitetu. Osobna zaštitna oprema za zaštitu sluha sastoji se od naušnjaka, ušnih čepića i otoplastike.

Temeljem Pravilnika o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu poslodavac čini sljedeće:

- stavlja na raspolaganje odgovarajuću i dobro prilagođenu osobnu zaštitnu opremu za zaštitu sluha s preporukom da je radnici upotrebljavaju kada izloženost buci prelazi donju upozoravajuću granicu izloženosti ($L_{Ex8h}=80$ dB(A), $p_{(peak)}=112$ Pa (135 dB(C)) i
- radnicima osigurava odgovarajuću zaštitnu opremu za zaštitu sluha i kontrolira njezinu uporabu kada je izloženost jednaka ili viša od gornje upozoravajuće granice izloženosti ($L_{Ex8h}=85$ dB(A), $p_{(peak)}=140$ Pa (137 dB(C))).

Kako bi se smanjile štetne posljedice koje može uzrokovati buka, potrebno je provesti mjerenja zbog utvrđivanja razine buke na pojedinim radnim mjestima i odlučivanje koje će se mjere primijeniti kako bi se smanjila opasnost za zdravlje radnika (*Kirin, 2017.*).

7.4. Mjerenje buke

Mjerenje buke provodi se zvukomjerom (decibelmetar). Zvukomjer mora ispunjavati određenu tehničku specifikaciju u skladu s normom HRN EN 60804 ili IEC 61672. Mjerenje buke se provodi prema normi HRN EN ISO 9612 pri čemu se mikrofonska sonda zvukomjera postavlja na radnom mjestu u visini uha radnika te 20 cm udaljenog od njega. Mikrofonska sonda mora biti usmjeren prema izvoru buke. Vrijeme mjerenja buke mora biti dovoljno dugo da očitavanje varira za manje od 0,5 (dB).

Za mjerenje razine buke može se koristiti digitalni uređaj za mjerenje buke t.t. Metrel oznake Multinorm M1620 u spoju sa zvučnom sondom oznake A1146, slika 61. Prijenos podataka u računalo izvodi se pomoću pripadajućeg softvera Sound link A1162.



Slika 61. Zvukomjer

Kućište uređaja sadrži 13 tipki i veliki, grafički LCD zaslon 160 x 160 točaka koji je podijeljen u tri prozora:

- statusni prozor koji sadrži opće informacije poput datuma, statusa baterije, trajanja mjerenja i ikona (kreni/stani/pauza/snimanje), te upozorenja,
- glavni prozor koji sadrži rezultate mjerenja ili raznovrsne izbornike i
- funkcijski prozor koji sadrži opise funkcijskih tipki.

Prilikom uključenja uređaja, na zaslonu se pojavljuje glavni izbornik u kojem je moguće izabrati jednu od šest ponuđenih opcija :

- MJERENJA (*measurements*) → mjeri sve parametre koji su priključeni (osim zvuka)
- ZVUK (*sound*) → mjerenje zvuka
- POZIVANJE/BRISANJE REZULTATA MJERENJA (*results recall/clear*) → pozivanje ili brisanje pohranjenih mjernih rezultata
- POZIVANJE/BRISANJE vremenskog zapisa (*loggers recall/clear*) → pozivanje ili brisanje pohranjenih rezultata vremenskih zapisa
- POSTAVKE (*settings*) → izmjena raznovrsnih postavki uređaja
- POMOĆ (*help*) → pozivanje kratkih uputa za rukovanje uređajem

Kod opcija MJERENJE i ZVUK uređaj pruža mjerenje u dva mjerna moda :

- u normalnom modu uređaj prikuplja i pohranjuje mjerne rezultate sa svih sonde koje su u tom trenutku priključene na uređaj i
- u modu vremenskog zapisa (*logger mode*) uređaj prikuplja i periodički pohranjuje rezultate mjerenja u memoriju uređaja (vrijeme između pohrane dvaju uzastopnih mjernih rezultata može se podesiti u rasponu od 2 sekunde do 60 minuta).

Memorija uređaja ima dovoljno mjesta za pohranu oko 4.000 mjernih zapisa, a svaki zapis sadrži :

- sve veličine (min, avg, max, cur) odnosno minimalnu, prosječnu, maksimalnu i trenutnu vrijednost mjerenja,
- dodatne informacije poput lokacije i vremena mjerenja i
- sve vrijednosti mjerenja zvučne razine (uključujući rezultate frekvencijske analize).

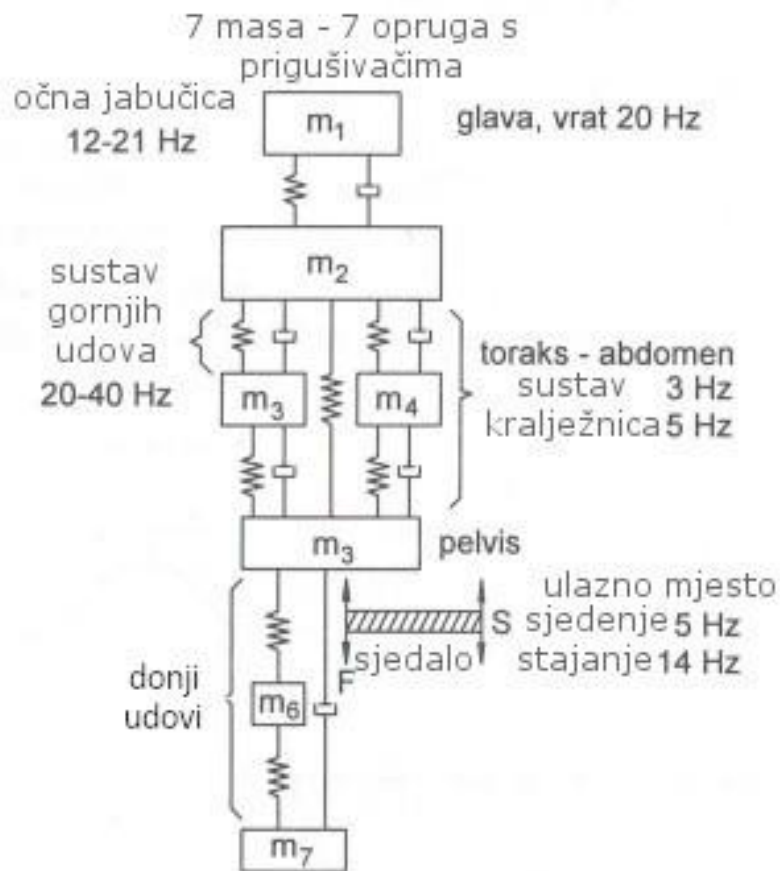
Podaci o ispitivanju zvuka dobivenih mjerenjem prenose se pomoću (prethodno instaliranog) pripadajućeg softvera „Sound Link”, pomoću kojeg se ispitani podaci mogu pretvoriti u grafove, tablice, pohraniti u datoteke, printati izvještaje o ispitivanju, „izvoziti” podatke u druge programe poput Excela.

[Na Sadržaj>](#)

8. VIBRACIJE

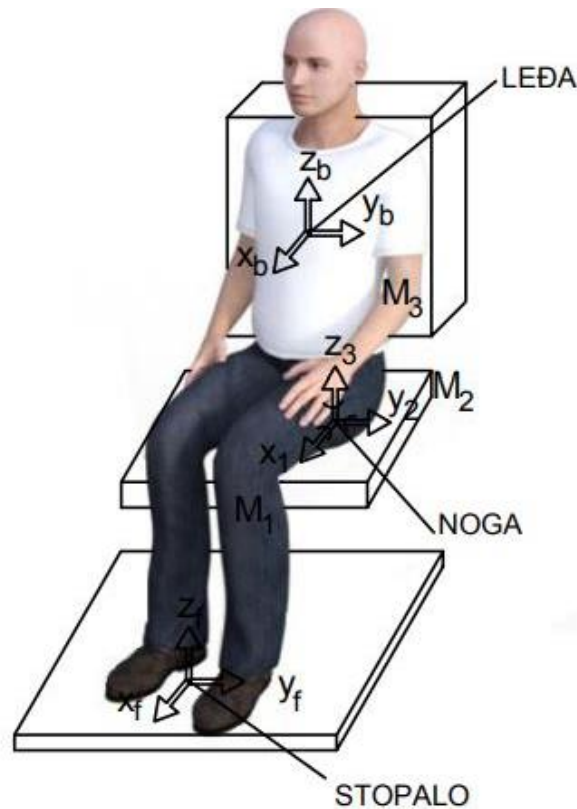
Vibracije pri radu mogu se definirati kao titranje čestica dijelova alata i strojeva koji su u radu. Po svom karakteru mogu biti periodičke ili stohastičke. Osnovni parametri vibracija su: frekvencija, amplituda, brzina i ubrzanje. Frekvencija je broj ponavljanja neke promjene u jedinici vremena [Hz], a amplituda je maksimalno odstupanje vibracije u vremenu jedne periode [mm] (*Polajnar i sur., 2003.; Mijović, 2001.*).

Mehanički utjecaj vibracija na ljudsko tijelo može se pojednostavljeno prikazati kao sustav od sedam masa s prikazom frekvencija pojedinog dijela tijela kod titranja u z osi (slika 62).



Slika 62. Mehanički model ljudskog tijela (*Polajnar i sur., 2003.*)

Vibracije mogu biti translacijske i rotacijske. Kod tijela radnika u sjedećem položaju prikazano je djelovanje translacijskih i rotacijskih vibracija na određene dijelove tijela u x, y i z osi na slici 63. Vibracije se mogu prenijeti preko naslona, preko sjedala ili preko podloge za noge.

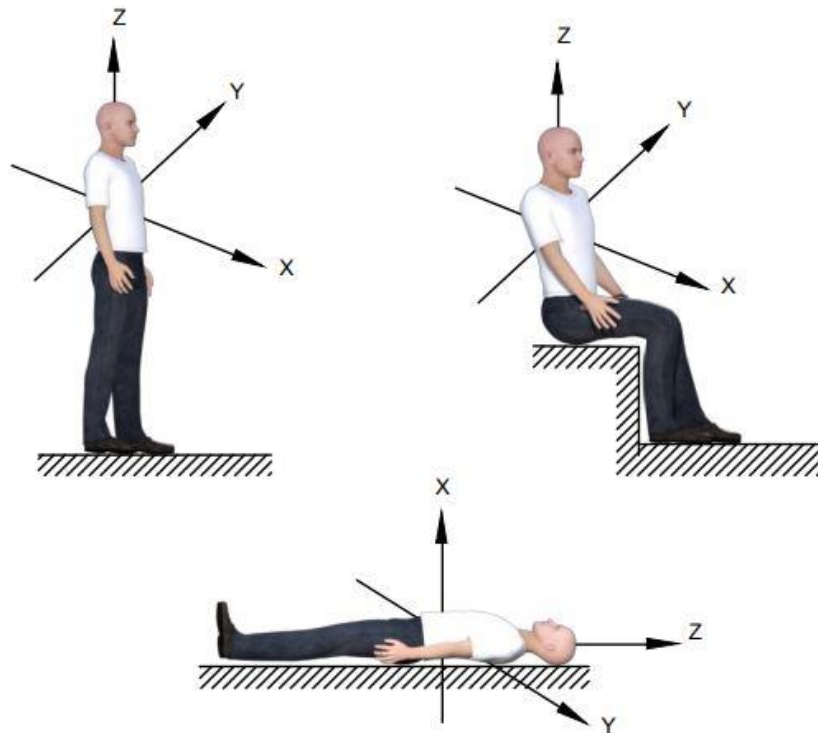


Slika 63. Translacija i rotacija dijelova tijela radnika u sjedećem položaju (Mijović, 2005.)

Osjetljivost čovjeka na vibracije ovisi u velikoj mjeri o položaju tijela čovjeka izloženog vibracijama. Ulaz vibracija kod stojećeg položaja su stopala, kod sjedećeg položaja kralješnica, kod ležećeg položaja površina koja dotiče ležište. Razlikuju se lokalne vibracije koje djeluju na određeni tjelesni segment kao što su ruke. Djelovanje vibracija na čovjeka ovisi o mehaničkoj energiji (njenoj amplitudi, frekvenciji, ubrzanju i titranju), te o karakteristikama tijela (položaj tijela, dodir tijela s izvorom vibracija, težini tijela, spolu, starosti, konstrukcijskoj građi čovjeka).

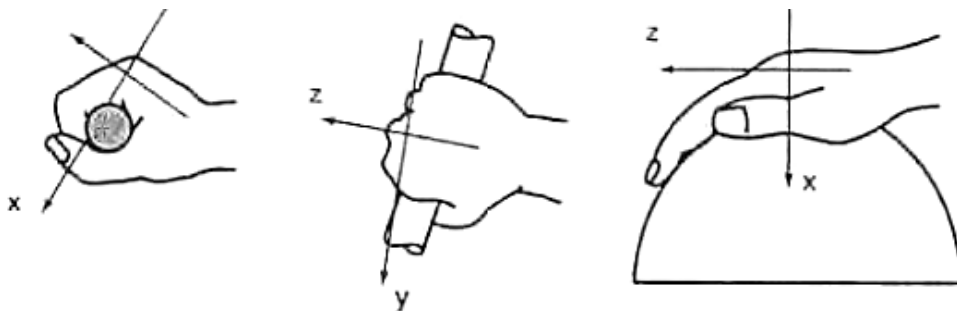
Postoje tri osi utjecaja vibracija na ljudski organizam i to: vertikalna vibracija (z os), lateralna vibracija (y os) i vibracija naprijed-natrag (x os) (Klarić, 2018.).

Na slici 64 prikazano je djelovanje vibracija na cijelo tijelo koje su definirane s x , y , z osi.



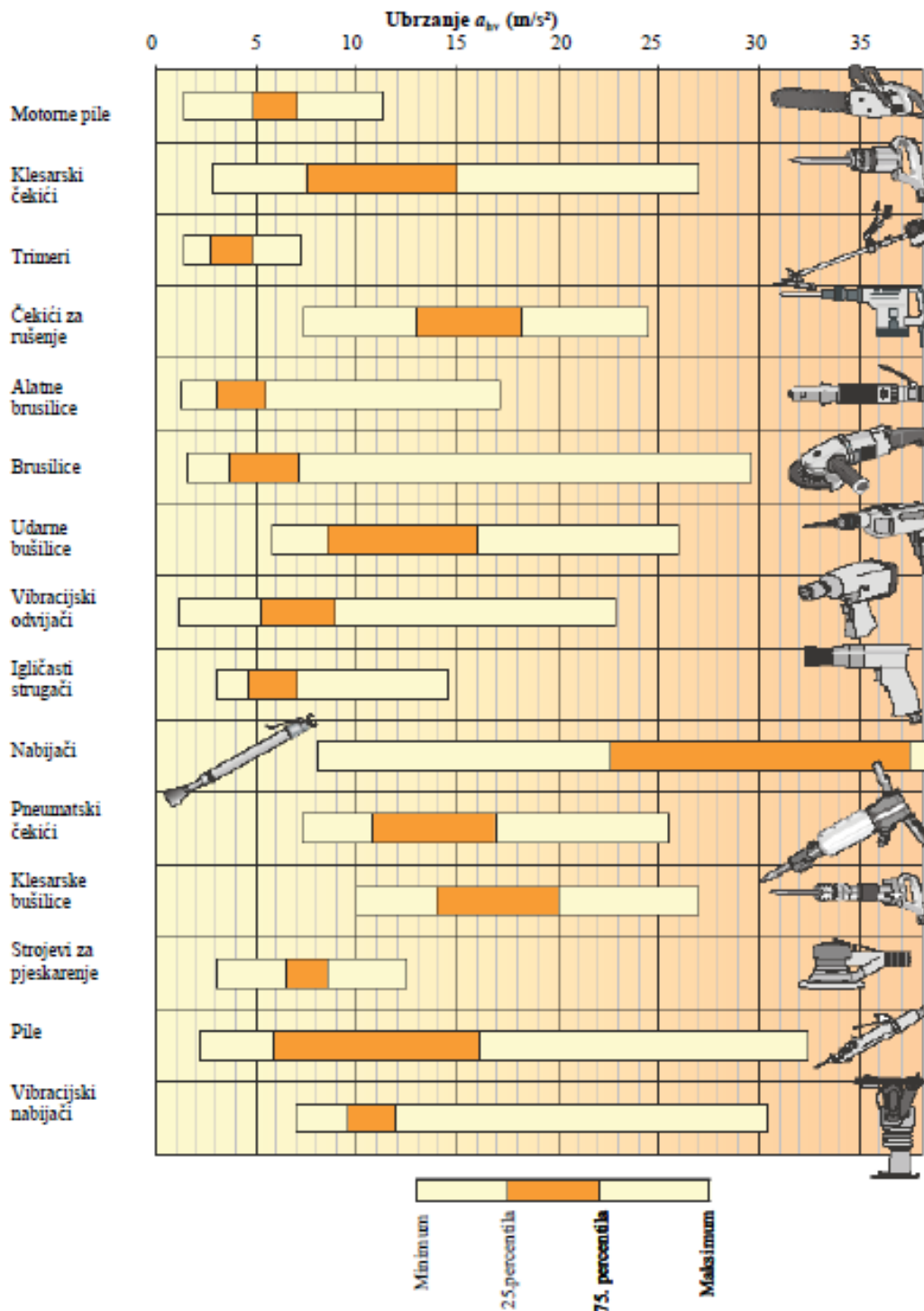
Slika 64. Koordinatni sustav za cijelo tijelo u stojećem, sjedećem i ležećem položaju (Tanković i sur., 2018.)

Koordinatni sustav djelovanja vibracija na sustav šaka-ruka prikazan je na slici 65.



Slika 65. Koordinatni sustav za sustav šaka-ruka (Tanković i sur., 2018.)

Na slici 66 dani su primjeri intenziteta vibracija koje proizvode često korišteni alati (Griffin et al., 2016.).



Slika 66. Primjeri intenziteta vibracija koje proizvode često korišteni alati (Griffin et al., 2016.)

Vibracije u ljudskom tijelu nastaju zbog pravilnih ili nepravilnih periodičkih pokreta nekog alata ili vozila ili nekog drugog mehanizma koji je u kontaktu s ljudskim tijelom, a koji pomiče tijelo iz njegove normalne pozicije.

Prema frekvenciji, vibracije koje djeluju na ljudski organizam mogu se podijeliti na tri skupine:

- vibracije koje izazivaju morsku bolest (*Motion sickness*) u frekvencijskom području 0,1-0,63 Hz,
- vibracije koje se prenose na cijelo tijelo u frekvencijskom području 1-80 Hz i
- vibracije koje se prenose na sustav šaka-ruka u frekvencijskom području 6,3-800 Hz.

Kod promatranja štetnog djelovanja vibracija uzima se u obzir smjer djelovanja vibracija, vrijeme izlaganja, razina vibracija i frekvencijska karakteristika osjetljivosti.

8.1. Učinci vibracija na zdravlje radnika

Gotovo da nema privredne grane u kojoj se ne primjenjuje neki od vibrirajućih alata kao što su šumarstvo, rudarstvo, brodogradnja, drvena i tekstilna industrija, građevinarstvo i dr. Vibracijama koje se prenose na cijelo tijelo izloženi su vozači prijevoznih sredstava, poljoprivrednih strojeva, piloti, te rukovatelji industrijskih strojeva koji sami ili sa svojom podlogom vibriraju. Vibracijama koje se prenose na ruke izloženi su radnici koji rade na ručnim vibrirajućim alatima (čekić, bušilice, brusilice, pile, pištolj itd.) bez obzira kojom se energijom koriste (pneumatski, električni), zatim mineri, sjekači motornom pilom, bušači u kamenolomima, radnici kod obrade metala, radnici na raznim strojevima i slično.

Vibracijska bolest zahvaća široki spektar poremećaja i promjena u tkivima i organima kao što su krvožilni, živčani, mišićni i koštano-zglobni poremećaj, poremećaj senzibiliteta, sluha, vida, ravnoteže te atrofične promjene.

Ovisno o intenzitetu, frekvenciji i trajanju izloženosti vibracijama, te načinu rada i vrsti djelatnosti, te promjene mogu biti reverzibilne ili mogu prijeći u trajna oštećenja (*Poplašen, Kerner, 2013.*).

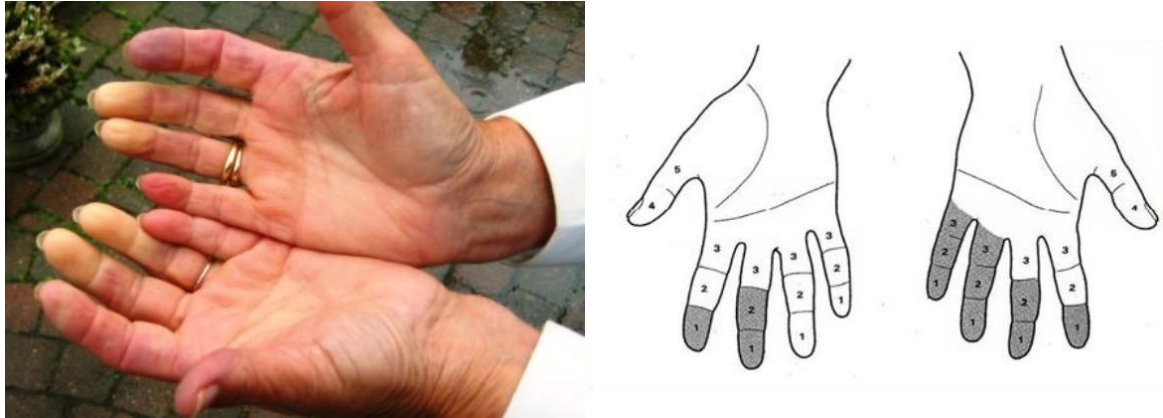
Bolesti nastale djelovanjem vibracija na ljudski organizam, ovisno o mjestu prijenosa vibracija na tijelo, dijele se na (*Tanković i sur., 2018.*):

- vibracijsku bolest uslijed lokalnog djelovanja vibracija - HAVS (*Hand-arm vibration syndrome*)
- vibracijsku bolest uslijed djelovanja vibracija na cijelo tijelo - WBVS (*Whole body vibration syndrome*).

HAVS nastaje kao posljedica prijenosa vibracija na ljudsko tijelo preko ruku pri čemu su najjače izražene promjene na rukama i šakama. Kod lokalnih vibracija sustava šaka-ruka razlikuju se četiri stupnja:

1. osjetljivost na hladnoću, snižen vibracijski senzibilitet,
2. smanjena osjetljivost na dodir cijele ruke, slaba mišićna snaga šake, snižena temperatura prstiju, povećano znojenje šake, bljedilo prstiju,
3. bolovi u rukama, ograničena pokretljivost zglobova, bijeli prsti i
4. krvožilni poremećaji u rukama, poremećaj senzibiliteta.

Na slici 67 prikazan je primjer bijelih prstiju uzrokovanih vibracijama.



Slika 67. Prikaz bijelih prstiju uzrokovanih vibracijama (Regent, 2017.)

WBVS nastaje kao posljedica prijenosa vibracija preko stopala ili zdjelice na cijelo tijelo uzrokujući promjenu na pojedinim organima. Vibracije koje djeluju na cijelo tijelo manifestiraju se kao vazospastična bolest (Raynaudov fenomen), bolesti srca, promjene u krvnom tlaku i pulsu. Simptomi su i bol u nogama, malaksalost nogu, snižena temperatura kože prstiju i stopala, glavobolja, mučnina, tremor prstiju, mišićna trofija ruku i ramenog pojasa i dr.

Vibracije se subjektivno osjećaju kao opterećenje gdje dojmovi variraju od iritacije do nepodnošljivih smetnji. Veličina smetnji ovisi o frekvenciji koja inducira vibracije te rezultiraju pojavom većeg broja grešaka i nesreća u radu.

U proizvodnim sustavima (Balantič i sur., 2016.) na djelovanje vibracija na radnika može se utjecati kroz:

- tehničku zaštitu (izbor radnih metoda i strojeva, mjere za smanjenje prijenosa vibracija),
- organizacijsku zaštitu (ograničavanje dnevne izloženosti vibracijama),
- osobnu zaštitu (optimalan položaj tijela),
- zaštitne rukavice i
- medicinsku zaštitu (preventiva, otkrivanje simptoma bolesti uzrokovanih vibracijama).

Dopuštene razine vibracija na određenim strojevima i uređajima, kao i zaštita radnika izloženog vibracijama, određene su pravilnicima i normama.

8.2. Norme i propisi u području zaštite od vibracija

U Republici Hrvatskoj koriste se norme i propisi koji reguliraju dopuštene granice izloženosti vibracijama, i to:

- Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti vibracijama na radu (NN 155/2008),
- HRN EN ISO 5349-1:2008. - *Mehaničke vibracije - Mjerenje i ocjena izloženosti ljudi vibracijama koje se prenose preko ruku - 1.dio. Opći zahtjevi*
- HRN EN ISO 5349-2:2008. - *Mehaničke vibracije - Mjerenje i ocjena izloženosti ljudi vibracijama koje se prenose preko ruku - 2.dio. Praktične smjernice za mjerenje na radnom mjestu*
- HRN EN ISO 2631-1:1999. - *Mehaničke vibracije i udarci - Ocjenjivanje izloženosti ljudi vibracijama cijelog tijela - 1 dio. Opći zahtjevi*
- HRN EN ISO 2631-2:2010.- *Mehaničke vibracije i udarci - Ocjenjivanje izloženosti ljudi vibracijama cijelog tijela - 1 dio. Vibracije u građevinama*

- HRN EN ISO 2631-4:2010. - *Smjernice za procjenu utjecaja vibracija i rotirajućih gibanja na udobnost putnika i posade u transportnim sredstvima s fiksnim vođenjem*
- Direktiva 2002/44/EC o minimalnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima vezanim za izloženost radnika rizicima djelovanja fizikalnih štetnosti (vibracije).

Prema navedenim normama treba normirati vibracije u rasponu od 1 do 1000 Hz i to posebno za vibracije koje se prenose na ruke, a posebno za vibracije cijelog tijela. Pri prekoračenju maksimalno dopuštenih vrijednosti nastupa fizički i psihički zamor, umanjuje se radna sposobnost i stvara posebna opasnost od pojave vibracijskih bolesti.

Prema HRN EN ISO 5349-1:2008 postoji pet grupa poremećaja povezanih s utjecajem vibracija koje se prenose na sustav šaka-ruka:

- A - poremećaj krvožilnog sustava,
- B - poremećaj u koštanom sustavu,
- C - poremećaj u perifernom živčanom sustavu,
- D - poremećaj u mišićima i
- E - ostali poremećaji (vezani uz čitavo tijelo).

U proizvodnim procesima potrebno je što objektivnije mjeriti vibracije i odrediti stvarnu opasnost na zdravlje čovjeka, kao i razvijati zaštitne mehanizme i sredstva zaštite kako bi se rukovatelji zaštitili od štetnog utjecaja vibracija.

Dnevna izloženost vibracijama $A(8)$ radnika koji izvodi jedan radni proces ili rukuje jednim alatom, može se izračunati iz podatka o razini vibracije i duljini izloženosti i to pomoću jednadžbe:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (1.9.)$$

gdje je:

$A(8)$ - dnevna izloženost vibracijama [ms^{-2}]

a_{hv} - razlika vibracije [ms^{-2}]

T - trajanje dnevne izloženosti vibracijom a_{hv}

T_0 - referentna vrijednost izloženosti u trajanju od 8 sati

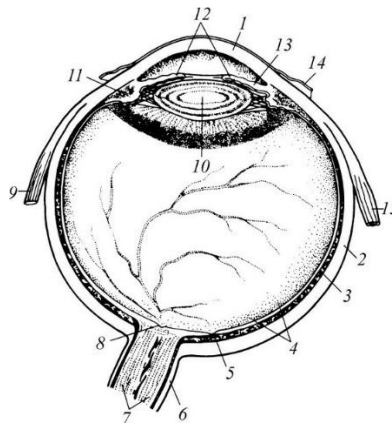
Rizik oštećenja zdravlja je zanemariv tijekom osmosatnog izlaganja vibracijama ubrzanja do 1 ms^{-2} , a ako je ubrzanje do $2,5 \text{ ms}^{-2}$ potrebno je radnika upoznati s opasnostima od djelovanja vibracija, za ubrzanje od $2,5$ do 5 ms^{-2} induciran je zdravstveni nadzor zbog otkrivanja ranih znakova djelovanja vibracija, a iznad 5 ms^{-2} mogu se očekivati oštećenja zdravlja.

[Na Sadržaj >](#)

9. VID I RASVJETA

9.1. Anatomija i fiziologija oka

Oko je vrlo važan organ za čovjeka, kao i za veliku većinu drugih živih bića. Oči su receptorski organ koji prima energiju iz okoline i pretvara je u živčane impulse. Točnije, oko pretvara energiju svjetla u ono što je značajno živim organizmima na višoj razini razvoja-vidnu percepciju. Dakle, vidna percepcija nastaje kao živčani impuls u mozgu. Percepcija, sama po sebi, ne pruža preciznu sliku okoline, već je to modifikacija subjektivnih doživljaja svakog pojedinca, dobivena putem očiju. Ljudi se razlikuju po iskustvu, stavovima i mišljenjima, ali i po reagiranju na senzorne informacije, a individualne varijacije u interpretaciji senzornih podataka mogu biti vrlo važne, ovisno o situaciji. Najjednostavniji opis ljudskog „viđenja” jest upravo taj da zrake svjetla koje se reflektiraju od nekog objekta, prolaze kroz zjenicu, leću i unutrašnjost očne jabučice (koja je ispunjena takozvanom staklovinom), te konvergiraju na mrežnicu, gdje se nalaze posebne osjetne stanice-čunjići i štapići, a koje svjetlo uzbuđuje. Svjetlosna energija se, dakle, pretvara u električnu energiju živčanih impulsa, koji zatim odlaze živčanim vlaknima vidnog živca u mozak. Tek kada novonastali impulsi iz mozga, nakon niza filtriranja, završe u cerebralnom korteksu, čovjek postane svjestan tih impulsa, odnosno slike vanjskog svijeta, te o njoj može razmišljati, odlučivati, reagirati i osjećati. Živčane funkcije mozga omogućuju proces gledanja, a oko je samo receptorski organ za svjetlo. Vidni sustav kontrolira oko 90 % svakodnevnih aktivnosti, a započinje očima. Stoga su oči vrlo važne za obavljanje većine poslova, pa i ne čudi kada su upravo one razlog nastanka općeg umora kod ljudi. Oko ima mnogo zajedničkih elemenata s fotografskim aparatom, gdje se zjenica uspoređuje s različitim otvorima blende, a prozirna rožnica i prilagodljiva leća mogu se usporediti s optičkim sustavom kamere. Rožnica i leća zajedno lome zrake svjetlosti i fokusiraju ih na mrežnici. Glavni dijelovi oka prikazani su na slici 68 (www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=44922).



Legenda: 1. rožnica, 2. bjeloočnica, 3. žilnica, 4. mrežnica, 5. središnja jamica, 6. ovojnica vidnog živca, 7. vidni živac sa središnjom mrežničnom arterijom i venom, 8. disk vidnog živca, 9. i 15. vanjski očni mišići, 10. leća, 11. zrakasto tijelo, 12. zjenica, 13. šarenica, 14. spojnica

Slika 68. Ljudsko oko

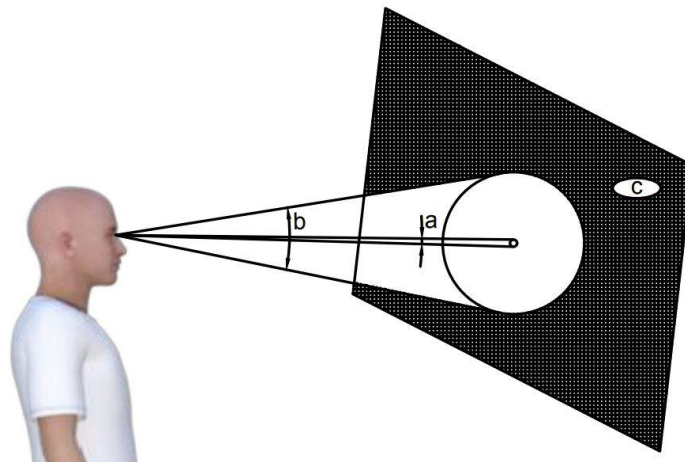
Uz navedene dijelove, potrebno je spomenuti još i rožnicu, cilijarni mišić, koroidnu ovojnicu ili žilnicu, te žutu pjegu ili centralnu jamicu (fovea). Retina ili mrežnica je dio oka gdje se nalaze stvarne receptorske stanice vidnog organa, a koje se sastoje od čunjića i štapića. Čunjići služe za doživljavanje boja u dobro osvijetljenim prostorima i za razlikovanje detalja, a štapići za gledanje u uvjetima slabijeg osvijetljenja i razlikovanje nijansi sivih boja. Ljudsko

oko sadrži oko 130 milijuna štapića i 7 milijuna čunjića, od kojih je svaki otprilike 0,01 mm dugačak i 0,001 mm debeo. Na stražnjoj se strani oka nalazi žuta pjega ili centralna (retinalna) jamica koja sadrži tanji sloj stanica u odnosu na područja koja ju okružuju. Taj tanji sloj stanica omogućava direktan prolaz zrakama svjetlosti do vidnih stanica odnosno čunjića u žutoj pjezi. Svaki čunjić povezan je vlastitim vlaknom s vidnim živcem zbog čega je žuta pjega mjesto najveće diskriminativne osjetljivosti u odnosu na druge dijelove retine. Oštrina vida najveća je u području žute pjege, stoga ćemo neki predmet promatrati sve dok očnu jabučicu ne podesimo tako da slika padne na područje mrežnice. To područje nazivamo područjem centralnog vida i kada je slika fokusirana u tom području, oštrina vida je najveća. U normalnim uvjetima, oko se pokreće dosta brzo i svaki dio vidnog polja može doći u područje pjege jedan za drugim, što omogućuje čovjeku da izgradi cijelu sliku okoline.

9.2. Vidno polje i vidne karakteristike

Vidno polje definira se kao dio okoline koju se pogledom može obuhvatiti binokularnim gledanjem oka u stanju mirovanja (slika 69). Objekti koji se nalaze u malom dijelu vidnog polja od oko jednog stupnja, mogu se jasno i oštro vidjeti. Na primjer, ako se prilikom čitanja na trenutak oči zadrže na jednom mjestu, vidi se tek nekoliko slova. Vidno polje dijeli se na tri dijela:

- područje visoke oštrine - kut gledanja: 1° ,
- sredinu vidnog polja - kut gledanja: 40° i
- periferiju vidnog polja - kut gledanja: $40-70^\circ$.



Slika 69. Prikaz vidnog polja (Kroemer, Grandjean, 1999.)

Objekti u sredini vidnog polja ne vide se jasno, ali se primjećuju kontrasti i pokreti, a pozornost na te objekte postiže se brzim premještanjem pogleda s jednog na drugi objekt.

Oštrina vida definira se kao sposobnost otkrivanja sitnih detalja i diskriminiranih, malih objekata. Mjerenja oštrine vida obično uključuju standardizirane crne simbole na bijeloj podlozi, kao što su Landoltovi prstenovi ili Snellenova tablica sa slovima (slika 70, slika 71). Oštrina vida ovisi o osvjetljenju i prirodi detalja ili znakova koji se promatraju.



Slika 70. Postupak mjerenja Snellovom tablicom (Čolić, 2016.)



Slika 71. Snellovi optotipi (Čolić, 2016.)

Postoje određeni faktori oštine vida, kao što su:

- oština vida koja se povećava s povećanjem razine osvjetljenosti, a najveća je u trenutku kada je razina osvjetljenja iznad 1000 lx,
- oština vida koja se povećava s povećanjem kontrasta između predmeta ili simbola koji se promatraju i njihove neposredne pozadine, te s oštrinom simbola,
- oština vida koja se povećava ako su simboli ili predmeti tamni na svijetloj pozadini, što nije slučaj za obratnu situaciju,
- oština vida koja se smanjuje se s dobi čovjeka, to jest oština vida opada sa starošću čovjeka.

Razlikovanje kontrasta je sposobnost oka da zamijeti male razlike u razini luminance (omjer svjetlosnog intenziteta i projekcije elementa površine u odnosu na zadani smjer). Ova funkcija omogućuje da se razlikuju različite nijanse svjetlina koje mogu biti vrlo važne u percepciji oblika i forme. Ponekad je osjetljivost na kontraste važnija funkcija od same oštine vida, na primjer kada se radi o poslovima kontrole proizvoda (Mijović i sur., 2007.).

Brzina percepcije definira se vremenskim intervalom između pojave nekog vidnog signala i njegove percepcije. Obično se mjeri tahistoskopom, a postupak uključuje seriju riječi koje se ispitaniku prikazuju u kratkom vremenu. Najmanje potrebno vrijeme percepcije koristi se kao parametar brzine percepcije. Brzina percepcije povećava se s povećanjem osvijetljenja i luminance, odnosno kontrasta između objekta i okoline, što znači da su vidne sposobnosti usko povezane jedna s drugom.

Akomodacija je sposobnost oka da može oštro fokusirati objekte na različitim udaljenostima (od beskonačnosti do najbliže točke gledanja). Na primjer, ako se zadrži prst ispred oka, može ga se jasno fokusirati, ali je istovremeno i pozadina vrlo nejasna. Ako se pogleda iza prsta, u pozadinu, ona će biti jasna, a prst mutan i nejasan. Ovaj primjer naziva se fenomenom akomodacije očne leće. Objekt će se jasno vidjeti ako lom svjetla kroz rožnicu i leću rezultira oštrom slikom predmeta na retini (mrežnici). Kada se objekt nalazi blizu, promjena zakrivljenosti leće koju omogućava i regulira cilijarni mišić, omogućit će fokusiranje tog objekta. Kada se objekt nalazi daleko od očiju, oči su fokusirane na „beskonačno”, a cilijarni mišići su opušteni. Dob uvelike utječe na akomodaciju. Leća postupno gubi svoju elastičnost što uzrokuje da se bliska točka postupno udaljava, dok je udaljena točka postupno bliža ili je nepromijenjena.

Adaptacija je sposobnost oka da se prilagodi različitim razinama svjetlosti i tame. Ljudsko oko funkcionira i na jako tamnim i na jako svijetlim razinama. Za prilagodbu na tamu ili svjetlo potrebno je određeno vrijeme. Prilagođavanje na tamu (što nazivamo vidnom rekuperacijom) najbrža je u prvih pet minuta, da bi se nakon toga proces prilagodbe usporio. Oko 80 % vidne rekuperacije dogodi se u prvih 25 minuta, dok za ovaj proces u cijelosti treba i više od jednog sata. Što znači da je oko 30 minuta potrebno u tami da bi se vratio zadovoljavajući vid. Adaptacija na svjetlo mnogo je brža od vidne rekuperacije. Osjetljivost retine može se smanjiti nekoliko desetaka puta za samo nekoliko desetinki sekunde, dok potpuna adaptacija na svjetlo traje tek nekoliko minuta. Ako se u vidnom polju nalazi tamno (ili svijetlo) područje, adaptacija će se dogoditi u korespondirajućem dijelu retine. Ova vrsta adaptacije koja se pojavi u jednom dijelu retine naziva se parcijalnom adaptacijom. Parcijalna se adaptacija proširi preko čitave retine, uključujući i žutu pjegu. Takva adaptacija mijenja osjetljivost retine i utječe na vid. Adaptacija jednog oka ima neke korespondirajuće efekte i na drugo oko. Ova činjenica može biti važna na radnim mjestima gdje se za zapažanja koristi samo jedno oko.

Dva opća ergonomska principa kod adaptacije osnivaju se na sljedećim spoznajama:

- sve važne površine u vidnom polju trebale bi biti podjednake svjetline i
- opća razina osvijetljenja ne bi smjela fluktuirati zbog pupilarnih reakcija, kao i retinalne adaptacije, koja je relativno spor proces.

Bliještanje je smanjenje vidne sposobnosti koje se javlja kada sjajnost predmeta u vidnom polju prekorači određenu granicu. Tada dolazi do rasipanja svjetla u oku, zbog čega se predmeti vide kao da su prekriveni bijelim velom. Jako bliještanje može izazvati bol u očima. Adaptacijsko bliještanje nastaje kada se bliještanje dogodi brzo jer se oko ne može toliko brzo prilagoditi novom stanju. Apsolutno ili zasljepljujuće bliještanje nastupa kada luminancija predmeta prijeđe određenu granicu, jer sposobnost oka na adaptaciju nije neograničena. S fiziološke strane, bliještanje je preveliko opterećenje za adaptacijski proces oka, koje je uzrokovano prevelikom ekspozicijom retine na svjetlo.

9.3. Fotometrijske veličine i jedinice

Osnovni pojmovi u tehnici rasvjete temelje se na fotometrijskim veličinama i osjetljivosti prosječnog ljudskog oka na svjetlost.

Fotometrijskim se veličinama svjetlost opisuje kad se svjetlost promatra na temelju osjeta vida. Fotometrijske veličine su svjetlosni tok, jakost svjetlosti, osvjetljenost i sjajnost (luminacija) (tablica 23) (*energoinpekt.hr-fotometrijske veličine*).

Tablica 23. Prikaz fotometrijskih veličina (*Podlipnik, 1978.*)

Veličina	Oznaka	Formula	Mjerna jedinica
svjetlosni tok	Φ	$\Phi = I \cdot \Omega$	lumen (lm)
jakost svjetlosti	I	$I = \Phi / \Omega$	candela (cd)
rasvjetljenost	E	$E = \Phi / A$	lux (lx)
sjajnost (luminacija)	L	$L = I / A$	candela po kvadratnom metru (cdm ⁻²)

Svjetlosni tok predstavlja snagu zračenja koju emitira izvor svjetla u svim smjerovima. Ovo zračenje ljudsko oko vrednuje kao svjetlost prema krivulji osjetljivosti ljudskog oka. Jedinica za svjetlosni tok je lumen (lm).

Jakost svjetlosti predstavlja snagu zračenja koju emitira izvor svjetlosti u određenom smjeru. Jedinica za jakost svjetlosti je candela (cd).

Osvjetljenost je mjerilo za količinu svjetlosnog toka koji pada na određene površine. Jedinica za osvjetljenost je lux (lx).

Luminancija je osvjetljenost ili svjetleća površina koja se vidi ljudskim okom, a mjeri se u candelama po površini (cdm⁻²).

9.4. Rasvjeta

Rasvjeta se definira kao tehničko rješenje kojim se prirodnim ili umjetnim putem (izvorima) osigurava potrebna osvjetljenost prostora (*Tehnički leksikon, 2007.*). Optimalna rasvjeta za određeni tip posla ovisi, primarno, o vizualnoj složenosti i težini vidnog zadatka.

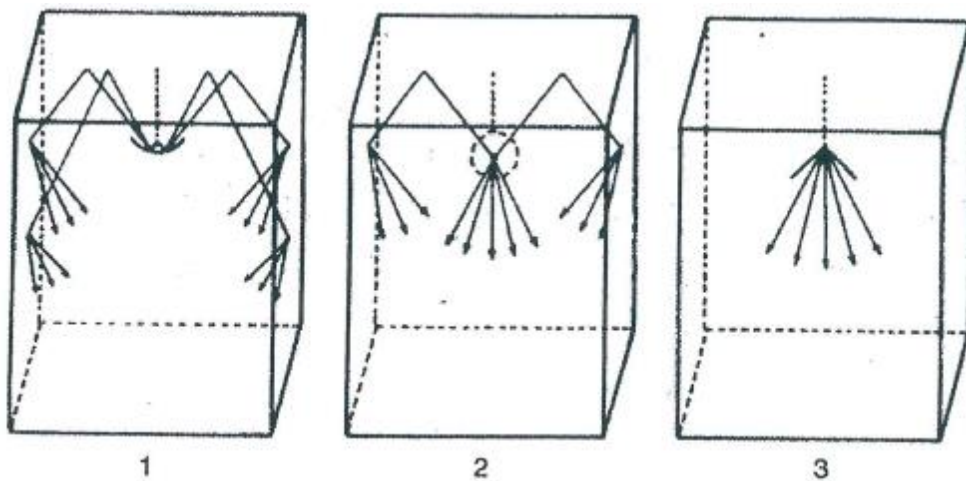
Razlikuju se sljedeće vrste rasvjete:

- a) prirodna rasvjeta
- b) umjetna rasvjeta
 - direktna rasvjeta,
 - indirektna rasvjeta,
 - poludirektna rasvjeta,
 - poluindirektna rasvjeta,
- c) mješovita ili kombinirana rasvjeta.

Prirodnu rasvjetu daju prirodni izvori, odnosno sunce i zvijezde. Dnevna rasvjeta ulazi u prostoriju kroz prozore koji mogu biti krovni ili na bočnim zidovima. Da bi se smanjili faktori refleksije u prostoriji, preporučuje se bojanje zidova pastelnim bojama (na primjer tirkizno zelenom ili plavom). Radne površine ne smiju biti sjajne, tj. trebaju biti hrapave i mat boje te difuzirati svjetlo. Zbog refleksije, donje površine su tamnije, a prema gore svjetlije-refleksija

površina u prostoriji treba se povećavati od poda prema stropu (pod 20-40 %, namještaj i oprema 25-50 %, prozorska stakla i zidovi 40-60 %, gornji zidovi i stropovi 80-90 %). Dnevna svjetlost ovisi o vremenskim uvjetima. Kada je vani oblačno, vidljivost je smanjena, dok je za sunčana vremena vidljivost idealna. Ovaj problem vezan je za vanjska radna mjesta (radilišta), ali i za unutarnja. Za vrijeme oblačnog vremena, kroz prozore ne dopire dovoljno svjetlosti, stoga se istovremeno mora primjenjivati i umjetna rasvjeta.

Umjetnu rasvjetu čine izvori kao što su razne žarulje, svjetiljke i reflektori. Suvremeni umjetni izvori svjetlosti zrače svoj svjetlosni tok u svim smjerovima, a njihova jakost, naročito točkastih izvora je prejaka. Zbog tih čimbenika, rasvjeta koja bi koristila izravno samo njih za rasvjetu, ne bi odgovarala zahtjevima dobre rasvjete niti bi bila ekonomična. Zato se izvori svjetla postavljaju u svjetiljke ako se upotrebljavaju za rasvjetu prostorija i vanjskih površina, a u reflektore ako njihov svjetlosni tok treba usmjeriti u samo jednom smjeru. Sporedni, ali ne manje bitan zadatak svjetiljki i reflektora je da smanje ili potpuno ponište bliještanje i da na odgovarajući način promijene svoj svjetlosni tok, usmjeravajući ga na mjesta gdje je on potreban. Uz to, moraju i doprinositi estetskom izgledu prostorije (slika 72).



Slika 72. Vrsta osvjetljenja (1) indirektno, (2) poluindirektno, (3) direktno svjetlo (Mikšić, 1997.)

Kod direktne rasvjete usmjerava se od 90 do 100 % svjetlosnog toka prema dolje, a od 0 do 10 % svjetlosnog toka prema gore. Karakteristike rasvjete su:

- najveći dio svjetlosnog toka usmjeren je na korisnu ravninu, to jest na radnu površinu ili pod,
- sjene predmeta su oštre i kratke,
- nejednolikost rasvjete je najveća,
- na reflektirajućim površinama izazivaju se blještavi refleksi,
- stupanj iskorištenja neznatno utječe na svjetlost koja se reflektira od zidova i stropa.

Pri indirektnoj rasvjeti usmjereno je od 0 do 10 % svjetlosnog toka prema dolje, a od 90 do 100 % svjetlosnog toka prema gore. Glavne su karakteristike ovog rasvjetnog sustava:

- difuznost svjetlosti,
- odsustvo sjena,
- odsustvo refleksnog bliještanja,
- mali stupanj iskorištenja,

- vrlo mali utjecaj svjetla koji se reflektira od zidova i stropa,
- koristi se uglavnom za rasvjetu svećanih i sličnih prostorija,
- visoki troškovi.

Pri poludirektnom sustavu rasvjete od 60 do 90 % svjetlosnog toka usmjereno je prema dolje, a od 10 do 40 % prema gore. Glavne karakteristike ovog sustava rasvjete su:

- osvijetljenost stropa,
- sjene nisu jako izražene,
- refleksno bliještanje glatkih površina manje smeta,
- svjetlost je djelomično difuzna,
- na stupanj iskorištenja jednim dijelom utječe i svjetlost koja se reflektira od zidova i stropa, ali i od poda i radnih površina,
- prikladna je za urede, trgovine, stambene i slične prostorije.

Poluindirektna rasvjeta je ona rasvjeta kod koje se od 10 do 40 % svjetlosnog toka raspodijeli i usmjeri prema dolje, a ostatak prema gore. Glavne karakteristike poluindirektnog sustava rasvjete su:

- dio svjetlosnog toka usmjeren je na radne površine stvarajući meke sjene,
- refleksno bliještanje glatkih površina dolazi do izražaja i pomalo smeta,
- svjetlost je pretežno difuzna,
- na stupanj iskorištenja većinom utječe svjetlost koja se reflektira od zidova i stropa, a manje ona koja se reflektira od poda ili radnih površina,
- pretežno služi samo za rasvjetu svećanih sala i prostorija sličnih namjena.

Mješovitu ili kombiniranu rasvjetu nerijetko nazivamo i direktno-indirektnom rasvjetom. Kod ove rasvjete svjetlosni tok podjednako je raspoređen i usmjeren kako prema gore, tako i prema dolje. Glavne karakteristike ovog rasvjetnog sustava su:

- radne površine su osvijetljene direktnom i indirektnom svjetlošću istovremeno,
- predmeti koji se obrađuju (vidni zadaci) dobro su vidljivi,
- sjene su mekane,
- pod i strop su dobro osvijetljeni,
- kompletan prostor dobro je vidljiv,
- ostvaren je osjećaj ugone i komfora,
- svjetlost je difuzna i direktna,
- opasnost od bliještanja svedena je na minimum,
- na stupanj iskorištenja utječe i svjetlost koja se reflektira od zidova, stropa, poda i radnih površina,
- ovaj sustav najbolji je za rasvjetu prostorija u zgradama (stanovi, učionice, laboratoriji, uredi i slične prostorije),
- moguće je stvaranje estetskog ugođaja.

Prirodni i umjetni izvori mogu se kombinirati, što zbog uštede energije, što zbog dobivanja idealne rasvjete na radnim mjestima. Na primjer, u danima kada je oblačno vrijeme i kada se dnevnim svjetlom ne može postići idealna rasvjeta u radnim prostorijama, uz dnevnu koristit će se i umjetna svjetlost.

Lokalne rasvjete moraju biti takve da omogućuje podešavanje osvijetljenosti s obzirom na trenutačnu potrebu osoba, a s obzirom na stanje vidnog sustava, dob, umor i slično. U pravilu, jakost lokalne rasvjete mora biti u rasponu od 500 do 800 lx. Lokalna rasvjetna tijela moraju biti ergonomski oblikovana i funkcionalno prilagođena zahtjevima vidnih zadataka. Svjetiljke

koje zauzimaju najmanje prostora i čiji se položaj može regulirati su one koje se pričvrste na rub radne plohe. Višeslojna tehnika rasvjete upotrebljava primarna i sekundarna sredstva rasvjete za prikladno osvijetljenje radnog mjesta. Kombinacije lokalne rasvjete s rasvjetnim tijelima koje su montirane tako da svijetle ili prema podu ili indirektno u prostor, rasvjetna tijela pričvršćena na pokućstvo (pri čemu snop svijetla može biti usmjeren prema dolje ili prema gore), i rasvjetna tijela koja se mogu pomicati po potrebi, su sva korištena u tehnici višeslojne rasvjete u raznim kombinacijama.

Lokalna rasvjetna tijela su, dakle, razne lampe/svjetiljke, bilo samostojeće bilo ugradbene, pri čemu je njihov svjetlosni tok usmjeren direktno na radnu površinu. Nerijetko ova vrsta svjetiljki onemogućava rad, točnije čitanje zbog bliještanja. Međutim, kod preciznog rada (rad s materijalom na strojevima), ovaj način rasvjete je presudan (Kirin, 2010. ^a).

9.4.1. Fiziološki zahtjevi umjetne rasvjete

Od velike je važnosti da umjetna rasvjeta zadovolji sljedeće uvjete:

- odgovarajuću razinu sjajnosti,
- prostornu ujednačenost površinskih sjajnosti,
- vremensku ujednačenost svijetla,
- izbjegavanje bliještanja korištenjem odgovarajućih rasvjetnih tijela.

Prije nekoliko desetaka godina razine osvijetljenja od 50 do 100 lx bile su općenito preporučene za radionice i urede. Ovisno o vrsti posla i raznim drugim čimbenicima, danas je adekvatno osvijetljenje i do 2000 lx, a nikako ispod 200 lx. No, nije uvijek na prvom mjestu i najvažnija razina osvijetljenja, već sjajnost. Isto tako, prejako osvijetljenje, od oko 1000 lx, uzrokuje oštre sjene, prevelike kontraste, neugodnu refleksiju i bliještanje te neugodnost za oči. Dapače, i sami radnici preferiraju razinu osvijetljenja između 400 i 850 lx. Stoga je zaključak da je za jače osvijetljenje bolje koristiti lokalnu rasvjetu i to uz kombiniranje kvalitetne opće rasvjete (Žunić, Jemrić, 1973.). U tablici 24 dani su primjeri prikladnih razina osvijetljenja u radnim prostorijama, dok je u tablici 25 dan prikaz razina osvijetljenja s obzirom na opću i lokalnu rasvjetu.

Tablica 24. Primjeri prikladnih razina osvijetljenja u radnim prostorijama (Podlipnik, 1978.)

Vrsta posla	Primjeri	Preporučeno osvijetljenje [lx]
općenito	skladište	80 - 170
umjereno precizno	pakiranje, oprema jednostavna montaža; namatanje debele žice na kaleme; rad na tesarskoj klupi; tokarenje; bušenje; obrađivanje valjkom; bravarenje	200 - 250
osjetljiv posao	čitanje, pisanje, knjigovodstvo; laboratorijski tehničar; montaža osjetljive opreme; namatanje tanke žice; obrada drva strojem; fini posao na stroju za izradu alata	500 - 700
vrlo osjetljiv i precizan posao	tehničko crtanje; ispitivanje boja; namještanje i testiranje električne opreme; montiranje sitne elektronike; izrada satova; nevidljivi popravci (na primjer fini popravci oštećenja na odijelu)	1000 - 2000

Tablica 25. Minimalno i maksimalno lokalno i opće osvjetljenje (*Podlipnik, 1978.*)

	Lokalno osvjetljenje	Opće osvjetljenje
Minimalno	500 lx	150 lx
Maksimalno	1000 lx	300 lx

Specifikacije za razinu osvjetljenja radnih mjesta nisu ništa drugo nego opće upute, jer se i druge okolnosti moraju uzeti u obzir kada je riječ o određenom radnom mjestu. Te druge bitne okolnosti su, na primjer:

- bliještanje koje stvaraju radni materijal i okolne površine,
- udio prirodnog svjetla u osvjetljenju,
- korištenje umjetnog osvjetljenja tijekom dana i
- dob radnika na radnom mjestu.

Što se tiče sjajnosti, pravilo je da će gubitak udobnosti i vidljivosti biti veći što je veća promjena ili razlika u razinama sjajnosti. Jaki kontrasti između velikih površina koje se nalaze u vidnoj okolini također smanjuju vidnu udobnost i vidljivost. Postoje dvije vrste bliještanja koje se mogu pojaviti, a to su direktno i indirektno. Direktno bliještanje javlja se kada se gleda direktno u izvor svjetla (sunce, žarulja), a indirektno kada se svjetlo iz izvora reflektira od neke površine u oči (svjetla automobila koja se iza nas reflektiraju preko retrovizora u oči). Obje vrste bliještanja sprječavaju se određenim ergonomskim mjerama, a to su da:

- svi objekti i veće površine u vidnom polju trebaju biti po prilici iste svjetline,
- površine u sredini vidnog polja ne smiju imati kontrast sjajnosti veći od 3:1,
- kontrasti između sredine i periferije vidnog polja ne smiju prijeći omjer od 10:1,
- radna površina treba biti najsvjetlija u sredini, a tamnija prema periferijama,
- pretjerani kontrast je neugodniji ako se javlja sa strane a i u donjem dijelu vidnog polja,
- izvori svjetla ne smiju imati preveliki kontrast sa svojom pozadinom, to jest kontrast ne smije biti veći od 20:1,
- maksimalni dopušteni raspon kontrasta sjajnosti u čitavoj radnoj prostoriji može iznositi 40:1.

Problemi kontrasta u vidnoj okolini rješavaju se na vrlo jednostavne načine, na primjer treba izbjegavati:

- vrlo svijetle zidove koji su u kontrastu s tamnim podovima ili namještajem,
- tamne strojeve i uređaje u kontrastu sa svijetlim površinama reflektirajuće radne površine,
- polirane dijelove strojeva,
- svijetle prozore u kontrastu s kompjutorskim ekranima.

Postotak refleksije dan je u tablici 26.

Tablica 26. Postotak refleksije na radnim mjestima (*Podlipnik, 1978.*)

Stropovi	80 – 90 %
Zidovi	40 – 60 %
Namještaj	25 – 45 %
Strojevi i oprema	30 – 50 %
Podovi	20 – 40 %

Nadalje, prozori bi trebali imati podešavajuće zastore ili poluprozirne zavjese kako bi se izbjegli veliki kontrasti. Na radnim mjestima koja su pod pravim kutom s obzirom na prozore, bliještanje će biti zanemarivo ili ga uopće neće biti. Kod vrlo preciznih radova, radni stol nikako ne smije biti postavljen kod prozora tako da svjetlo dolazi sprijeda, jer će radnik biti u vrlo neugodnom i neergonomskom položaju (slika 73). Također, ne smije biti ni iza radnika jer može doći do reflektivnog bliještanja, pa je najbolje da prozor i radni stol budu pod pravim kutom (slika 74). Najbolje je da su radne površine mat boje, a strojevi i ostatak radne prostorije u sličnim bojama i nijansama.



Slika 73. Nepravilan raspored radnog stola i prozora (prozor bez zastora i smješten ispred radnog stola doprinosi bliještanju)



Slika 74. Pravilan raspored radnog stola i prozora u uredu

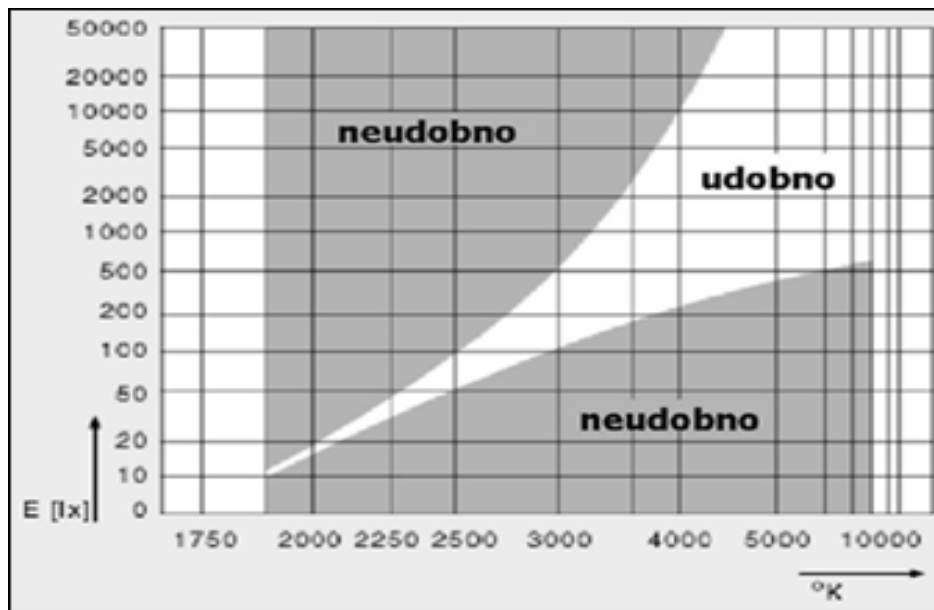
9.4.2. Djelovanje rasvjete na čovjeka

Dugotrajno naprezanje očiju uzrokovano lošim osvjetljenjem i blještavilom u vidnom polju dovodi do pojave vidnog umora koji se manifestira kao bolna iritacija očiju, dvostruka vidna slika, glavobolja, smanjenje mogućnosti akomodacije, smanjenje oštine vida, osjetljivost na kontraste i brzinu percepcije kao posljedice vidnog umora pri čemu dolazi do smanjenja produktivnosti, kvalitete rada, povećanju broja grešaka pri radu, broja nesreća na radu, te općenito problema s vidom. Uslijed neadekvatnog osvjetljenja radnog mjesta, često kod sjedećeg položaja dolazi do nepovoljnog radnog položaja nastojanjem radnika da smanji udaljenost očiju od predmeta rada, što uzrokuje povećanje kuta zakrivljenosti kralješnice i prednju fleksiju glave. Stoga je pri oblikovanju stanja radne okoline radnog mjesta ispravno i dovoljno jako osvjetljenje značajno za povoljni radni položaj. Nadalje, pri oblikovanju rasporeda elemenata rada potrebno je da se kontrola pomoću vidnog sustava ostvaruje unutar

udobnih anatomskih mogućnosti prenošenjem linije gledanja što omogućava niži stupanj zamora i veću koordinaciju pokreta (Kirin, Dragčević, 2012.; Kirin, 2010.^b; Kirin, 2012.).

Potrebno je na radnom mjestu ostvariti da rasvjeta pridonosi stvaranju željenog ugođaja u određenoj prostoriji, te da stvara željenu atmosferu: toplu ili hladnu, funkcionalnu ili dekorativnu, veselu ili ozbiljnu (Mijović, 2001.).

U rasvjetnoj se tehnici zahtjevi radnog mjesta rješavaju izborom onih izvora svjetlosti koji najbolje odgovaraju određenoj svrsi, njihovim razmještajem uz svjetiljke traženih karakteristika i odgovarajućim razmještajem svjetiljki. Da bi prostorija u čovjeku izazivala osjećaj udobnosti i ugodnosti, treba postojati određen odnos između osvjetljenosti i temperature boje svjetlosti. Na osnovi mnogobrojnih studija i promatranja sačinjen je Kruithofov dijagram (slika 75).



Slika 75. Kruithofov dijagram (Mijović i sur., 2007.)

Kruithofov dijagram pokazuje koje vrijednosti rasvijetljenosti su udobne pri određenim temperaturama boja. Općenito, viša temperatura boje traži i veću rasvijetljenost. (Mijović i sur., 2007.).

9.4.3. Norme i propisi u području rasvjete

Pitanje rasvjete radnog mjesta u proizvodnim procesima regulirano je:

- Pravilnikom o zaštiti na radu za radne i pomoćne prostorije i prostore (NN6/84, NN42/05) te normama:
- HRN EN 12464-1:2008 - *Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta-1 dio: Unutarnji radni prostori,*
- HRN EN 12464-2:2008 - *Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta-2 dio: Vanjski radni prostori.*

Zahtjevi u odnosu na osvjetljenost/rasvjetu određeni su tako da budu ispunjene tri temeljne ljudske potrebe:

- vizualna udobnost, pri čemu radnici imaju osjećaj zadovoljstva na jedan posredan način tako da pridonose visokoj razini produktivnosti/učinkovitosti,

- mogućnost obavljanja vizualnih zadataka pri čemu su radnici u stanju obavljati vizualne zadatke, čak i u teškim okolnostima i tijekom duljih vremenskih razmaka i
- sigurnost - potrebno je postaviti sigurna radna mjesta koja ne štete radnikovom zdravlju, već štite radnika od različitih neželjenih utjecaja i omogućavaju da radnik provede duži radni vijek dajući od sebe maksimum.

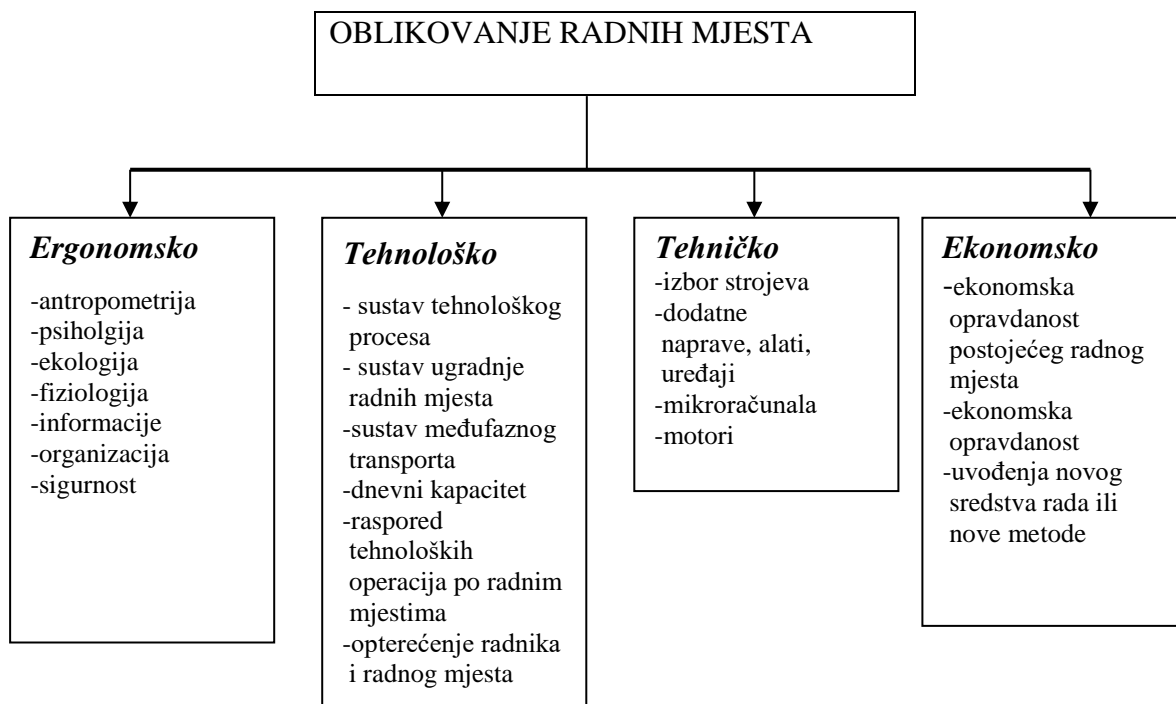
Kod oblikovanja radnog mjesta u području rasvjete potrebno je koristiti HRN norme vezane uz osvjjetljenje i rasvjetu radnog prostora u cilju smanjenja vidnog opterećenja radnika.

[Na Sadržaj>](#)

10. OBLIKOVANJE RADNIH MJESTA

Za uspješno oblikovanje radnih mjesta važno je sagledati radno mjesto s ergonomskog stajališta gdje je obuhvaćeno oblikovanje prostora i razmještaja na radnom mjestu čime se smanjuje radno opterećenje i zamor radnika. Nadalje, potrebno je primijeniti tehnološka i tehnička znanja u skladu s proizvodnim procesima. Završna se uspješnost oblikovanja radnih mjesta utvrđuje ekonomskom analizom dobiti usporedbom troškova rada na starom i novo oblikovanom radnom mjestu.

Stoga se čimbenici oblikovanja radnih mjesta temelje na ergonomskom, tehnološkom, tehničkom i ekonomskom oblikovanju radnih mjesta (slika 76).



Slika 76. Prikaz čimbenika oblikovanja radnih mjesta (Knez, Rogale, 1985.)

Ergonomski čimbenici predstavljaju osnovu humanizacije rada i obuhvaćaju (Polajnar, Verhovnik, 2000.):

- antropometrijsko oblikovanje radnih mjesta (prilagodba radnih mjesta i sredstava rada tjelesnim mjerama čovjeka),
- psihološko oblikovanje radnih mjesta (osiguranje ugodnosti okoliša),
- ekološko oblikovanje radnih mjesta (obuhvaća prilagođavanje radnih uvjeta radniku),
- fiziološko oblikovanje radnih mjesta (obuhvaća prilagođavanje metode rada tjelesnim značajkama čovjeka),
- vizualno i auditorno oblikovanje radnih mjesta (osigurava pogodno uočavanje vidnih i slušnih podataka),
- organizacijsko oblikovanje radnih mjesta (prilagodba radnog vremena radniku s obzirom na fiziološke potrebe i predahe tijekom radnog vremena) i
- oblikovanje radnih mjesta u skladu sa zahtjevima zaštite na radu.

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

Tehnološki čimbenici sastoje se od odgovarajućeg izbora sustava ugradnje radnih mjesta i međufaznog transporta, izrade planova tehnoloških procesa proizvodnje te rasporeda radnih zadataka po radnim mjestima.

Kod tehnološkog oblikovanja radnih mjesta potrebno je sagledati za koji je radni zadatak predviđeno radno mjesto što utječe na izbor sredstava rada i metoda rada.

Tehnički čimbenici obuhvaćaju izbor strojeva i ostale tehničke opreme.

Ekonomski čimbenici utvrđuju potrebu oblikovanja radnih mjesta, odnosno opravdanost uvođenja novih sredstava rada u pogledu troškova. Utvrđuju se stalni i promjenjivi troškovi postojećeg i novog sredstva rada, odnosno fiksni i varijabilni troškovi postojeće i predložene metode rada te granični učinak (*Taboršak, 1987.*). Svrha ekonomskog oblikovanja radnih mjesta je smanjenje vremena izvođenja radnih zadataka, tako da se smanjuju troškovi izrade i potrošnja energenata (električna energija, tehnološka para, komprimirani zrak i vakuum). Više o troškovima vidi poglavlje 10.4.

Cilj oblikovanja radnih mjesta je da se uklone svi gubici i neekonomično trošenje vremena, opreme, materijala, prostora te smanji opterećenje i zamor radnika prilikom izvođenja radnog zadatka.

10.1. Oblikovanje radnih mjesta sa stajališta antropometrije

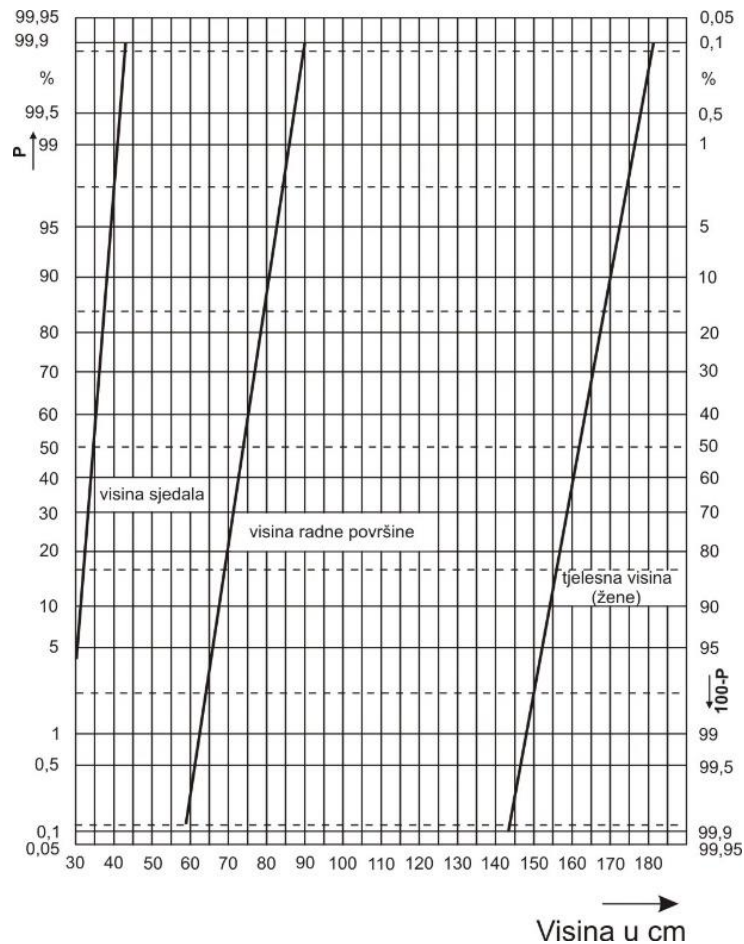
Oblikovanje radnih mjesta sa stajališta antropometrije je prilagođavanje visine i dimenzije radnih površina, radne sjedalice i drugih radnih sredstava antropometrijskim mjerama radnika. Radni položaj trebao bi omogućiti dobru pokretljivost ekstremiteta, ergonomski povoljan raspored radnih i vidnih zona i stabilno ravnotežno stanje pri izvođenju radnog procesa (*Kirin, i sur., 2004.; Bilickle, Holdenried, 1983.*). Nepovoljni radni položaj očituje se kroz povećani zamor, smanjenje kvalitete izvođenja radnih operacija i dulje vrijeme izvođenja. Stoga je za uspješno djelovanje proizvodnih sustava potrebno dizajnirati ergonomski funkcionalno i oblikovano radno mjesto i povoljno stanje radne okoline koji omogućavaju rad uz povećan stupanj proizvodnosti i kvalitetu izrade.

10.1.1. Sjedeći radni položaj

Kod oblikovanja sjedećeg radnog položaja važno je uskladiti visinu radne površine, visinu radne sjedalice i eventualne potpore za noge što ovisi o radnom procesu ili uredskom poslu.

S biomehaničkog stajališta, kod rada u sjedećem položaju, radnik prvo prilagodi vidnu udaljenost, visinu lakta, a zatim prilagodi visinu sjedenja. Maksimalna radna brzina za poslove koji se obavljaju u sjedećem položaju i ručno ispred tijela, ostvaruje se kada se laktovi nalaze opušteni sa strane, a podlaktice su pod pravim kutom.

Sjedeća visina i visina radne površine može se odrediti prema grafičkom prikazu kojim se potrebni parametri određuju prema tjelesnoj visini radnika (slika 77) (*Polajnar, Verhovnik, 1999.; Žunič, Geršak, 1991.*).

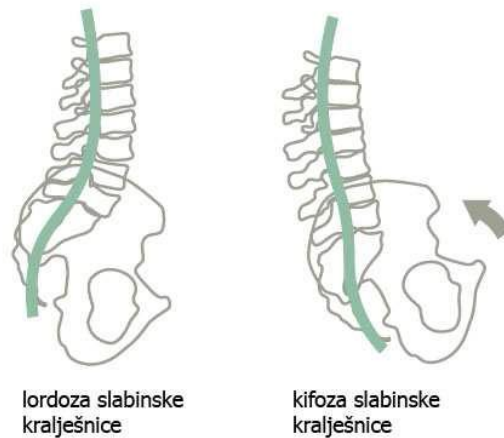


Slika 77. Grafički prikaz ovisnosti visine sjedenja i visine radne površine o tjelesnoj visini radnika (Polajnar, Verhovnik, 1999.; Žunič, Geršak, 1991.)

Zbog neprilagođenih dimenzija radnog mjesta prema radniku, odnosno neusklađenosti visine radne površine i visine sjedenja tjelesnoj visini radnika, dolazi do statičkog i dinamičkog opterećenja tijela koji u dužem vremenskom periodu mogu uzrokovati određena oboljenja muskulaturnog sustava.

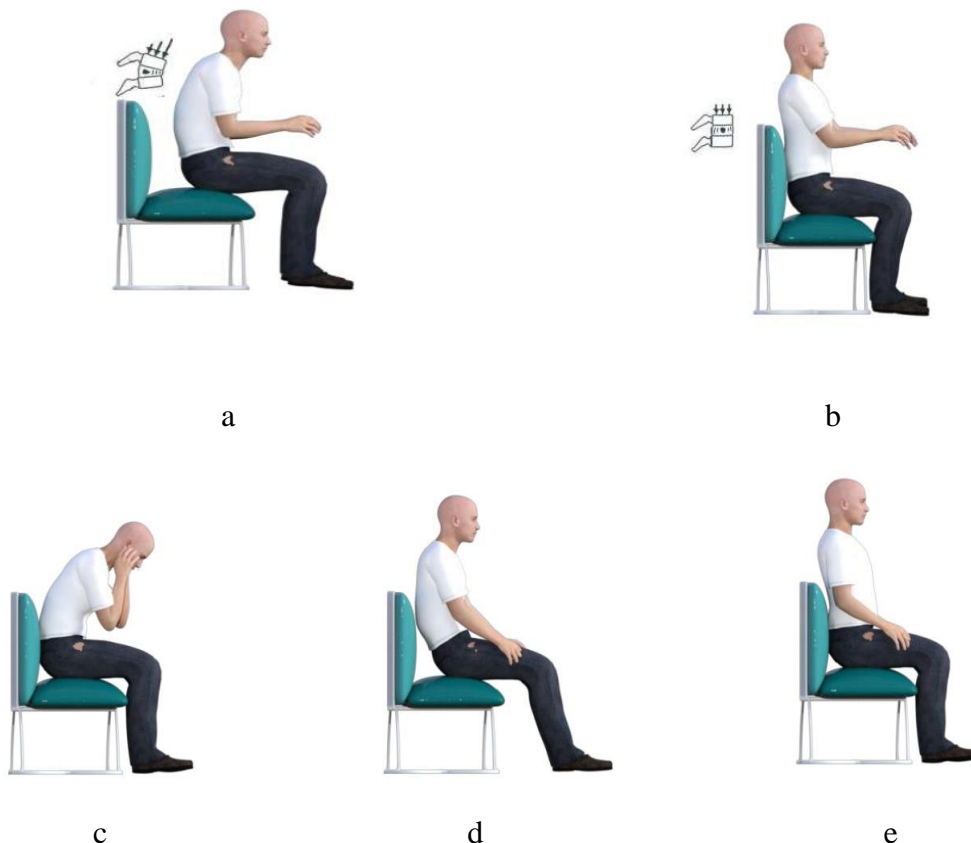
Sjedeći položaj može potpuno promijeniti sagitalna zakrivljenja kralješnice, što se posebno odnosi na lumbalnu lordozu, a ovisi o načinu sjedenja i konstrukciji sjedalice. Najvažniju ulogu pri tome ima položaj zdjelice jer o njenom nagibu ovisi izgled lumbalne kralješnice.

Kod uspravnog sjedenja bez naslona zdjelica je nagnuta prema naprijed, a lumbalno je izražena lordoza. Za održavanje takvog položaja potrebna je znatna aktivnost mišića, pa stoga brzo dolazi do zamora. Pri (udobno) opuštenu sjedenju s naslonom pod različitim kutovima (90° - 100°), sagitalna i lumbalna krivulja je potpuno izravnata ili čak nastaje lumbalna kifoza. Za normalno je sjedenje nužno da su oba kuka pokretljiva, jer je jedino tako moguća fleksija potrebna za paralelni položaj natkoljenice, pri čemu je zdjelica u horizontalnoj ravnini paralelna s podlogom (slika 78) (Vlaović, 2009.).



Slika 78. Položaj zdjelice određuje položaj lumbalne kralješnice (Vlaović, 2009.)

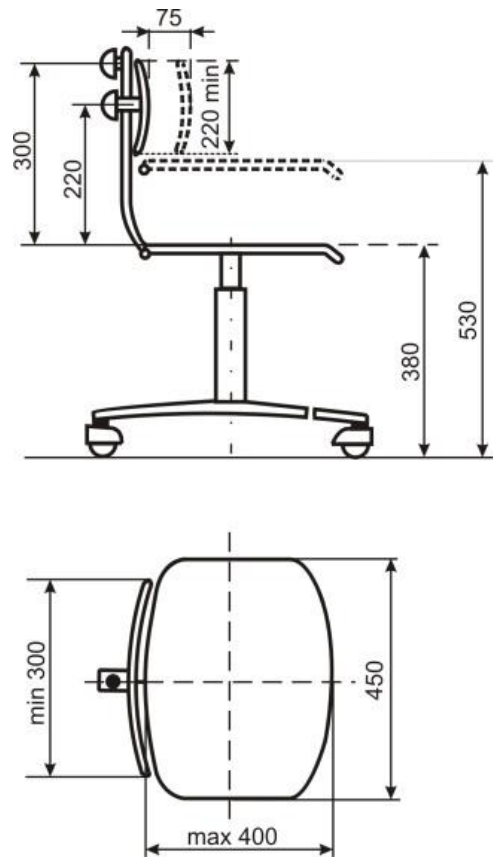
Dugotrajno opterećenje pojedinih skupina mišića (vratnih, paravertebralnih, gluteusa) uzrokovano sjedenjem dovodi do zamora i slabljenja motorike pokreta. U sjedećem se položaju uslijed stalnog statičkog tlaka na unutarnje organe u trbušnoj šupljini stvaraju mikroorganizmi koji uzrokuju infekcije i upale mokraćnih putova (cistitis, uretritis). Na slici 79 dan je primjer pravilnog i nepravilnog sjedenja (Mijović, 2005.).



Slika 79. Prikaz položaja kralješnice pri pravilnom (b, e) i nepravilnom (a, c, d) sjedenju (Mijović, 2005.)

Radna sjedalica jedan je od važnih elemenata radnog mjesta u proizvodnim procesima te je potrebno ergonomsko povoljno sjedenje koje zadovoljava udobnost i pokretljivost te potreban

stupanj ravnoteže trupa (*Panero, Zelnik, 2009.*). U proizvodnim procesima najčešće se koriste industrijske sjedalice koje su prilagodljive anatomskom obliku ljudskog tijela pri čemu naslon za leđa svojim udubljenjem podupire slabinski dio kralješnice ($L_1 - L_5$) (slika 80).

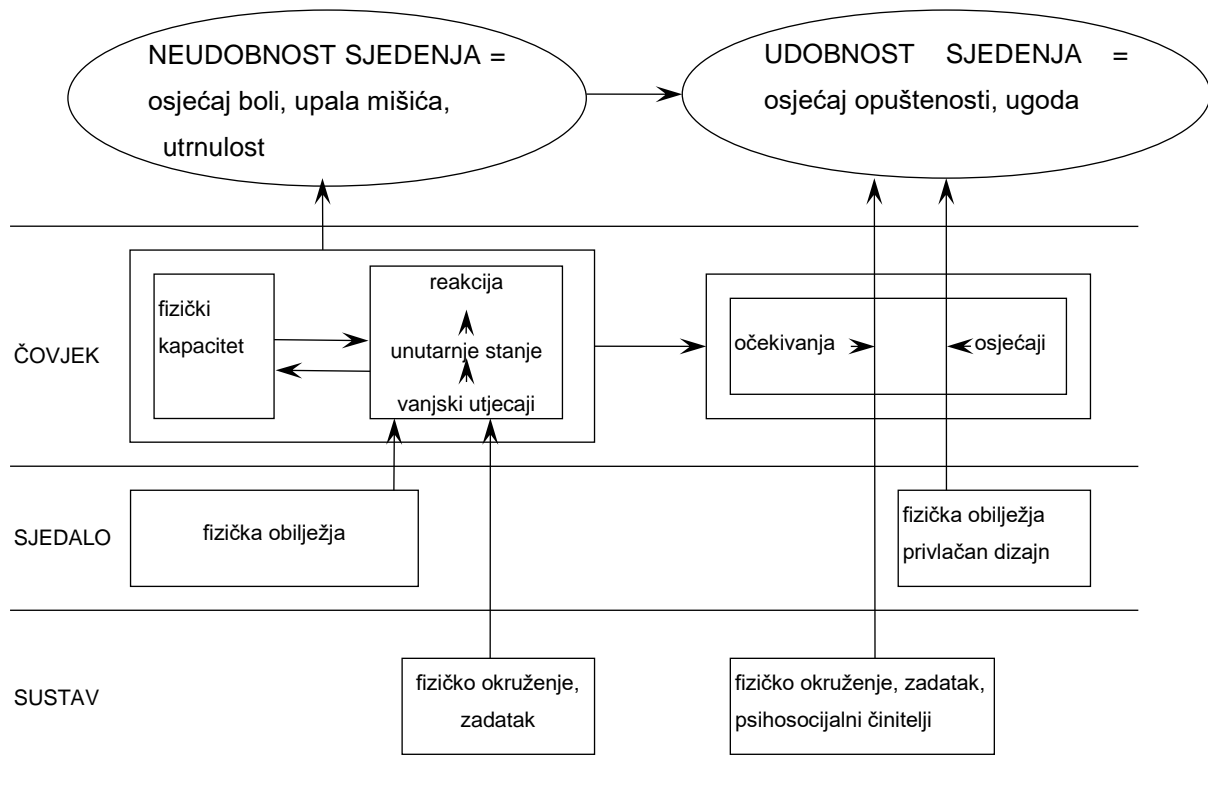


Slika 80. Prikaz sjedalice (*Polajnar, Verhovnik, 1999.*)

Za udobno sjedenje bitna su svojstva sjedala i naslona te drugi čimbenici poput dojma, rasterećenosti, opće ugone i opuštenosti organizma, veličine zamora, biomehaničkih uvjeta te naprezanja i cirkulacije (*Carcone, Keir, 2007.; Vergara, Page, 2002.; Vlaović i sur., 2007.; De Lonze et al., 2003.*).

Osjećaj udobnosti povezan je s parametrima kao što su pritisak, temperatura i relativna vlažnost na mjestu dodira tijela s podlogom. Mehanička udobnost definirana je kao dio ukupne udobnosti koja ovisi o raspodjeli pritiska kod dodira ljudskog tijela sa sjedalom.

Dodirni pritisak, njegova raspodjela i vrijeme djelovanja glavni su čimbenici mehaničke udobnosti. Prema teorijskom modelu različiti čimbenici udobnosti i neudobnosti sjedenja mogu se raščlaniti na tri razine: sustav, sjedalo i čovjek. Fizička obilježja radne sjedalice poput oblika, mekoće, okruženja (vrsta radnog zadatka), različitim silama i raspodjelom pritisaka opterećuju tijelo i zglobove osoba koje sjede. Vanjsko opterećenje remete unutarnje snage u smislu smanjenja mišićne promjene unutarnjih sila, većeg pritiska na intervertebralne diskove uključujući živce i cirkulaciju, te povišenje tjelesne temperature, uzrokujući daljnje kemijske, fiziološke i biomehaničke reakcije (slika 81) (*Vlaović i sur., 2010.; Kirin i sur., 2014.*).

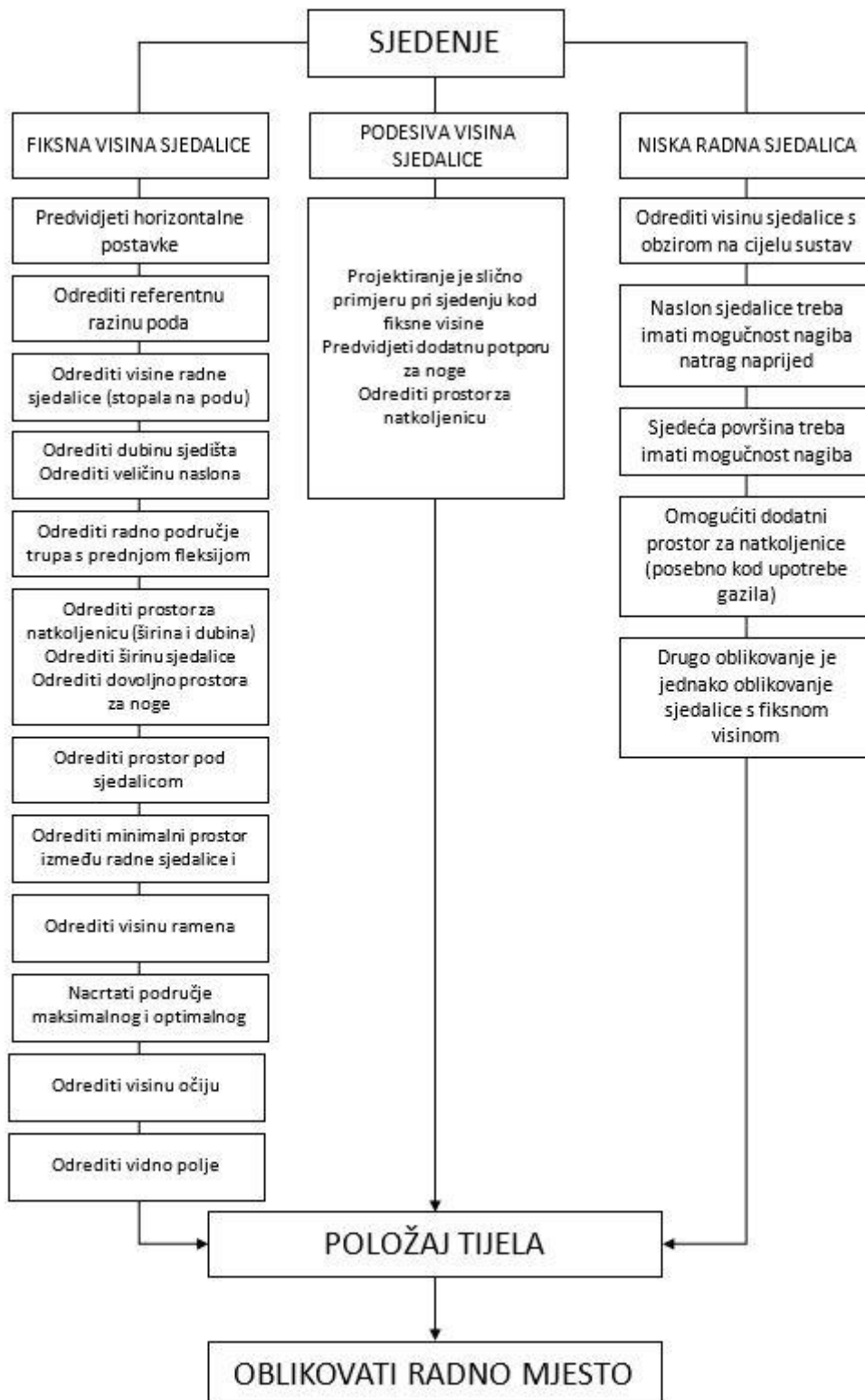


Slika 81. Teorijski model udobnosti i neudobnosti i njihovi čimbenici na razini čovjeka, sjedala i sustava (Vlaović i sur., 2010.; Kirin i sur., 2014.)

Prilikom oblikovanja radnog mjesta za sjedeći radni položaj potrebno je uvažiti sljedeća ergonomska načela (HZZZSR, HZO, 2013.):

- podesiti visinu sjedalice i visinu radne površine pri čemu je važno postići to da ruke i noge budu pod približno istim kutom; najudobniji radni položaj je onda kada je kut nadlaktice i podlaktice 90° , te kut natkoljenice i potkoljenice 90° , dok su stopala položena na podlogu,
- sjediti na cijeloj sjedalici s leđima naslonjenima na naslon sjedalice čime je osigurana potpora donjeg i srednjeg dijela leđa, a zbog udobnosti sjedenja potrebno je da više od 60 % bedara bude poduprto sjedalicom,
- sjediti uspravno ako vrsta radnog zadatka to omogućava pri čemu su leđa naslonjena na naslon za leđa što će umanjiti opterećenje kralješnice i omogućiti relaksaciju trbušnog dijela tijela,
- sjediti aktivno i dinamički što obuhvaća promjene radnog položaja iz prednjeg u srednji ili stražnji položaj,
- ruke osloniti na naslon za ruke ako to dopušta vrsta radnog zadatka što će umanjiti opterećenje na području ramena i smanjiti nastajanje mišićne napetosti.

Kod oblikovanja radnog mjesta za sjedeći radni položaj potrebno je uzeti u obzir dimenzije 5 i 95 percentila čime je obuhvaćeno 90 % populacije ili između 10 i 90 percentila koji obuhvaća 80 % populacije. Time je radno mjesto oblikovano na način da je prilagođeno najmanjim odnosno najvećim radnicima iz određene populacije. Nadalje, na tržištu postoje radni stolovi i sjedalice koje imaju mogućnost podešavanja po visini što omogućuje i olakšava prilagođavanje radnog mjesta osobama različitih antropometrijskih mjera.



Slika 82. Prikaz načina oblikovanja radnog mjesta temeljem visine radne sjedalice (*Balantič i sur., 2016.*)

Prilikom oblikovanja radnog mjesta potrebno je odrediti skupinu statičkih antropometrijskih mjera radnika koji se odnosi na radni proces u sjedećem položaju (*Dragčević et al., 2011.*):

debljinu trupa, debljinu natkoljenice, poplitičnu duljinu potkoljenice, duljinu natkoljenice, visinu ramena pri sjedenju, duljinu ruku, visinu lakta od sjedeće površine, duljinu podlaktice i visinu očiju pri sjedenju.

U postupku oblikovanja sjedećeg radnog mjesta određuje se visina radne sjedalice temeljem podatka duljine potkoljenice uz dodatak za obuću, a potom udaljenost trupa od ruba radne površine. Nakon toga određuje se visina radne površine temeljem debljine natkoljenice. Time je definiran prostor u kojem radnik ima potreban stupanj slobode pokreta. Na radnom mjestu određuje se zona normalnog dosega koja je definirana pokretom iz lakta, te zona maksimalnog dosega definirana pokretom iz ramena. Temeljem visine očiju određuju se pogodni vidni kutovi. Ovim postupkom oblikovanja radnih mjesta postižu se pogodni kutovi kinematičkih sustava: natkoljenica-potkoljenica, natkoljenica-trup.

Prilikom oblikovanja sjedećeg radnog mjesta može se primijeniti postupak prikazan na slici 82 s obzirom na to radi li se o fiksnoj, podesivoj ili niskoj radnoj sjedatici.

Kod oblikovanja radnog mjesta za sjedeći radni položaj potrebno je odabrati prikladnu radnu sjedalicu koja omogućava udobnost kod rada, sprječava zdravstvene probleme i osigurava optimalne uvjete za rad.

10.1.2. Stojeći radni položaj

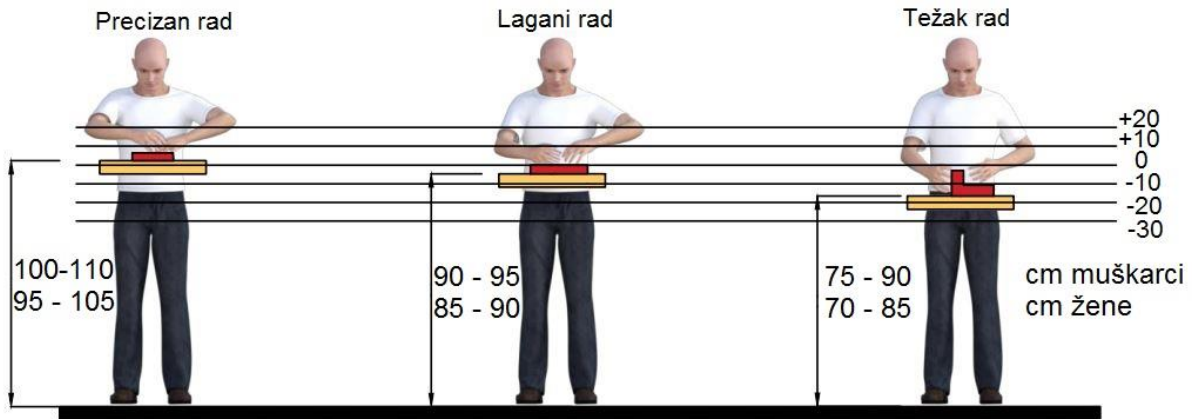
Stojeće radno mjesto može se opisati kao radno mjesto u kojem radnik radni zadatak obavlja u statičkom stojećem položaju. U stojećem se položaju tijelo održava uspravno uz pomoć mišića trupa i donjih ekstremiteta (*Čolović, 2014.*).

U stojećem radnom položaju radnik koristi gornje udove za manipulaciju s predmetom rada, a noge za eventualno pokretanje mehanizma stroja. Stojeći radni položaj može se opisati kao kombinacija statičkog i dinamičkog rada mišića, gdje stajanje predstavlja statičku komponentu, dok gornji udovi izvode dinamički rad. Radni položaj stajanja povezan je sa statičkom napetošću mišića u cijelom tijelu uslijed održavanja stava pri čemu dolazi do energetske potrošnje od $9,6 \text{ kJmin}^{-1}$ (*Sušnik, 1992.*).

Kod stojećeg radnog mjesta za obavljanje radnih zadataka u udobnom položaju utječe visina radne površine te radne i vidne zone.

Ako radnik kod stojećeg radnog mjesta ima nepravilno postavljenu radnu površinu s obzirom na tjelesnu visinu i vrstu rada, dolazi do statičkih opterećenja kralježnice i ruku.

Određivanje visine radne površine povezano je s konstrukcijom proizvodnih sredstava, dimenzijama predmeta rada i organizacijom rada. Prevelike ili premale visine radne površine su uzrok nepovoljnog radnog položaja. Nepovoljni radni položaj povezan je sa statičkim opterećenjem mišića te dovodi do zamora i radnog opterećenja. Kod određivanja visine radne površine potrebno je, pored tjelesne visine, voditi računa o vrsti obrade predmeta rada. Ako su veće sile koje zahtijevaju obradu predmeta rada, za rad je potrebna niža radna površina. Za precizan rad preporuča se radna površina do 10 cm iznad razine lakta, za lagan rad do 10 cm ispod razine lakta, dok se za teški rad preporuča do 20 cm ispod razine lakta. Na slici 83 dan je primjer potrebnih visina radne površine ovisno o preciznosti i težini rada.

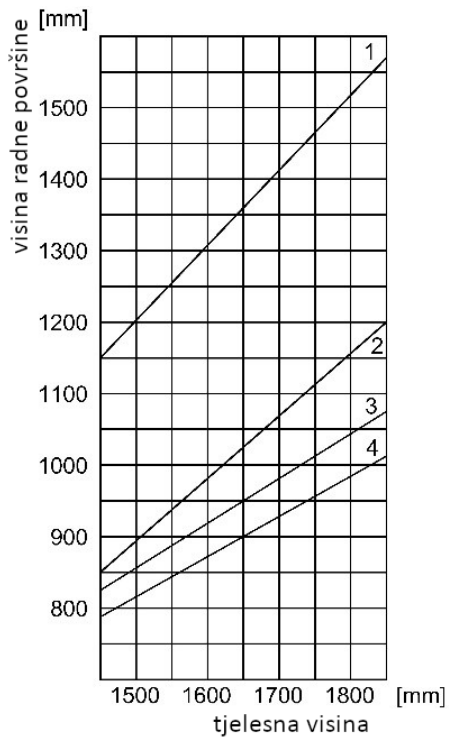


Slika 83. Potrebne visine radne površine ovisno o preciznosti rada (Kroemer, Grandjean, 1999.)

Prilikom obavljanja radnih aktivnosti na pojedinim radnim mjestima (fizički i građevinski radnici, radnici u odjevnoj industriji, računalni operateri i dr.) dolazi do učestalog savijanja šake, uporabe vibrirajućih instrumenata, stiskanja alata i uređaja prilikom izvođenja rada, ponavljajućih pokreta u šaci što dovodi do prenaprezanja i ozljeda šake (Bogadi Šare, Zavalčić, 2009.). Uslijed dugotrajnog rada dolazi do oboljenja, odnosno sindroma karpalnog tunela, zbog prisilnog položaja ručnog zgloba koji je savijen prema gore (ekstenzija), prema dolje (fleksija) ili u stranu (abdukcija i addukcija) i zbog anatomske pozicije tetiva i medijalnog živca koji su i u opuštenom stanju zbog uskog karpalnog tunela smješteni između širokog karpalnog ligamenta s gornje strane i kostima ručnog zgloba koji čine dio kanala. Kod velikih napora dolazi do upale ovojnice tetiva s nakupljenim tekućinama koja je uzrok pritiska na živac zbog čega se javljaju trnci i bolovi u prstima šake uz gubitak snage šake i smanjenu pokretljivost (Karas-Friedrich, 2008.). Da bi se osiguralo manje opterećenje ruku prilikom obavljanja određenih radnih zadataka, alat mora biti tako konstruiran i izveden da rad s njime ne zahtijeva posebno veliki fizički napor niti da predstavlja opasnost za zdravlje radnika. Nadalje, alat je u rukama potrebno držati na pravilan način i primijeniti alat koji zahtijeva manje opterećenje ruku prilikom obavljanja određenog zadatka.

Ukoliko je visina radne površine podignuta previsoko, radnik će često podizati ramena radi kompenzacije visine, a to dovodi do neudobnosti, pa čak i do bolnih grčeva u ramenu i vratu. Podizanjem ramena dolazi do kontrakcije trapezoidnog mišića, a ako je snaga kontrakcije kontrahiranih mišića u takvoj situaciji 20 % ili veća od njegove maksimalne snage, u određenom vremenu može se javiti neizdrživa bol (Ellegast et al., 2004.). Preniska radna površina će dovesti do povećane prednje fleksije trupa i glave s kutom zakrivljenja kralješnice veće od 15° te kuta zakrivljenja glave većim od dopuštenih 30° (Polajnar, Verhovnik, 1999.).

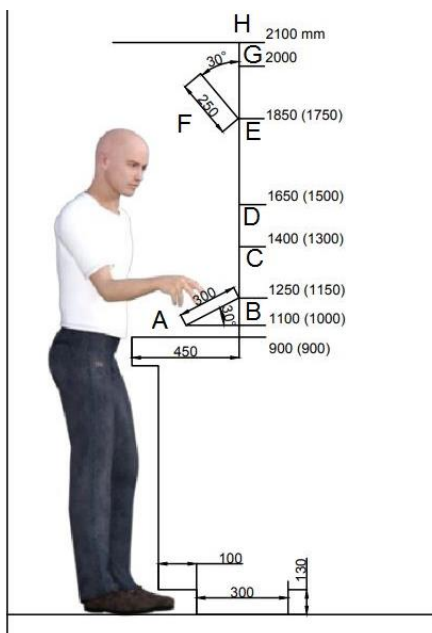
Visina radne površine može se odrediti s obzirom na tjelesnu visinu i vrstu rada prema grafičkom prikazu na slici 84.



- 1-informacijske i upravljačke funkcije
- 2-radna površina za laki fizički rad
- 3-radna površina pri srednje teškom fizičkom radu
- 4-radna površina kod teškog fizičkog rada

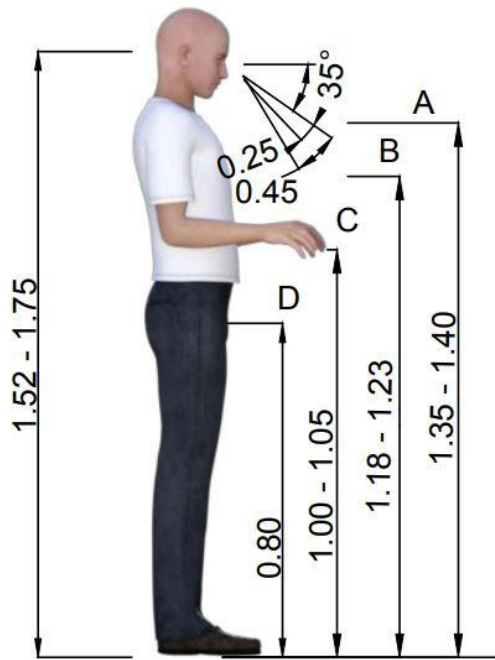
Slika 84. Grafički prikaz ovisnosti visine radne površine o tjelesnoj visini radnice (Polajnar, Verhovnik, 1999.)

Na slici 85 prikazane su preporučene visine radne površine s obzirom na vrstu rada, odnosno važnost korištenja pojedinih upravljačkih komandi na radnom mjestu, dok je na slici 86 dan prikaz potrebne visine radne površine, za primjer radnika visine 152-175 cm, s obzirom na preciznost rada.



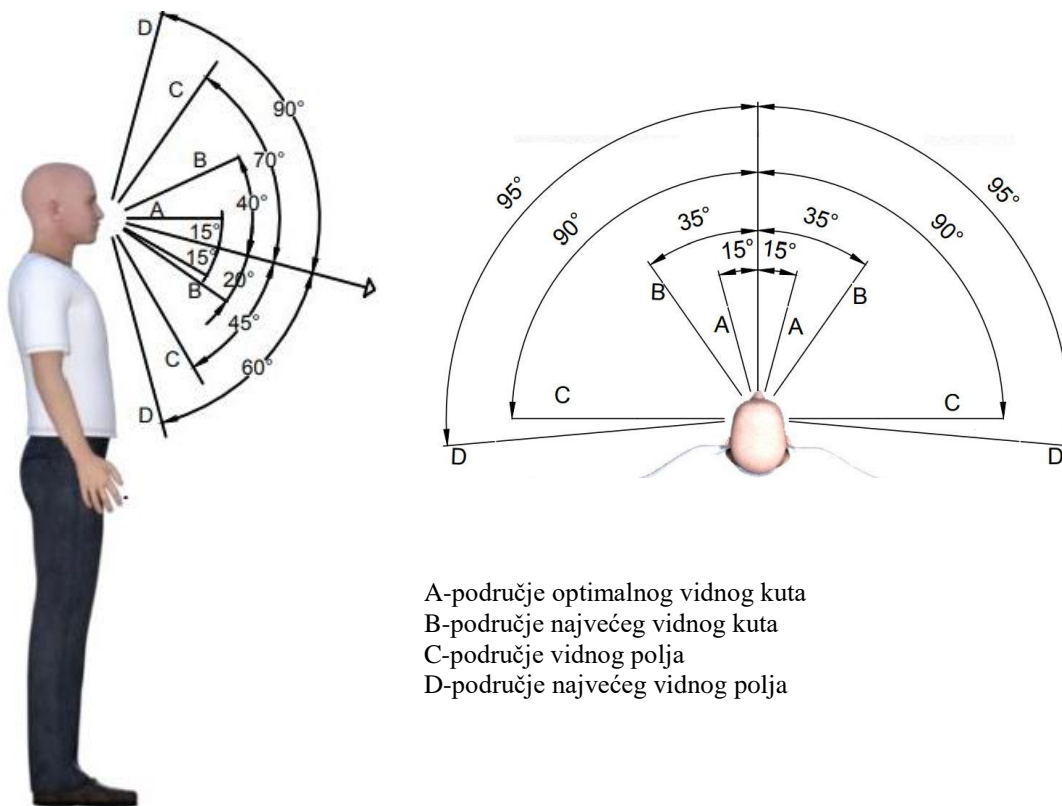
- A-montažna radna površina
- B-radna površina uredskih poslova
- C-optimalno područje upravljačke funkcije
- D-područje manje važnih upravljačkih funkcija
- E-područje važnih upravljačkih funkcija
- F-sekundarno područje za manje važne informacijske poslove
- G-doseg bez vidne kontrole
- H-maksimalni doseg

Slika 85. Prikaz radnih područja za stojeći radni položaj (Polajnar, Verhovnik, 1999.)



A- visina od trajno promatranog objekta
 B- visina alata kod strojnog rada
 C- ručni rad bez točne visine kontrole ali sa slobodnim laktovima
 D- visina rada pri rukovanju teškim predmetima

Slika 86. Prikaz potrebnih visina radne površine kod stojećeg položaja (*Mikšić, 1997.*)



A- područje optimalnog vidnog kuta
 B- područje najvećeg vidnog kuta
 C- područje vidnog polja
 D- područje najvećeg vidnog polja

Slika 87. Normalna vidna linija te granice vidnog polja u stojećem položaju (*Polajnar, 2000.*)

Kod stojećeg radnog položaja radnik ima veću slobodu kretanja nego kod sjedećeg položaja, međutim, prilikom izvođenja radnih zadataka ono može biti ograničeno zbog potrebe aktiviranja mehanizma stroja pokretom stopala pri čemu dolazi do jednostranog opterećenja miškulature trupa, nogu i stopala.

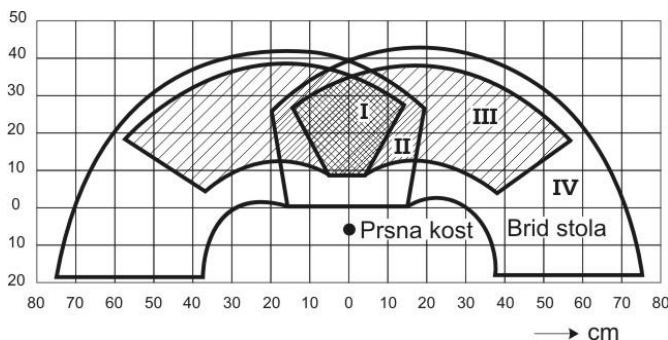
U proizvodnim procesima, a naročito kod finih ručnih radova, vidni sustav čovjeka ima značajnu ulogu. Prilikom izvođenja radnih zadataka važno je postići pravilan položaj glave i trupa čime se postiže normalna vidna linija na odgovarajućoj udaljenosti. Na slici 87 prikazano je područje optimalnog vidnog kuta i vidnog polja za stojeći radni položaj u vertikalnoj i horizontalnoj ravnini.

Prema slici 87 prilikom oblikovanja radnog mjesta uzima se područje optimalnog vidnog kuta, područje najvećeg vidnog kuta, područje vidnog polja te područje najvećeg vidnog polja.

10.1.3. Radne zone

Prilikom oblikovanja radnih mjesta važan je prostor iznad i ispod radne površine. Pri donošenju odluke o prostornom smještaju važno je područje koje se može dohvatiti rukom, kao i područje u kojem se odvija izvođenje samog radnog zadatka.

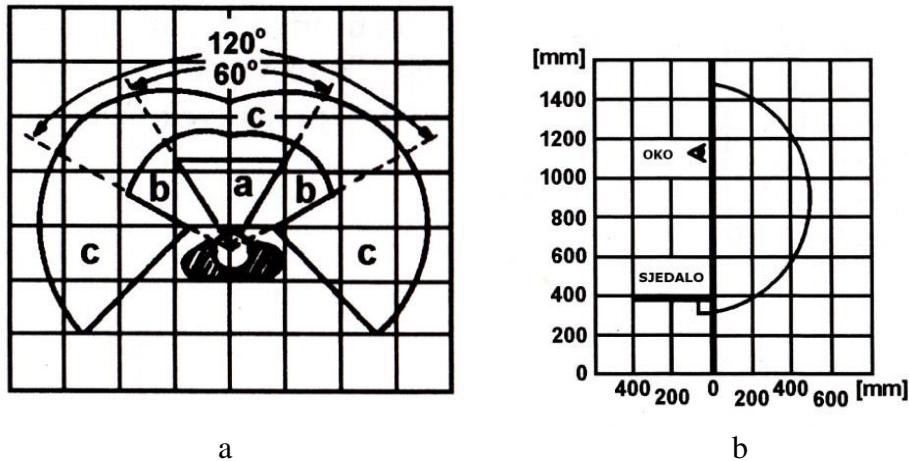
Na slici 88 prikazani su radni dosezi za sjedeći radni položaj podijeljen u četiri zone.



I-središnja zona rada: obje ruke rade usporedno u vidnome polju radnoga mjesta
 II-proširena središnja zona rada: obje ruke rade u vidnome polju i dosežu sva mjesta tog područja
 III-područje normalnog dosega jedne ruke
 IV-područje maksimalnog dosega jedne ruke: granično korisno područje za zahvat

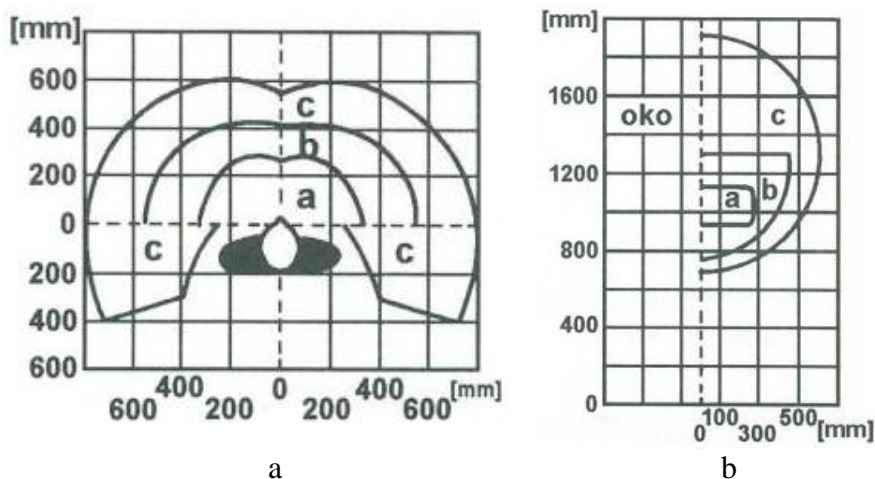
Slika 88. Radni dosezi u sjedećem radnom položaju (Mikšić, 1997.)

S. Ivić (Polajnar, Verhovnik, 1999.) je također odredio zone dosega za sjedeće radno mjesto u horizontalnoj ravnini (slika 89a), a zatim zone dosega za sjedeće radno mjesto u vertikalnoj ravnini (slika 89b). Zone dosega u horizontalnoj ravnini podijeljene su u tri područja: središnja radna zona (a), zona normalnog (b) i zona maksimalnog dosega (c).



Slika 89. Radni dosezi za sjedeći radni položaj (a) prikaz zona u horizontalnoj ravnini; (b) prikaz zona u vertikalnoj ravnini pri čemu je a - središnja radna zona, b - zona normalnog dosega, c - zona maksimalnog dosega (Polajnar, Verhovnik, 1999.)

Isti je autor odredio i zone dosega za stojeće radno mjesto u horizontalnoj ravnini (slika 90a), te zone dosega za stojeće radno mjesto u vertikalnoj ravnini (slika 90b).



Slika 90. Radni dosezi za stojeći radni položaj: (a) prikaz zona u horizontalnoj ravnini; (b) prikaz zona u vertikalnoj ravnini pri čemu je: a - središnja radna zona, b - zona normalnog dosega, c - zona maksimalnog dosega (Polajnar, Verhovnik, 1999.)

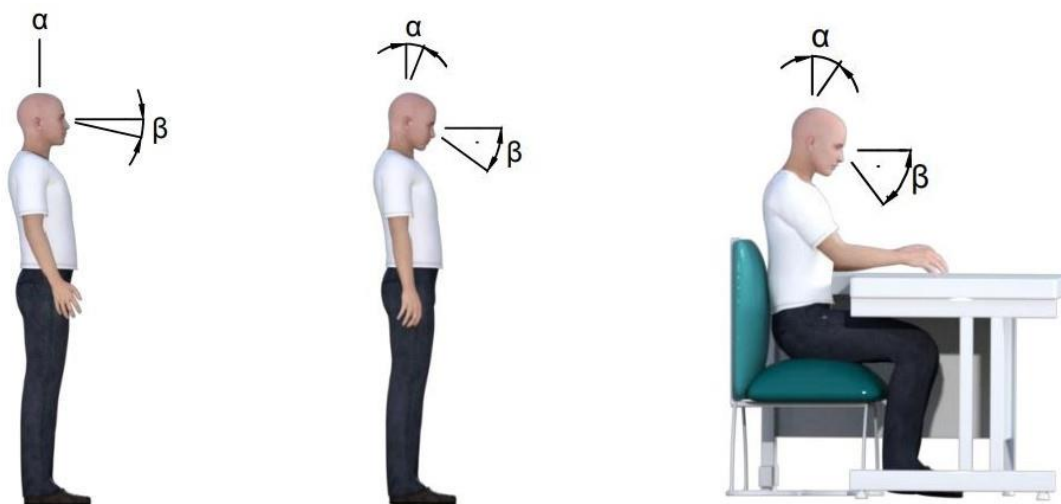
Radni dosezi predstavljaju jedno od važnih elemenata prilikom oblikovanja radnih mjesta. Radne dosege potrebno je uskladiti s antropometrijskim mjerama radnika na pojedinom radnom mjestu uvažavajući načela statičke i kinematičke antropometrije.

10.1.4. Zone vida

Kod sjedećeg i stojećeg radnog položaja važno je postići udoban položaj glave i trupa čime se postiže udobna linija pogleda. Na slici 91 i u tablici 27 dan je primjer udobnog naglona kod stajanja te sjedenja.

Tablica 27. Kutovi glave i vrata (*Kroemer, Grandjean, 1999.*)

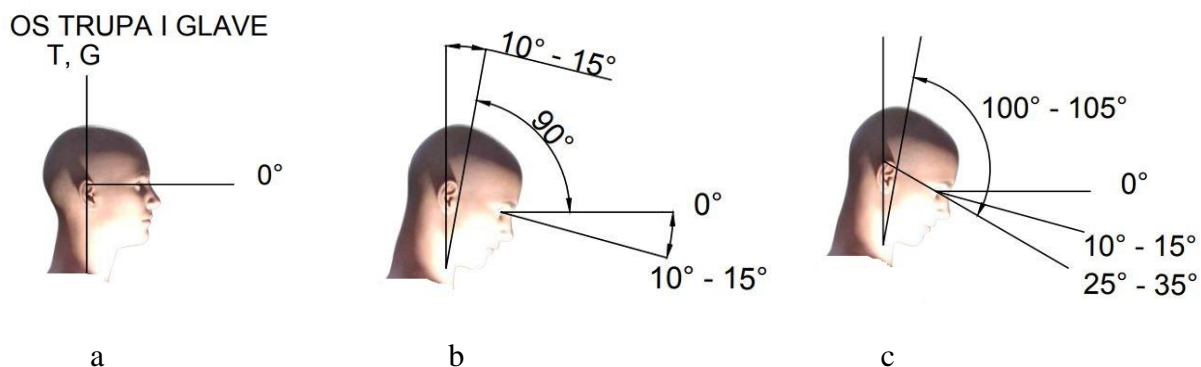
Držanja	Nagnuće glave (α) [°]	Kut linije pogleda prema horizontalnoj liniji (β) [°]
stajanje – uspravan položaj	0	15
stajanje – udoban položaj	15	30
sjedenje – udoban položaj	25	40



Slika 91. Prikaz udobnog naklona glave kod stajanja i sjedenja (*Kroemer, Grandjean, 1999.*)

Značenje kutova gledanja za oblikovanje radnih mjesta je veliko, budući da određuju maksimalna vidna polja, optimalna vidna polja i vidokruge nastale pomakom glave u kojem je obuhvaćeno tehnološko okruženje, strojevi, predmet rada i radne zone.

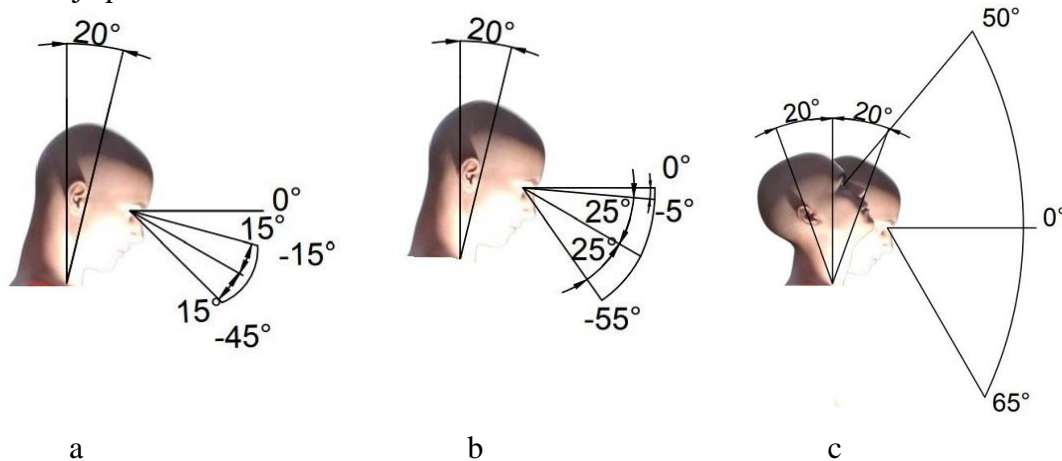
Kod vertikalne vidne zone, horizontalna vidna os je ujedno i referentna os jer vrijednost kuta koji zatvara s horizontalom je 0° (slika 92a). U uspravnom položaju trupa i glave, os trupa i os glave se poklapaju, a s horizontalnim vidnim kutom zatvaraju kut od 90°. Vidna os glave (slika 92b) je okomita na os glave. Kod normalnog držanja tijela os glave pomaknuta je s obzirom na os trupa za 10° do 15°, pa je i os vida glave pomaknuta od horizontalne vidne osi za istu vrijednost kuta. Kod normalnog držanja tijela također je definirana i normalna vidna os (slika 92c), koja zatvara kut s osi glave od 105° do 110°, odnosno s horizontalnom vidnom osi kut od 25° do 35°.



Slika 92. Vidne osi: horizontalna vidna os (a), vidna os glave (b), normalna vidna os (c) (*Knez, Rogale, 1989.; Polajnar i sur., 2003.*)

Vertikalna vidna zona ima tri polja (slika 93):

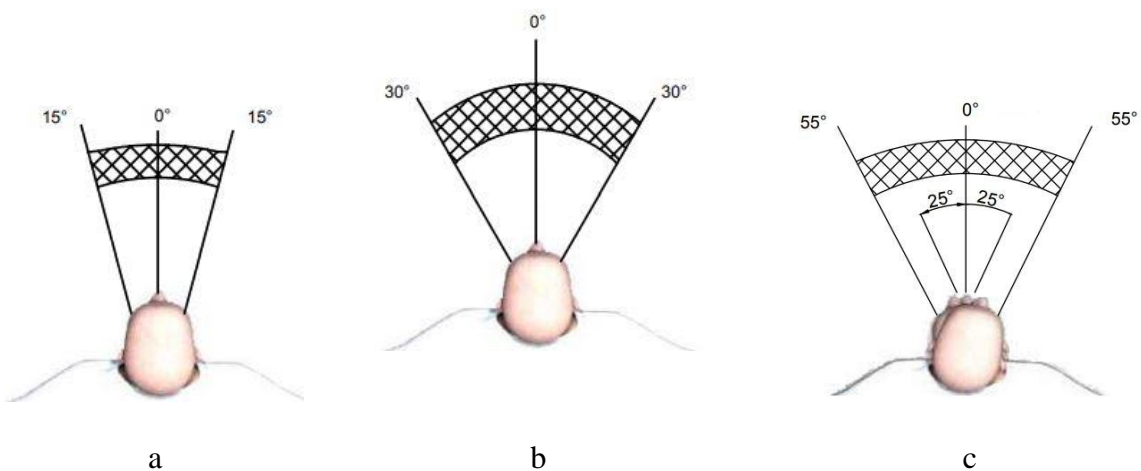
- optimalno vertikalno vidno polje oka u mirovanju koje iznosi $\pm 15^\circ$ od normalne vidne osi kao na primjer, kod šivanja u odjevnoj industriji, gdje se unutar tog polja izvode tehnološki zahvati međusobnog sastavljanja i pozicioniranja pod iglu;
- optimalno vidno polje nastalo pomakom očiju koje iznosi $\pm 25^\circ$ od normalne vidne osi pri čemu unutar ovog vidnog polja trebaju biti svi elementi potrebni za izvođenje cikličkih zahvata;
- optimalno vidno polje nastalo pomakom glave i očiju koje iznosi $\pm 55^\circ$ od normalne vidne osi pri čemu bi se, unutar ovog polja, trebali nalaziti svi elementi potrebni za izvođenje periodičkih tehnoloških zahvata.



Slika 93. Vertikalna vidna polja: (a) optimalno vidno polje oka u mirovanju, (b) optimalno vidno polje s pomakom očiju, (c) optimalno vidno polje nastalo pomakom glave i očiju (Knez, Rogale, 1989.; Polajnar i sur., 2003.)

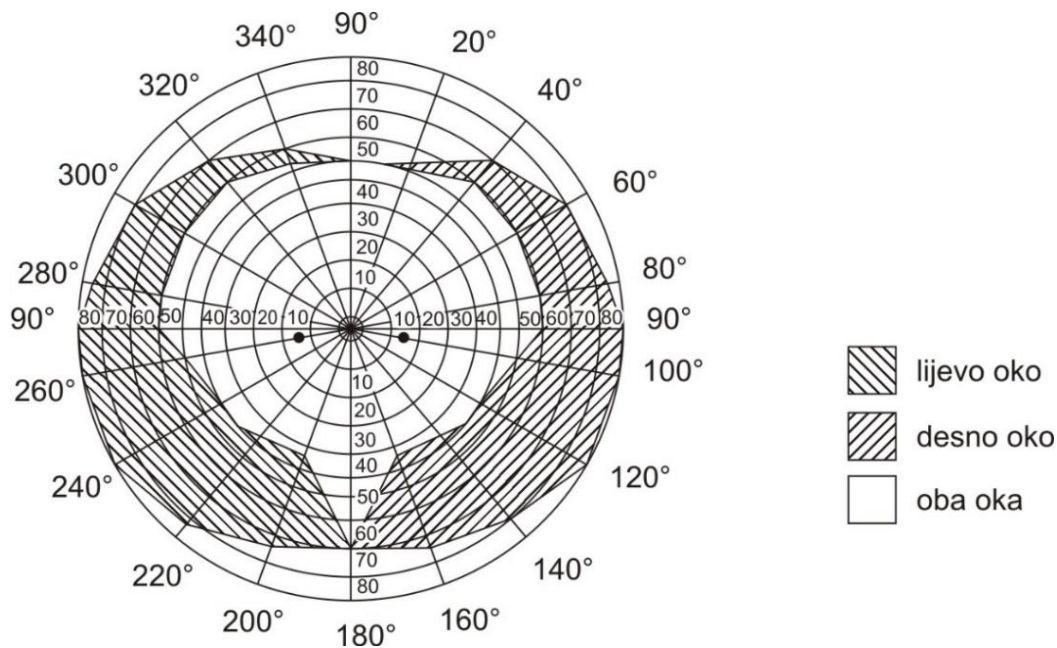
Horizontalna vidna zona sastoji se također od tri vidna polja (slika 94):

- vidno polje jasnog polja oka u mirovanju koje iznosi $\pm 15^\circ$ od simetrale glave,
- vidno polje nastalo pomakom očiju koje iznosi $\pm 30^\circ$ od simetrale glave,
- vidno polje nastalo pomakom glave i očiju koje iznosi $\pm 55^\circ$.



Slika 94. Horizontalna vidna polja: (a) vidno polje jasnog pogleda oka u mirovanju, (b) vidno polje nastalo pomakom očiju, (c) vidno polje nastalo pomakom glave i očiju (Knez, Rogale, 1989.; Polajnar, i sur., 2003.)

Na slici 95 prikazano je vidno polje koje radnik može ostvariti jednim okom te područje pogleda s oba oka.



Slika 95. Vidno polje kod dvostrukog pogleda (*Polajnar i sur., 2003.*)

Iz slike 95 može se zaključiti da radnik kod pogleda s oba oka u horizontalnoj ravnini ostvaruje kut $\pm 62^\circ$, dok u vertikalnoj ravnini granica gornjeg vidnog polja iznosi 50° , a granica donjeg vidnog polja 70° .

10.2. Oblikovanje radnih mjesta sa stajališta psihologije

Psihosocijalni rizici i opasnosti na poslu odnose se na sučeljavanje između zahtjeva posla, poslovnog (radnog) okruženja, sadržaja posla i organizacije posla s jedne strane i radnog učinka, zadovoljstva poslom, radnikovih fizičkih i psihičkih obilježja, znanja, potreba, zadovoljenja kulturnih potreba i navika na zahtjeve posla s druge strane (*Zavalić, 2015.*).

Psihosocijalnim rizicima na poslu nazivamo sve one karakteristike rada koje radnik doživljava nepovoljnim za svoje psihičko, tjelesno ili opće zdravlje. Psihosocijalni rizici su: raspored rada i/ili radnog vremena, organizacijska kultura, radno opterećenje i tempo rada, radni okoliš, sadržaj rada, uvođenje nove tehnologije, međuljudski odnosi na poslu, uloga u samom radnom sustavu, napredovanje u poslu, odnos posao-privatni život. Uslijed nepovoljnih psihosocijalnih uvjeta rada može doći do zamora, monotonije i stresa na radu.

Zamor je pojava koja prati čovjekovu aktivnost, smanjuje radni učinak i negativno utječe na stav o radu. Razlikujemo akutni i kronični zamor. Akutni zamor se javlja nakon jednokratnog rada, dok kronični nastaje nakupljanjem tijekom dužeg vremena rada.

Također, uslijed dugotrajnog rada u nepovoljnom radnom položaju može doći do zamora koji se očituje kroz subjektivne i objektivne znakove. Subjektivni znaci zamora su niži stupanj koncentracije te promjena ponašanja i raspoloženja, dok su objektivni znaci smanjenje radnog

učinka, spontani prekidi radne aktivnosti, uzimanje predaha, slabija koordinacija pokreta, smanjena kvaliteta izvođenja radne operacije i promjene u brzini rada.

Monotonija nastaje uslijed ponavljajućeg izvođenja operacija u kratkom intervalu, kod jednoličnih i jednostavnih fizičkih aktivnosti i uzastopnog ponavljanja operacija.

Posljedice monotonije dovode do smanjenja učinkovitosti rada te izazivaju depresiju i nezadovoljstvo. Monotonija utječe na koncentraciju i zadovoljstvo radnika.

Stres na radnom mjestu je stres koji je uzrokovan stresorima koji proizlaze iz radne okoline i procesa rada, a javljaju se kada postoji neravnoteža između zahtjeva posla koji se pojedincu postavljaju na radnom mjestu i njegovim mogućnostima da tim zahtjevima udovolji (*Telebec, 2014.*). Neravnoteža može nastati zbog kvalitativnog (vrlo visok radni ritam, preveliki opseg posla) ili kvantitativnog (previše odgovornosti, složenost problema koje treba riješiti, sukobi) opterećenja ili zbog premale stimulacije jer su radni zadaci prejednostavni i ne omogućavaju radnicima da koriste obrazovanje, vještine i iskustvo (*Pamuk, 2007.*).

Stres na radu definira se kao skup emocionalnih, kognitivnih, tjelesnih i ponašajnih reakcija pojedinca do kojih dolazi kada pojedinac procjenjuje da se pred njega na radnom mjestu postavljaju zadaci koje ne može ispuniti. Emocionalne reakcije na stres su loše raspoloženje, nezadovoljstvo, nemir, nervoza, razdražljivost, ljutnja, nesigurnost, strah, gubitak samopouzdanja, osjećaj manje vrijednosti, osjećaj dosade, gubitak motivacije, depresivnost i dr. (*Telebec, 2016.*).

Kognitivne reakcije na stres su smanjena mogućnost koncentracije, problemi s pamćenjem, teškoće u donošenju odluka, smanjena kreativnost. Tjelesne reakcije na stres su umor, iscrpljenost, mišićna napetost, glavobolja, problemi sa spavanjem, problemi s probavom i dr. Reakcije ponašanja na stres su agresivno ponašanje, ispad ljutnje, nemogućnost prilagođavanja, povlačenje u sebe, prestanak brige za izgled i odijevanje, kompulzivno ponašanje i dr.

Stres je mentalno i fizičko stanje koje utječe na proizvodnju i učinkovitost radnika, osobno zdravlje i kvalitetu rada. Stres na radnom mjestu povezan je s problemima organizacije kao što su odsutnost s radnog mjesta, fluktuacija radne snage, nizak radni učinak, nezgode i povrede na radu.

Stres na radnom mjestu može se podijeliti u sljedeće skupine:

- radni uvjeti (rad u smjenama, nove tehnologije, rizik i opasnosti na radnom mjestu),
- uloge u organizaciji (zadaci i odgovornost),
- međuljudski odnosi na radnom mjestu (komunikacija, radna atmosfera),
- razvoj karijere (nesigurnost posla, radni učinak, godine staža),
- uvjeti radne okoline (fizički uvjeti rada, uvjeti stanja radne okoline).

Radnici moraju biti fizički i psihički sposobni i moraju imati visok stupanj profesionalnih sposobnosti za svladavanje radnih zadataka.

10.3. Oblikovanje radnih mjesta sa stajališta fiziologije

Fiziološki uvjeti rada obuhvaćaju analizu radne sposobnosti radnika i razne utjecaje na radnu sposobnost. Radni proces u procesu proizvodnje odjeće obuhvaća interakciju između radnika, stroja i okoline. Radnik prilikom obavljanja određene aktivnosti koristi svoje sposobnosti, znanje i vještine kako bi izvršio određeni radni zadatak uz što manje opterećenja i negativnih utjecaja iz okoline. U sklopu proučavanja fizioloških uvjeta rada potrebno je odrediti:

- stupanj radnog opterećenja temeljem energetske potrošnje na koju utječu spol, godine starosti i stupanj uvježbanosti radnika,
- zahtjeve radnog zadatka s obzirom na tjelesne i vidne sposobnosti radnika i
- stupanj fiziološke sposobnosti radnika koji uključuje visinu napora koju on mora upotrijebiti.

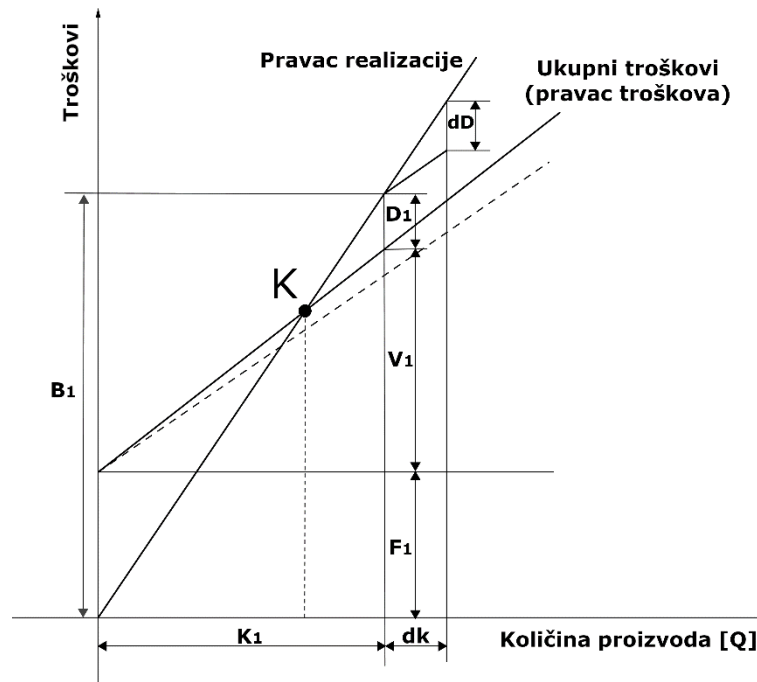
S obzirom na čovjekove mogućnosti da izvede radni zadatak razlikuje se radna sposobnost i težina rada. Radna sposobnost se odnosi na čovjekove radne kapacitete koje može upotrijebiti u okviru radnih mogućnosti, a ona ovisi o morfološkoj građi tijela, mišićnoj vrijednosti, kardiovaskularnoj i respiratornoj sposobnosti, energetske potrošnje te radnoj učinkovitosti. Težina rada se izražava prema energetske potrošnje za njegovo izvođenje, pa tako rad može biti lagan (manje od 25 % maksimalne potrošnje kisika), umjeren (između 25 i 50 %), težak (između 50 i 75 %) i vrlo težak (više od 75 % maksimalne potrošnje kisika).

10.4. Oblikovanje radnih mjesta sa stajališta ekonomije

Troškovi predstavljaju vrlo značajan segment u poslovanju poduzeća i jedan su od bitnijih elementa za njegovo uspješno poslovanje. Troškove možemo definirati kao sve financijske rashode koje poduzeće ima u svom redovnom poslovanju. Za osnovnu ekonomsku analizu promatraju se dvije vrste troška. To su fiksni troškovi koji su uvijek jednaki bez obzira na postojeću razinu proizvodnje i varijabilni troškovi koji se mijenjaju ovisno o razini proizvodnje. U fiksne troškove spadaju zakonske obveze, kreditne obveze, amortizacija, troškovi uprave i prodaje, troškovi režijskog osoblja. Varijabilni troškovi su svi troškovi vezani direktno za proizvodnju kao što su troškovi materijala, repromaterijala, trošci energije, troškovi izrade, troškovi otpreme i dr. (*Delač, 2010.; Samuelson, Nordhaus, 2011.; Pavlović i sur., 1995.*). Varijabilni troškovi predstavljaju cijene onih elemenata koji se neposredno ugrađuju u proizvode, odnosno robe i usluge koje poduzeće proizvodi. Varijabilni troškovi rastu s razinom proizvodnje. Kada je proizvodnja jednaka nuli i varijabilni troškovi su jednaki nuli. Kako raste proizvodnja tako rastu i varijabilni troškovi.

Na slici 96 prikazan je dijagram poslovanja pri čemu se na apscisu unosi opseg proizvodnje, odnosno količina, a na ordinatu troškovi proizvodnje i realizacije. Unese li se na dijagram linija fiksnih troškova te na nju linija varijabilnih troškova, dobit će se linija ukupnih troškova proizvodnje. Uzme li se da godišnje proizvodimo količinu K_1 , to će za nju biti fiksni troškovi F_1 i varijabilni V_1 . Prodajna cijena jednogodišnje proizvodnje u kojoj je sadržan i dohodak D_1 , daje bruto-realizacija B_1 . Spoji li se ishodište dijagrama s točkom koja definira količinu proizvodnje i bruto realizaciju što se ostvaruje u jednoj godini dobiva se pravac realizacije. Točka gdje se sijeku pravac realizacije i pravac troškova proizvodnje naziva se točkom ravnoteže, odnosno točkom pokrića, što je prijelomna točka u poslovanju i označava količinu proizvodnje kod koje poduzeće ostvarenim prihodima pokriva nastale ukupne troškove.

Poznavanje te točke je neophodno za lakše utvrđivanje količine proizvodnje pri kojoj su svi troškovi pokriveni što ujedno predstavlja rentabilnost (profitabilnost). Lijevo od te točke je rad s gubitkom. Desno od te točke ravnoteže je područje rada s dobitkom jer su ukupni troškovi manji od bruto realizacije.



Slika 96. Dijagram poslovanja (Taborsak, 1987.)

U poduzeću prodajnu cijenu jedan (C_{p1}) predstavlja zbroj cijene koštanja i dobiti, dok prodajna cijena dva (C_{p2}) predstavlja uvećanu prodajnu cijenu jedan za rabat do maksimalno 30 %. U slučaju povećanja proizvodnje što je prikazano s povećanjem ΔK dolazi i do povećanja dohotka za iznos ΔB , tako što se iz točke bruto realizacije-količina proizvodnje povuče paralela s povećanjem troškova proizvodnje (pravac troškova).

Temeljno polazište u analizi troškova je egzistencija funkcionalnog odnosa između troškova proizvodnje i količine proizvodnje u nekom vremenskom razdoblju. Funkcija troškova pokazuje različitu razinu troškova koji nastaju pri proizvodnji različite količine proizvodnje. Razina i ponašanje troškova pri promjeni razine outputa poduzeća najvećim dijelom ovisi o karakteru proizvodne funkcije i razini cijena koje poduzeće mora platiti za upotrijebljene resurse. Analiza troškova i upravljanje njima ima za svrhu identificirati one točke na kojima bi se troškovi mogli smanjiti racionalizacijom proizvodnje, odnosno pojednostavljenjem metoda rada te smanjenjem vremena izvođenja pojedinih operacija u tehnološkom procesu što rezultira povećanjem dobiti poduzeća. To je povezano i s uvođenjem novih tehnologija u proizvodni proces.

10.5. Oblikovanje radnih mjesta s uvažavanjem načela učinkovitosti organizacije

Osnovni je zadatak organizacije svakog proizvodnog procesa postizanje optimalne produktivnosti rada uz što manje opterećenje radnika i sa što manjim troškovima po jedinici proizvoda. Bitno je osigurati rad unutar proizvodnog procesa koji omogućava postizanje maksimalnog učinka, optimalno korištenje rada i sredstava rada, minimalno opterećenje radnika, kvalitetno i pravovremeno izvođenje procesa rada. To obuhvaća poznavanje sredstava za proizvodnju, tehniku i tehnologiju izvođenja određenog radnog procesa te metodološki postupak za organizaciju određenog proizvodnog procesa i metoda rada po pojedinim radnim mjestima. Zadatak izvođenja određenog zadatka definiran je vremenom, mjestom, načinom i radnikom s ciljem da troši najmanje energije kako bi se postigla određena kvaliteta.

Kod loše organizacije rada dolazi do smanjenja radnog učinka, promjene fiziološkog stanja organizma i osjećaja umora kao kompleksnog doživljaja nelagode, dosade i potrebe za predahom. Nadalje, dolazi do smanjenja kvalitete izvođenja radnih zadataka, promjene u brzini rada te poremećaja u psihomotornoj spretnosti.

Da bi se poboljšala organizacija rada u proizvodnim sustavima, potrebno je oblikovati radna mjesta sa stajališta ergonomije, definirati radne zadatke i operacije te eliminirati monotoniju i smanjiti opterećenje radnika.

Organizacija rada povezana je s pitanjem radnog vremena i odmora za vrijeme rada. Najučinkovitije postizanje radne aktivnosti postiže se kod osmosatnog dnevnog radnog vremena. Prekovremeni rad, odnosno kontinuiran rad smjene od 9 ili 10 sati, često dovodi do pretjeranog umora radnika. Uvriježeni smjenski rad u proizvodnim procesima je: 6-14 h, 14-22 h, 22-6 h. Kod tjelesnog rada radnici bolje rade tijekom dana jer je bolja koordinacija pokreta, veća snaga i pokretljivost mišića. Smjenski rad remeti ritam bioloških funkcija što dovodi do narušavanja fizičkog i mentalnog zdravlja, smanjenja radnog učinka, povećanje pojave grešaka i nesreća na radu.

Studija rada je pokazala da ljudi uzimaju različite vrste odmora za vrijeme rada u različitim uvjetima koji mogu biti spontani (samovoljno uzimanje predaha), prikriveni (promjena radne aktivnosti), prekidi koji su dio prirode samog rada i propisani odmori.

Odmori imaju tendenciju povećanja radnog učinka jer dovode do manjeg stupnja zamora radnika.

10.6. Oblikovanje radnih mjesta sa stajališta sigurnosti i zaštite na radu

Sigurnost i zaštita na radu je skup tehničkih, zdravstvenih, pravnih, psiholoških, pedagoških i drugih djelatnosti pomoću kojih se otkrivaju i otklanjaju rizične pojave kao što su opasnosti, štetnosti i naponi, a koje mogu ugroziti život i zdravlje osoba na radu. Zaštita na radu kao skup interdisciplinarnih aktivnosti uređuje mjere, postupke, načela i pravila zaštite na radu kako bi se osnovnim (projektiranim, tehničkim) mjerama rizici na radu eliminirali ili umanjili odnosno sveli na prihvatljivu razinu te kako bi se nakon primjene osnovnih pravila zaštite na radu i utvrđene razine rizika preostali rizik sveo na prihvatljivu razinu primjenom posebnih (organizacijskih) pravila zaštite na radu.

Svrha zaštite na radu je stvoriti sigurne radne uvjete kako bi se spriječili zastoji u odvijanju tehnoloških/proizvodnih/uslužnih i drugih radnih procesa s mogućim posljedicama za zdravlje i život radnika kao što su ozljede u radu, profesionalne bolesti i druge bolesti vezane uz rad.

Temeljni zakon koji regulira pitanje zaštite na radu je Zakon o zaštiti na radu (NN71/118/154/14) kojim je poslodavac odgovaran za organizaciju i provedbu zaštite na radu u svim dijelovima organizacije i u svim radnim procesima.

10.7. Računalno oblikovanje radnih mjesta

Svaka radna aktivnost čovjeka povezana je s određenim opterećenjima i naprezanjima. Stoga je u proizvodnim procesima nužna primjena ergonomskih načela pri oblikovanju radnih mjesta. U svakodnevnoj praksi nužno je pratiti radne procese te pokušati pronaći bolja rješenja uzimajući u obzir sve odnose u sustavu čovjek-stroj-okolina. Jedan od zadataka ergonomije je prosudba težine rada, pri čemu je potrebno utvrditi kritična mjesta te granična

opterećenja koja mogu dovesti do ozljede ili narušavanja zdravlja (*Jurčević Lulić, Runjak, 2013.*).

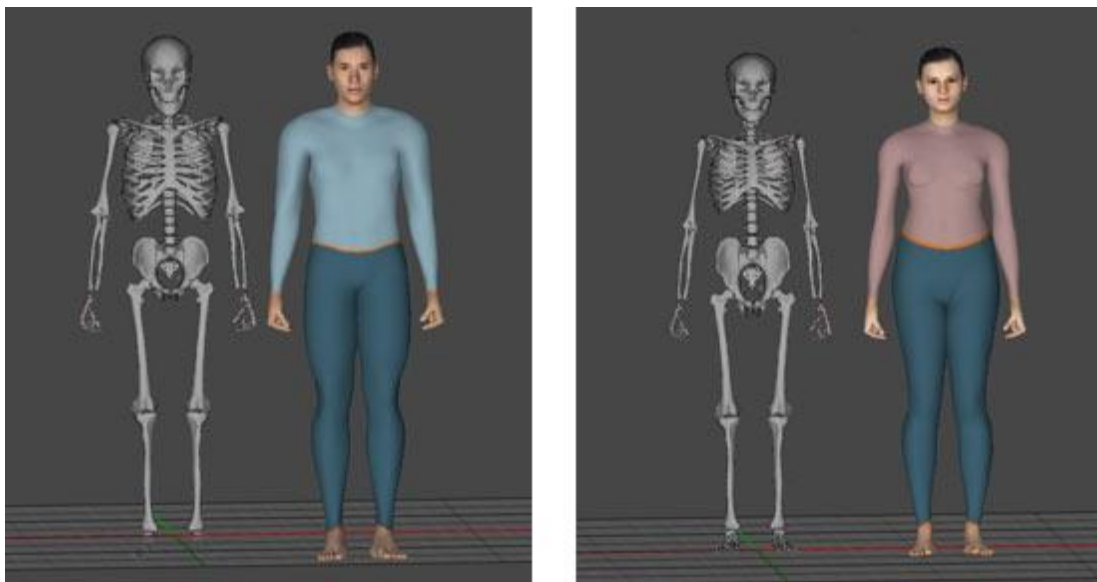
Kao posljedica neprikladno dizajniranih i oblikovanih radnih mjesta i radnog sustava čovjek-radni okoliš nastaju oštećenja i degenerativne promjene koštano-zglobnih struktura kod čovjeka, ali i određene psihičke smetnje (zamor, iscrpljenost, monotonija). Značajna pomoć u rješavanju i utvrđivanju nepovoljnih radnih položaja radnika u odnosu na način izvođenja radnih zadataka i dimenzije radnog mjesta i prostora pruža primjena sofisticiranih softverskih rješenja.

Upotrebom računalnog grafičkog analitičkog sustava omogućeno je kreiranje virtualnog 3D modela čovjeka i pripadajućeg radno-okolišnog sustava u svrhu analize njihova djelovanja u radnim uvjetima rada, ali i proračuna ljudskog opterećenja (*Čehajić, Čerkezović, 2013.*).

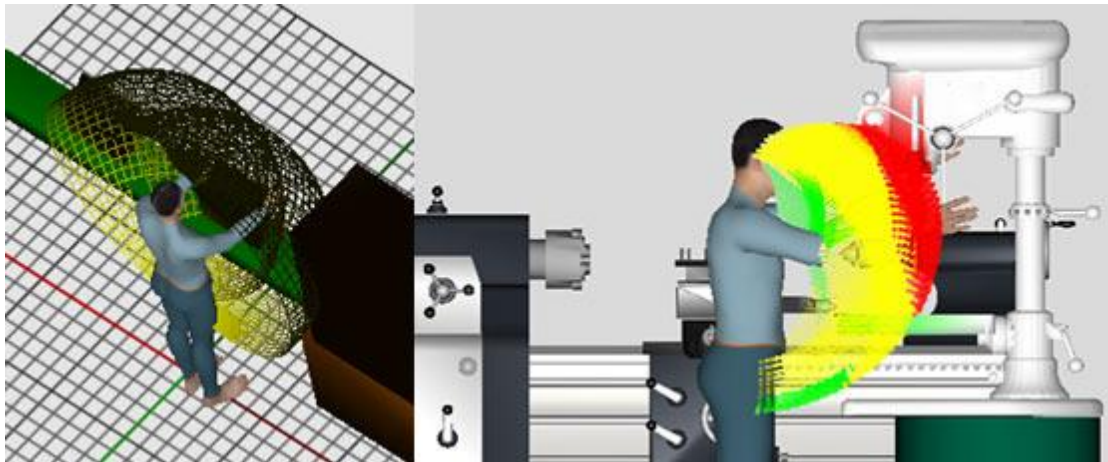
Za izradu 3D modela čovjeka i radnog okruženja potrebno je poznavanje antropometrijskih mjera i zone doseg pojedinih dijelova tijela, dimenzije sredstva rada, dimenzije radnog prostora, dimenzije i položaj upravljačkih i kontrolnih funkcija stroja. Na taj se način dobivaju podaci za proračun i analizu kao osnove za ergonomski i biomehanički funkcionalan i fiziološki ispravan radni položaj, s pravilnim dosezima, te udaljenostima i visinama. U okviru ergonomske analize opterećenja radnika koriste se različite prilagođene metode kao što su RULA analiza, OWAS analiza, biomehanička analiza i NIOSH 1991 metoda što ovisi o softverskom paketu.

Na tržištu se nalaze mnogi računalni sustavi kao što su SAMMIE, RAMSIS, JACK, ANY BODY i dr. koji omogućavaju virtualne simulacije radnog mjesta korištenjem 3D modela čovjeka.

Tvrtka NexGen Ergonomics Inc, razvila je računalni sustav Human CAD (*Human Computer Aided Desing*) koji omogućava virtualnu simulaciju radnog mjesta s nizom biomehaničkih analiza (slika 97, slika 98) (www.nexgenergo.com).



Slika 97. Prikaz 3D modela čovjeka (www.nexgenergo.com)



Slika 98. Prikaz simulacije čovjeka u radnom sustavu (*www.nexgenergo.com*)

Jedan od računalnih sustava je i CATIA V5-Human Posture Analysis koja omogućava 3D modeliranje čovjeka s analizom opterećenja čovjeka korištenjem matrice za RULA analizu, NIOSH 1991 metodu te biomehaničke analize (*www.intrinsys.com*).

Biomehanička analiza kao izlazne rezultate daje vrijednosti opterećenja lumbalnog dijela kralješnice L4/L5 te sile reakcije podloge na stopalo. NIOSH 1991 metoda daje preporučenu granicu težine podizanja tereta tijekom određenog vremena te relativnu procjenu razine fizičkog napora.

Na osnovu poznavanja antropometrijskih mjera radnika i podataka o radno-okolišnom sustavu, moguće je kreirati virtualni 3D model ispitanika i radno-okolišnog sustava koji će što realnije simulirati stvarno stanje radnih aktivnosti radnika te je na osnovu softverske analize moguće dobiti prikaz radna opterećenja radnika.

Primjenom sofisticiranih softverskih paketa omogućeno je računalno određivanje radnog opterećenja u karakterističnim položajima, što u realnim situacijama analize radnog djelovanja unutar nekog referentnog radnog prostora nije moguće.

[Na Sadržaj>](#)

11. RAD RADNIKA ZA RAČUNALOM

Danas veliki broj radnika radi za računalima. Kod radnika koji radi za računalom satima, pokreti su ograničeni, pažnja koncentrirana na ekran, a ruke vezane za tipkovnicu. Takvo radno mjesto podložno je učincima ergonomske nedostataka radnog mjesta. Radnici su podložni učincima posturalnih opterećenja, repetitivnih aktivnosti, slabih fotometrijskih osobina sadržaja na ekranu i lošeg osvjetljenja. Rad radnika za računalom povezan je s visokom učestalosti mišićno koštanih i drugih zdravstvenih problema bez obzira što se taj rad klasificira kao lagan rad po kriteriju utroška energije.

11.1. Opterećenje radnika za računalom

Rad s računalima zahtijeva dugotrajno sjedenje, gledanje u zaslon i pisanje korištenjem tipkovnice i miša. Takav rad zbog često nepovoljnog položaja tijela i ponavljanja istovjetnih pokreta dovodi do radnog opterećenja i zamora. Nepovoljni položaj radnika za računalom dovodi do naprezanja paravertebralnih mišića, ukočenosti vrata, ukočenosti kralješnice, glavobolje, velikog naprezanja očiju te smanjenja pažnje i koncentracije.

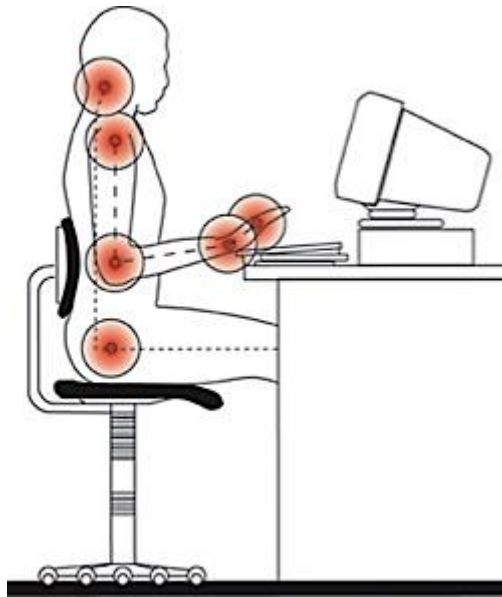
Treperenje zaslona, preveliki kontrast svjetla između zaslona i okoline, refleksija svjetla od zaslona, loša čitljivost teksta te loš kut gledanja zaslona dovode do vidnog umora. Simptomi vidnog umora su bolna iritacija očiju, dvostruke vidne slike, glavobolja, smanjena mogućnost akomodacije i adaptacije oka te smanjena oštrina vida. Napor očiju može se spriječiti izborom prikladnog oblika i veličine prikaza znakova, odgovarajućim razmakom između znakova i linije teksta. Vidni umor smanjuje se podešavanjem kuta gledanja, podešavanjem zaslona.

Tipkanje uključuje kontrolu mišićne aktivnosti prstiju, ruku i podlaktica, senzorske (vidne) informacije, percepciju i interpretaciju dobivenih informacija te konačno aktiviranje složenih mehanizama mišićne kontrole u središnjem živčanom sustavu.

Korištenjem neergonomski oblikovanih tipkovnica, nepravilni položaj ruku prilikom tipkanja, te stalno korištenje istih mišićnih skupina uslijed ponavljanja istih pokreta, dovode do oštećenja zglobova, ligamenata i tetiva (tendinitis, tenosinovitis), upale spoja tetiva s kostima (epikondilitis) te upale tetiva zapešća (karpalni sindrom) (*Jakšić, 2001.; Tenby, 2005.*).

Sjedenje dovodi do slabljenja abdominalnih mišića i iskrivljenja kralješnice što ima loše učinke na probavne organe i disanje. Najveći problem predstavljaju kralješnica i leđni mišići koji u sjedećem položaju nisu relaksirani nego su vrlo opterećeni na razne načine, što uzrokuje bolove u leđima čiji su glavni uzroci problemi s diskovima kralješnice.

Uzroci nepovoljnog položaja tijela kod sjedenja nalaze se u neusklađenosti visine radne površine i radne sjedalice radniku. Kod previsokog sjedala, u odnosu na antropometrijski razmjer radnika dolazi do opterećenja koljena, potkoljenice i stopala, dok kod preniskog sjedala dolazi do opterećenja ramena i vrata. Ako je tijelo kod rada s računalom nagnuto naprijed dolazi do opterećenja lumbalnog područja i oštećenja diskova kralješnice, dok nepovoljan položaj glave i očiju u odnosu na zaslon dovodi do opterećenja vrata i vratnih diskova. Nastale ozljede očituju se kao grčevi mišića u ramenima i vratu, bolovi i smanjenje pokretljivosti kralješnice (cervikalni sindrom) te bolovi u rukama (cervikalnobrahijalni sindrom). Zbog toga su najčešće pritužbe radnika na pojavu bolova u području glave, vrata, ramena, leđa, koljena i stopala (slika 99).



Slika 99. Mjesta na tijelu na kojima se javljaju bolovi prilikom neispravnog sjedenja
(www.iusinfo.hr>DailyContent)

Dugotrajno naprezanje pojedinih skupina mišića uzrokovano sjedenjem dovodi do zamora mišića, slabljenja refleksa i motorike pokreta te smanjenja mogućnosti rada. U sjedećem položaju uslijed stalnog statičkog tlaka na unutarnje organe u trbušnoj šupljini stvaraju se pogodni uvjeti za razvoj patogenih mikroorganizama koji izazivaju infekcije mokraćnih putova. Dugotrajno sjedenje smanjuje i onemogućava normalne dišne funkcije, a zbog smanjenja ventilacije pluća dolazi i do smanjenja oksigenacije krvi te povećanja razine CO₂, što dovodi do glavobolja, smanjenja koncentracije i pažnje te brzog zamora (Kirin, 2010.^a; Lisica Mandek, 2016.).

11.2. Osnovna ergonomska načela kod oblikovanja radnih mjesta s računalom

Rad s računalom zahtijeva dugotrajno sjedenje pri čemu je pažnja koncentrirana na zaslon, dok ruke izvode pisanje preko tipkovnice i miša. Sjedeći radni položaj je položaj u kojem je pokretljivost tijela ograničena na kinematičke sustave ruku, glave i djelomično trupa.

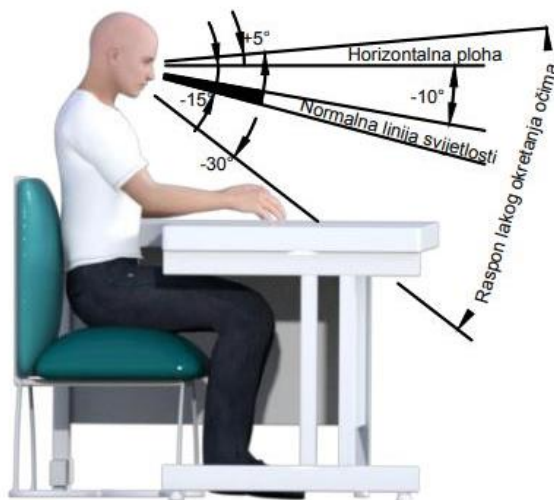
U **Pravilniku o sigurnosti i zaštiti zdravlja pri radu s računalom (NN 69/05)**, koji je usklađen s Direktivom 90/270/EEC, izneseni su kriteriji koje radno mjesto mora zadovoljiti, što se sve poduzima da se radno mjesto prilagodi pojedincu te koje dodatne aktivnosti tvrtka provodi ne bi li se sačuvalo zdravlje zaposlenika koji pretežan dio radnog vijeka rade s računalom.

Hrvatski zavod za normizaciju usvojio je norme iz serije **HRN EN ISO 9241** koja se sastoji od 17 dijelova i koja daje ergonomske zahtjeve za uredski rad s vizualnim zaslonima. Svrha je norme promovirati dobar ergonomski dizajn rada s vizualnim zaslonima i osigurati radnicima da svoje poslove mogu obavljati sigurno, efikasno i udobno, što se postiže pažljivim oblikovanjem samih vizualnih zaslona, radnih mjesta i radnog okruženja te načina na koji je rad organiziran i vođen. Ova norma bavi se dizajnom samih vizualnih zaslona i pruža pomoć proizvođačima te opreme kako bi razvili ergonomski gledano sigurne uređaje te daje informacije korisnicima koji žele specificirati svoje zahtjeve prema proizvođačima.

Propisanim normama želi se zaštititi korisnika osiguranjem kvalitetnih uvjeta za rad (www.hzn.hr).

11.2.1. Zaslona

Znakovi na zaslonu trebaju biti dobro definirani i jasno oblikovani. Slika na zaslonu treba biti stabilna, bez treperenja ili drugih oblika nestabilnosti. Zaslona se mora osigurati od mogućnosti reflektirajućeg bliještanja ili drugih refleksija koje mogu uzrokovati nelagodu korisniku i izazivati zamor očiju. Slika na zaslonu ne smije treperiti i frekvencija osvježavanja slike zaslona mora biti najmanje 75 Hz za CRT zaslone i 60 Hz za LCD zaslone. Također je utvrđeno da mora biti osigurana mogućnost prilagođavanja visine zaslona visini očiju radnika, tako da oči radnika budu u visini gornjeg ruba zaslona, a pravac gledanja u istoj ravnini ili ukošen prema dolje do 20° . Prilikom rada za računalom, oči radnika moraju biti u visini gornjeg ruba zaslona pri čemu je pravac gledanja u istoj razini ili ukošen prema dolje do 20° . Udaljenost zaslona od očiju radnika mora biti između 400-750 mm (*Mijović et al., 2001.*) Na slici 100 prikazane su vidne zone kod rada s računalom.



Slika 100. Vidne zone kod rada s računalom (*Mijović et al., 2001.*)

Znakovi na zaslonu moraju biti dovoljno veliki, oštri i oblikovani tako da ih se može razlikovati. Znakovi, razmaci između znakova i redova moraju biti dovoljno veliki, da ih je moguće razlikovati bez napora, ali ne preveliki kako bi tekst bio pregledan. Koriste se tamna slova na svijetloj podlozi.

Da bi se izbjegle refleksije na zaslonu, izvori svjetla trebaju biti postavljeni pod kutom većim od 30° u odnosu na ravninu gledanja, prozori trebaju biti zastrti zastorima, a svjetiljke sjenilima. Rasvjetu radne prostorije je najbolje provesti indirektnim difuznim svjetlom i dodatnim svjetlom na radnoj površini, a intenziteti osvijetljenosti trebaju biti takvi da kontrasti između radne površine i radnog okoliša ne prelaze omjer 3:1.

11.2.2. Tipkovnica

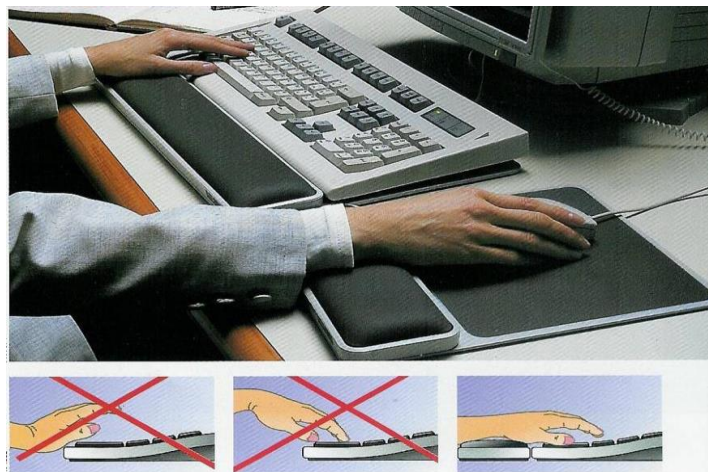
Za unos informacija u računalu najčešće se koristi tipkovnica, što znači da su ruke također dosta intenzivno korištene na radnom mjestu. Pravilnikom o sigurnosti i zaštiti zdravlja pri radu s računalom, definirane su karakteristike koje mora sadržavati tipkovnica, a to su:

- srednja visina tipkovnice ne smije prelaziti 30 mm, kosina joj ne smije biti veća od 15°, a ako je njezin donji rub viši od 1,5 cm potreban je produžetak koji služi kao podloška za šaku,
- tipkovnica mora biti slobodno pokretna po cijeloj radnoj površini, tako da omogućuje radniku prirodno držanje tijela i ruku,
- mogućnost pomicanja i prilagođavanja tipkovnice ne smije biti ograničena sredstvima za priključivanje ili dužinom kabela,
- na radnom stolu ili radnoj površini ispred tipaka mora biti najmanje 100 mm slobodne površine za smještaj ruku radnika,
- tipkovnica ne smije imati sjajnu površinu,
- tipke i simboli na tipkama moraju biti jasno označeni i moraju biti lako raspoznatljivi i čitljivi.

Materijali koji se koriste za izradu tipkovnica moraju biti takvi da sprečavaju pojavu bliještanja ili odraza okolnog svjetla jer se tako sprečava vidni napor. Raspored i položaj tipki mora biti kakav da se bez napora mogu sve tipke dohvatiti, a da pri tome nije potrebno podizati cijelu ruku. Natpisi na njima moraju biti vidljivi s radne udaljenosti (*Kirin, 2010.^c*).

Kvalitetna je tipkovnica:

- odijeljena od monitora, pa prenosiva računala nisu pogodna za dugotrajna tipkanja,
- sprječava savijanje u ručnom zglobu,
- relativno tanka (manje od 2.5 cm od stola do vrha razmaknice),
- ima tipke koje se lagano i glatko utiskuju, a tipke Shift, Alt i Ctrl moraju biti s obje strane tipkovnice.



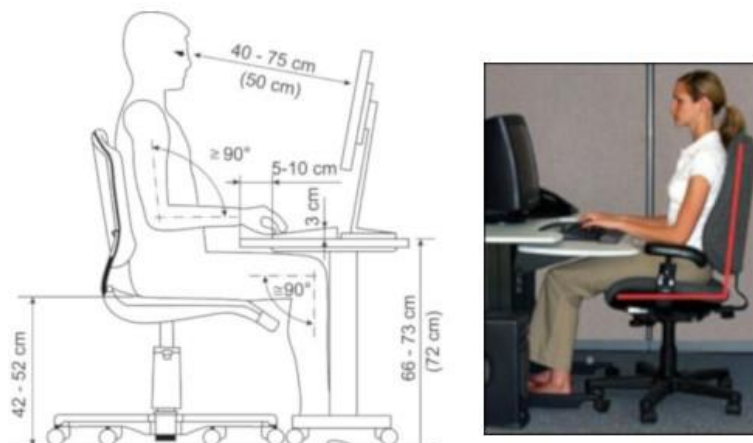
Slika 101. Oslonci za ruke punjeni želeom

Mekani oslonac za zapešće ispred tipkovnice može poduprijeti podlakticu i/ili ruku barem za vrijeme stanke prilikom tipkanja i tako pomoći da se zapešće drži ravno (slika 101) (<https://inter-informatika.hr/tipkovnice/miševi-tipkovnice>).

11.2.3. Radna sjedalica i radni stol

S obzirom na zahtjeve rada i potrebne vidne i motoričke sposobnosti radnika, povoljan radni položaj je opušteni uspravni stav tijela. Takav stav održava tjelesnu masu u ravnoteži, te relaksira i minimalno opterećuje leđne mišiće.

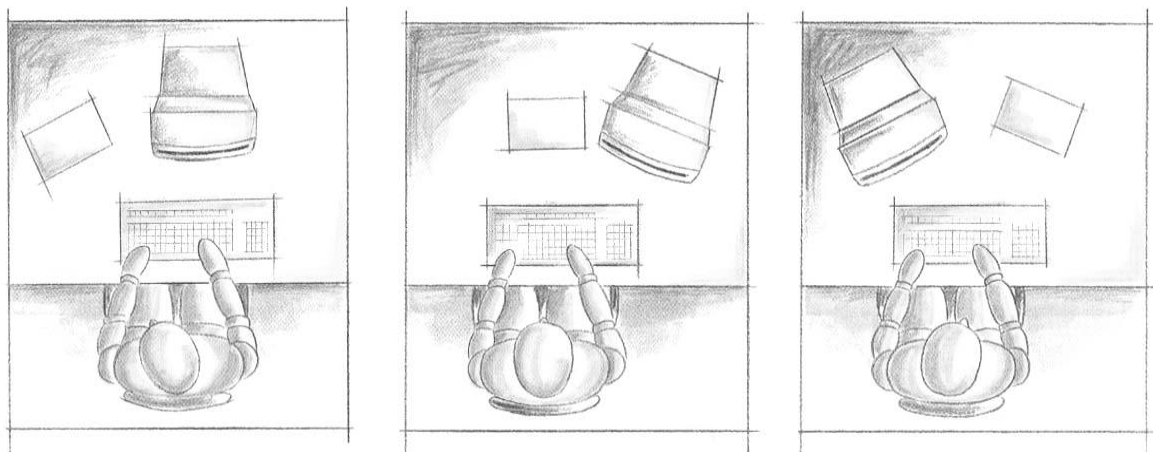
Na radnom mjestu potrebna je ispravna postavka kutova kinematičkih sustava, pri čemu su pogodni kutovi za zglobne sustave potkoljenica- natkoljenica $90-110^\circ$ te natkoljenica-trup $90-95^\circ$. Takav položaj je povoljan s obzirom na fiziološke i anatomske zakonitosti (slika 102) (Kirin, 2010.^c).



Slika 102. Ergonomski oblikovano radno mjesto s računalom (Kirin, 2010.^c)

Kod rada na računalu laktovi se trebaju nalaziti pod kutom $90-100^\circ$ i što bliže uz tijelo. Iz navedenih razloga, preporuča se da radna površina bude podesiva po visini i usklađena s antropometrijskim mjerama radnika te da se nalazi u rasponu između 680-760 mm. Miš treba biti smješten s desne strane tipkovnice. Tipke na računalnim tipkovnicama trebaju imati otpor između 0,5-0,6 N, čime se pokreću s vrlo malo mišićnog napora.

Raspoloživi prostor na radnoj plohi mora biti prostorno planiran tako da se na njega može ispravno postaviti računalna oprema i svi potrebni alati za obavljanje djelatnosti. Skučeni prostor može uzrokovati fizička oštećenja uslijed udaraca o bliske predmete, ali i nervozu uslijed potrebe za stalnom kontrolom u kretanju. Posebno je važno osigurati dovoljno mjesta za monitor, kako bi se mogla prema sjedećoj visini korisnika ispravno podesiti udaljenost od očiju i vidni kut. Mogućnost okretanja i podešavanja visine monitora su potrebni i za izbjegavanje refleksije okolnih svijetlih predmeta na staklenoj površini zaslona. U nedostatku prostora koriste se razna pomagala kao što su rotacijski podmetači za monitore, držači dokumenata, držači tipkovnice i miša, ladice za pohranjivanje tipkovnice kada se ona ne koristi i slično. Nakon postave računala i druge potrebne opreme, mora se oko svakog korisnika ostaviti takozvana „zona osobnog komfora” koja iznosi barem 1,5 metara slobodnog prostora sa svake strane. Radni dohvat proteže se u centralnom vidokrugu do dubine stola 30 cm (slika 103).



Slika 103. Prikaz mogućnosti smještaja računala na radnoj površini (Corn, Trstenjak, 2012.)

Prilikom oblikovanja radnog mjesta u sjedećem položaju potrebno je osigurati udobnost sjedenja prilikom obavljanja radnih zadataka. Udobnost sjedenja može se opisati karakteristikama koje se moraju uzeti u obzir pri uređenju radnog mjesta kao što je prikazano na slici 104 (HZZZSR, HZO, 2013.).



Slika 104. Karakteristike koje utječu na udobnost sjedenja (HZZZSR, HZO, 2013.)

Kako se rad za računalom izvodi u sjedećem položaju, veliki utjecaj na udobnost imaju konstrukcija i podloga sjedalice. Radna sjedalica utječe na položaj sjedenja, odnosno položaj zdjelice koji s leđima i nogama čini funkcionalnu cjelinu i o čijem nagibu ovisi stabilnost radnog položaja i izgled slabinskog dijela kralješnice. Pravilno oblikovana sjedalica omogućuje zadržavanje ravnoteže trupa, potrebnu slobodu pokreta i ergonomski pravilno sjedenje. Temeljne zakonitosti pri izvedbi i konstrukciji radnih sjedalica nalažu da se osigura ispravna razdioba mase ljudskog tijela, mogućnost namještanja visine sjedala, dubine i širine

zauzetosti prostora, mogućnost stabilizacije položaja tijela, ali i pokretljivost i preglednost određenog prostora i udobnost sjedenja.

U skladu s antropometrijskim izmjerama radnika, ergonomski oblikovana sjedalica ima mogućnost namještanja sjedenja te podesivu visinu i položaj naslona za leđa pri čemu mora zadovoljiti dimenzije od 5 do 95 percentila. Ploha sjedala treba biti 400-450 mm široka, te 380-420 mm duboka, sa zaobljenim prednjim rubom sjedala što sprečava probleme s cirkulacijom nogu. Izvedbe uredskih stolica imaju oslonac za ruke koji je podesiv po visini, čime se osigurava podupiranje ruku što ujedno smanjuje opterećenje ramena. Na slici 105 prikazana je vrsta uredske stolice koja se koristi pri radu za računalom, a ima mogućnost namještanja visine sjedenja, položaja i visine naslona za leđa te oslonca za ruke.



Slika 105. Prikaz uredske sjedalice (Kirin, 2010.^c)

Poželjno je da radna sjedalica bude prekrivena poroznim materijalom što doprinosi udobnosti sjedenja. Svakom radniku koji to želi mora biti osiguran oslonac za noge za koji se predviđa da bude minimalno 450 x 350 mm. Za urede se preporuča sjedalica definirana normom HRN EN 1335-1-2001 - *Uredski namještaj-Uredske radne sjedalice-1. dio: Dimenzije, određivanje dimenzija*.

Prilikom prilagođavanja radne sjedalice mogu se primijeniti pravila prikazana na slici 106 čime bi se smanjilo opterećenje radnika prilikom rada za računalom.



Slika 106. Ergonomija radne sjedalice (Crnoja, 2016.)

Dinamičko sjedenje ili aktivno sjedenje temelji se na terapijskoj („švicarskoj”) lopti. Lopta se može koristiti kao sjedalica u uredu ili na drugom radnom mjestu. Sjedenje na lopti promiče aktivno sjedenje koje omogućava da tijelo stalno izvodi prilagodbu kako bi ostalo u ravnoteži. Takvo sjedenje pruža mogućnost uspravnog držanja, potiče naginjanje zdjelice naprijed, te protezanje slabinskog dijela kralješnice i jačanje mišića leđa i trupa.

Danas se na tržištu nalaze sjedalice koje rade na principu lopte, odnosno imaju trodimenzionalno gibljivo sjedalo i naslon za leđa, koji omogućava aktivno sjedenje pri čemu su leđni mišići cijelo vrijeme aktivni. Kod takvog sjedenja smanjuje se pritisak na pločice između pršljenova. Gibljivi sjedeći dio drži tijelo u pravilnom položaju i prilagođava se svim pokretima tijela. Samo sjedište je tapecirano pamučnom tkaninom. Naslon za leđa i nasloni za ruke nezavisni su od sjedišta i podesivi po visini. Naslon za leđa pruža leđima ugodnu i kompletnu potporu leđa i omogućava pogodno držanje leđa, odnosno podupire kralješnicu u lumbalnom dijelu.

Prednosti sjedalice s trodimenzionalnim gibljivim sjedištem i naslonima za leđa su da (www.dizzoconcept.com/-stolice-za-aktivno-sjedenje):

- potiče aktiviranje leđnih i drugih mišića što kroz relativno kratko vrijeme dovodi do smanjenja ili nestanka boli u lumbalnom dijelu,
- potiče dobro raspoloženje, povećava koncentraciju i motivaciju,
- potiče neprimjetno vježbanje i jačanje mišićno koštanog sustava,
- trodimenzionalno gibljivo sjedalo i naslon prate gibanje tako da se sjedi u idealnom položaju,
- potiče gibanje te jača leđne mišiće,
- garantira neograničeni stupanj slobode gibanja,
- potiče cirkulaciju krvi,
- čuva mentalnu vitalnost,

- reducira bolesti kralježnice i mišića,
- se radnik ne umara dugotrajnim sjedenjem već se osjeća svježije i produktivno.

Tvrta Spinalis razvila je više modela sjedalica za aktivno sjedenje koje su pogodni za rad s računalom (slika 107) (www.zdravo-sjedenje.hr/ergonomske-uredske-stolice).



Slika 107. Prikaz sjedalica za aktivno sjedenje

Sjedalice za aktivno (dinamičko) sjedenje imaju mogućnost podešavanja i prilagođavanja antropometrijskim mjerama radnika visinu sjedišta, visinu i nagib naslona, te visinu naslona za ruke.

11.2.4. Radni uvjeti kod rada za računalom

Radnik za računalom je izložen uvjetima radne okoline koji su određeni temperaturom, relativnom vlažnošću te intenzitetom svjetla i buke.

Optimalna temperatura radnog prostora je između 20-24°C, uz relativnu vlažnost od 40 do 60 % i strujanje zraka od 0,2 m/s.

Važan faktor radne okoline je osvjetljenje. Pravilno osvjetljenje prostorija, kao i samog radnog mjesta znači ostvarenje onog intenziteta, raspodjele i vrste rasvjete uz koje se može udobno i uspješno udovoljavati radnim zadacima, a da pri tome ne dođe do naprezanja očiju i različitih neugodnih posljedica vidnog umora. Prirodna ili umjetna rasvjeta mora osigurati zadovoljavajuću osvijetljenost radnog mjesta od 300 do 500 lx. Pored toga, radno mjesto mora biti tako oblikovano i postavljeno da izvori svjetlosti i prozori ne uzrokuju neposredno bliještanje ili ometajuće zrcaljenje na zaslon (*Telebec, 2006.*).

Dugotrajno naprezanje očiju, uzrokovano lošim osvjetljenjem i blještavilom u vidnom polju dovodi do smanjenja oštine vida i osjetljivosti na kontraste, te brzog zamora očiju i pada koncentracije. Kod rada s računalima radno mjesto mora imati dovoljno svjetla na pisane dokumente na površini stola što se postiže jednoličnom rasvjetom u radnoj prostoriji. Pored toga, potrebno je ukloniti bliještanje čiji uzrok može biti lokalna ili opća rasvjeta ili površina zaslona.

Omjer osvijetljenosti između radne površine i neposredne okoline ne smije prelaziti omjer 3:1. Prosječna osvijetljenost učestalo korištenih radnih ploha (zaslon, monitor, dokumenti) ne

smije prelaziti omjer 10:1. Veći omjeri osvjetljenosti dovode do znatnijeg pada radnog učinka i porasta broja pogrešaka pri radu.

Prilikom izbora i postavljanja lokalnog osvjetljenja potrebno je obratiti pozornost da ne dođe do promjene mikroklimatskih uvjeta na samom radnom mjestu ili pojačane refleksije svjetla od radnih površina. Lampe s ugrađenim zglobovima daju mogućnost precizne ergonomске rotacije i pozicioniranja te je odbijanje svjetla od površine ili ekrana minimalizirano (slika 108) (www.ieee.hr/download/repository/pred06.doc).



Slika 108. Primjer lokalne rasvjete na radnom mjestu

Kod osobnih računala izvor buke su tvrdi diskovi, ventilatori, CD-i, DVD-i i disketne jedinice. Buka te opreme i drugih izvora u prostoriji ne smije ometati rad te se predviđa razina buke do 60 dB (A) (*Kirin, 2010.*^c).

Računala su često izvor dodatnog zagrijavanja pri čemu se prekomjerno mogu zagrijavati procesor, napajanje i grafička kartica. Danas računala imaju ugrađene ventilatore kod tih dijelova. Kod procesora uzrok pregrijavanja može biti softverski problem, kod napajanja nakupljanje prljavštine i čestica prašine, dok kod grafičke kartice softverski problem ili nakupljanje prašine. U slučaju da ventilatori ne rade, odnosno da ne hlade računalne komponente, može doći do pregrijavanja. Da bi se u radnim prostorijama smanjilo zagrijavanje koje proizvode računala, potrebno je u radne prostore ugraditi klima - uređaje čime bi se postigli ugodni radni uvjeti.

[Na Sadržaj>](#)

12. METODE ZA ANALIZU RADNOG OPTEREĆENJA

U proizvodnim procesima često dolazi do oboljenja mišićno-koštanog sustava uslijed rada u nepovoljnom radnom položaju i uz ponavljanje radnog zadatka. Stoga su razvijene metode za analizu radnog opterećenja s ciljem otkrivanja nepovoljnih radnih položaja tijela te gornjih i donjih udova. U tablici 28 dan je pregled najčešće korištenih metoda za analizu položaja tijela prilikom izvođenja radnih zadataka (*Balantič i sur., 2016.; Stanton et al., 2005.; David, 2005.; HZZSR, HZO, 2019.*).

Tablica 28. Pregled najčešće korištenih metoda za analizu položaja tijela pri radu (*Balantič i sur., 2016.; Stanton et al., 2005.; HZZSR, HZO, 2019.*)

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

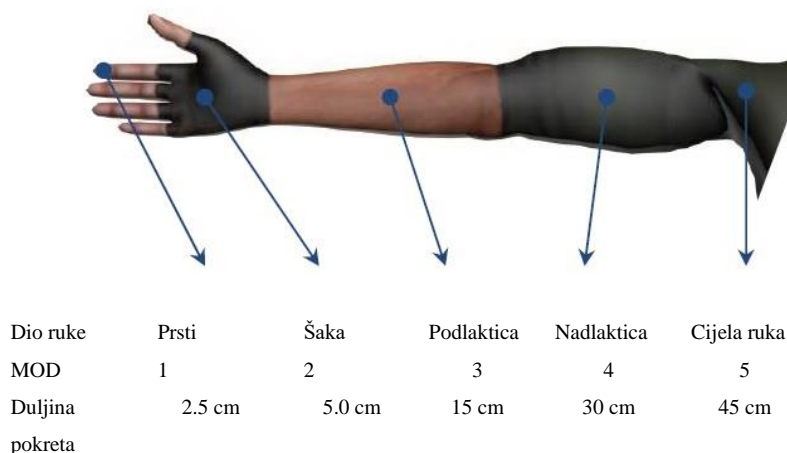
Metode koje se najčešće koriste su: OWAS (*Ovaco Working Analysis System*), MODAPTS (*Modular Arrangement of Predetermined Time Standards*), RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*), PLIBEL (*A Method Assigned for Identification of Ergonomics Hazards*), NIOSH Method (*The National Institute for Occupational Safety and Health Method*), DMQ (*The Dutch Muskoskeletal Questionnaire*), REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), PDA (*Physical Demands Analysis*), QEC (*Quick Exposure Check*), SI (*Strain Indeks*), OCRA (*The Occupational Repetitive Actions*), LMM (*Lumbar Motion Monitor*), KIM (*Key Indicator Method*), SMART (*Scoring Method for Assessment of Repetitive Tasks*).

12.1. MODAPTS (*Modular Arrangement of Predetermined Time Standards*) metoda

MODAPTS (eng. *Modular Arrangement of Predetermined Time Standards*) metodu je postavio C. Hayde (1966.), a koristi se za analizu pokreta i opterećenja radnika prilikom izvođenja određenog radnog zadatka s ciljem pojednostavljenja rada i oblikovanja pogodne metode rada. Analiza rada MODAPTS metodom provodi se promatranjem radnih mjesta prilikom izvođenja određenog radnog zadatka odnosno operacije. Svoju primjenu nalazi u proizvodnim sustavima gdje je zastupljen repetitivni rad prilikom izvođenja operacije rada te omogućuje identifikaciju i sprečavanje mogućih ergonomskih čimbenika rizika na radnom mjestu. MODAPTS metoda sastoji se od osnovnih pokreta čijom se kombinacijom može opisati određeni radni zadatak (*Kovačević i sur., 2012.; Brnada i sur., 2010.; Cho, Park, 2012.; Šabarić i sur., 2013.*).





















U tablici 29 prikazano je vrednovanje pojedinih pokreta po razredima. MODAPTS metoda sastoji se od razreda pokreta premještanja (M1- M5), hvatanja (G0, G1, G3), stavljanja (P0, P2, P5) i ostalih pokreta (sjedenje, stajanje, pritiskanje, prenošenje, mase itd). Za svaki pokret dan je opis i odgovarajući simbol koji se sastoji od slovne oznake i pripadajućeg MOD-a. Vrijednost pojedinog MOD-a iznosi 0,129 s. Za pojedini pokret prikazan je stupanj opterećenja prilikom izvođenja radnog zadatka.


Na slici 109 prikazane su vrijednosti pomaka dijelova ruke s odgovarajućim MOD vrijednostima prema MODAPTS metodi (*Golabchi et al., 2015.*).



Slika 109. Prikaz vrijednosti pomaka dijelova ruke s odgovarajućim MOD vrijednostima prema MODAPTS metodi (*Golabchi et al., 2015.*)

Tablica 29. Prikaz vrednovanja pokreta prema MODAPTS metodi (Šabarić i sur., 2013.)

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	PREMIJEŠTAJUĆI POKRETI	PREMIJEŠTANJE		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 nabadanje 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

Prilikom analize položaja tijela MODAPTS metodom, radni je zadatak potrebno podijeliti na niže cjeline i pokrete u skladu s razredima pokreta MODAPTS tablice te, ako je prisutno opterećenje u vidu prenošenja mase, definirati tzv. faktor tereta (L) koji se razlikuje s obzirom na prenesenu masu prilikom izvođenja operacije. Konačna MOD vrijednost jednaka je umnošku MOD-a, broju pokreta i faktoru tereta (L). Faktor tereta se povećava za 4 kg počevši od mase od 6 kg. Po završetku analize pokreta analiziraju se konačne vrijednosti MOD-ova i utvrđuje nepovoljni pokreti koje treba poboljšati.

MODAPTS metoda omogućava sagledavanje nepovoljnih pokreta što čini važan podatak za oblikovanje pogodnih radnih metoda čime se postiže manje opterećenje radnika.

Razvojem računalnih sustava razvijen je računalni program MODAPTplus koji olakšava provođenje analize pokreta i opterećenja radnika primjenom MODAPTS metode (*MODAPSPplus, 2017.*).




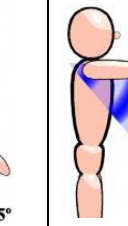
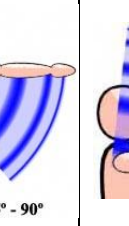

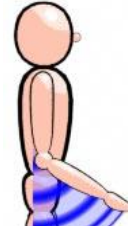

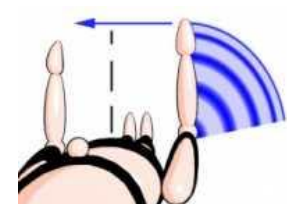
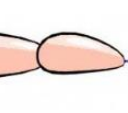
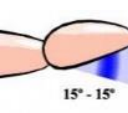
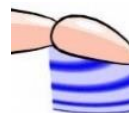
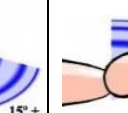
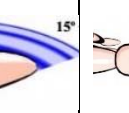
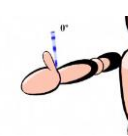

12.2. RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) metoda

RULA (eng. *Rapid Upper Limb Assessment*) metodu razvili su *McAtamney L. i Corlett E.N.*, (1993.) s ciljem da se odredi stupanj izloženosti radnika nepovoljnim radnim položajima koji mogu dovesti do mišićno-koštanih poremećaja. Metoda RULA koristi se za opažanje i ocjenjivanje biomehaničkih položaja cijelog tijela pri čemu su obuhvaćene ruke (nadraktica, podlaktica, šaka), vrat, trup i noge, te djelovanje mišića dijelova tijela. Temelji se na subjektivnom anketiranju promatrača na pojedinom radnom mjestu (*McAtamney, Corlett, 1993.*).

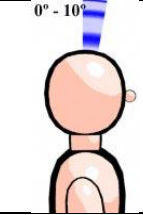





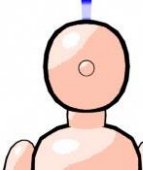

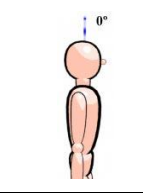

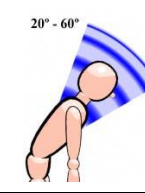
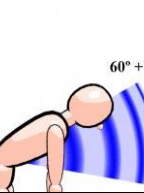


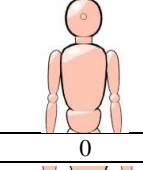
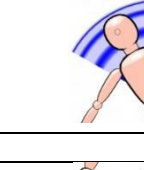
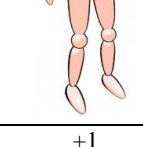
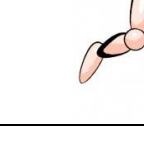
Metoda RULA provodi se u tri stupnja:

- prikupljanje podataka putem upitnika o radnom okruženju i radnim zadacima, te zahtjevima radnog procesa, utvrđivanje ključnih pokreta i položaja tijela koji uzrokuju opterećenje i koje je potrebno detaljnije analizirati,
- provođenje snimanja i ocjenjivanja položaja tijela po pojedinim segmentima pri čemu se analiziraju lijeva i desna ruka (nadraktica, podlaktica, šaka), a potom vrat, trup i noge,
- određivanje stupnja opterećenja po segmentima tijela korištenjem ocjenjivačkih tablica te određivanje konačnog stupnja opterećenja prethodno dobivenog po segmentima tijela.

Za potrebe provođenja ocjenjivanja radnih položaja tijela prilikom izvođenja radnih zadataka dani su slikovni prikazi za položaj ruku (slika 110) te za položaj tijela (vrat, trup, noge) (slika 111). Svakom radnom položaju pripada odgovarajuća ocjena.

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			Opterećenje ruke: - 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				
Rad mišića ruke: -položaj ruke je većinom statičan (trajanje duže od 1 min) [+1] - rad ruku je ponavljajući [+1]						

Slika 110. Prikaz radnih položaja ruke prema RULA metodi (Balantič i sur., 2016.)

Vrat	 0° - 10°	 10° - 20°	 20° +	
	+1	+2	+3	+4
Rotacija vrata	 0°	 10°	dodatni položaji I	
	0	+1		
Bočni preklon vrata	 0°	 10°	dodatni položaji II	
	0	+1		
Trup	 0°	 0° - 20°	 20° - 60°	 60° +
	+1	+2	+3	+4
Rotacija trupa	 0°	 10°	dodatni položaji I	
	0	+1		
Preklon trupa	 0°	 10°	dodatni položaji II	
	0	+1		
Noge	 +1	 +2		
	+1	+2		
Rad mišića tijela: - položaj tijela statičan više od 1 min [+1] - repetitivni rad [+1]		Opterećenje tijela: - 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 111. Prikaz radnih položaja vrata, trupa i nogu prema RULA metodi (*Balantič i sur., 2016.*)

Prema RULA metodi razlikuje se pet osnovnih položaja nadlaktice (+ tri dodatna položaja nadlaktice), četiri položaja podlaktice, četiri položaja šake (+ jedan dodatni položaj šake), dva položaja rotacije šake, dva stanja za aktivnost i dinamičnost šake, četiri stanja za opterećenost ruke kod prijenosa mase. Kod položaja tijela razlikuju se četiri osnovna položaja vrata (+ dva položaja rotacije vrata i + dva položaja za bočni preklon vrata), četiri položaja trupa (+ dva položaja rotacije trupa i + dva položaja za bočni preklon trupa), dva položaja nogu, dva stanja za aktivnost i dinamičnost tijela i četiri položaja za opterećenost tijela kod prijenosa mase.

U postupku vrednovanja opterećenosti ruke zasebno se ocjenjuju lijeva i desna ruka. U prvom koraku analizira se i ocjenjuje nadlaktica odgovarajućom ocjenom. Dobivenoj vrijednosti dodaje se ocjena dodatnog položaja nadlaktice čime se dobiva prva ocjena. Potom se analizira i ocjenjuje položaj podlaktice što čini drugu ocjenu. Slijedi ocjena položaja šake čijoj vrijednosti se dodaje dodatak za abdukciju šake čime se dobiva treća ocjena. U sljedećem koraku analizira se i ocjenjuje rotacija šake čime se dobiva četvrta ocjena. U tablici 30 očitava se ocjena opterećenja zasebno za lijevu i desnu ruku. Dobivenoj ocjeni dodaje se ocjena za aktivnost i dinamičnost ruke, te opterećenost ruke s obzirom na masu. Dobivena ocjena za položaj ruku, nakon ocjene tijela, očitava se kao ukupno opterećenje u tablici 31.

Tablica 30. Matrica za ocjenu položaja ruku prema RULA metodi (*Balantič i sur., 2016.*)

		Šaka									
		1		2		3		4			
		Rotacija šake									
		1	2	1	2	1	2	1	2		
Nadlaktica	1	Podlaktica	1	1	2	2	2	2	3	3	3
			2	2	2	2	2	3	3	3	3
			3	2	3	3	3	3	3	4	4
	2	1	2	3	3	3	3	4	4	4	
		2	3	3	3	3	3	4	4	4	
		3	3	4	4	4	4	4	5	5	
	3	1	3	3	4	4	4	4	5	5	
		2	3	3	4	4	4	4	4	5	
		3	4	4	4	4	4	5	5	5	
	4	1	4	4	4	4	4	5	5	5	
		2	4	4	4	4	4	5	5	5	
		3	4	4	4	5	5	5	6	6	
	5	1	5	5	5	5	5	6	6	7	
		2	5	6	6	6	6	7	7	7	
		3	6	6	6	7	7	7	7	8	
	6	1	7	7	7	7	7	8	8	9	
		2	8	8	8	8	8	9	9	9	
		3	9	9	9	9	9	9	9	9	

Tablica 31. Matrica za konačnu ocjenu položaja tijela i ruku prema RULA metodi (*Balantič i sur., 2016.*)

		Rezultat: TIJELO						
		1	2	3	4	5	6	7+
Rezultat: RUKA	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	4	3	3	3	4	5	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

Kod analize i vrednovanja položaja tijela prvo se ocjenjuje položaj vrata čijoj vrijednosti se dodaje dodatak I (rotacija vrata) i dodatak II (preklon vrata) čime se dobiva prva ocjena. Potom se analizira i vrednuje položaj trupa čijoj se vrijednosti dodaje dodatak I (rotacija trupa) i dodatak II (preklon trupa) čime se dobiva druga ocjena. U trećem koraku analizira se položaj nogu čime se dobiva treća ocjena. Ocjena tijela je presjek prethodno dobivene tri ocjene koja se očitava u tablici 32.

Tablica 32. Matrica za ocjenu položaja tijela prema RULA metodi (*Balantič i sur., 2016.*)

		Trup/Kralješnica											
		1	2	3	4	5	6						
Vrat		Noge											
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7	
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8	8	
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	

Ocjeni tijela dobivenoj u tablici 32 dodaje se dodatak za rad mišića i opterećenje tijela. Dobivena ocjena očitava se u tablici 31 čime se dobiva ocjena ukupnog opterećenja tijela i ruku. S obzirom na dobivenu ocjenu, u tablici 33 utvrđuje se stupanj opterećenja i potreba preoblikovanja radnog mjesta s ciljem smanjenja zamora i opterećenja radnika.

Tablica 33. Prikaz ocjene opterećenja tijela RULA metodom (*Balantič i sur., 2016.*)

ocjena	Opis opterećenja
1-2	položaj tijela prihvatljiv; preoblikovanje radnog mjesta nije potrebno
3-4	nisko opterećenje položaja tijela; istražiti detaljnije; preoblikovanje radnog mjesta možda potrebno
5-6	srednje opterećenje položaja tijela; istražiti detaljnije; preoblikovanje radnog mjesta potrebno u doglednom vremenu
7+	visoko opterećenje položaja tijela; istražiti detaljnije; preoblikovanje radnog mjesta potrebno odmah

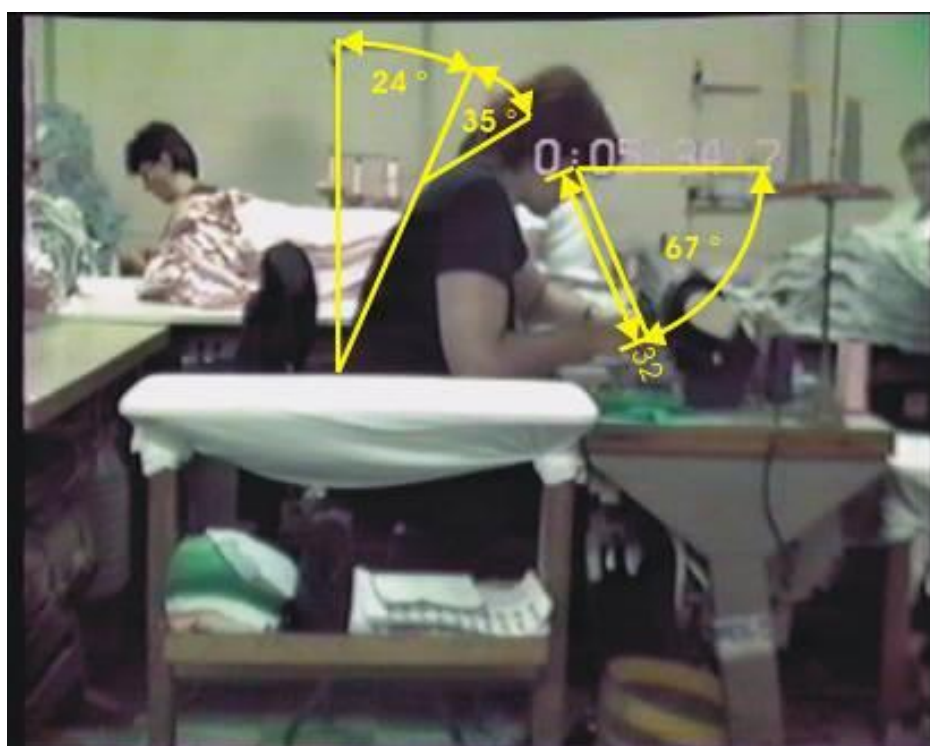
Analizom radnih mjesta RULA metodom dobivaju se podaci o dijelovima tijela koji su prekomjerno opterećeni prilikom izvođenja radnih zadataka. Prekomjerno opterećenje radnika

najčešće je uzrokovano nepovoljnim oblikovanjem radnih mjesta uz korištenje neadekvatne metode rada. Uočavanje nepovoljnih radnih položaja ili pokreta prilikom izvođenja radnih zadataka, značajan je podatak za pravilno ergonomsko oblikovanje radnog mjesta i povoljne metode rada.

Razvojem računalnih sustava razvijen je računalni program RULA koji olakšava analizu ergonomske nepovoljnih radnih položaja u realnim proizvodnim procesima.

12.2.1. Primjer određivanja opterećenja radnika RULA metodom

Za analizu RULA metodom odabrano je iz realnog procesa radno mjesto na kojem se izvodi tehnološka operacija ušivanja rukava u tehnološkom procesu šivanja (slika 112).



Slika 112. Prikaz radnog mjesta u tehnološkom procesu šivanja

Analiza RULA metodom započinje u prvom koraku analizom ruku. Prvo se analizira i ocjenjuje desna ruka, odnosno nadlaktica (kut nadlaktice 20-45°-ocjena 2) čijoj vrijednosti se dodaje ocjena dodatnog položaja nadlaktice (ramena podignuta-ocjena 1) čime se dobiva prva ocjena (2+1=3). Potom se ocjenjuje položaj podlaktice (odmaknuta od trupa 0-60°-ocjena 2) što čini drugu ocjenu (2). Ocjenjuje se položaj šake (zakretanje šake 15-25°-ocjena 2), čijoj se vrijednosti dodaje dodatak za abdukciju šake (abdukcija-ocjena 1) čime se dobiva treća ocjena (2+1=3). U sljedećem se koraku ocjenjuje rotacija šake (nema rotacije šake-ocjena 1) čime se dobiva četvrta ocjena (1). U tablici 30 očitava se opterećenje ruke tako da se očitava presjek dobivenih ocjena (ukupna ocjena 4). Dobivenoj ocjeni dodaje se ocjena za aktivnost (rad ruku je ponavljajući-ocjena 1), te opterećenje ruke (opterećenje < 20 N-ocjena 0). Time se dobiva ukupna ocjena za ruku (4+1+0=5), koja se nakon ocjene tijela očitava u tablici 31. Isti se

postupak ponavlja za lijevu ruku, gdje u ovom slučaju ukupno opterećenje lijeve ruke iznosi 6.

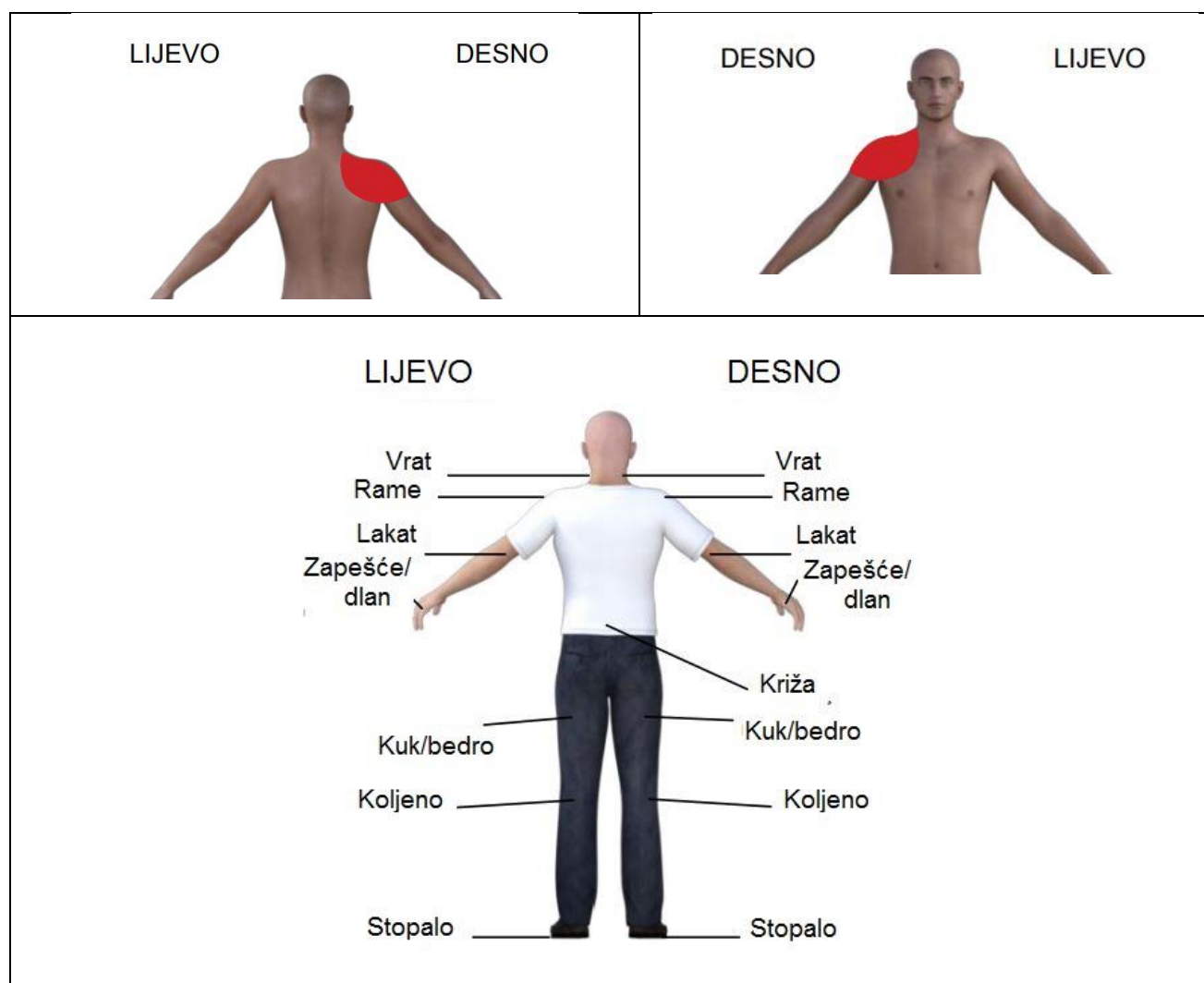
Kod analize tijela prvo se ocjenjuje položaj vrata (nagnuto naprijed $>20^\circ$ -ocjena 3), te se dodaje dodatak I (rotacija vrata 0° -ocjena 0) i dodatak II (bočni preklon 0° -ocjena 0) čime se dobiva prva ocjena ($3+0+0=3$). Potom se analizira i vrednuje položaj trupa (trup nagnut $>20^\circ$ -ocjena 3) čijoj se ocjeni dodaje dodatak I (rotacija trupa 0° -ocjena 0) i dodatak II (preklon trupa- 0° -ocjena 0) čime se dobiva druga ocjena ($3+0+0=3$). U sljedećem koraku analizira se položaj nogu (ocjena 1) čime se dobiva treća ocjena ($1+0=1$). U tablici 32 očita se opterećenje tijela na način da se očita presjek dobivenih ocjena (ukupna ocjena 4). Dobivenoj se ocjeni dodaje dodatak za rad mišića (statični položaj-ocjena 1) i opterećenje tijela (bez opterećenja-ocjena 0) što čini ukupnu ocjenu 5 ($4+1+0$).

U tablici 31 očita se konačna ocjena položaja tijela i ruku (tijelo-ocjena 5; ruke-ocjena 5) tako da se očita presjek dobivenih ocjena (konačna ocjena 6). Potom se iz tablice 33 utvrđuje stupanj opterećenja i potreba preoblikovanja radnog mjesta (5-6 čini srednje opterećenje položaja tijela, preoblikovanje radnog mjesta je potrebno u dogledno vrijeme).

Analizom radnog položaja prema RULA metodi dobiva se uvid o opterećenju tijela te daje mogućnost preoblikovanja radnog mjesta čime se postiže rad u povoljnijem položaju uz manji stupanj zamora i opterećenja.

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

Prema NIOSH metodi (eng. *The National Institut for Occupational Safety and Health*) uzroci opterećenja u proizvodnom procesu mogu se utvrditi istraživanjem i analizom udobnosti položaja tijela pojedinih radnika prilikom izvođenja određenih tehnoloških operacija. U tu svrhu predlaže se korištenje upitnika koji se sastoji od karte tijela s podjelom dijelova tijela po segmentima radi preciziranja određene nelagode ili pojave boli određenog dijela tijela, a kao posljedica nepovoljnog radnog položaja u toku izvođenja tehnološke operacije. Upitnikom je predviđena analiza lijeve i desne, prednje i stražnje strane tijela (slika 113).



Slika 113. Prikaz anketnog upitnika prema NIOSH metodi (*Stanton et al., 2005.*)

Radnik dobiva zadaću da ocjeni pojedine dijelove tijela kroz opis četiri stanja: bol, tegoba, problem i nelagoda. Nakon toga se utvrđuje ozbiljnost pojedinog stanja s obzirom na trajanje, učestalost i intenzitet (tablica 34).

Tablica 34. Kategoriziranje boli prema trajanju, učestalosti i intenzitetu (*Stanton et al., 2005.*)

Trajanje boli	Učestalost pojave boli	Intenzitet boli
manje od jednog sata	gotovo nikad (svakih 6 mjeseci)	bez boli
1 -24 sata	rijetko (svakih 2 do 3 mjeseca)	blaga bol
25 sati do jednog tjedna	ponekad (jednom mjesečno)	umjerena bol
1 do 2 tjedna	često (jednom tjedno)	ozbiljna bol
2 tjedna do jednog mjeseca	gotovo neprestano (svakog dana)	najgora moguća bol
1 do 2 mjeseca	gotovo neprestano (svakog dana)	najgora moguća bol
više od 3 mjeseca	gotovo neprestano (svakog dana)	najgora moguća bol

Analizom prikupljenih podataka dobivaju se spoznaje o dijelovima tijela gdje su prisutni simptomi nelagode, odnosno određeno opterećenje. S obzirom na učestalost opterećenja nekog dijela tijela, mogu se odrediti nepovoljni radni položaji, što je značajan podatak za preoblikovanje radnog mjesta ili određivanje povoljnije metode rada.

12.4. OWAS (*Ovaco Working Analysing System*) metoda

Metoda koja se pokazala uspješnom u analizi položaja tijela na radnom mjestu u industriji je OWAS (eng. *Ovaco Working Analysing System*) metoda. Razvijena je u finskoj tvrtki Ovaco, 1974. godine, gdje su utvrđena i shematski razrađena 84 različita tipa radnog položaja. OWAS metoda temelji se na razradi položaja leđa (kralješnice), ruku i nogu. Kombinacijom osnovnih položaja pojedinih dijelova tijela određuju se tipovi radnih položaja unutar izvođenja određene radne aktivnosti.

Analiza radnih položaja OWAS metodom omogućava sagledavanje:

- položaja pojedinih dijelova tijela pri radu,
- učesća pojedinih položaja po dijelovima tijela,
- dijela radne operacije s pripadajućim tipovima radnih položaja,
- raspodjele između statičkog i dinamičkog rada,
- metode rada i udobnost pojedinog položaja pri radu,
- opterećenja koja su uzrokovana potrebnom snagom u određenim radnim položajima.

Ovom metodom služe se mnogi znanstvenici jer se pokazala uspješnom kod analiza položaja tijela te je doživjela niz modifikacija.

G. Stoffert (*Stoffert, 1985.*) razlikuje dvije opcije OWAS metode:

- osnovnu (primjenjuje se kod analize položaja tijela radnika gdje sudjeluje cijelo tijelo) i
- točkastu (primjenjuje se kod analize položaja tijela radnika koji sjedi ili stoji uz izražen rad ruku).

Prema J. Sušniku (*Sušnik, 1992.*) OWAS metoda sadrži četiri položaja kraljenice (slabinski i leđni dio), četiri položaja nadlaktice, tri položaja šake, sedam položaja nogu, dva položaja gibanja tijela, pet položaja naklona glave i tri položaja kod prijenosa mase. Označavanje pojedinih dijelova tijela čini znamenku od dva broja. Prva znamenka predstavlja opis dijela tijela koji se proučava, dok druga znamenka opisuje radni položaj tog dijela tijela. Pojedini dijelovi, koji se proučavaju, definirani su grafičkim simbolom, oznakom, te detaljnim opisom tog dijela tijela.

Utvrđivanje radnih položaja provodi se tako da snimač u vremenskim intervalima određenim prema tablicama slučajnih brojeva obilazaka bilježi u snimačni list pojedine položaje tijela.

Na osnovu rezultata dobivenih snimanjem ocjenjuju se opterećenja radnika uzrokovana radnim položajem s obzirom na vrijeme trajanja pojedinog položaja tako da se izračunava udio pojedinog radnog položaja (p) s obzirom na skupinu položaja prema

$$p = \frac{\sum F_p}{\sum F_s} \times 100 \quad [\%] \quad (1.10.)$$

gdje je: $\sum F_p$ zbroj zabilješki pojedinog položaja
 $\sum F_s$ - zbroj zabilješki pojedine skupine položaja

Trajanje pojedinog tjelesnog položaja (t_p), u okviru dnevnog radnog vremena (450 min), računa se prema izrazu:

$$t_p = \frac{450 \times p}{100} [\text{min}] \quad (1.11.)$$

Dobiveni rezultati uspoređuju se s preglednicom za ocjenu položaja tijela te se na taj način određuje redosljed prema kojem treba preoblikovati radno mjesto, odnosno redosljed uklanjanja visokih udjela radnih položaja koji uzrokuju opterećenje radnika (slika 114).

Preglednica za ocjenu položaja tijela razlikuje četiri stupnja opterećenja koji su označeni različitim simbolima ovisno o postotnom udjelu vremenskog trajanja i dijele se na :

- simbol /□/ - normalan položaj tijela gdje nije potrebno preoblikovanje radnog mjesta,
- simbol /●/ - nepovoljan položaj tijela gdje je potrebno u doglednom vremenskom periodu preoblikovati radno mjesto,
- simbol /▲/ - položaj tijela je uzrok znatnog opterećenja te je potrebno uskoro preoblikovati radno mjesto,
- simbol /*/ - položaj tijela je uzrok veoma teškog opterećenja te se preoblikovanje radnog mjesta mora odmah izvesti.

Segment	KRALJEŽNICA				GORNJI UDOVI				ŠAKE			DONJI UDOVI							GLAVA				SILE					
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	6.1	6.2	6.3
OWAS																												
%																										10 do 99	100 do 199	>199
10	□	□	□	●	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
20	□	□	□	●	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
30	□	□	□	▲	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
40	□	□	□	▲	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
50	□	□	□	▲	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
60	□	□	□	▲	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
70	□	□	□	▲	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
80	□	□	□	▲	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
90	□	□	□	▲	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
100	□	□	□	▲	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

- Legenda: □ preoblikovanje radnog mjesta nije potrebno
 ● preoblikovanje radnog mjesta potrebno je u dogledno vrijeme
 ▲ preoblikovanje radnog mjesta potrebno je uskoro
 * preoblikovanje radnog mjesta potrebno je odmah

Slika 114. Preglednica za ocjenu položaja tijela prema OWAS metodi (Sušnik, 1992.)

Sagledavanjem radnih položaja, prema OWAS metodi, moguće je oblikovati radno mjesto tako da radnik radi u radnom položaju koji zahtijeva minimalno statičko i dinamičko opterećenje (Kirin i sur., 2004.).

Za potrebe proučavanja i analize radnih položaja OWAS metodom razvijen je računalni program ErgoOWAS koji je jednostavan i lako razumljiv te daje u relativno kratkom vremenu odgovarajući prikaz rezultata mjerenja čime se olakšava samo izvođenje analize.

12.5. PLIBEL (*Plan för identifiering av. Belastningsfaktorer*) metoda

Provođenje PLIBEL (njem. *Plan för identifiering av. Belastningsfaktorer*) metode počinje razgovorom s radnikom te nadgledanjem izvođenja radnih zadataka i radne okoline. Kod uočavanja rizika potrebno je popuniti polja u upitniku vezana za uočeni rizik (tablica 35). Polja u upitniku su navedena 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.

PLIBEL metoda nije namijenjena detaljnom i preciznom ispitivanju pojedinih dijelova tijela kao neke druge metode, već služi za općeniti pregled stanja radne okoline i radnika koji se u njoj nalazi. Drugim riječima, PLIBEL metoda je više popis rizika prisutnih na radnom mjestu, nego stvarni i detaljan prikaz rizika i njihovog utjecaja na radnika. Iz tog se razloga uz PLIBEL metodu koriste druge metode, na onim mjestima na kojima se prema PLIBEL metodi utvrdi potreba za daljnjim ispitivanjem.

Tablica 35. Matrica za ocjenjivanje opterećenja radnika PLIBEL metodom (Kemmlert, 1995.)

Vrat, ramena, gornji dio leđa	Lakti, podlaktice i šake	Noge	Kukovi i koljena	Križa		
		1. _____	1. _____	1. _____	1. Je li podloga neravna, nakošena, skliska ili neoptporn	
2. _____	2. _____	2. _____	2. _____	2. _____	2. Je li prostor dovoljan za kretanje radnika i materijala?	
3. _____	3. _____	3. _____	3. _____	3. _____	3. Jesu li alati ili oprema nepravilno izvedeni/osmišljeni?	
4. _____				4. _____	4. Je li visina na kojoj se rad obavlja prihvatljiva?	
5. _____				5. _____	5. Je li stolica na kojoj radnik sjedi nepravilno dizajnirana ili neprilagođena?	
		6. _____	6. _____	6. _____	6. (Ako se rad obavlja u stajaćem položaju) Je li postoji mogućnost sjedenja?	
		7. _____	7. _____		7. Umaraju li se noge tijekom obavljanja rada?	
		8. _____	8. _____	8. _____	8. Umaraju li se noge: a) stalnim penjanjem i silaženjem? b) ponovljenim skakanjem, čučanjem ili klečanjem? c) jer je jedna noga češće opterećena od druge?	
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 uvrnutim leđima? d) sa jako pognutim ili uvrnutim leđima?	
a) _____ b) _____ c) _____ d) _____	<p>Primjena metode Pronađite izloženi dio tijela</p> <p>Pratite bijela polja (desno)</p> <p>Sadrže li radni zadaci nešto od nabrojanog?</p> <p>Ako da, popunite ta polja.</p>			10. _____	10. Obavlja li se ponavljani ili produženi rad: a) sa slabo napetim vratom? b) sa jako napetim vratom? c) sa lagano pognutim ili uvrnutim vratom? d) sa jako pognutim ili uvrnutim vratom?	
10. _____				11. _____	11. Podiže li se teret ručno? Obratiti pozornost na sljedeće: a) ponavljano podizanje b) težina tereta c) nespretni zahvat tereta d) nespretni prijenos tereta e) zahvaćanje tereta daljeg od dužine podlaktica f) zahvaćanje tereta ispod razine koljena g) zahvaćanje tereta iznad razine ramena	
a) _____ e) _____ b) _____ f) _____ c) _____ g) _____ d) _____				12. _____	12. Obavlja li se ponavljano, produženo ili nespretno nošenje, guranje ili vuča tereta?	
12. _____	12. _____			13. _____	13. Obavlja li se produženi rad pri kojem je jedna ruka ispružena bez potpore?	
13. _____				14. _____	14. Ponavljaju li se : a) slični pokreti? b) slični pokreti na neprikladnoj udaljenosti?	
a) _____ b) _____	14. _____ a) _____ b) _____	<p>Također uzmite u obzir sljedeće:</p> <p>a) Mogućnost pauza i stanki 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</p>			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
15. _____	15. _____ a) _____ b) _____			16. _____	16. Umaraju li se oči?	
a) _____ b) _____	17. _____ a) _____ c) _____ b) _____ d) _____			17. _____	17. Obavlja li se ponavljani rad ruku i podlaktica: a) pokretima koji iskrivljuju ruke? b) silovitim pokretima? c) u nelagodnim položajima? d) za računalom ili sličnom opremom?	

12.6. DMQ (*Dutch Musculoskeletal Questionnaire*) metoda

DMQ (eng. *Dutch Musculoskeletal Questionnaire*) metoda ili Nizozemski upitnik za mišićno-koštane rizike je osmišljen za potrebe stručnjaka zaštite na radu da lako, brzo i standardizirano procjene rizike mišićno-koštanih poremećaja uzrokovanih radom. Primjer je najpotpunijeg i najtemeljitijeg ispita za procjenu mišićno-koštanih rizika.

DMQ se sastoji od 60 pitanja, koje radnici ispunjavaju sami (tablica 36). Pitanja se odnose na spol, dob, radno vrijeme, opterećenje, položaj tijela, organizaciju rada i općenito na način života koji radnici vode izvan radnog mjesta.

Da bi se osigurala optimalna pouzdanost rezultata, varijable mjerene ovim upitnikom (npr. statičko opterećenje ili vibracije) su temeljene na brojnoj literaturi u kojoj je identificiran isto tako velik broj potencijalno štetnih položaja tijela, pokreta i ostalih štetnih radnih uvjeta (*Stanton et al., 2005.*).

Za provođenje upitnika dovoljni su papir i olovka. Kod provođenja velikog broja upitnika predlaže se korištenje posebnog softvera da bi se ubrzao proces ocjenjivanja.

Tablica 36. DMQ upitnik (*Hilderbrandt, 2019.*)

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

- savijati vrat prema nazad?	DA NE
- okretati vrat?	DA NE
- držati vrat prema naprijed u pognutom položaju duže vrijeme?	DA NE
- držati vrat prema nazad u pognutom položaju duže vrijeme?	DA NE
- držati vrat u iskrivljenom položaju duže vrijeme?	DA NE
<u>Prilikom rada trebate li:</u>	
- okretati zapešće?	DA NE
- iskriviti zapešće?	DA NE
- držati zapešće u zakrivljenom položaju duže vrijeme?	DA NE
- držati zapešće u iskrivljenom položaju duže vrijeme?	DA NE
<u>Prilikom rada trebate li:</u>	
- raditi u neugodnom položaju?	DA NE
- raditi u nepromijenjenom/identičnom položaju?	DA NE
<u>Prilikom rada trebate li:</u>	
- raditi uvijek iste pokrete trupom?	DA NE
- raditi uvijek iste pokrete rukama?	DA NE
- raditi uvijek iste pokrete zapešćem?	DA NE
- raditi uvijek iste pokrete nogama?	DA NE
<u>Prilikom rada trebate li:</u>	
- raditi iznenadne, neočekivane pokrete?	DA NE
- raditi kratke, ali naporene pokrete?	DA NE
- koristiti veliku snagu/silu u korištenju alata ili strojeva?	DA NE
<u>Prilikom rada imate li:</u>	
- dovoljno prostora iznad sebe za obavljanje poslova bez naprezanja?	DA NE
- previše dodirnih točaka na koje se morate osloniti tijekom obavljanja posla?	DA NE
<u>Prilikom rada</u>	
- dolazi li do poteškoća u obavljanju posla zbog neugodnog položaja?	DA NE
- dolazi li do poteškoća dosezanja stvari s alatom kojim radite?	DA NE
- poskliznete li se ponekad ili padnete za vrijeme rada?	DA NE
- morate li često jako stiskati rukama?	DA NE
- jesteli ikada u svom radu osjetili vibracije ili udar struje?	DA NE
- koristite li alat koji stvara vibracije u radu?	DA NE
- vozite li strojeve ?	DA NE
- je li Vaš posao psihički naporan?	DA NE
- jeste li na propuhu ili vjetru?	DA NE
- radite li na niskim temperaturama (hladnjača)?	DA NE
- radite li na visokim temperaturama?	DA NE
-mijenjate li često temperature ?	DA NE
- radite li u vlažnom prostoru?	DA NE

12.7. REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) metoda

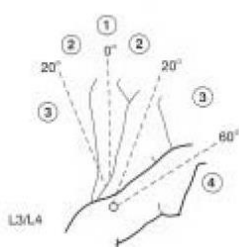
REBA (eng. *Rapid Entire Body Assessment*) metoda je osmišljena 2000. godine u svrhu procjene rizika uzrokovanih nepredvidivim položajima tijela prilikom rada u zdravstvu ili sličnim djelatnostima.

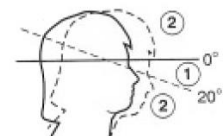
Uporabom REBA metode dobivaju se podaci o položaju tijela, utjecaju radne okoline i samog rada na tijelo radnika, vrstama pokreta te što je najbitnije za područje primjene ove metode – podaci o tome kako položaji tijela kod nošenja i različitih zahvata koje radnik izvodi na predmetima ili drugim ljudima (npr. pacijentima) utječu na radnikovo tijelo.

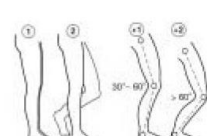
Princip kojim se pristupa procjeni utjecaja pokreta je kombinacija RULA i NIOSH metoda iz kojih je REBA metoda nastala. U REBA metodi koriste se tablice pomoću kojih je moguće iz 144 različitih položaja tijela dobiti jedan rezultat procjene mišićno-koštanih oboljenja.

REBA metoda provodi se u šest koraka: promatranje radnog zadatka, odabir nepovoljnog radnog položaja za procjenu, ocjenjivanje položaja, obrada rezultata, određivanje REBA ocjene i utvrđivanje razine rizika i potrebe intervencije na radnom mjestu.

Nakon promatranja radnog zadatka odabire se nepovoljan radni položaj, najduže prisutan položaj koji zahtijeva najvišu mišićnu aktivnost, odnosno radni položaj koji uzrokuje opterećenje i nelagodu. Ocjenjivanje položaja tijela provodi se u prvom dijelu korištenjem slike 115 pri čemu se ocjenjuje zasebno stupanj opterećenja trupa, vrata i nogu što se upisuje u matricu za bodovanje (slika 117). Nakon toga se iz tablice 40 određuje ukupno opterećenje trupa, vrata i nogu i upisuje u matricu. Iz tablice 37 očitava se vrijednost opterećenja gornjeg dijela tijela i upisuje u matricu. Zbroj dobivenih ocjena predstavlja ocjenu A. Potom se ocjenjuju zasebno lijeva i desna ruka (nadraktica, podlaktica, šaka) korištenjem slike 116 i upisuje u matricu. Iz tablice 41 određuje se ukupno opterećenje ruke i upisuje u matricu zasebno za nadlakticu, podlakticu i šaku. Potom se u matricu upisuje opterećenje očitano iz tablice 38. Zbroj dviju dobivenih ocjena predstavlja ocjenu B u matrici. Iz tablice 42 očitava se ukupno opterećenje tijela i ruke i upisuje u matricu. U matricu se dodaje ocjena aktivnosti iz tablice 39. Zbroj ocjena iz tablice 42 i tablice 39 predstavlja ukupni REBA rezultat. Iz tablice 43 očita se ocjena opterećenja tijela prema REBA metodi, odnosno određuje se razina rizika i potrebne mjere za intervenciju na radnom mjestu.

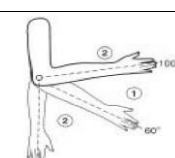
TRUP			
	Pokreti	Ocjena	Dodatak: +1 ako se trup rotira ili izvija u stranu
	uspravno držanje	1	
	0° - 20° savijanje ili istežanje	2	
	20° - 60° savijanje >20° istežanje	3	
>60° istežanje	4		

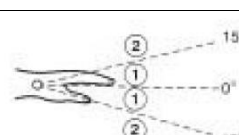
VRAT			
	Pokreti	Ocjena	Dodatak: +1 ako se vrat rotira ili izvija u stranu
	0° - 20° savijanje	1	
>20° savijanje ili istežanje	2		

NOGE			
	Pokreti	Ocjena	Dodatak: +1 ako su koljena savijena između 30° i 60° +2 ako su koljena savijena preko 60°
	obostrano opterećenje	1	
jednostrano opterećenje	2		

Slika 115. Prikaz radnih položaja tijela (trup, vrat, noge) prema REBA metodi (Stanton et al., 2005.)

NADLAKTICA			
	Pokreti	Ocjena	Dodatak: +1 ako su ruke od tijela ili se rotiraju +1 ako su ramena podignuta +1 ako su ruke naslonjene
	0° - 20° savijanje ili istežanje	1	
	>20° savijanje 20° - 45° istežanje	2	
	45° - 90° istežanje	3	
>90° istežanje	4		

PODLAKTICA		
	Pokreti	Ocjena
	savijanje 60° - 100°	1
savijanje <60° ili >100°	2	

ZAPEŠĆE			
	Pokreti	Ocjena	Dodatak: +1 ako se zapešća rotiraju
	0° - 15° savijanje	1	
>15° savijanje	2		

Slika 116. Prikaz radnih položaja ruku (nadlaktica, podlaktica, zapešće) prema REBA metodi (Stanton et al., 2005.)

Tablica 37. Opterećenje/sila prema REBA metodi (*Stanton et al., 2005.*)

0	1	2	+1
<5 kg	5-10 kg	>10 kg	naglo povećanje mase

Tablica 38. Opterećenje/zahvat prema REBA metodi (*Stanton et al., 2005.*)

0 (dobro)	1 (prihvatljivo)	2 (loše)	3 (neprihvatljivo)
dobro prijanjanje ručke i srednja snaga zahvata	držanje prihvatljivo, ali ne i idealno	držanje nije prihvatljivo, iako je moguće	neugodno, nesigurno držanje

Tablica 39. Ocjena aktivnosti prema REBA metodi (*Stanton et al., 2005.*)

Bod	Opis
+1	ako je jedan ili više dijelova tijela statičan, npr. držanje dulje od 1 min
+1	ako ponavljanje uključuje mali prostorni doseg, odnosno četiri puta po minuti
+1	ako radnja uzrokuje brze promjene u položaju s velikim prostornim dosegom ili uzrokuje nestabilni radni položaj

Tablica 40. Matrica za ocjenu položaja tijela prema REBA metodi (tablica A) (*Stanton et al., 2005.*)

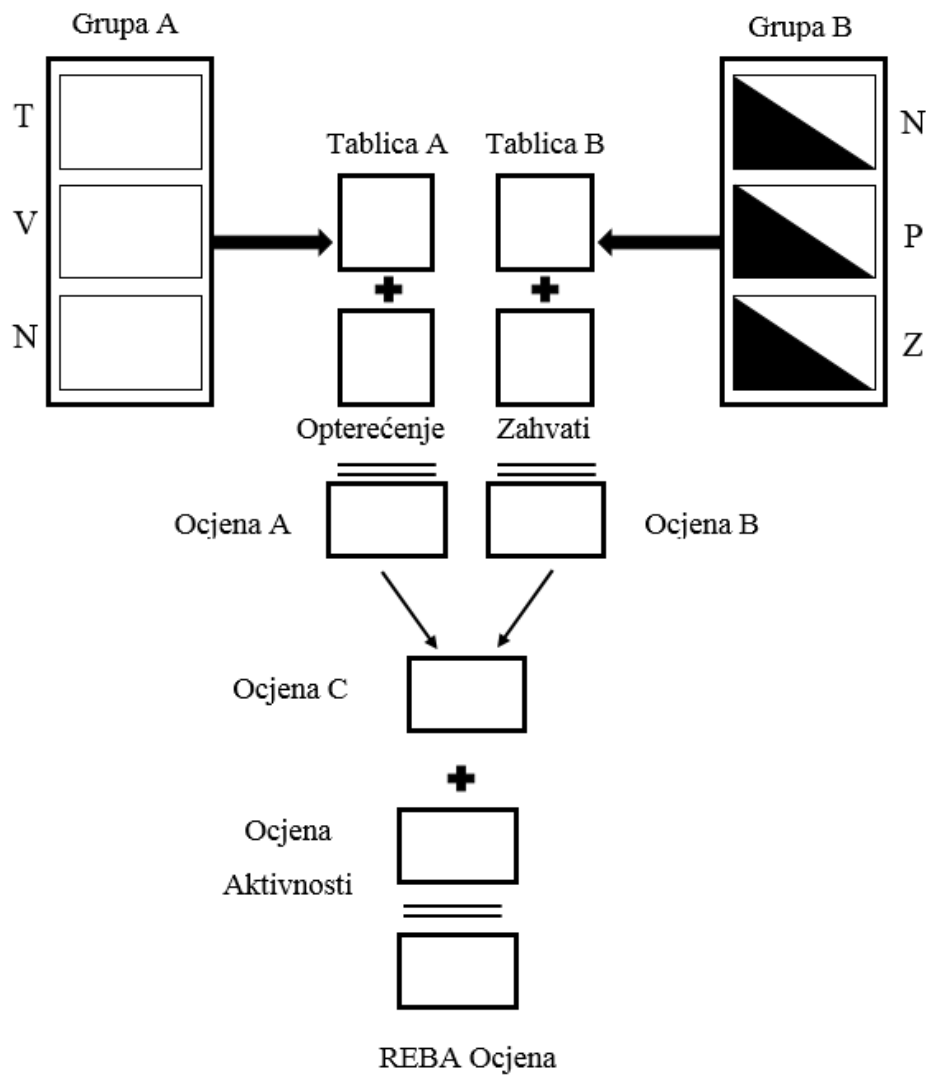
		VRAT											
		1				2				3			
TRUP	NOGE	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tablica 41. Matrica za ocjenu položaja ruku prema REBA metodi (tablica B) (*Stanton et al., 2005.*)

		PODLAKTICA					
		1			2		
NADLAKTICA	ZAPEŠĆE	1	2	3	1	2	3
	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Tablica 42. Matrica za konačnu ocjenu položaja tijela i ruku prema REBA metodi (Ocjena C) (Stanton et al., 2005.)

		RUKE (ocjena B)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TIJELO (ocjena A)	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12



Slika 117. Matrica za analizu radnih položaja REBA metodom (Stanton et al., 2005.)

Tablica 43. Prikaz ocjena opterećenja tijela REBA metodom (*Stanton et al., 2005.*)

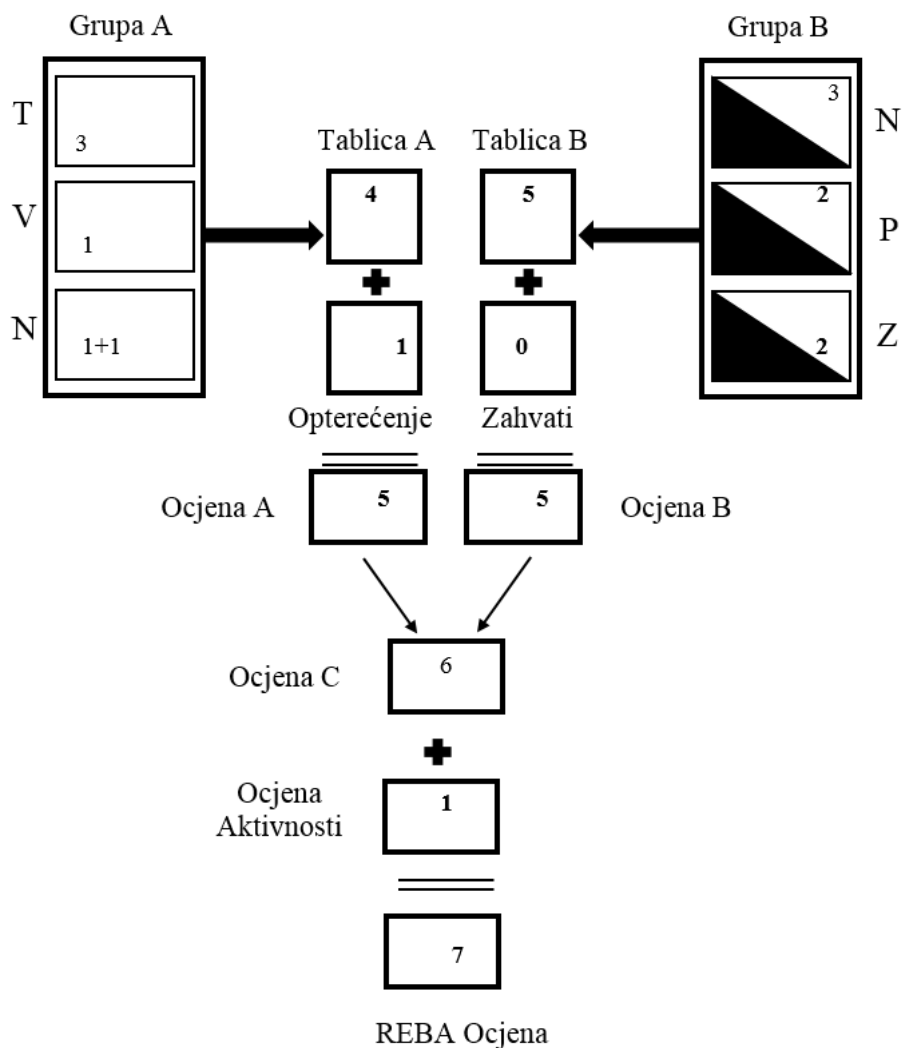
REBA rezultat	Razina rizika	Razina aktivnosti	Intervencija
1	zanemariva	0	nepotrebna
2 – 3	niska	1	moгуća
4 – 7	srednja	2	potrebna
8 – 10	visoka	3	ubrzo potrebna
11 – 15	vrlo visoka	4	potrebna odmah

12.7.1. Primjer određivanja opterećenja radnika REBA metodom

Na slici 118 prikazan je radni položaj zdravstvenog radnika koji će biti analiziran. Na slici 119 dana je matrica REBA metode za radni položaj zdravstvenog radnika.



Slika 118. Prikaz radnog mjesta u zdravstvu



Slika 119. Matrica za analizu radnih položaja REBA metodom kod analize radnice u zdravlju

Analiza REBA metodom započinje analizom tijela (trup, vrat, noga), slika 115. U prvom se koraku analizira i ocjenjuje trup (20-60°savijanje-ocjena 3). Potom se ocjenjuje vrat (0-20°savijanje-ocjena 1). Treću ocjenu čini položaj nogu (obostrano opterećenje-ocjena 1) i dodatak položaja nogu (koljena savijena 30-60°-ocjena 1), te zbraja. Dobivene tri ocjene upisuju se u matricu za analizu radnih položaja REBA metodom. U tablici 40 očitava se ukupno opterećenje tijela na način da se očitava presjek dobivenih ocjena (ukupna ocjena 4) i upisuje u matricu za analizu radnih položaja REBA metodom. Iz tablice 37 očitava se opterećenje tijela (opterećenje 5-10 kg-ocjena 1) i upisuje u matricu za analizu radnih položaja REBA metodom. Zbroj ocjena dobivenih iz tablice 40 i tablice 37 čini ocjenu A koja se također upisuje u matricu (ukupna ocjena 5). Slijedi postupak ocjenjivanja položaja ruku korištenjem slike 116. U ovom se slučaju ocjenjuje samo desna ruka. U prvom se koraku ocjenjuje nadlaktica (45°- 90°-ocjena 3), potom se ocjenjuje podlaktica (savijanje <60°-ocjena 2) te zapešće (>15°savijanje-ocjena 2). Dobivene ocjene upisuju se u matricu za analizu radnih položaja REBA metodom. U tablici 41 očitava se ukupno opterećenje ruku na način da se očitava presjek dobivenih ocjena (ukupna ocjena 5) i upisuje u matricu za analizu radnih položaja REBA metodom. Potom se dodaje ocjena zahvata iz tablice 38 (srednja snaga zahvata-ocjena 0). Zbroj vrijednosti iz tablice 41 i tablice 38 čini ocjenu B i upisuje se u matricu za analizu

radnih položaja REBA metodom. Iz tablice 42 očitava se ocjena C kao presjek ocjene A i ocjene B, odnosno opterećenja tijela i ruku (ukupna ocjena 6) i upisuje u matricu za analizu radnih položaja REBA metodom. Iz tablice 39 očitava se ocjena aktivnosti (jedan dio tijela statičan-ocjena 1) i upisuje u matricu za analizu radnih položaja REBA metodom. Zbroj ocjene C i ocjene aktivnosti čini REBA ocjenu (ukupna ocjena 7). Prema tablici 43 za promatranu aktivnost razina rizika je srednja i potrebna je intervencija odnosno mjere za smanjenje radnog opterećenja.

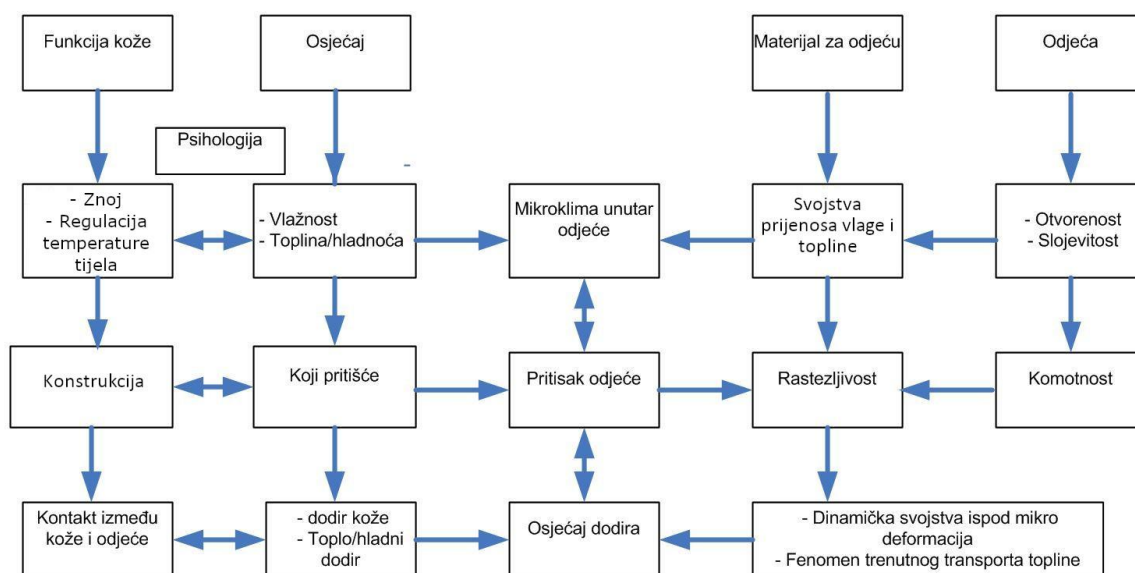
Analizom radnog položaja prema REBA metodi dobiva se uvid o opterećenju tijela te mogućnostima smanjenja nepovoljnih radnih položaja prilikom izvođenja radnih zadataka.

[Na Sadržaj>](#)

13. ERGONOMIJA I ODJEĆA

Odjeća mora biti projektirana i proizvedena tako da su predviđeni oni uvjeti uporabe za koje je namijenjena, a da korisnik može obavljati svakodnevnu aktivnost i pri tome se ugodno osjećati uz najveću moguću razinu zaštite.

Posebni zahtjevi postavljaju se na zaštitnu odjeću, i u civilne i u vojne svrhe, te na sportsku odjeću u cilju smanjenja opasnosti i veće zaštite čovjeka suočenog s raznim opasnostima i klimatskim uvjetima. Odjeća, ovisno o namjeni, mora zadovoljiti posebne zahtjeve kako bi se osigurala potrebna zaštita od određenog rizika te odgovarajuća tehnička funkcionalnost kao i potrebna razina udobnosti. Udobnost uključuje fiziološke i psihološke aspekte s jedne strane, te mehaničke i ergonomske aspekte s druge strane (*Geršak, Marčić, 2013.*). Udobnost odjeće je subjektivna reakcija i posljedica je djelovanja (slika 120) mikroklima unutar odjeće, pritiska odjeće na tijelo čovjeka i dodira odjeće na koži čovjeka (*Čirković i sur., 2014.*).

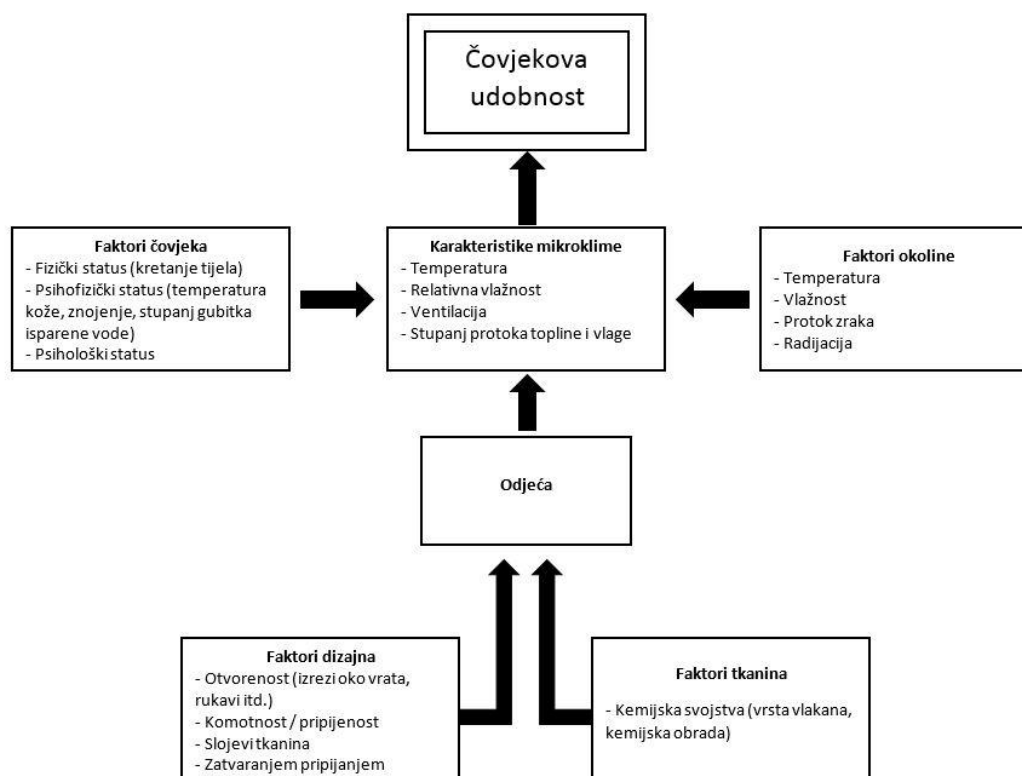


Slika 120. Osnovni faktori udobnosti odjeće (*Morishita et al., 1993.*)

Mikroklima unutar odjeće obuhvaća djelovanje temperature, relativne vlažnosti i strujanja zraka između kože i odjeće. Pod pojmom pritiska odjeće podrazumijeva se elastičnost i komocija odjevnog predmeta. Dodir na koži čovjeka obuhvaća toplo/hladni dodir te fenomen trenutnog prijenosa topline, odnosno odjeća mora omogućiti određenu toplinsku izolaciju, visok stupanj propustljivosti vlage te dobru ventilaciju.

Fizički parametri koji utječu na udobnost (*Pontrelli, 1989.*) su: klimatske veličine toplinske okoline, stupanj fizičke aktivnosti, karakteristike tekstila odjeće, vrsta vlakana i konstrukcija tekstila, sposobnost prijenosa topline i vlage, propustljivost zraka, elastičnost i opip. Psihofiziološki parametri koji utječu na udobnost su životna sredina, konačna uporaba, prilike u kojima nosimo odjeću i modni trendovi.

Prilikom nošenja odjeće, toplina i vlažnost koje tijelo proizvodi se zaustavljaju kao slojevi zraka pri prolasku u okolinu što rezultira karakterističnom mikroklimom između kože i odjeće i definira se kao osjećaj udobnosti. Parametri koji utječu na mikroklimu između odjeće i kože prikazani su na slici 121.



Slika 121. Faktori koji utječu na mikroklimu između odjeće i kože (Yoo i sur., 2000.)

Temperatura i vlažnost kože čovjeka su parametri koji su ovisni od klimatskih uvjeta i faktora odjeće kao što su svojstva tkanine. Odjeća mora omogućiti određenu toplinsku izolaciju, visok stupanj propustljivosti vlage i dobru ventilaciju, odnosno kod različitih klimatskih uvjeta i fizičkih aktivnosti korisnika mora omogućiti toplinsko-fiziološku ravnotežu.

Udobnost pri nošenju predstavlja glavni uvjet za određivanje kvalitete odjeće tijekom upotrebe, a obuhvaća interakciju između tijela, odjevnog sustava i okoline (Parsons, 2003.). Stoga odjeća mora osigurati normalno toplinsko stanje organizma, normalno disanje, cirkulaciju zraka i vodene pare, udobnost, lijep izgled i zaštitu. Udobnost uključuje fiziološke i psihološke aspekte s jedne strane i ergonomске aspekte s druge strane.

Fiziološka funkcija odjeće je vrlo složena i utječe na poboljšanje ravnoteže tjelesne temperature, tako da štiti od hladnoće i omogućava protok suviše topline u okolinu isparavanjem znoja s površine kože u okolinu. Odjeća mora zadovoljiti termofiziološku udobnost pri uporabi i kožno-senzorsku udobnost. Termofiziološka udobnost podrazumijeva dobru fizičko-toplinsku ravnotežu pri minimalnom naporu tijela u različitim klimatskim uvjetima kao i pri fizičkim aktivnostima tijela.

Stupanj termofiziološke udobnosti za vrijeme nošenja definiran je termofiziološkim svojstvima ugrađenih materijala, odnosno slojeva tkanine kao i određenog stupnja mehaničke i ergonomске udobnosti. Mehanička udobnost odnosi se na mehaničke parametre upotrebljene tkanine.

Svaki odjevni predmet mora biti udoban za nošenje i kvalitetno konstrukcijski i tehnološki izveden. U odjeći se čovjek mora osjećati ugodno što znači da može normalno hodati, saginjati se, ispružiti se i sjediti bez osjećaja sputanosti. Udobnost je kod nošenja ovisna o

tjelesnim mjerama, konstrukciji odjeće, značajkama materijala i različitim dodacima na osnovnim krojnim dijelovima. Gledano s ergonomskeg stajališta, konstrukcija odjeće je najvažnija faza u procesu izrade jer se odgovarajućim krojem postiže udobnost nošenja odjeće.

Odjeća se može proizvoditi serijski ili kao unikatni odjevni predmet proizveden po mjeri korištenjem suvremene tehnike konstruiranja i modeliranja. Nadalje, izrada konstrukcije kroja može se izvoditi ručno ili primjenom računalne opreme koja omogućava pojednostavljenje, racionalizaciju i modeliranje kroja. Primjena računala omogućava kontinuiran i djelomično automatiziran tijek proizvodnje, uz smanjen utrošak ljudskog materijala i energije te znatno smanjuje vrijeme izrade kroja.

Prilikom izrade kroja temeljem glavnih ili standardnih mjera, odnosno tjelesne visine, opsega grudi, opsega struka, opsega bokova i opsega vrata, postavljaju se i izračunavaju pomoćne mjere ili proporcionalne mjere kao što su širina vratnog izreza, dubina orukavlja, visina bokova, visina grudi, visina prednjeg dijela, širina ramena, širina grudi i dr.

Proporcionalne mjere izračunavaju se na temelju zakonitosti glavnih i pomoćnih mjera dobivenih antropometrijskim mjerenjem korištenjem matematičkih izraza koji su različiti za mušku, žensku i dječju odjeću (*Geršak, 2009.; Ujević i sur., 2000.*).

Ovisno o odjevnom predmetu, modelu i tekstilnom materijalu na većinu tjelesnih mjera dodaje se dodatak za udobnost nošenja gdje je konstrukcijska mjera jednaka zbroju tjelesnih mjera i dodatku za udobnost nošenja. Dodatak za udobnost nošenja ovisi o tekstilnom materijalu, obliku odjeće, primjeni odjavnog predmeta koji je potrebno uvažiti kod razvoja krojnih dijelova da se postigne oblik tijela i odjeće.

Ergonomska udobnost odnosi se na odgovarajući dizajn ovisno o namjeni odjavnog predmeta i optimalne konstrukcije odjeće. S inženjerskog gledišta to znači da odjeća mora biti ergonomska oblikovana, a u skladu s kinematičkim antropometrijskim uvjetima korištenja te pri izvođenju aktivnosti mora osigurati udobnost kod nošenja i visok stupanj slobode pokreta. Mora biti dizajnirana tako da su sagledane sve mogućnosti uvjeta uporabe (*Geršak, Marčić, 2013.*). Stoga se pri dizajnu i oblikovanju odjeće namijenjene korištenju čovjeka, s ergonomskeg stajališta u obzir uzimaju građa i funkcija čovjeka, a potrebno je poznavati i pokrete koje čovjek izvodi pri izvođenju svakodnevnih zadataka. Potrebno je poznavati statičke i kinematičke izmjere tijela pri čemu se koriste podaci statičke i kinematičke antropometrije, amplitude pokreta u zglobovima, dohvatno polje i mišićna snaga u različitim položajima tijela (*Hursa Šajatović i sur., 2017.; Hursa Šajatović i sur., 2016.*).

Suvremeni inženjerski pristup na području razvoja odjeće pruža mogućnost razvoja funkcionalne odjeće s tzv. inteligentnim karakterom. Funkcionalna inteligentna odjeća pruža posebnu funkcionalnost za korisnika, kao što je pomoć pri praćenju i upozoravanju na potencionalnu opasnost, praćenja stanja okoline, praćenje stanja organizma i sl. (*Geršak, Marčić, 2013.*).

Početkom 21. stoljeća započelo se govoriti o inteligentnoj odjeći koja svojim obilježjima nadmašuje konvencionalnu odjeću i opremljena je minijaturnim elektroničkim komponentama, komunikacijskim elementima i elektroničkim računalima čime je omogućeno motrenje stanja okoliša i stanja korisnika da bi se odjevni predmet prilagodio potrebama korisnika (*Firšt Rogale i sur., 2007.*).

Početna podjela je nastala postepenim razvojem odjeće s ugrađenim elementima te su tako nastale tri skupine (*Firšt Rogale i sur. 2014.*):

- e-odjeća (eng. *e-clothing*) - odjeća nastala na samom početku ugradnjom jednostavnih elektroničkih uređaja, tipkovnice, senzora, slušalice i mikrofona te neophodnog ožičenja,

- pametna odjeća (eng. *smart clothing*) - odjeća gdje se uz elektroničke uređaje ugrađuju mikroprocesori, zaslone pri čemu je omogućena dvosmjerna komunikacija (vizualna ili zvučna), prijenos podataka unutar odjeće, ali s uređajima u okolišu,
- inteligentna odjeća (eng. *intelligent clothing*) - odjeća koja ima ugrađene elektroničke komponente i senzore, komunikacijske uređaje, odjevna računala, te softver koji stalno analizira stanje okoliša i samog tijela korisnika, donosi odluke i prilagođava parametre odjeće potrebama korisnika, te ima aktivni karakter s elementima umjetne inteligencije.

Namjena inteligentne odjeće je različita te se može podijeliti na odjeću modnog trenda, odjeću namijenjenu nadzoru bitnih životnih funkcija tijela, odjeću za vojsku i slične službe, odjeću za nadzor stanja organizma podvignutom velikom naporu (sportaši), odjeću za zaštitu od izrazito niskih temperatura (vojnici, sportaši, šumari i dr.) te odjeću za zaštitu od mehaničkih ozljeda (vojska, policija itd.). (Nikolić, 2015.).

Multidisciplinarnost funkcionalne odjeće s inteligentnim karakterom zahtijeva integraciju istraživanja zaštite, znanosti o materijalima, odjevnog inženjerstva, udobnosti i funkcionalnosti.

[Na Sadržaj>](#)

14. LITERATURA

- [1] Baksa, S.: Utvrđivanje individualnih biomehaničkih veličina za provedbu težine ljudskog rada, Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje, Doktorski rad, Zagreb, 2007.
- [2] Balantič, Z., Polajnar, A., Jevšnik, S.: Ergonomija v teoriji in praksi, Nacionalni inštitut za javno zdravje, Ljubljana, 2016, ISBN 978-961-6911-91-7
- [3] Barnes, R. M.: Studij pokreta i vremena, Panorama Zagreb, 1964.
- [4] Bilickle, M., Holdenried, U.: Kriterien zur maßlichen Gestaltung von NÄharbeitsplätzen, Bekleidung + WÄsche, 35, (1983), 2, 56-66
- [5] Bogadi - Šare, A., Zavalić, M.: Bolesti sustava za kretanje i radno mjesto, Sigurnost 51, (2009.), 4, 321-331, ISSN 0350-6886
- [6] Božić, M.: Ergonomija radnog mjesta za računalom - suvremeni pristup, Veleučilište u Karlovcu, Završni rad, Karlovac, 2016.
- [7] Britvić J.: Utjecaj buke u radnoj okolini na produktivnost djelatnika i ukupnu efikasnost poduzeća, 2009., www.poduzetnistvo.org, pristupljeno 17.10.2016.
- [8] Brnada, S., Šabarić, I., Kovačević, S.: Application of MODAPTS Method in the Warping Process, Book of Proceedings of 4th Ergonomics Conference, Ergonomics 2010, Mijović B.(ed.), 30 June-03 . July2010, Stubičke Toplice, Hrvatska, 2010, 143-150, ISBN 978-953-98741-5-3
- [9] Carcone, S., Keir, P.J.: Effect of backrest design on biomechanics and comfort during seated work, Applied Ergonomics 38, (2007), 6, 755-764, ISSN 0003-6870
- [10] Cho, H.J., Park, J.II.: Methodology of Estimating Assembly Cost by MODAPTS, International Journal of Mechanical Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering 53, (2012), 3, 544-548, ISSN 2354 0248
- [11] Corn, P., Trstenjak, a.: Ergonomija uredske opreme i prostora, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2012., www.mathos.unios.hr/...seminar%20iz%20ergonomija.doc., pristupljeno 10.10.2018.
- [12] Crnoja, S.: Ergonomsko uređenje radnog mjesta u uredu, Veleučilište u Karlovcu, Završni rad, 2016.
- [13] Čolić, J.: Određivanje oštine vida pomoću različitih vrsta optotipa, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Odjel za fiziku, Novi Sad, 2016., [www.df.uns.ac.rs/files/.../jelena-colic-diplomski-rad\(d-693\)](http://www.df.uns.ac.rs/files/.../jelena-colic-diplomski-rad(d-693)), pristupljeno 1.02.2019.
- [14] Čolović, G.: Ergonomics in the garment industry, Woodhead Publishing India, Prt Ltd, New Delhi, 2014, ISBN 978-93-80308-26-5
- [15] Čolović, G.: Studija rada u odjevnoj industriji, Udžbenik Visoke tekstilne strukovne škole za dizajn, tehnologiju i menadžment u Beogradu, Beograd, 2015., ISBN 978-86-87017-19-1

- [16] Čehajić, N.; Čerkezović, S.: Računalom podržana ergonomska analiza radnih opterećenja radnika, *Sigurnost* 55, (2013.), 3, 199-208, ISSN 0350-6886
- [17] Ćirković, N.S., Đorđević, S.H., Trajković, D.S., Radmanovac, N.M.: Fiziološke karakteristike pletenina kao faktora izbora materijala za odeću, *Savremene tehnologije* 3, (2014.), 2, 76-84, ISSN 2217-9712
- [18] David, G. C.: Ergonomics methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders, *Occupational Medicine* 55, (2005), 3, 190-199, ISSN 0962-7480
- [19] Davis, P.R., Stubbs, D.A.: Safe levels of manual force for young males (1&2), *Applied Ergonomics*, 8.3, 1997, 141-150; 8.4, 219-228, ISSN 003-6870
- [20] De Lonnze, M.P., Kujit-Evers, L.F.M., Van Dieën, J.: Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures, *Ergonomics* 46, (2003), 10, 985-997, ISSN 1366-5847
- [21] Dehlin, O., Berg, S., Andersson, G.: Effect of physical training and ergonomic counselling on the psychological perception of work and on the subjective assessment of low-back insufficiency, *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 13 (1998), 1, 1-9, ISSN 03468720
- [22] Delač, D.: Mikroekonomija, Udžbenik Visoke politehničke škole u Zagrebu, VERN, Zagreb, 2010., ISBN 9789539924445
- [23] Doncij, D.D., Zacijorski, V.M.: Biomehanika, Fizkultura i sport, Moskva, 1979.
- [24] Döring, B. : Systemergonomie bei komplexen Arbeitssystem, u: R Hackestein, 1974
- [25] Dragčević, Z., Kirin, S., Šaravanja, B.: A Method of Workplace Design for Sewing Operations, Books of Proceedings 22nd International DAAM Symposium „Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity”, Katalinić B. (ed.), 23-26th November 2011, Vienna, Austria, 2011, 0379-0380, ISSN 726-9679
- [26] Dragčević, Z., Kirin, S.: Oblikovanje radnog mjesta u tehnološkom procesu šivanja, *Sigurnost* 49, (2007.), 2, 103-111 , ISSN 0350-6886
- [27] Ellegast, R., Herda, C., Hoehne-Hückstädt, U.: BIA-Report 7/2004-Ergonomie an Näharbeitsplätzen, ISBN 3-88383-673-7, www.hvbg.de, pristupljeno 10.07.2015
- [28] energoinspekt.hr/zastita-na-radu/fotometrijske-velicine, pristupljeno 10.11.2018
- [29] Firšt Rogale, Rogale, D., Dragčević, Z., Nikolić, G.: Realizacija prototipa inteligentnog odjevnog predmeta s aktivnom termičkom zaštitom, *Tekstil* 56, (2007.), 10, 610-626, ISSN 0492-5882,
- [30] Firšt Rogale, S., Rogale, D., Nikolić, G., Dragčević, Z: Inteligentna odjeća, Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta, Zagreb, 2014., ISBN 978-953-7105-52-5
- [31] Geršak, J., Marčić, M.: Složeni koncept projektiranja funkcionalne zaštitne odjeće, *Tekstil* 62, (2013.), 1-2, 31-37, ISSN 0492-5882

- [32] Geršak, J.: Priprava proizvodnje oblačil, Udžbenik Univerze v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2009, ISBN 978-961-248-119-3,
- [33] Golabchi, A., Han, S.U., AbouRizk, S.: Integration of Ergonomic Analysis into Simulation Modelling of Manual Operations, Simulation in Production and Logistics 2015, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2015
- [34] Gomzi M.: Oštećenje sluha bukom pri pilarskoj preradi drva, Sigurnost 51, (2009.), 4, 295-300, ISSN 0350-6886
- [35] Griffin M.J., Howarth, H.:V:C:,Pitts, P:M:, Fischer, S., Kaulbars, U., Donati, P:M:, Bereton, P.F.: Vibracije koje se prenose na šake i ruke, hzzsr.hr>uploads>2016/11>Vodič-dobre-prakse-Vibracije-koje-se-prenose-na-šake-i-ruke/pdf, pristupljeno 28.01.2016.
- [36] Hilderbrandt, V.H.: Prevention of work related musculoskeletal disorders: setting priorities using the standardized Duch <musculoskeletal Questionnaire, file:///C:/Users/User/Downloads/hildebrandt-2001-prevention%20(1).pdf, pristupljeno 20.01.2019.
- [37] Horvat, J., Regent, A.: Osobna zaštitna oprema, Udžbenik Veleučilišta u Rijeci, Veleučilište u Rijeci, Rijeka, 2009., ISBN 978-953-6911-43-1,
- [38] Horvat, M.: Kinematika ljudskog gibanja, Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje, Završni rad, Zagreb, 2008.
- [39] Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu, Hrvatski zavod za zdravstveno osiguranja: Smjernica o uređivanju radnih mjesta na kojima se dugotrajno sjedi, www.mrms.hr>uploads>2013/03, pristupljeno 30.1.2013.
- [40] Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu, Hrvatski zavod za zdravstveno osiguranja: Praktična smjernica za ocjenu rizika pri ručnom rukovanju teretom, www.mrms.hr/.../prakticna-smjernica-za-ocjenu-rizika-pri-rucnom-prenosenju-tereta, pristupljeno 20.01.2019.
- [41] [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Accidents at work statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Accidents_at_work_statistics), pristupljeno 10.10.2017.
- [42] [https://agrologistika.hr/hr-HR/mjerni instrumenti/termometri](https://agrologistika.hr/hr-HR/mjerni_instrumenti/termometri), pristupljeno 11.11.2018.
- [43] [https://agrologistika.hr>klima i okoliš](https://agrologistika.hr>klima_i_okoliš), pristupljeno 11.11.2018.
- [44] <https://inter-informatika.hr/tipkovnice/miševi-tipkovnice>, pristupljeno 11.11.2018.
- [45] [https://www.conrad.hr>Alat>Mjerna tehnika>Mjerila okoliša>Mjeraći vlage](https://www.conrad.hr>Alat>Mjerna_tehnika>Mjerila_okoliša>Mjeraći_vlage), pristupljeno 11.11.2018.
- [46] Hursa Šajatović, A., Dragčević, Z., Zavec Pavlinić, D.: Oblikovanje zaštitne odjeće, obuće i opreme s ergonomskog stajališta, Sigurnost 59, (2017.), 3, 227-236, ISSN 0350-6886
- [47] Hursa Šajatović, A., Dragčević, Z., Zavec Pavlinić, D: Ergonomija-važan čimbenik u oblikovanju zaštitne odjeće, obuće i opreme, Zbornik radova 6.međunarodno stručno-

- znanstvenog skupa „Zaštita na radu i zaštita zdravlja”, Kirin S.(ur.), 21.09.-24.09. 2016., Zadar, Hrvatska, 2016., 439-446, ISSN 454-459
- [48] Jakšić, M.: Zdravlje i računala, VIDI 60,(2001.), 3, 119, ISSN 1330-626X
- [49] Jurčević Lulić, T., Runjak, M.: Procjena opterećenja radnika pri podizanju tereta, Sigurnost 55, (2013.), 2, 125-131, ISSN 0350-6886
- [50] Karas-Friedrich, B.: Zdravstveni rizici pri radu s računalom, Sigurnost 50, (2008.), 4, 377-384, ISSN 0350-6886
- [51] Kemmlert, K.: A method assigned for the identification of ergonomic hazards-PLIBEL, Applied Ergonomics 26, (1995), 3, 199-211, ISSN 0003-6870
- [52] Kirin S., Dragčević Z., Firšt Rogale S. Preoblikovanje radnog mjesta u tehnološkom procesu šivanja primjenom računala, Tekstil 63, (2014.), 1-2, 1-13, ISSN 0492-5882
- [53] Kirin S., Dragčević, Z.: Prilog istraživanju opterećenja radnika u tehnološkom procesu šivanja, Zbornik radova 5. međunarodno znanstveno-stručnog savjetovanja „Tekstilna znanost i gospodarstvo”, Ujević D., Penava Ž.(ur.), 22. siječnja, 2012., Zagreb, Hrvatska, 2012., 171-174, ISSN 1847-2877
- [54] Kirin, S., Dragčević, Z., Polajnar, A.: Radno opterećenje i zamor u tehnološkom procesu šivanja, Tekstil 53 (2004.), 5, 226-243, ISSN 0492-5882
- [55] Kirin, S., Lauš, K.: Istraživanje razine buke u tehnološkom procesu šivanja, Sigurnost 53, (2011.), 3, 243-250, ISSN 0350-6886
- [56] Kirin, S., Šabić, T.: Investigation of noise level in the process of water bottling, Book of Proceedings of 6th International Ergonomics Conference ERGONOMICS 2016-Focus on synergy, Sušić A.(ed.), June 15th-18th 2016, Zadar, Croatia, 2016, 173-178, ISSN 1848-9699
- [57] Kirin, S.: Ergonomic Approach to setting up a student computer lab, Book of Proceedings of 4th International Ergonomics Conference, Ergonomics 2010, Mijović B. (ed), 30 June-3. July 2010^a, Stubičke Toplice, Croatia, 2010, 433-438, ISBN 978-953-98741-5-3
- [58] Kirin, S.: Ergonomija na šivaćim radnim mjestima, Zbornik radova 3. međunarodno stručno-znanstvenog skupa „Zaštita na radu i zaštita zdravlja” Vučinić J.(ur.), 22.-25. 09. 2010.^b, Zadar, Hrvatska, 2010., 427-432, ISBN 978-953-7343-4-8,
- [59] Kirin, S.: Prilog istraživanju razine buke u procesu strojnog punjenja boca vodom, Sigurnost 59, (2017.), 2, 109-117, ISSN 0350-6886
- [60] Kirin, S.: Rad radnika za računalom, Zbornik radova 3. međunarodno stručno-znanstvenog skupa „Zaštita na radu i zaštita zdravlja”, Vučinić J. (ur.), 22.-25.2010.^c, Zadar, Hrvatska,2010., 433-438, ISBN 978-953-7343-40-8,
- [61] Kirin, S: Rasvjeta radnog okoliša u tehnološkom procesu krojenja, Zbornik radova 3. međunarodno stručno-znanstvenog skupa „Zaštita na radu i zaštita zdravlja”, Vučinić J.(ur.), 19.09.-22. 09. 2012., Zadar, Hrvatska, 2012., 287-292, ISBN 978-953-7343-4-8

- [62] Klaničnik, M.: Utjecaj buke na zdravlje i radnu sposobnost, https://bib.irb.hr/datoteka/739938.Dr_Klancinik_Marisa_buka_popularni.pdf, pristupljeno 20.09.2016.
- [63] Klarić, Z.: Utjecaj vibracija na ljudski organizam i implikacije u sportu, https://www.kif.unizg.hr/_download/repository/Utjecaj_vibracija_klaric.pptx, pristupljeno 10.10.2018.
- [64] Knez, B., Rogale, D.: Oblikovanje radnih mjesta u odjevnoj industriji primjenom antropometrijskih mjera, vidnih polja i zona dosega, Zbornik Simpozija SITTH i ITO, Zagreb, 31.01-02.02.1989., 35-48
- [65] Knez, B., Rogale, D.: Oblikovanje radnih mjesta u odjevnoj industriji, Zbornik Savjetovanja ITO i SITTH, Zagreb, 18 i 19.04.1985., 53-63
- [66] Kovačević, S, Brnada, S., Šabarić, I.: Analiza pokreta i opterećenja tijela primjenom MODAPTS metode, Zbornik radova 4. međunarodno stručno-znanstvenog skupa „Zaštita na radu i zaštita zdravlja“, Vučinić J, Kirin S. (ur.), 19.09- 22.09.2012., Zadar, Hrvatska, 2012., 519-524, ISBN 978-953-7343-40-8,
- [67] Kroemer, K.H.E., Grandjean, E.: Prilagođavanje rada čovjeku, I. Manenica, Udžbenik Sveučilišta u Splitu, Naknada Slap, 1999., ISBN 953-191-096-0
- [68] Lisica Mandek, D., Mihaljinac Bolanča, M., Bogadi Šare, A.: Unapređivanje mjera za smanjenje rizika na radnom mjestu s računalom, Zbornik radova 6.međunarodno stručno-znanstvenog skupa „Zaštita na radu i zaštita zdravlja“, Kirin S.(ur.), 21.09.- 24.09.2016., Zadar, Hrvatska, 2016., 454-459, ISSN 1848-5731
- [69] McAtamney, L., Corlett, E.N.: RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomics* 24, (1993), 2, 91-99, ISSN 0003-6870
- [70] Mijović, B., Mujadžiz, M, Mrzljak, N.: Analysis of Worker`s Burdening During work with a Computer, Proceeding of 1 International Ergonomics Conference ERGONOMY 2001, Mijović, B, Skoko, M. (ed.), , 7-8 December 2001, Zagreb, Croatia, 2001, 13-19, ISBN 953-98741-1-4
- [71] Mijović, B., Pivac, J., Benić, I.: Fizikalne značajke rasvjete radnog okoliša, *Sigurnost* 49, (2007.), 2, 91 - 101, ISSN 0350-6886
- [72] Mijović, B.,Vučinić, J., Benjak, Š.: Prilog istraživanja buke u odjevnoj industriji, *Sigurnost* 43, (2001.), 3, 199-208, ISSN 0350-6886
- [73] Mijović, B.: Primijenjena ergonomija, Udžbenik Veleučilišta u Karlovcu, Karlovac, 2008., ISBN 978-953-7343-3-1
- [74] Mijović, B.: Uvod u ergonomiju, Interna skripta Veleučilišta u Karlovcu, Karlovac, 2001.
- [75] Mijović, B.: Uvod u ergonomiju, Interna skripta Veleučilišta u Karlovcu, Karlovac, 2005.
- [76] Mikšić, D.: Uvod u ergonomiju, Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu Fakulteta strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1997., ISBN 953-6313-11-1

- [77] MODAPsplus, www.modapts.org/softwareorg, pristupljeno 08.05.2017.
- [78] Morishita, R., Saito, M., Tsuchida, K., Harada, T.: Studies on Micro-climate within Clothing and the Equipment for its Evaluation, Research Institute, TOYOBO , Co.,Ltd., 1993
- [79] Muftić, O., Jurčević Lulić, T., Gordan, B.: Harmonijska raspodjela mase dijelova ljudskog tijela, Sigurnost 53, (2011.), 1, 1-10, ISSN 0350-6886
- [80] Muftić, O., Milčić, D.: Ergonomija u sigurnosti, Iproz, Zagreb, 2000.
- [81] Muftić, O., Veljović, F., Jurčević Lulić, T., Milčić D.: Osnove ergonomije, Sarajevo, 2001.
- [82] Muftić, O.: Biomehanička ergonomija, 1998., https://www.fsb.unizg.hr/kbioerg/Preuzimanja/Biomehanicka_Ergonomija.pdf, pristupljeno 1.2. 2018.
- [83] Muftić, O.: Biomehanički pristup ergonomiji sjedećeg položaja, Agrotehničar 20, (1984.), 1, 16-28
- [84] Muftić, O.: Harmonijska antropometrija kao osnova za primijenjenu dinamičku antropometriju, Zbornik radova skupa o konstruiranju FSB, Zagreb, 1984.
- [85] Nikolić, G.: Dolazi vrijeme inteligentne odjeće, Polytechnic&Desing 3, (2015.), 2, 215-226, ISSN 259-6302
- [86] Oko, www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=44922, pristupljeno 31.01.2019.
- [87] Pamuk O.: Stres na radnom mjestu u odjevnoj industriji, Tekstil 56, (2007.), 10, 627-632, ISSN 0492-5882,
- [88] Panero, J., Zelnik, M.: Antropološke mere i enterijer, III izdanje, Građevinska knjiga, Beograd, 2009., ISBN 978-86-395-0597-4
- [89] Parsons, K.C.: Human Thermal Environments, second edition, CRC Press, Taylor& Francis Group, New York, USA, 2003, ISBN 0-203-30262-1
- [90] Pavlović, J.; Santini, I., Škrtić M.: Mikroekonomija, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Mikrorad d.o.o., Zagreb, 1995., ISBN 953-6286-21-1
- [91] Podlipnik, P: Svjetlotehnički priručnik, Elektrovina, Maribor,1978.
- [92] Polajnar, A., Verhovnik, V., Sabadin, A., Hrašovec, B.: Ergonomija, Udžbenik Univerza v Mariboru, Fakulteta za Strojništvo, Maribor, 2003, ISBN 86-435-0550-1
- [93] Polajnar, A.,Verhovnik, V.: Oblikovanje dela in delovnih mest za delo v praksi, Udžbenik Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, 1999, ISBN 86-435-0305-3
- [94] Polajnar, A.,Verhovnik, V.: Oblikovanje dela in delovnih mest, Udžbenik Univerze v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2000 ISBN 86-435-0341-X
- [95] Polajnar, A.: Študij dela, Udžbenik Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor 1999, ISBN 86-435-0287-1

- [96] Polajnar, I., Pezelj, J., Čudina, M., Mišina, N.: Buka na radnom mjestu zavarivača, *Sigurnost* 49, (2007.), 2, 113-124, ISSN 0350-6886
- [97] Pontrelli, G. J.: Tragekomfort durch Textilgestaltung. *Melliand Textilberichte* 12, (1989), 906-910
- [98] Poplašen, D.: Oštećenje sluha uzrokovano bukom, *Sigurnost* 56, (2014.), 1, 67-69, ISSN 0350-6886
- [99] Poplašen, D.; Kerner, I.: Vibracije koje se prenose na šake i ruke, *Sigurnost* 55, (2013.) 4, 389-391, ISSN 0350-6886
- [100] Pravilnik o najviše dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave NN/145/04
- [101] Pravilnik o sigurnosti i zaštiti zdravlja pri radu s računalom, NN 69/05
- [102] Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, NN 46/08
- [103] Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti vibracijama na radu, NN 155/2008
- [104] Regent, A.: Fizikalne štetnosti II dio, 2015.
https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k.../Vibracije%202017.pdf, pristupljeno 10.10.2017.:
- [105] Regent, A.: Fizikalne štetnosti,
https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni.../k.../uvod%20_%2003_04_2017.pdf, pristupljeno 20.06.2018.
- [106] Resanović, B., Vranković, M., Orsag, Z.: Buka okoliša-javnozdravstveni problem, dostupno na: www.zmz.hr/download/buka_okoliša_javnozdravstveni_problem.pdf, pristupljeno 1.09.2016.
- [107] Salihbegović, A. : Postupak mjerenja buke,
www.am.unze.ba/mt/2012/Salihbegovic%20Amina.doc, pristupljeno 10.09.2016.
- [108] Samuelson, A.P., Nordhaus, W.D.: *Ekonomija*, Mate d.o.o., Zagreb, 2011., ISBN 978-953-246-122-0
- [109] Skoko, M., Stracaboško, R.: Prilog istraživanju smanjenja buke u pogonima tekstilne industrije, *Tekstil* 42, (1993.), 2, 77-82, ISSN 0492-5882,
- [110] Stanton, N., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E., Hendrick, H.: *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*, CRC PRESS, New York, 2005, ISBN 0415-28700-6
- [111] Stoffert, G.: Analyse und Einstufung von Körperhaltungen bei der Arbeit nach der OWAS– Methode, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 39, (1985), 31-38
- [112] Sušnik, J.: *Ergonomska fiziologija*, Didakta 1992., ISBN 86-7707-019-2
- [113] Šabarić, I., Brnada, S., Kovačević, S.: Application of the MODAPTS method with Inovative Solutions in the Warping Process, *FIBRES&TEXTILES in Eastern Europe* 21, (2013), 4, 55-59, ISSN 1230-3666

- [114] Šentija, A.: Osnove funkcionalne anatomije_B, hns_cff.hr>files>Anatomija UEFA B, pdf, pristupljeno 1.2. 2018.
- [115] Taboršak, D.: Studij rada, Tehnička knjiga, Zagreb, 1987., ISBN 86-7059-047-6
- [116] Tanković, A., Suljić-Beganović, F., Talajić, M., Lutvica, S., Kahrić, S.: Profesionalno oštećenje sluha bukom, www.ljkzedo.ba/sites/default/files/bilten/B22/06%20Tanković.pdf, pristupljeno 20.09.2016.
- [117] Tanković, A., Suljić-Beganović, F., Talajić, M., Lutvica, S., Lutvica, E., Goletić, A.: Utjecaj vibracija na ljudski organizam, Bilten ljekarske komore, ljkzedo.ba/sites/default/files/bilten/B20/05%20Utjecaj%20vibracija.pdf, pristupljeno 10.10.2018.
- [118] Tehnički leksikon, Leksikografski Zavod Miroslav Krleža, 30.09. - 21.12.2007., DENONA d.o.o., Zagreb, ISBN 978-953-268-004-1
- [119] Telebec, K.: Stres na radu-zašto, što i kako djelovati, Sigurnost 56, (2014.), 4, 381-384, ISSN 0350-6886
- [120] Telebec, S.: Procjena opasnosti za radna mjesta s računalom, Zbornik radova 1. stručno znanstvenog skupa „Zaštita na radu i zaštita zdravlja” Mijović, B. Vučinić J. (ur.), 27.09.-29. 09 2006., Bjelolasica, Hrvatska, 2006., 219-224, ISBN 978-953-7343-59-0
- [121] Telebec, S.: Stres na radu, Sigurnost i zaštita na radu, Kemija u industriji 65, (2016.), 1-2, 115-118, ISSN 0022-9830
- [122] Tenby, S.: Howavoid RSI; www.techsoup.org/lerningcentar/internet/pagr5258.cfm, pristupljeno 10.10.2018.
- [123] Trbojević, N.: Osnove zaštite od buke i vibracija, Udžbenik Veleučilišta u Karlovcu, Karlovac, 2011., ISBN 978-953-73343-53-8
- [124] Učur, M.Đ.: Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, Sigurnost 51, (2009.), 1, 31-36, , ISSN 0350-6886
- [125] Učur, M.Đ.: Zakon o zaštiti od buke, Sigurnost 52, (2010.), 1, 61-65, ISSN 0350-6886
- [126] Uho, www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63037, pristupljeno 31.01.2019.
- [127] Ujević, D. , Rogale, D., Hrastinski, M.: Tehnike konstruiranja i modeliranja odjeće, Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta, Zrinski d.d., Čakovec, Zagreb, 2000., ISBN 953-96408-1-4
- [128] Ujević, D., Rogale, D., Hrastinski, M., Dragčević, Z., Lazibat, T., Brlobašić Šajatović, B., Hrženjak, R., Doležal, K., Drenovac, M., Karbegović, I., Mimica, Ž., Smolej Narančić, N., Szirovicza, L.: Hrvatski antropometrijski sustav Priručnik, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2006., ISBN 953-7105-10-5
- [129] Varžić, D.: Primjena osobne opreme za zaštitu sluha, Sigurnost 52, (2010.), 3, 263-274, ISSN 0350-6886

- [130] Vergara, M., Page, A.: Relationship between comfort and back posture and mobility in sitting posture, *Applied Ergonomics* 33, (2002), 1, 1-8, ISSN 0003-6870
- [131] Vlaović, Z., Grbac, I., Bubić, A.: Utjecaj antropometrijskih veličina korisnika na tlakove pri sjedenju na uredskim stolicama, *Drvena industrija* 58, (2007.), 4, 183-191, ISSN 1847-1153
- [132] Vlaović, Z., Grbac, I., Domljan, D., Bubić, A.: Uredske radne stolice - istraživanje deformacija i indeksa udobnosti, *Drvena industrija* 61, (2010.), 3, 159-168, ISSN 1847-1153
- [133] Vlaović, Z.: Činitelji udobnosti uredskih stolica, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Doktorski rad, Zagreb, 2009.
- [134] Vučinić, J., Vučinić, Z., Pejnović, N.: Klimatski uvjeti radnog okoliša, *Sigurnost* 50, (2008.), 2, 123-128, ISSN 0350-6886
- [135] Wickens, C.D., Lee, J., Liu, Y., Becker, S.G.: *An Introduction to Human Factors Engineering*, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2004, ISBN 0-13-183736-2
- [136] www.dizzoconcept.com/-stolice-za-aktivno-sjedenje, pristupljeno 1.02.2019.
- [137] www.hzn.hr., pristupljeno 10.10.2018.
- [138] www.ieee.hr/download/repository/pred06.doc, pristupljeno 11.11.2018.
- [139] www.intrinsys.com, pristupljeno 15.11.2018.
- [140] www.iusinfo.hr>DailyContent, pristupljeno 11.11.2018.
- [141] www.medical-center.hr, pristupljeno 10.11.2018.
- [142] www.nexgenergo.com, pristupljeno 15.11.2018.
- [143] www.noisemeters.com/help/fag/frequency-weighting.asp, pristupljeno 28.01.2019.
- [144] www.zdravo-sjedenje.hr>ergonomske-uredske-stolice. pristupljeno 1.02.2019.
- [145] Yoo, H. S., Hu, Y.S., Kim E.A.: Effect of Heat and Moisture Transport in Fabrics and Garments Determined with a Vertical Plate Sweating Skin Model, *Textile Research Journal*, 70, (2000) 6, 542-549 , ISSN 0040-5175
- [146] Zaderbauer, E.: *Die Harmonie im Weltal*, Orion Verlag, Wien, 1917, ISBN 9783845701578
- [147] Zakon o zaštiti od buke, NN 20/03
- [148] Zavalčić, M.: Psihosocijalni rizici i zdravlje radnika, *Sigurnost* 57, (2015.), 3, 211-219, ISSN 0350-6886
- [149] Žunić, D., Geršak, J.: Oblikovanje delovnih mest v konfekciji industriji, *Tekstilec*, 34, (1991), 2-3, 79-84, ISSN 03513386
- [150] Žunić, R., Jemrić, B: Električno osvjetljenje, *Tehnička enciklopedija*, 4. svezak, 263-283, Hrvatski leksikografski zavod, Zagreb, 1973.

[Na Sadržaj>](#)

PRILOG

Popis oznaka i mjernih jedinica

$A(8)$	dnevna izloženost vibracijama	ms^{-2}
a_{hv}	razlika vibracija	ms^{-2}
Clo	toplinska otpornost odjeće	clo
E	rasvijetljenost	lx
E_z	evaporacija znoja-toplina odvedena isparavanjem	Wm^{-2}
ΣF_p	zbroj zabilješki pojedinog položaja	-
ΣF_s	zbroj zabilješki pojedine skupine položaja	-
h	visina	cm
I	jakost svjetlosti	cd
K	toplina dovedena/odvedena konvekcijom	Wm^{-2}
KET	korrigirana efektivna temperatura	$^{\circ}\text{C}$
K_o	toplina dovedena/odvedena kondukcijom	Wm^{-2}
L	sjajnost	cdm^{-2}
LA_{eg}	najviša dopuštena razina buke	dB (A)
L_{EX8h}	dnevna razina izloženosti buci	dB (A)
M	toplina proizvedena metabolizmom	Wm^{-2}
m	tjelesna masa	kg
M_{baz-m}	bazalni metabolizam muškaraca	kJmin^{-1}
M_{baz-z}	bazalni metabolizam žena	kJmin^{-1}
M_{rad}	radni metabolizam	kJmin^{-1}
NET	normalna efektivna temperatura	$^{\circ}\text{C}$
p	udio pojedinog radnog položaja	%
$P_{(peak)}$	vršna vrijednost zvučnog tlaka	Pa
PPD	indeks nezadovoljnih osoba	%
Q	nagomilana ili izgubljena toplina-zaliha	Wm^{-2}
R	toplina dovedena/odvedena zračenjem	Wm^{-2}
R_v	relativna vlažnost	%
s	starost	godine
T	trajanje dnevne izloženosti vibracijama a_{hv}	h
T_g	temperatura globus termometra	$^{\circ}\text{C}$
T_o	referentna vrijednost izloženosti u trajanju od 8 sati	h
t_p	trajanje pojedinog položaja	min
T_v	temperatura vlažnog termometra	$^{\circ}\text{C}$
T_z	temperatura zraka	$^{\circ}\text{C}$
v	brzina strujanja zraka	ms^{-1}
v	tjelesna visina	cm
$WGBT$	indeks toplinskog stresa	$^{\circ}\text{C}$
α	naklon glave	$^{\circ}$
β	kut linije pogleda prema horizontalnoj liniji	$^{\circ}$
Φ	svjetlosni tok	lm

Popis tablica

Tablica 1. Prikaz therbligsa (<i>Barnes, 1964.</i>)	3
Tablica 2. Utjecaji ozljeda na radu (<i>Čolović, 2014.</i>).....	11
Tablica 3. Duljine dijelova tijela kao funkcije visine (<i>Muftić i sur., 2011.</i>)	16
Tablica 4. Statički antropometrijski izmjeri sjedećeg položaja za žensku i mušku populaciju (<i>Muftić, 1984.</i>).....	24
Tablica 5. Raspon odstupanja i udjela pojedine antropometrijske veličine iskazane u percentilima (<i>Polajnar, Verhovnik, 2000.</i>).....	25
Tablica 6. Kinematički antropometrijski podaci gibanja glave, trupa, ruku i nogu (<i>Sušnik, 1992.</i>).....	26
Tablica 7. Odnos vanjske temperature i temperature, relativne vlažnosti i strujanja zraka u prostoriji (<i>Čolović, 2014.</i>)	46
Tablica 8. Izmjena zraka u satu po osobi (<i>Mikšić, 1997.</i>)	48
Tablica 9. Vrijednosti temperature zraka i vlažnosti zraka (<i>Mikšić, 1997.</i>).....	48
Tablica 10. Strujanje zraka i temperature zračenja okoline (<i>Mikšić, 1997.</i>).....	48
Tablica 11. ASHRAE ljestvica (<i>Balantič i sur., 2016.</i>)	49
Tablica 12. Kategorije toplinskog okoliša i utjecaj lokalne neugode (<i>Balantič i sur., 2016.</i>) .	50
Tablica 13. Referentne vrijednosti WGBT ovisno o razredu fizičke aktivnosti (<i>Balantič i sur., 2016.</i>).....	51
Tablica 14. Efektivna temperatura u odnosu na relativnu vlažnost, temperaturu zraka i brzinu strujanja zraka (<i>Balantič i sur., 2016.</i>)	52
Tablica 15. NET vrijednosti (<i>Balantič i sur., 2016.</i>).....	52
Tablica 16. Termalna izolacija u Clo (<i>Mijović, 2008.</i>)	53
Tablica 17. Radni metabolizam za muškarce i žene kod različitih vrsta rada (<i>Balantič i sur., 2016.</i>).....	55
Tablica 18. Radni metabolizam s obzirom na različite radne položaje (<i>Balantič i sur., 2016.</i>)	55
Tablica 19. Radni metabolizam s obzirom na vrstu aktivnosti (<i>Balantič i sur., 2016.</i>).....	56
Tablica 20. Rizik oštećenja sluha prema vremenu izlaganja buci (<i>Horvat, Regent, 2009.</i>).....	59
Tablica 21. Prikaz omjera duljine trajanja izloženosti i intenziteta buke (<i>Kroemer, Grandjean, 1999.</i>).....	61
Tablica 22. Prikaz dopuštenih razina buke s obzirom na vrstu djelatnosti (<i>NN 46/08</i>)	62
Tablica 23. Prikaz fotometrijskih veličina (<i>Podlipnik, 1978.</i>)	77

Tablica 24. Primjeri prikladnih razina osvjetljenja u radnim prostorijama (<i>Podlipnik, 1978.</i>)	80
Tablica 25. Minimalno i maksimalno lokalno i opće osvjetljenje (<i>Podlipnik, 1978.</i>)	81
Tablica 26. Postotak refleksije na radnim mjestima (<i>Podlipnik, 1978.</i>)	81
Tablica 27. Kutovi glave i vrata (<i>Kroemer, Grandjean, 1999.</i>)	98
Tablica 28. Pregled najčešće korištenih metoda za analizu položaja tijela pri radu (<i>Balantič i sur., 2016.; Stanton et al., 2005.; HZZZSR, HZO, 2019.</i>)	117
Tablica 29. Prikaz vrednovanja pokreta prema MODAPTS metodi (<i>Šabarić i sur., 2013.</i>)	119
Tablica 30. Matrica za ocjenu položaja ruku prema RULA metodi (<i>Balantič i sur., 2016.</i>)	123
Tablica 31. Matrica za konačnu ocjenu položaja tijela i ruku prema RULA metodi (<i>Balantič i sur., 2016.</i>)	124
Tablica 32. Matrica za ocjenu položaja tijela prema RULA metodi (<i>Balantič i sur., 2016.</i>)	124
Tablica 33. Prikaz ocjene opterećenja tijela RULA metodom (<i>Balantič i sur., 2016.</i>)	124
Tablica 34. Kategoriziranje boli prema trajanju, učestalosti i intenzitetu (<i>Stanton et al., 2005.</i>)	127
Tablica 35. Matrica za ocjenjivanje opterećenja radnika PLIBEL metodom (<i>Kemmlert, 1995.</i>)	131
Tablica 36. DMQ upitnik (<i>Hilderbrandt, 2019.</i>)	133
Tablica 37. Opterećenje/sila prema REBA metodi (<i>Stanton et al., 2005.</i>)	137
Tablica 38. Opterećenje/zahvat prema REBA metodi (<i>Stanton et al., 2005.</i>)	137
Tablica 39. Ocjena aktivnosti prema REBA metodi (<i>Stanton et al., 2005.</i>)	137
Tablica 40. Matrica za ocjenu položaja tijela prema REBA metodi (tablica A) (<i>Stanton et al., 2005.</i>)	137
Tablica 41. Matrica za ocjenu položaja ruku prema REBA metodi (tablica B) (<i>Stanton et al., 2005.</i>)	137
Tablica 42. Matrica za konačnu ocjenu položaja tijela i ruku prema REBA metodi (Ocjena C) (<i>Stanton et al., 2005.</i>)	138
Tablica 43. Prikaz ocjena opterećenja tijela REBA metodom (<i>Stanton et al., 2005.</i>)	139

Popis slika

Slika 1. Prikaz područja djelovanja ergonomije u sustavu čovjek-stroj-okolina (<i>Taboršak, 1987.</i>).....	1
Slika 2. Prikaz podjele ergonomije	3
Slika 3. Prikaz radnika za računalom (<i>Božić, 2016.</i>).....	5
Slika 4. Podjela motoričkih sposobnosti (<i>Čolović, 2014.</i>)	7
Slika 5. Ozljede prema vrsti oštećenja	10
Slika 6. Egipatski kanon (<i>Muftić, Milčić, 2000.</i>)	13
Slika 7. Kollmanov modul (<i>Muftić, Milčić, 2000.</i>)	14
Slika 8. Prikaz građe tijela (<i>Baksa, 2007.</i>)	14
Slika 9. Prikaz tipova tijela s obzirom na različite kanone visine glave (<i>Baksa, 2007.</i>).....	15
Slika 10. Polovina harmonijske kružnice i pridružena mreža kanona osam visina glave (<i>Muftić i sur., 2011.</i>)	16
Slika 11. Harmonijska kružnica s geometrijskim skeletnim modelom (<i>Muftić i sur., 2011.</i>)..	17
Slika 12. Digitalna vaga (<i>Ujević i sur., 2006.</i>).....	20
Slika 13. Antropometar (<i>Ujević i sur., 2006.</i>).....	20
Slika 14. Kljunasti klizni antropometar (<i>Ujević i sur., 2006.</i>)	20
Slika 15. Centimetarska vrpca (<i>Ujević i sur., 2006.</i>)	21
Slika 16. Kutomjer za mjerenje kosine ramena (<i>Ujević i sur., 2006.</i>)	21
Slika 17. Naprava za mjerenje visine tijela i duljine stopala (<i>Ujević i sur., 2006.</i>)	21
Slika 18. Pelvimetar	22
Slika 19. Kaliper.....	22
Slika 20. Prikaz ravnina (<i>Baksa, 2007.</i>)	23
Slika 21. Položaj statičkih antropometrijskih izmjera pojedinih dijelova tijela za sjedeći položaj (<i>Muftić, 1984.</i>)	23
Slika 22. Iskazivanje udjela i raspona tjelesne visine muške populacije pomoću percentila (<i>Polajnar, Verhovnik, 2000.</i>).....	24
Slika 23. Prikaz kostura čovjeka (<i>Šentija, 2018.</i>).....	27
Slika 24. Prikaz kostiju čovjeka (<i>Šentija, 2018.</i>)	28
Slika 25. Kutni zglob (<i>Šentija, 2018.</i>)	28
Slika 26. Obrtni (rotacijski) zglob (<i>Šentija, 2018.</i>)	29
Slika 27. Ravni zglob (<i>Šentija, 2018.</i>)	29
Slika 28. Jajoliki zglob (<i>Šentija, 2018.</i>)	29

Slika 29. Sedlasti zglob (<i>Šentija, 2018.</i>)	30
Slika 30. Kuglasti zglob (<i>Šentija, 2018.</i>)	30
Slika 31. Skeletni mišići (<i>Šentija, 2018.</i>)	31
Slika 32. Prikaz mišića ljudskog tijela (<i>Šentija, 2018.</i>)	31
Slika 33. Izometrična kontrakcija (<i>Šentija, 2018.</i>)	32
Slika 34. Izotonična kontrakcija (<i>Šentija, 2018.</i>)	32
Slika 35. Kinematički lanci čovjeka (<i>Horvat, 2008.</i>)	33
Slika 36. Dijelovi kralješnice (<i>Mijović, 2001.</i>)	33
Slika 37. Prikaz zakrivljenosti kralješnice za različite položaje tijela (<i>Doncij, Zacijorskij, 1979.</i>)	34
Slika 38. Pokretljivost kralješnice (<i>Mijović, 2001.</i>)	35
Slika 39. Prikaz naklona u stranu i naprijed - natrag (<i>Mijović, 2005.</i>)	35
Slika 40. Prikaz statičkog i dinamičkog rada (<i>Kroemer, Grandjean, 1999.</i>)	36
Slika 41. Maksimalno trajanje mišićnog napora (<i>Davis, Stubbs, 1977.</i>)	37
Slika 42. Podizanje tereta jednom rukom (<i>Baksa, 2007.</i>)	37
Slika 43. Dvoručno guranje i potezanje tereta (<i>Baksa, 2007.</i>)	38
Slika 44. Guranje tereta od tijela s jednom rukom (<i>Baksa, 2007.</i>)	38
Slika 45. Model radnog sustava (<i>Polajnar, 1999.</i>)	39
Slika 46. Obrada informacija kod čovjeka primljenih iz okoline (<i>Sušnik, 1992.; Polajnar, Verhovnik, 2000.</i>)	40
Slika 47. Model procesiranja informacija (<i>Polajnar i sur., 2003.</i>)	41
Slika 48. Međusobni utjecaj sustava čovjek-stroj-okolina (<i>Dragčević, Kirin, 2007.</i>)	41
Slika 49. Fiziološka kontrola topline i toplinske ravnoteže u tijelu (<i>Kroemer, Grandjean, 1999.</i>)	42
Slika 50. Produkcija topline (<i>Balantič i sur., 2016.</i>)	43
Slika 51. Odavanje topline normalno odjevenog čovjeka bez tjelesne aktivnosti (<i>Regent, 2017.</i>)	43
Slika 52. Posljedice pregrijavanja tijela (<i>Regent, 2017.</i>)	44
Slika 53. Prikaz elemenata toplinske udobnosti	45
Slika 54. Prikaz digitalnih termometara	47
Slika 55. Prikaz digitalnih higrometara	47
Slika 56. Prikaz anemometra	48
Slika 57. PPD kao funkcija PMV (<i>Balantič i sur., 2016.</i>)	49
Slika 58. Efektivna temperatura (<i>Balantič i sur., 2016.</i>)	51

Slika 59. Građa uha	58
Slika 60. Normirane krivulje A i C za frekvencijsko vrednovanje	60
Slika 61. Zvukomjer	63
Slika 62. Mehanički model ljudskog tijela (<i>Polajnar i sur., 2003.</i>).....	65
Slika 63. Translacija i rotacija dijelova tijela radnika u sjedećem položaju (<i>Mijović, 2005.</i>) .	66
Slika 64. Koordinatni sustav za cijelo tijelo u stojećem, sjedećem i ležećem položaju (<i>Tanković i sur., 2018.</i>)	67
Slika 65. Koordinatni sustav za sustav šaka-ruka (<i>Tanković i sur., 2018.</i>).....	67
Slika 66. Primjeri intenziteta vibracija koje proizvode često korišteni alati (<i>Griffin et al., 2016.</i>).....	68
Slika 67. Prikaz bijelih prstiju uzrokovanih vibracijama (<i>Regent, 2017.</i>)	70
Slika 68. Ljudsko oko.....	73
Slika 69. Prikaz vidnog polja (<i>Kroemer, Grandjean, 1999.</i>)	74
Slika 70. Postupak mjerenja Snellovom tablicom (<i>Čolić, 2016.</i>)	75
Slika 71. Snellovi optotipi (<i>Čolić, 2016.</i>).....	75
Slika 72. Vrsta osvjetljenja (1) indirektno, (2) poluindirektno, (3) direktno svjetlo (<i>Mikšić, 1997.</i>).....	78
Slika 73. Nepravilan raspored radnog stola i prozora (prozor bez zastora i smješten ispred radnog stola doprinosi bliještanju)	82
Slika 74. Pravilan raspored radnog stola i prozora u uredu	82
Slika 75. Kruithofov dijagram (<i>Mijović i sur., 2007.</i>).....	83
Slika 76. Prikaz čimbenika oblikovanja radnih mjesta (<i>Knez, Rogale, 1985.</i>)	85
Slika 77. Grafički prikaz ovisnosti visine sjedenja i visine radne površine o tjelesnoj visini radnika (<i>Polajnar, Verhovnik, 1999.; Žunić, Geršak, 1991.</i>).....	87
Slika 78. Položaj zdjelice određuje položaj lumbalne kralješnice (<i>Vlaović, 2009.</i>)	88
Slika 79. Prikaz položaja kralješnice pri pravilnom (b, e) i nepravilnom (a, c, d) sjedenju (<i>Mijović, 2005.</i>)	88
Slika 80. Prikaz sjedalice (<i>Polajnar, Verhovnik, 1999.</i>)	89
Slika 81. Teorijski model udobnosti i neudobnosti i njihovi čimbenici na razini čovjeka, sjedala i sustava (<i>Vlaović i sur., 2010.; Kirin i sur., 2014.</i>).....	90
Slika 82. Prikaz načina oblikovanja radnog mjesta temeljem visine radne sjedalice (<i>Balantić i sur., 2016.</i>)	91
Slika 83. Potrebne visine radne površine ovisno o preciznosti rada (<i>Kroemer, Grandjean, 1999.</i>).....	93

Slika 84. Grafički prikaz ovisnosti visine radne površine o tjelesnoj visini radnice (<i>Polajnar, Verhovnik, 1999.</i>).....	94
Slika 85. Prikaz radnih područja za stojeći radni položaj (<i>Polajnar, Verhovnik, 1999.</i>).....	94
Slika 86. Prikaz potrebnih visina radne površine kod stojećeg položaja (<i>Mikšić, 1997.</i>).....	95
Slika 87. Normalna vidna linija te granice vidnog polja u stojećem položaju (<i>Polajnar, 2000.</i>)	95
Slika 88. Radni dosezi u sjedećem radnom položaju (<i>Mikšić, 1997.</i>).....	96
Slika 89. Radni dosezi za sjedeći radni položaj (a) prikaz zona u horizontalnoj ravnini; (b) prikaz zona u vertikalnoj ravnini pri čemu je a - središnja radna zona, b - zona normalnog dosega, c - zona maksimalnog dosega (<i>Polajnar, Verhovnik, 1999.</i>).....	97
Slika 90. Radni dosezi za stojeći radni položaj: (a) prikaz zona u horizontalnoj ravnini; (b) prikaz zona u vertikalnoj ravnini pri čemu je: a - središnja radna zona, b - zona normalnog dosega, c - zona maksimalnog dosega (<i>Polajnar, Verhovnik, 1999.</i>).....	97
Slika 91. Prikaz udobnog naklona glave kod stajanja i sjedenja (<i>Kroemer, Grandjean, 1999.</i>)	98
Slika 92. Vidne osi: horizontalna vidna os (a), vidna os glave (b), normalna vidna os (c) (<i>Knez, Rogale, 1989.; Polajnar i sur., 2003.</i>).....	98
Slika 93. Vertikalna vidna polja: (a)optimalno vidno polje oka u mirovanju, (b)optimalno vidno polje s pomakom očiju, (c)optimalno vidno polje nastalo pomakom glave i očiju (<i>Knez, Rogale, 1989.; Polajnar i sur., 2003.</i>).....	99
Slika 94. Horizontalna vidna polja: (a) vidno polje jasnog pogleda oka u mirovanju, (b) vidno polje nastalo pomakom očiju, (c) vidno polje nastalo pomakom glave i očiju (<i>Knez, Rogale, 1989.; Polajnar, i sur., 2003.</i>).....	99
Slika 95. Vidno polje kod dvostrukog pogleda (<i>Polajnar i sur., 2003.</i>).....	100
Slika 96. Dijagram poslovanja (<i>Taboršak, 1987.</i>).....	103
Slika 97. Prikaz 3D modela čovjeka (<i>www.nexgenergo.com</i>).....	105
Slika 98. Prikaz simulacije čovjeka u radnom sustavu (<i>www.nexgenergo.com</i>).....	106
Slika 99. Mjesta na tijelu na kojima se javljaju bolovi prilikom neispravnog sjedenja (<i>www.iusinfo.hr>DailyContent</i>).....	108
Slika 100. Vidne zone kod rada s računalom (<i>Mijović et al., 2001.</i>).....	109
Slika 101. Oslonci za ruke punjeni želeom.....	110
Slika 102. Ergonomski oblikovano radno mjesto s računalom (<i>Kirin, 2010.^c</i>).....	111
Slika 103. Prikaz mogućnosti smještaja računala na radnoj površini (<i>Corn, Trstenjak, 2012.</i>)	112

Slika 104. Karakteristike koje utječu na udobnost sjedenja (<i>HZZZSR, HZO, 2013.</i>)	112
Slika 105. Prikaz uredske sjedalice (<i>Kirin, 2010.c</i>).....	113
Slika 106. Ergonomija radne sjedalice (<i>Crnoja, 2016.</i>).....	114
Slika 107. Prikaz sjedalica za aktivno sjedenje.....	115
Slika 108. Primjer lokalne rasvjete na radnom mjestu.....	116
Slika 109. Prikaz vrijednosti pomaka dijelova ruke s odgovarajućim MOD vrijednostima prema MODAPTS metodi (<i>Golabchi et al., 2015.</i>)	118
Slika 110. Prikaz radnih položaja ruke prema RULA metodi (<i>Balantič i sur., 2016.</i>)	121
Slika 111. Prikaz radnih položaja vrata, trupa i nogu prema RULA metodi (<i>Balantič i sur., 2016.</i>).....	122
Slika 112. Prikaz radnog mjesta u tehnološkom procesu šivanja	125
Slika 113. Prikaz anketnog upitnika prema NIOSH metodi (<i>Stanton et al., 2005.</i>)	127
Slika 114. Preglednica za ocjenu položaja tijela prema OWAS metodi (<i>Sušnik, 1992.</i>)	129
Slika 115. Prikaz radnih položaja tijela (trup, vrat, noge) prema REBA metodi (<i>Stanton et al., 2005.</i>).....	136
Slika 116. Prikaz radnih položaja ruku (nadlaktica, podlaktica, zapešće) prema REBA metodi (<i>Stanton et al., 2005.</i>).....	136
Slika 117. Matrica za analizu radnih položaja REBA metodom (<i>Stanton et al., 2005.</i>).....	138
Slika 118. Prikaz radnog mjesta u zdravstvu	139
Slika 119. Matrica za analizu radnih položaja REBA metodom kod analize radnice u zdravstvu	140
Slika 120. Osnovni faktori udobnosti odjeće (<i>Morishita et al., 1993.</i>).....	143
Slika 121. Faktori koji utječu na mikroklimu između odjeće i kože (<i>Yoo i sur., 2000.</i>)	144

Popis kratica

ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Airconditioning Engineers
DMQ	The Dutch Musculoskeletal Questionnaire
DR	Draught
ET	Efektivna temperatura
HAS	Hrvatski antropometrijski sustav
HAWS	Hand-arm Vibration Syndrome
KET	Korigirana efektivna temperatura
KIM	Key Indicator Method
LMM	Lumbar Motion Monitor
MODAPS	Modular Arrangement of Predetermined Time Standards
NET	Normalna efektivna temperatura
NIOSH	The National Institute for Occupational Safety and Health Method
OCRA	The Occupational Repetitive Actions
OWAS	Ovaco Working Analysis System
PDA	Physical Demands Analysis
PLIBET	A Method Assigned for Identification of Ergonomics Hazards
PMV	Predicted Mean Vote Index
PPD	Predicated Percentage of Dissatisfied
QEC	Quick Exposure Check
REBA	Rapid Entire Body Assessment
RULA	Rapid Upper Limb Assessment
SI	Strain Indeks
SMART	Scoring Method for Assessment of Repetitive Tasks
WBGT	Wet Bulb Globe Temperature
WBVS	Whole Body Vibration Syndrome

[Na Sadržaj >](#)

[Na početak >](#)