

# Opterećenje radnika u realnom proizvodnom procesu

---

**Novaković, Darija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:603192>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Darija Novaković

# **OPTEREĆENJE RADNIKA U REALNOM PROIZVODNOM PROCESU**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2018.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Darija Novaković

**WORKLOAD OF WORKERS IN THE  
REAL PRODUCTION PROCESS**

FINAL PAPER

Karlovac, 2018.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Darija Novaković

# **OPTEREĆENJE RADNIKA U REALNOM PROIZVODNOM PROCESU**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Mr.sc. Snježana Kirin, dipl. ing.

Karlovac, 2018.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 – 579



## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni studij: Stručni studij sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2018.

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Darija Novaković

Matični broj: 0415615016

Naslov: Opterećenje radnika u realnom proizvodnom procesu

Opis zadatka:

Tema završnog rada je opterećenje radnika u realnom proizvodnom procesu sa stajališta toplinske udobnosti. Toplinska udobnost radnika ovisi o temperaturi zraka, relativnoj vlažnosti zraka, brzini strujanja zraka, energetske potrošnji i odjeći. Energetska potrošnja se iskazuje putem metabolizma koji se sastoji od bazalnog i radnog. U eksperimentalnom dijelu rada, za staklopuhača iz realnog proizvodnog procesa, izračunat je bazalni i radni metabolizam s obzirom na radne položaje i podatke.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

Veljača, 2018.

Lipanj, 2018.

Rujan 2018.

Mentor:

Mr. sc. Snježana Kirin, dipl. Ing.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Dr.sc. Jovan Vučinić

## PREDGOVOR

*Ovom prilikom želim se zahvaliti mentorici mr.sc Snježani Kirin na strpljenju, pomoći i razumijevanju koje je imala za mene tijekom pisanja ovog završnog rada. Zahvaljujem se i svim profesorima Veleučilišta u Karlovcu, Odjela Sigurnosti i zaštite, na prenesenom znanju, vještinama i razumijevanju.*

*Veliko hvala mojim roditeljima Branku i Dragici, mom dečku Marku Bedenikoviću, mojoj braći Krunoslavu i Dejanu, te svim mojim prijateljima koji su bili uz mene kroz cijelo moje školovanje, bili mi podrška i pomogli mi da postanem osoba kakva sam danas.*

*Također se zahvaljujem Veleučilištu u Karlovcu što su mi omogućili da budem dio Erasmus programa i svoju stručnu praksu obavljam u Sloveniji. Zahvaljujem se i mentoru koji me je vodio kroz stručnu praksu u poduzeću Steklarna Rogaška, na nesebičnoj pomoći i prenijetom znanju dipl. ing. stroj. Dragi Pristovniku.*

*Hvala Vam!*

*Darija Novaković*

## SAŽETAK

U radu je dan prikaz parametara koji utječu na toplinsku udobnost radnika (temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, brzina strujanja zraka, odjeća i metabolizam).

U eksperimentalnom dijelu na radnom mjestu staklopuhača izračunato je ukupno opterećenje radnika putem bazalnog i radnog metabolizma te stupnja opterećenja s obzirom na trajanje pojedinog radnog položaja.

**KLJUČNE RIJEČI:** ergonomija, toplinska udobnost, metabolizam, radni metabolizam, bazalni metabolizam, staklarska industrija.

## SUMMARY:

This paper presents the parameters that affect the worker's thermal comfort (air temperature, relative humidity, air flow rate, clothing and metabolism).

In the experimental part of the workstation, the total load of the worker through the basal and working metabolism was calculated, as well as the degree of load with respect to the duration of each work position.

**KEY WORDS:** Ergonomics, thermal comfort, metabolism, working metabolism, basal metabolism, glassary industry.

## SADRŽAJ

|   |     |
|---|-----|
| ZAVRŠNI ZADATAK .....   | I   |
| PREDGOVOR.....  | II  |
| SAŽETAK.....  | III |
| SADRŽAJ.....  | IV  |
| <br>  |     |
| 1. UVOD.....  | 1   |
| 1.1. Predmet i cilj rada.....   | 2   |
| 1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....                           | 2   |
| 2. OPTEREĆENJA I NAPREZANJA U RADNOM OKRUŽENJU .....                      | 3   |
| 2.1. Vrste opterećenja i naprezanja u radnom okruženju .....              | 4   |
| 2.2. Ergonomski koeficijent - $K_{er}$ .....                              | 5   |
| 2.3. Mjerenja i stupnjevi.....  | 6   |
| 2.3.1. Fizička opterećenja.....   | 6   |
| 2.3.2. Toplinska opterećenja.....   | 7   |
| 2.3.3. Opterećenja vida.....  | 7   |
| 2.3.4. Opterećenje sluha.....   | 8   |
| 2.3.5. Opterećenje zbog doticaja sa aerosolima i plinovima i parama ..... | 8   |
| 2.3.6. Monotonija .....   | 9   |
| 3. MIKROKLIMATSKI PARAMETRI .....   | 10  |
| 3.1. Temperatura.....   | 11  |
| 3.2. Relativna vlažnost zraka.....  | 12  |
| 3.2.1. Apsolutna vlažnost.....  | 12  |



|  |    |
|--|----|
| 3.2.2. Maksimalna vlažnost .....                     | 13 |
| 3.3. Brzina strujanja zraka .....                    | 13 |
| 4. Odjeća.....                                       | 14 |
| 5. Toplinsko zračenje.....                           | 15 |
| 6. METABOLIZAM.....                                  | 16 |
| 6.1. Bazalni metabolizam .....                       | 18 |
| 6.2. Radni metabolizam.....                          | 19 |
| 6.3. Granica izdržljivosti.....                      | 19 |
| 6.4. Toplinsko okruženje.....                        | 20 |
| 6.5. Brzina rada.....                                | 21 |
| 6.6. Postupci za određivanje radnog metabolizma..... | 22 |
| 7. EKSPERIMENTALNI DIO.....                          | 25 |
| 7.1. O poduzeću Steklarna Rogaška d.o.o. ....        | 25 |
| 7.2. Radna mjesta. ....                              | 26 |
| 7.3. Mjerna oprema i metoda mjerenja .....           | 27 |
| 7.4. Rezultati i rasprava.....                       | 27 |
| <br>   |    |
| 8. ZAKLJUČAK.....                                    | 30 |
| 9. LITERATURA.....                                   | 32 |
| 10. PRILOZI .....                                    | 33 |
| 10.1. Popis slika. ....                              | 33 |
| 10.2. Popis tablica. ....                            | 34 |

## 1. UVOD

Riječ ergonomija sastavljena je od dviju grčkih riječi: ERGON (djelo, rad) i NOMOS (zakon, red). Pod pojmom ergonomije podrazumijevamo interdisciplinarno proučavanje radnih opterećenja i traženje olakšanja, kada opterećenje prouzrokuje neugodnost ili prekoračuje granicu tolerancije. Ergonomija kao interdisciplinarna znanost ima za cilj prilagoditi posao, sredstva rada i radni okoliš psihičkim i somatskim osobinama čovjeka, kako bi se uspostavili najoptimalniji odnosi između bioloških, tehničkih i ekoloških sistema. [1]

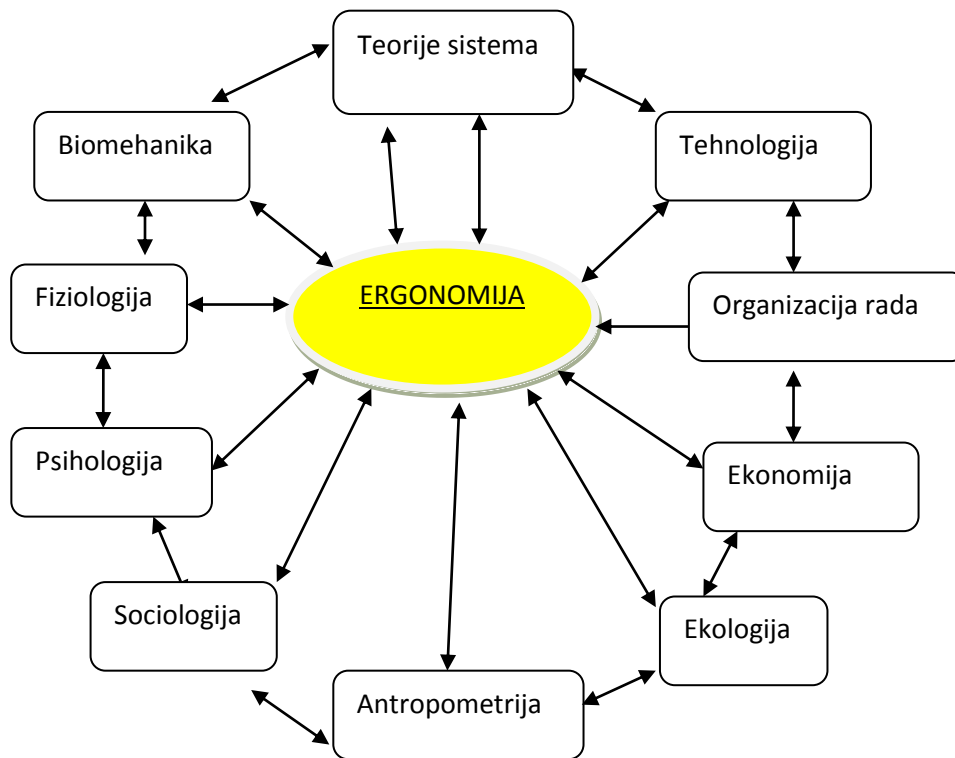
Opća podjela na poddiscipline zasniva se na specifičnim ljudskim osobinama i karakteristikama ljudske interakcije sa okolinom. Na ovaj način izdvojene su sljedeće poddiscipline:

Fizička ergonomija baci se anatomskim, antropometričkim, psihološkim i biomehaničkim karakteristikama ljudskog bića u njihovom odnosu sa fizičkom aktivnošću. Kao najvažnije teme kojom se bavi fizička ergonomija mogu se spomenuti opći stavovi o radu, rukovanje materijalima, ponavljajuće povrede uslijed jednoličnih pokreta, mišićno - koštani poremećaji, organizacija radnog prostora, sigurnost i zdravlje.

Kognitivna ergonomija odrađuje mentalne procese kao što su percepcija, pamćenje, mišljenje i motoriku i kako na njih utječe interakcija sa ostatkom promatranog sustava. Najvažniji aspekti uključuju mentalni napor, donošenje odluka, interakcija sa računalima, ljudska pouzdanost, radni stres.

Organizacijska ergonomija proučava optimizaciju socijalno – tehničkih sistema uključujući njihovu organizacijsku strukturu, pravila, i procese. Uključuje komunikaciju, organizaciju rada, timova i timski rad, komunalnu ergonomiju, kooperativni rad i menadžment.

S problemima i područjima koje ergonomija obuhvaća bave se brojne discipline između kojih se posebno izdvajaju fiziologija, psihologija, antropologija, sociologija, tehnologija, organizacija rada i druge. Kod isticanja primarne uloge čovjeka u procesu proizvodnje, pokušavaju se čim više uskladiti odnosi između čovjeka, radnih mjesta i radnih uvjeta kako bi se posao čim više humanizirao. [1]



Slika 1. Discipline koje se bave ergonomijom [1]

### 1.1. Predmet i cilj rada

Predmet i cilj ovog rada je prikazati opterećenje radnika putem energetske potrošnje, uz pomoć radnog i bazalnog metabolizam radnika.

### 1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

U izradi završnog rada korištena je stručna literatura najvećim dijelom iz stručne knjige. Za izradu završnog rada korištene su i skripte i prezentacije kojima je pristupljeno putem interneta.

Svi podatci su prikupljeni vlastitim sposobnostima pretraživanja i sastavljeni u jednu cjelinu koja tvori ovaj završni rad.

## 2. OPTEREĆENJA I NAPREZANJA U RADNOM OKOLIŠU

Za procjenu opterećenja i naprezanja na radnom mjestu se upotrebljavaju standardi, koji često uključuju tehničke specifikacije i precizna mjerila, koja služe kao smjernice, pravila ili postupci ispitivanja. Jačinu opterećenja možemo kod tjelesnog rada odrediti kvantitativno s obzirom na položaj tijela kod statičkog rada te kod teških dinamičkih radova.

Indeks radne sposobnosti je rezultat istraživačkog rada namijenjen praktičnoj uporabi na području zdravlja na radu i predstavlja alat za održavanje radne sposobnosti, te je zbog toga promocija zdravlja na radnom mjestu sve više bitna, budući da se sve više i više privatnih i javnih organizacija je svjesno da će uspjeh na globalnom tržištu biti moguć samo sa zdravom, kvalitetnom i motiviranom radnom snagom.

Opterećenja mogu biti fizička, psihička i ekološka, dok naprezanja mogu biti fizička ili psihička. Ako sustav djelovanja (opterećenja) i reakcije (naprezanja) nisu u ravnoteži, pojavljuju se: umor, ozljede, profesionalne bolesti, invalidnost i posljedično apsentizam, prezentizam i fluktuacija radnika. Sljedeće čimbenike moramo uvijek uzimati u obzir kod analize radnih mjesta, isto tako i kod planiranja i odlučivanja preporučenih radnih mjesta:

Opći čimbenici sigurnosti:

- Zgrada i radna mjesta
- Strojevi, uređaji i alati
- Sirovine, poluproizvodi, proizvodi, otpadni materijal
- Tehnološki procesi

Fizikalni čimbenici radnog okruženja:

- Toplina okoline
- Energija zračenja
- Mehanička energija

Kemijski učinci radnog okruženja:

- Plinovi i pare
- Aerosoli

Fizikalni i kemijski učinci radnog okruženja su glavni uzročnici profesionalnih oboljenja. Opterećenja djeluju na organizam preko kože, drugih prijemnika i sluznica. Odgovor organizma nazivamo naprezanje.

## 2.1. Vrste opterećenja i naprezanja u radnom okruženju

Radno okruženje u kojem radnik radi može biti jako različito. U odnosu čovjek- radno okruženje se pojavljuje problem, kada radno okruženje zbog tehnoloških postupaka jednostavno ne možemo prilagoditi čovjeku. Neprilagođena radna mjesta su česta u svakodnevi, te je zbog toga potrebno napraviti sve što je u našoj moći, da smanjimo i ograničimo potencijalno štetno djelovanje na čovjeka. Opterećenja koja dolaze iz okoline i utječu na čovjeka, mogu za njega predstavljati niski, težak ili potpuno neprihvatljiv teret.

Radno okruženje stoga stvara opterećenje koje nam je potrebno na kontaktnoj točki između čovjeka i radnog okoliša spriječiti ili ograničiti. Neki od ključnih elemenata koje možemo mjeriti sa fizikalnim parametrima su:

- Metabolizam
- Toplinska ograničenja
- Opterećenje vida
- Opterećenje sluha
- Opterećenje zbog doticaja s aerosolima
- Opterećenje zbog utjecaja plinova i para
- Opterećenje zbog monotonije
- Druga opterećenja ( opterećenja zbog radnih perioda, opterećenja zbog mehaničkih vibracija, opterećenja zbog ionizirajućeg zračenja i opterećenja zbog pod tlaka i nad tlaka).

Radno okruženje izravno utječe na fizičku, mentalnu, ekonomsku i socijalnu dobrobit radnika, i u konačnici također i na zdravlje njihovih obitelji, zajednice i društva. Pruža idealno okruženje i infrastrukturu za poticanje promocije zdravlja velikom broju ljudi. [1]

Opterećenja mogu biti fizička, psihička i ekološka, dok su naprezanja psihička ili fizička. Ako sistem akcije (opterećenja) i reakcije (naprezanja) nisu u ravnoteži, pojavljuju se umor, nesreće, profesionalna oboljenja, invalidnost i kao krajnja oboljenja apsentizam, prezentizam i fluktuacija radnika.

## 2.2. Ergonomski koeficijent - $K_{er}$

Opterećenja i naprezanja zauzimaju posebno mjesto između utjecaja koji smanjuju učinak radnika zbog gubljenja početne homeostaze i nastalog umora. Umoran radnik treba više energije da održi pravilan ritam rada. Kako bi se to spriječilo potrebno je organizirati rad sa više odmora i prekida unutar radnog vremena.

Kod toga nam može pomoći ergonomski koeficijent  $K_{er}$  koji uzima u obzir vrijeme, odnosno vrijeme za oporavak zbog određenih opterećenja kod izvršenja posla, ali nam ne određuje raspored odmora.

Metodološki tijek procjene ergonomskih opterećenja i naprezanja je sastavljen iz tri koraka:

1. korak: Analiziramo strukturu radnog vremena i procjenu radnog mjesta
2. korak: Provedemo potrebna mjerenja radnog mjesta
3. korak: Određivanje stupnja i vrednovanje opterećenja i naprezanja dobivenih u drugom koraku, izračun ergonomskog koeficijenta  $K_{er}$  i njegovo uvrštavanje u izračun norme.

Ergonomski koeficijent izračunamo po jednadžbi:

$$K_{er} = \frac{\text{broj točka opterećenja}}{\text{maksimalan broj točki opterećenja}} \cdot 0,3423 \quad (1.1)$$

Gdje je:

0,3423 – konstanta koja uravnotežuje izračun dodatnih koeficijenta  $K_n$  i  $K_o$  sa  $K_{er}$

$K_n$  – koeficijent napora

$K_o$  – koeficijent okoliša,

Maksimalan broj točki opterećenja je 21.

$K_{er}$  izračunamo sa vrednovanjem osam opterećenja:

- fizičko dinamičkih opterećenja
- fizičko statičnih opterećenja
- toplinska opterećenja
- opterećenja vida
- opterećenje zbog buke
- opterećenje zbog doticaja sa aerosola
- opterećenje zbog doticaja sa plinovima i parama
- opterećenja zbog monotonije.

## 2.3. Mjerenja i stupnjevi

Kod ergonomskeg koeficijenta mjerimo opterećenja koja smanjuju učinak radnika, te na taj način utječu na njega. Raspon stupnjevanja opterećenja je od 0 – IV stupnja, ovisno o tome u kojoj mjeri utječe na radnika.

### 2.3.1. Fizička opterećenja

Fizička opterećenja dijelimo na dinamička i statična. Sa metodom trenutnih opažanja (MTO) i analizom različitih položaja pri radu po Spitzer – Hettingerovim tablicama izračunamo opterećenja različitih poslova. Kod analize poslova upotrebljavamo metodu RULA ili OWAS. Raspon stupnjevanja kod dinamičkih opterećenja je od 0 - IV, dok je kod statičkih od 0- III.

Tablica 1. Fizička opterećenja - dinamička [1]

| Stupanj | Definicija   |
|---------|--|
| 0       | Jako lagan rad. Upotreba O <sub>2</sub> manja od 0,5 l/min. Puls ostaje na nivou pulsa u mirovanju (cca. 75/min). Bazalna / rektalna temperatura 37,1°C. Kalorična potrošnja manja od 175 W. |
| I       | Lagan rad. Upotreba O <sub>2</sub> od 0,5 do 1,0 l/min. Puls 75 - 100/min. Bazalna/ rektalna temperatura do 37,5°C. Kalorična potrošnja od 175 do 350 W.                                     |
| II      | Umjereno težak rad. Upotreba O <sub>2</sub> od 1,0 do 1,5 l/min. Puls 100 - 125/min. Bazalna/ rektalna temperatura do 37,5° - 38,5 °C. Kalorična potrošnja od 350 do 525 W.                  |
| III     | Težak rad. Upotreba O <sub>2</sub> od 1,5 do 2,0 l/min. Puls 125 - 150/min. Bazalna/ rektalna temperatura do 38,0° - 38,5°C. Kalorična potrošnja od 525 do 700 W.                            |
| IV      | Jako težak rad. Upotreba O <sub>2</sub> od 2,0 do 2,5 l/min. Puls 150 - 175/min. Bazalna/ rektalna temperatura do 38,5° - 39,0 °C. Kalorična potrošnja od 700 do 868 W.                      |

Tablica 2. Fizička opterećenja- statična [1]

| Stupanj | Definicija   |
|---------|--|
| 0       | Nema statičkih opterećenja ili su najmanja, te je zbog toga moguće izdržati dugo bez subjektivnog osjećaja umora u zahvaćenim mišićima.                          |
| I       | Kratkotrajna statična opterećenja, manje jačine sa kratkim odmorima ili dinamični pokreti istih mišićnih skupina kod kojih ne nastaje značajan subjektivni umor. |
| II      | Statička opterećenja jačeg intenziteta sa kratkim odmorima ili dinamički pokreti istih mišićnih skupina, međutim u njima nastaje subjektivan umor.               |
| III     | Teška statična opterećenja koja vode do prekida rada.  |

### 2.3.2. Toplinska opterećenja

Izmjerimo četiri klimatske veličine ( temperaturu, vlagu, brzinu gibanja zraka i toplinsko zračenje) i odredimo dvije ne klimatske veličine ( metabolizam i toplinsku otpornost odjeće. Odredimo efektivnu temperaturu ( ET) koju izmjerimo pri gotovo mirnom zraku ( $v = 0,1 \text{ ms}^{-1}$ ), zasićen sa vodenom parom ( relativna vlažnost zraka = 100% ) koja u čovjeku uzrokuje isti toplinski osjećaj kao kombinacija temperature, vlage i brzine gibanja zraka na radnom mjestu. Mogućnost stupnjevanja kod toplinskog opterećenja je od 0 – IV.

Tablica 3. Toplinsko opterećenja [1]

| Stupanj | Definicija          |
|---------|---------------------|
| 0       | Do 18 °ET           |
| I       | Do 20,4 °ET         |
| II      | Od 20,5 do 25,2 °ET |
| III     | Od 25,3 do 29,9 °ET |
| IV      | 30 °ET i više       |

### 2.3.3. Opterećenje vida

Istražujemo potrebnu oštrinu vida, osvjetljenost, svjetlost, kontrast svjetla i smjer pogleda. Kao potrebnu oštrinu vida odredimo dvostruku oštrinu vida sa kojom je moguće vidjeti najmanji radni detalj na radnoj udaljenosti. Mogući stupnjevi kod opterećenja vida su od 0 – II.



Tablica 4. Opterećenje vida [1]

| Stupanj | Definicija   |
|---------|--|
| 0       | Dnevna ili umjetna rasvjeta u skladu sa standardom za obavljanje posla |
| I       | Osvjetljenje koje odstupa za 10% od standarda                          |
| II      | Jake smetnje vida zbog bleštanja, jako slabog kontrasta.               |

#### 2.3.4. Opterećenje sluha

Mjerimo stupanj zvučnog tlaka u decibelima (dB) kod različitih frekvencija u hertzima (Hz). Privremeni pomak praga čujnosti po 8 – satnom ispostavljanju buci, određujemo tako da napravimo test sluha – audiometriju prije početka rada i odmah nakon njega.

Tablica 5. Opterećenje sluha [1]

| Stupanj | Definicija   |
|---------|--|
| 0       | Buka do 50 dB  |
| I       | Buka između 51 i 70 dB (A), koja ne ometa sporazumijevanje                                 |
| II      | Buka između 71 i 90 dB (A). Ometa sporazumijevanje, ali nije jako neugodno.                |
| III     | Jaka buka između 91 i 120 dB (A). koja utječe jako neugodno i jako ometa sporazumijevanje. |
| IV      | Buka iznad 120 dB (A).   |

#### 2.3.5. Opterećenje zbog doticaja sa aerosolima i sa plinovima i parama

Opterećenja prikazujemo kao dnevnu ispostavljenost koncentracijama i uspoređujemo ih sa maksimalno dozvoljenom koncentracijom (MDK). Mogući stupnjevi u oba slučaja su od 0 – II.

Tablica 6. Opterećenje zbog doticaja sa aerosolima [1],

| Stupanj | Definicija  |
|---------|---|
| 0       | Koncentracija je manja od 50% MDK. Nema oštećenje zdravlja zbog aerosola, plina i para.                                     |
| I       | Koncentracija od 50,1 % do 100% MDK. Oštećenje zdravlja zbog aerosola, plinova i para su rjeđe i u pravilu u lakšem obliku. |
| II      | Koncentracija je veća od 100% MDK. Oštećenje zdravlja zbog aerosola, plinova i para su češće i u težem obliku.              |

Tablica 7. Opterećenje zbog doticaja sa plinovima i parama [1]

| Stupanj | Definicija  |
|---------|---|
| 0       | Koncentracija je manja od 50% MDK. Nema oštećenje zdravlja zbog plinova i para.   |
| I       | Koncentracija od 50,1 % do 100% MDK. Oštećenje zdravlja zbog aerosola, plinova i para su rjeđe i u pravilu u lakšem obliku. |
| II      | Koncentracija je veća od 100% MDK. Oštećenje zdravlja zbog aerosola, plinova i para su češće i u težem obliku.              |

### 2.3.6. Monotonija

Monotonija je jedno od najgorih ljudskih osjećaja. Monotoniju izaziva jednolična svakodnevica u kojoj obavljamo iste radnje svaki dan.

Za procjenu monotonije upotrebljavamo rezultate ocjene analize radnog mjesta. Mogućnost stupnjevanja kod monotonije je od 0 – II.

Tablica 8. Monotonija [1]

| Stupanj | Definicija  |
|---------|---|
| 0       | Posao je uvijek jedinstven ili uopće nije jedinstven.   |
| I       | Posao je stavljen od malog broja zahvata koji su jednaki i vremenski ne promijenjeni, te su izvedeni pri jednakom radnom tlaku. |
| II      | Posao je sastavljen iz najjednostavnijih elementa rada, potpuno je nepromjenjiv i izvodi se pri velikom radnom tlaku.           |

### 3. MIKROKLIMATSKI PARAMETRI

Mikroklima predstavlja uvjete okoline na radnom mjestu, odnosno u prostoriji u kojoj se odvija rad. Tehnološki proces uvelike utječe na uvjete okoline, stoga će ljevaonica ili radionica za toplinsku obradu materijala imati znatno povišene temperature okoline i jako izražen prijenos topline zračenjem, dok hladnjača ima izrazito niske temperature. Radnici na radnom mjestu izloženi su utjecaju okoline. Nepovoljni mikroklimatski uvjeti mogu izazvati nelagodu kod zaposlenika, a u slučaju kada isti prijeđu fiziološke granice mogu uzrokovati povećani broj kroničnih bolesti krvožilnog sustava, a u krajnjem slučaju i toplinski udar. Također je važno da je radna odjeća i obuća primjerena vrsti rada, jer to utječe na osjećaj udobnosti prilikom obavljanja poslova. Na mikroklimu utječu sljedeći parametri:

- Temperatura
- Relativna vlažnost i
- Brzina strujanja zraka

Osim navedenih mikroklimatskih parametara na radnika i utječe i odjeća te toplinsko zračenje. Važno je naglasiti da poslovi koji se obavljaju u nepovoljnoj mikroklimi iz tehnoloških razloga predstavljaju poslove s posebnim uvjetima rada. Iz tog razloga zaposlenici na tim radnim mjestima obavezni su obavljati redovite liječničke preglede. Nakon dugotrajne izloženosti nepovoljnim mikroklimatskim uvjetima zaposlenicima prijete razvoj profesionalnih bolesti.

U svim radnim prostorijama moraju se i u ljetnom i u zimskom razdoblju osigurati povoljni uvjeti rada u pogledu temperature, vlažnosti i brzine kretanja zraka. Temperatura i relativna vlažnost u radnim prostorijama moraju biti projektirani i izvedeni u skladu sa standardom o tehničkim uvjetima za projektiranje i građenje zgrada. Važno je naglasiti da u prostorijama u kojima proces rada utječe nepovoljno na mikroklimatske parametre: temperaturu, relativnu vlažnost i brzinu strujanja zraka, postoji obveza ispitivanja tih parametara.

Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o zaštiti na radu za radne i pomoćne prostorije i prostore (NN 42/2005) propisuje, s obzirom na vrstu rada vrijednosti temperature, vlažnosti i brzine strujanja zraka prikazanih u tablici.

Tablica 9. Vrijednosti mikroklimatskih parametara [2]

| TJELESNO OPTEREĆENJE        | TEMPERATURA ZRAKA | RELATIVNA VLAŽNOST |
|-----------------------------|-------------------|--------------------|
| Rad bez fizičkog naprezanja | 20 °C – 24 °C     | 40 - 60%           |
| Lakši fizički rad           | 18 °C – 20 °C     | 40 - 60%           |
| Teški fizički rad           | 12 °C – 18 °C     | 20 – 60%           |

### 3.1. Temperatura

Temperatura je fizikalna veličina koja označava stanje topline određene tvari i mjeri se kinetičkom energijom atoma koji se međusobno sudaraju s velikom brzinom. Spuštanjem temperature se gibanje atoma se usporava i zaustavlja se pri apsolutnoj temperaturnoj nuli ( $0\text{ K} = -273,15^{\circ}\text{C}$ ). Temperatura je intenzivna veličina stanja. Dva tijela koja su u toplinskoj ravnoteži imaju jednaku temperaturu. Da bi se utvrdilo toplinsko stanje tijela, često se kao jedna od veličina stanja za mjerenje odabire temperatura, iako se ona zapravo ne može mjeriti izravno, već se za to iskorištavaju različite pojave jednoznačno povezane s temperaturom kao što su:

- Promjena volumena tijela s temperaturom (živin ili plinski termometar stalnog tlaka),
- Promjena tlaka plina s temperaturom pri stalnom volumenu (plinski termometar stalnog volumena),
- Promjena električnih svojstava tijela s temperaturom (otporni termometri, termoelementi, termoparovi, poluvodički termometri).

Danas postoji veći broj različito definiranih temperaturnih skala, od kojih se u SI sustavu smiju koristiti samo Kelvinova i Celzijeva skala. Instrumenti za mjerenje temperature mogu se podijeliti na:

- Živin termometar,
- Alkoholni termometar i
- Otporni temperaturni detektor.

Ako se koriste uređaji za klimatizaciju, oni moraju biti prilagođeni vrsti radova i tehnološkom procesu sukladno važećim tehničkim propisima. Pri korištenju uređaja za klimatizaciju preporuča se relativna vlažnost od 40 do 60%. Ako se u toplom razdoblju koriste uređaji za klimatizaciju, razlika između vanjske i unutarnje temperature, u pravilu, ne bi trebala biti veća od  $7^{\circ}\text{C}$ .

Ako uređaji za klimatizaciju ne postoje, potrebno je poduzimati druge odgovarajuće mjere za smanjenje temperature zraka u prostorijama.

### 3.2. Relativna vlažnost zraka

Relativna vlažnost zraka je fizikalna veličina kojom se iskazuje udio vodene pare u zraku ili u plinovima. Relativna vlažnost iznosi 0% kada je zrak potpuno suh, a 100% kada je zrak potpuno zasićen vodenom parom. Relativna vlažnost mjeri se najčešće vlagomjerom odnosno higrometrom. [3] Visoki sadržaj vlage u zraku nam ne odgovara u radnim prostorima jer je onemogućeno odvođenje vlage s ljudskih tijela, to jest ne može doći do rashlađenja organizma, nego je pojačano znojenje i zagrijavanje organizma. Zraka je količina vodene pare koja stvarno postoji u zraku u odnosu s onom koju zrak može zadržati pri toj temperaturi. Kada zrak ne može zadržati cijelu količinu vodene pare, ona se kondenzira kao rosa. Relativna vlažnost se izražava u postocima. Osim relativne vlažnosti zraka postoje još :

- Apsolutna i
- Maksimalna vlažnost zraka

#### 3.2.1. Apsolutna vlažnost

Količina vodene pare u gramima, koju sadrži 1 kilogram zraka, naziva se apsolutna vlažnost i označuje se s  $a$ ,  $w$  ili  $x$ . Apsolutna vlažnost je količina vlage koju sadrži jedinica mase zraka. Kod određene temperature može sadržavati samo neku maksimalnu količinu vlage, i u tom slučaju on je zasićen vlagom. Tako na primjer kod 20 °C zrak može sadržavati najviše 15,19 g/kg vlage.

Apsolutna vlažnost je fizikalna veličina koja opisuje vlažnost zraka, predstavlja količnik mase vodene pare  $m$  i obujma ili volumena zraka  $V$  u kojem se vodena para nalazi:

$$x = \frac{m}{V} \quad (1.2.)$$

Mjerna je jedinica apsolutne vlažnosti kilogram po kubičnom metru (kg/m<sup>3</sup>). [3]

Gdje su:

$x$  – apsolutna vlažnost (g/kg)

m – masa vodene pare (g)

V – volumen zraka (kg)

### **3.2.2. Maksimalna vlažnost zraka**

Maksimalna vlažnost zraka je najveća količina vodene pare koju može primiti  $1\text{m}^3$  zraka dok ne dođe do kondenzacije vodene pare. Izražava se u  $\text{gm}^{-3}$ . Maksimalna vlažnost zraka raste s porastom temperature.

### **3.3. Brzina strujanja zraka**

Brzina strujanja zraka u ventilacijskim kanalima i kroz otvore za dovod ili odvod zraka je omjer volumnog protoka zraka i površine poprečnog presjeka kanala, odnosno otvora kroz koji struji taj zrak. Unutar prostorija zrak se giba u određenom smjeru ili vrtložno i zbog razlika u temperaturi pojedinih slojeva zraka. Brzina strujanja zraka najčešće izražava se u m/s, a za mjerenje se koriste anemometri (kada se zrak giba u određenom smjeru) i katatermometri (kada je prisutno vrtložno strujanje zraka).

Brzina strujanja zraka u radnim prostorijama ovisi o vrsti rada i tehnološkim procesu, a ne smije biti veća od 0,5 m/s u zimskom razdoblju (temperatura vanjskog zraka do  $283\text{ °K}$ ), 0,6 m/s u prijelaznom razdoblju (temperatura vanjskog zraka od  $283\text{ °K}$  do  $300\text{ °K}$ ), odnosno 0,8 m/s u toplom razdoblju (temperatura vanjskog zraka preko  $300\text{ °K}$ ). Ukoliko se koriste uređaji za klimatizaciju brzina strujanja zraka na stalnom radnom mjestu ne smije biti veća od 0,2 m/s. [2]

## 4. Odjeća

Uz ostale mikroklimatske parametre odjeća je jednako bitan parametar zbog utjecaja na toplinsku udobnost radnika. Odjeća osigurava toplinsku izolaciju između ljudskog tijela i okoline i pomaže zadržati tijelo u primjerenom toplinskom stanju u različitim vremenskim situacijama. Zaštitnu odjeću je potrebno nositi u svim temperaturnim uvjetima, odgovarati mora vanjskoj temperaturi, vrsti posla i stupnju aktivnosti. Bolje je nositi više slojnu odjeću nego jedno slojnu, zrak između pojedinih slojeva je dobar izolator. U mokrim uvjetima odjeća mora biti vodootporna, u vjetrovitim ne smije propuštati vjetar, dok kod velike topline zrak koji je u toj prostoriji i utječe na nas, između pojedinih slojeva zrak se mora hladiti. Također moramo biti oprezni kod obavljanja posla sa golim rukama. Kod temperature od 16°C posao ne smijem obavljati dulje od 10 - 20 minuta, odnosno mora biti osigurana mogućnost grijanja ruku. Ako nije potreban precizan rad, tada su obavezne rukavice. Kod temperature od -17°C su preporučljive rukavice na jedan prst odnosno prstnici. Kod obuče moramo paziti da su nepropusne, dok istodobno cipele moraju osigurati ventilaciju kako ne bi došlo do prevelikog znojenja. Dno cipela mora biti dobro izolirano kako bi se spriječilo hladno zračenje podloge. U vlažnoj i vrućoj okolini je preporučljivo da smo što manje obučeni.

Ugodne toplinske razmjere osiguravamo sa primjerenom kombinacijom odnosa u okolini, napora i odjeće. Proizvodnju topline u tijelu određuje napor koji je potreban za obavljanje određene vrste posla i zbog toga na nju ne možemo puno utjecati (možemo ju smanjiti npr. sa mehanizacijom). Djelomično možemo utjecati sa hranom, npr. sa niskokaloričnom hranom u toplinskom okruženju, te sa dovoljno tekućine i dodavanjem potrebnih soli ili sa visokokaloričnom hranom u hladnom okruženju.

## 5. Toplinsko zračenje

Toplinsko zračenje je elektromagnetsko zračenje koje nastaje emitiranjem energije od čvrstih tijela, plinova i tekućina, zbog svoje topline. Uzrokuje ga termičko gibanje čestica (atoma, molekula, iona, i sl.). Intenzitet je jači što je temperatura tijela, plina ili tekućine veća. Primjer toplinskog zračenja je infracrveno zračenje koja emitiraju obični radijatori ili električni grijač.

Toplinsko zračenje ne možemo ukloniti sa prozračivanjem, zbog toga koristimo toplinsku zaštitu koja ne propušta ili propušta znatno manje toplinskog zračenja. Ploče izrađene od izolacijskog materijala na koje su spojene aluminijske folije postavimo između izvora topline i radnika. Kod rada u vrućoj okolini su osim neudobnosti, koja se obično vidi kod intenzivnijeg znojenja i povećanih otkucaja srca, posljedice mogu biti i ozbiljnije: toplinska iscrpljenost u najgorem slučaju toplinski udar koji može završiti smrću.

Za osobnu sigurnost kod rada od toplinskog zračenja koristimo odjeću sa visokom mogućnosti refleksije i od mraza odjeću i obuću koja štiti od mraza. Izračunavanje toplinskog zračenja vrši se pomoći WBGT indeksa ili HSI indeksa.

WBGT indeks ( Wet Bulb Globe Temperature indeks) za procjenu velikih opasnosti od topline izračunavamo po dvije formule:

Ako toplinsko zračenje nije izraženo (npr. Bez sunčeve svjetlosti – zatvoren prostor:

$$\text{WBGT} = 0,7 \cdot T_v + 0,2 \cdot T_g + 0,1 \cdot T_z \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (1.3.)$$

Ako je toplinsko zračenje izraženo ( rad pod utjecanjem sunčevog zračenja)

$$\text{WBGT} = 0,7 \cdot T_v + 0,3 \cdot T_g \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (1.4.)$$

$T_z$  = suha temperatura zraka ( $^\circ\text{C}$ )

$T_g$  = globus temperatura (temperatura solarne radijacije) ( $^\circ\text{C}$ )

$T_v$  = vlažna temperatura zraka ( $^\circ\text{C}$ )

HSI indeks (indeks po Beldingu i Hatchu) je biološko-fiziološki indeks koji uspoređuje količinu znoja, koji bi morao kod određene potrošnje energije i određene klime ishlapiti s površine tijela kako bi se održala toplinska ravnoteža sa količinom znoja koja u određenoj klimi može maksimalno ishlapiti. Sa HSI procjenjujemo također i slobodno vrijeme kod velikog toplinskog opterećenja. Jednadžba: [4]

$$\text{HSI} = \frac{E_{\text{potrebna}}}{E_{\text{maksimalna}}} \quad (1.5.)$$



## 6. METABOLIZAM

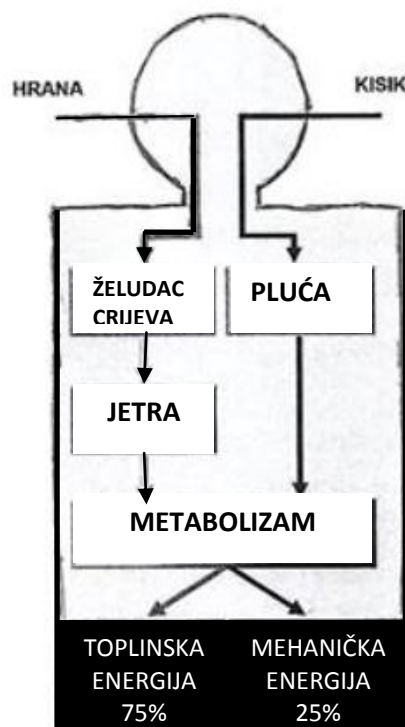
Metabolizam je zajednički naziv za procese u ljudskom tijelu koji pretvaraju kemijsku energiju u mehaničku energiju i toplinu. [1]

Metabolizam uključuje unos, razgradnju, dobavljanje, apsorpciju, iskorištavanje i preradu hranjivih tvari u svrhu iskorištavanja energije za životne procese. Jednostavno rečeno, bez metabolizma prestali bi postojati. Svaka osoba ima različit metabolizam te on ovisi prvenstveno o dobi, visini, težini, stanju treniranosti i sastavu tijela, koji se primarno odnosi na udio mišićne mase i masnog tkiva. Povećan udio mišićne mase a smanjen udio masnog tkiva ima veću tendenciju potrošnje kalorija pa je to jedan od bitnih razloga zbog kojeg treneri kroz povećanje mišićne mase reguliraju tjelesnu težinu svojih klijenata.

Ravnotežu u tijelu tijekom pružanja i potrošnje energije održava hrana, koja pruža nadomjestak za vodu, sol i sve druge tvari koje je tijelu potrebno za život, ali ih ne može sam proizvesti (vitamini i mnoge bjelancevine). [1]

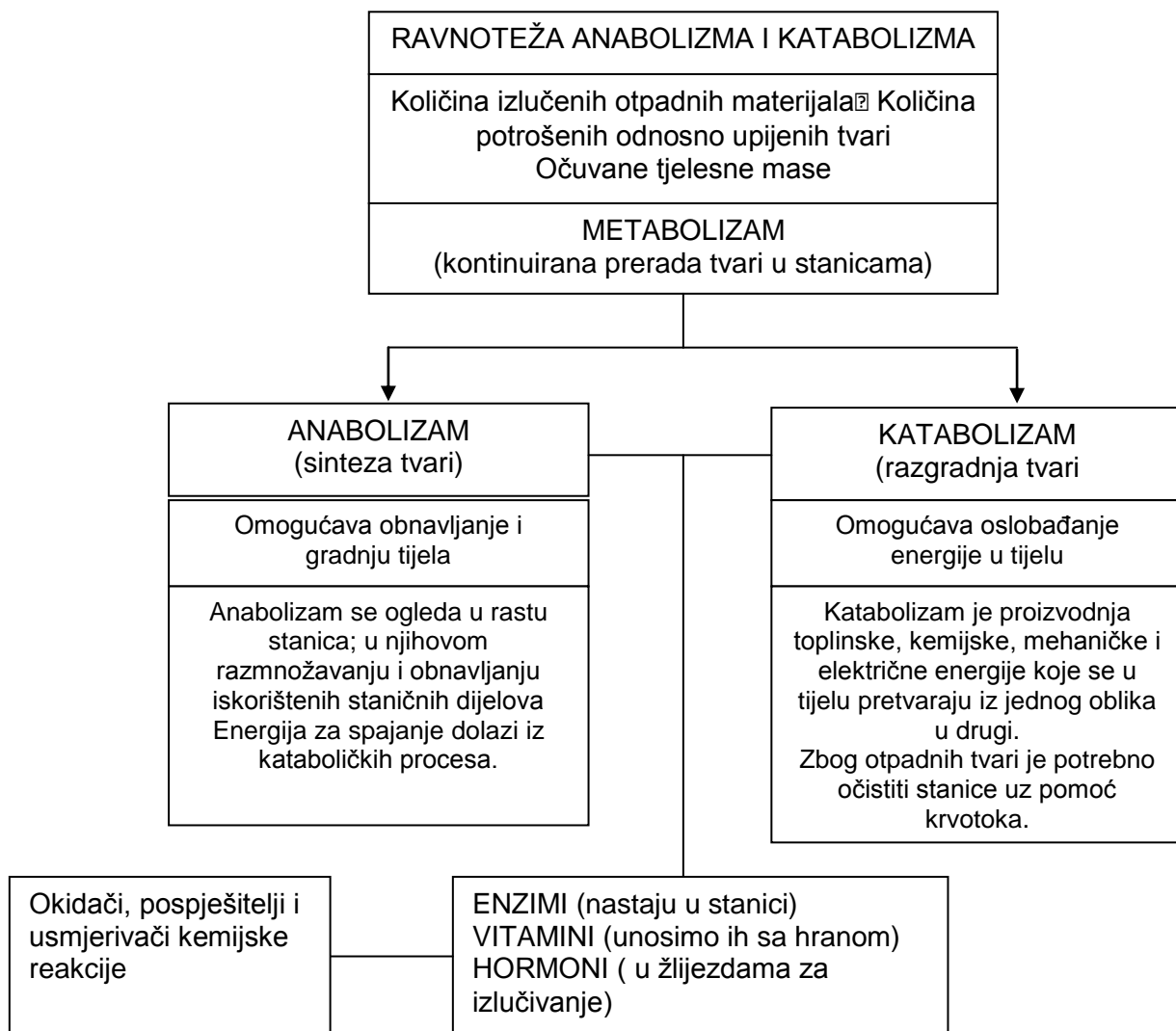
Ljudsko tijelo energiju treba za obavljanje životnih i radnih funkcija. Ako tijelo želi održati normalnu tjelesnu temperaturu, moraju se u njemu odvijati kemijski procesi i oslobađati toplina, tako da u tijelo uđe  $O_2$  i hrana (bjelancevina, ugljikohidrat i masti).

Metabolizam je stoga životni proces i označava mijenjanje kemijske energije (hrana) u toplinu (75%) i u mehaničku energiju (najviše 25%). Hrana dolazi u krv preko crijeva, dok su jetra tvornica kemijskih energije ( energetske rezerve – tvore glikogen odnosno šećer), krv odvodi hranu u stanice.



Slika 2. Metabolizam kod ljudi [1]

Metabolizam je složeni skup reakcija i proces u organizmu koji služe za izgradnju građevnih jedinica i razgradnju unesene hrane. Neku vrstu metabolizma posjeduju sva bića, a kod složenih bića je teško procijeniti točnu razinu energije koja je potrebna za normalno funkcioniranje. Reakcije metabolizma se generalno dijele na anabolizam i katabolizam. Anabolizam su svi procesi koji sudjeluju u izgradnji staničnih sastojaka, a katabolizam su sve reakcije i procesi koji sudjeluju u razgradnji hranjivih sastojaka.



Slika 3. Energetski proces u čovjeku[1]

Energija je mogućnost obavljanja rada i pojavljuje se kao kinetička, potencijalna, toplinska, svjetlosna, električna, itd. Jedinica za energiju, rad ili toplinu :

$$1\text{J} = 1\text{ N} \cdot \text{m} = 1\text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 1\text{ W} \cdot \text{s} \quad (1.6.)$$

Jedinica za snagu:

$$1\text{ W} = 1\text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3 = 1\text{ J/s} = 0,06\text{ kJ/min} \quad (1.7.)$$

$$1 \text{ kJ/min} = 16,67 \text{ J/s} = 16,67 \text{ W} \quad (1.8.)$$

U praksi za metabolizam se upotrebljava jedinica kJ/min ili W.

U čovjeku se zbiva bioenergetski proces. Radni metabolizam je obavezan i kod ocjenjivanja toplinskog okruženja na radnom mjestu. Bez njega nije moguće riješiti jednadžbu toplinske ravnoteže ljudskog tijela. Međunarodni standardi za toplinsku udobnost i opredjeljenje toplinskog okruženja upotrebljavaju ( $M_{\text{rad}}$ ) kao ovisnu varijablu.

## 6.1. Bazalni metabolizam

Bazalni metabolizam je skup svih biokemičkih procesa u tijelu koji se zbivaju bez obzira da li čovjek radi ili odmara, uvjet je za održavanje vitalnih funkcija tijela u stanju mirovanja (ležanje). Ovisi o masi, površini tijela, dob (u mladosti je bazalni metabolizam viši, u starosti niži), visina (viši ljudi imaju viši bazalni metabolizam). Bazalni metabolizam predstavlja najveći dio ukupnog metabolizma, odnosno ukupne potrošnje kalorija, naravno bazalni metabolizam je kod svake osobe drugačiji. Od 70-80% ukupne energetske potrošnje kod prosječne osobe odlazi na bazalni metabolizam, dok ostatak odlazi na radni metabolizam. Što je osoba fizički aktivnija tako se omjer mijenja. Najveći dio bazalnog metabolizma odnosi se na održavanje nivoa razine tekućine u tkivima organizma putem osmoregulacije, dok otprilike 10% ide na rad srca, probavu i disanje, te otprilike isti omjer na termogenezu odnosno održavanje stalne tjelesne temperature.

Izračun bazalnog metabolizma kod muškaraca i žena prikazuje se jednadžbom:

Izračun bazalnog metabolizma za muškarce:

$$M_{\text{baz}} = 0,193 + 0,0400 \times m + 0,01454 \times v - 0,0196 \times s \quad (1.9.)$$

Izračun bazalnog metabolizma za žene:

$$M_{\text{baz}} = 0,934 + 0,0287 \times m + 0,00538 \times v - 0,0136 \times s \quad (1.10.)$$

Izračun površine kože tijela po najviše puta upotrijebljenom načinu tj. po Du Boisovi formuli:

$$A_{\text{DU}} = 71,84 \times 10^{(-4)} \times m^{0,425} \times v^{0,725} \quad (1.11.)$$

$M_{\text{baz}}$  = bazalni metabolizam [kJ/min]

M = tjelesna masa [kg]

$v$  = tjelesna visina [cm]

$s$  = starost [godine]

$A_{DU}$  = površina kože tijela [ $m^2$ ]

Iz jednadžbe  $M_{baz}$  vidi se da bazalni metabolizam ovisi o antropometričkim veličinama. To također vrijedi i za  $M_{rad}$ . [1]

Trend mijenjanja bazalnog metabolizma u životu čovjeka je različit, ali uglavnom vidimo da se u ranoj mladosti povećava i svoju najveću vrijednost postiže oko dvadesete godine. Nakon toga bazalni metabolizam s godinama polako opada. Apsolutna vrijednost bazalnog metabolizma se razlikuje s obzirom na spol i životnu dob čovjeka.

## 6.2. Radni metabolizam

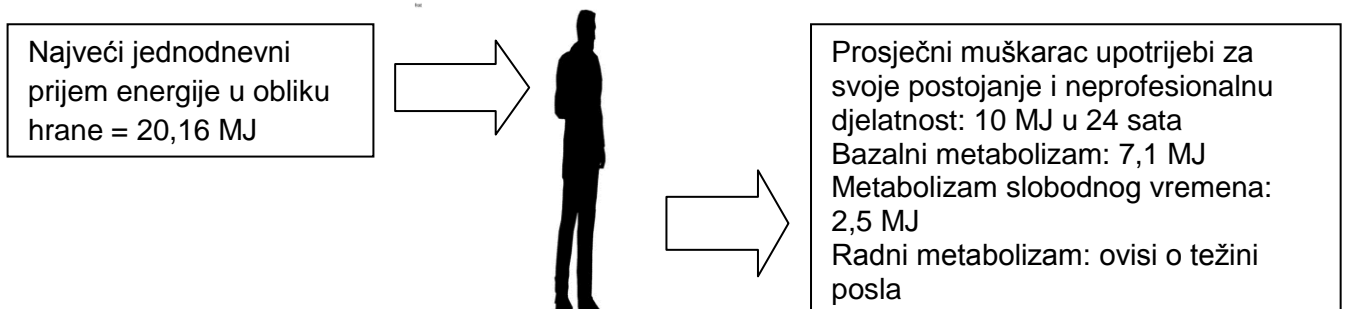
Radni metabolizam ( $M_{rad}$ ) predstavlja dio ukupne metaboličke energije koja se oslobađa u tijelu zbog ljudske fizičke aktivnosti, odnosno je onaj dio energije koje ljudsko tijelo oslobađa zbog radnog zadatka. Težina opterećenja ljudskog tijela ovisi o količini energije koja se oslobađa i procjenjuje se prema težini obavljanja radnog zadatka. Količina oslobođene energije određuje se na temelju protokola ili opisa dinamike mišićne aktivnosti koju čovjek obavlja tijekom rada.

## 6.3. Granica izdržljivosti

Granica izdržljivosti je opterećenje u kojem se ne pojavljuje nikakvo štetno djelovanje u 8-satnoj izloženosti. Kod dinamičkog mišićnog rada procjenjujemo sljedeće granice izdržljivosti:

Muški: 275,1-291,7 W (16,5-17,5 kJ/min)

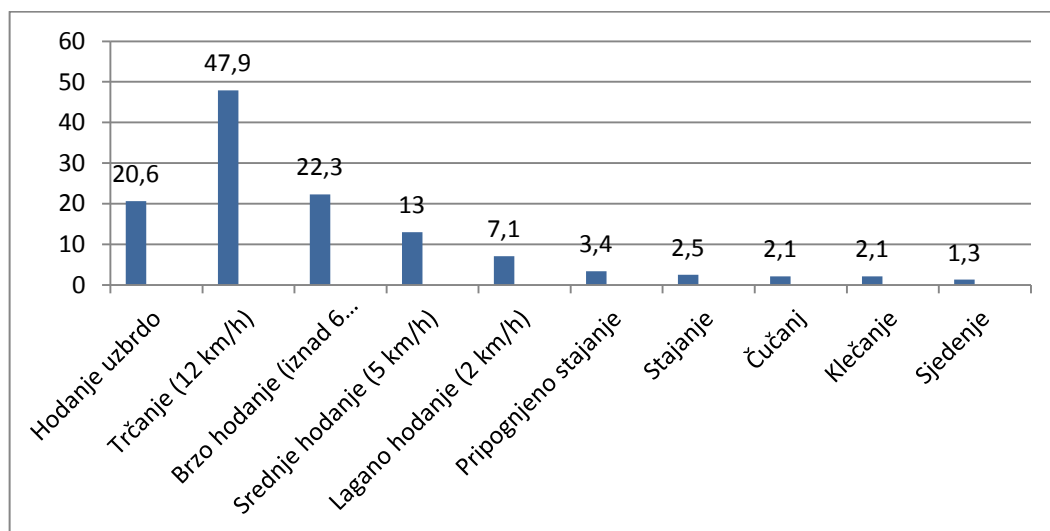
Ženske: 183,3-200,00 W (11,0-12,0 kJ/min)



Slika 4. Upotreba energije kod rada

Posao na radnim mjestima je obično dinamičan, što znači da su mišići prilično aktivni u skupljanju. Zbog aktivnosti mišića povećava se protok krvi i povećava se učestalost otkucaja srca. Potreban je cijeli opskrbeni lanac za prijenos kisika u stanice za što su potrebne crvene krvne stanice. Prosječna koncentracija hemoglobina je kod muških 158 g/l, dok je kod žena 140 g/l.

Čovjek za različite tjelesne aktivnosti treba više ili manje energije (slika 5). Potrošnja energije ovisi o tome koliko i koji mišići su u određenom trenutku aktivni. Ponekad je potrebno procijeniti potrošnju energije s obzirom na vrstu posla i zanimanja koju radnik obavlja. Spomenuli smo već da je bazalni metabolizam kod žena i muškaraca prilično velik, stoga je to polazna točka za određivanje relevantnih zanimanja. Razumljivo je da obavljanje određenih zanimanja, gdje dolazi do prevelikog opterećenja, ne može obavljati čovjek koji ne može raditi u aerobnom području.



Slika 5. Potrošnja energije [kJ/min] [1]

#### 4.4. Toplinsko okruženje

Na metabolizam utječe i toplinsko okruženje bez obzira što je utjecaj malen. Utjecaj odgovara za raspon od +10 °C do +30°C, tako da se bazalni metabolizam minimalno mijenja do temperature okolnog zraka -30°C sa pretpostavkom da je čovjek kod rada primjereno zaštićen od mraza. Ključna promjena se dogodi kada zbog mraza dolazi do podrhtavanja tijela odnosno do drhtanja mišića (grijanje mišića zbog male kontrakcije mišića). Upotreba kisika se također povećava do 6 puta, zbog toga se tada disanje ubrzava te se povećava i frekvencija srčanih otkucaja. Čovjek se može s odjećom zaštititi pred toplinskim

opterećenjem. Odjeća ga može zaštititi od mraza, dok po drugoj strani odjeća koja odbija toplinsko zračenje štiti čovjeka od radijacije. Jezgra i površina tijela su u udobnoj klimi kod težinskog omjera 50:50. U hladnom okruženju se žile krče, protok krvi se smanjuje, površina kože se ohladi i masa jezgre se smanjuje. Kod vrućeg okruženja je obrnuto, krvne žile se šire, protok krvi se povećava, površina kože se zagrijava dok masa jezgre postaje više volumenska.

Ako ne bi bilo toplinske izmjene čovjeku bi se povećala, već zbog bazalnog metabolizma, unutarnja temperatura za 1,2°C za sat vremena. Kod teškog fizičkog rada i u neprimjerenim toplinskim okruženjima se može u tijelu akumulirati toliko metaboličke temperature da može prouzročiti patološke reakcije. Zbog toga na radnim mjestima moraju biti takvi uvjeti koji omogućuju toplinsku izmjenu koja može ukloniti svu prekomjernu toplinu iz tijela. Opterećenja i slobodno vrijeme određujemo sa WBGT ili HSI indeksom.

#### 4.5. Brzina rada

Povećanje brzine rada odnosno radnog vremena izravno rezultira povećanje radnog metabolizma. Tablica 1 prikazuje radni metabolizam s obzirom na brzinu (v) kod obične tjelesne aktivnosti – hodanje po ravni. [1]

Tablica 10. Radni metabolizam ( $M_{rad}$ ) s obzirom na brzinu gibanja (v) kod aktivnosti- hodanje u ravni[1]

| Brzina gibanja (v) | Radni metabolizam, $M_{rad}$ <sup>1</sup> |       |
|--------------------|---|-------|
|                    | [kJ/min]                                  | [W]   |
| 2                  | 7,6                                       | 126,7 |
| 3                  | 10,8                                      | 180,0 |
| 4                  | 14,1                                      | 235,0 |
| 5                  | 18,0                                      | 300,1 |
| 6                  | 23,9                                      | 398,4 |
| 7                  | 31,9                                      | 531,8 |
| 8                  | 43,2                                      | 720,1 |

#### 4.6. Postupci za određivanje radnog metabolizma

Postupci za određivanje radnog metabolizma prikazuje Tablica 11. Izbor postupka ovisi o pitanjima, preciznosti i troškovima koje želimo riješiti na radnom mjestu.

Tablica 11. Postupci za određivanje radnog metabolizma[1]

| /                           | Postupci za određivanje radnog metabolizma                             |   |  |  |   |
|-----------------------------|--|---|--|--|---|
|                             | Rezultat   |   | Izračun  |  | Mjerenje                                    |
|                             | Klasifikacija po zanimanju   | Klasifikacija po prevladavajućim vrstama aktivnosti | Istraživanje pomoću tablica za ukupnu procjenu   | Istraživanje pomoću tablica za određivanje metabolizma | Mjerenja radnog metabolizma                 |
| <b>Područje primjene</b>    | Gruba ocjena radnog metabolizma  |   | Određivanje elementarnog radnog metabolizma kod radnih mjesta sa statičkim i dinamičkim mišićnim opterećenjima <sup>0</sup>    |  |   |
| <b>Značajke</b>             | -Niski troškovi<br>-Moguće su velike greške zbog velike varijabilnosti |   | Vrlo dobra korelacija između troškova i postizanja točnosti-upotrebe i postupka rada   |  | -Veliki troškovi<br>-Velika točnost podatka |
| <b>Studije tijekom rada</b> | Nije potrebna.   |   | Potrebna je.   |  |   |
| <b>Rezultati</b>            | Orijentacijski podatci za srednja opterećenja na radnom mjestu         |   | Točni podatci srednje dinamičkog mišićnog opterećenja na radnom mjestu.<br>Prepoznavanje dinamičnih točaka opterećenja mišića. |  |   |

Tablica 12. Radni metabolizam po vrstama aktivnosti (djelatnosti) [1]

| Raz. | Radni metabolizam      |                  |                       |                  | Vrsta prevladavajuće aktivnosti  | Primjer   |
|------|------------------------|------------------|-----------------------|------------------|--|---|
|      | Interval               | Srednja vrijedn. | Interval              | Srednja vrijedn. |  |   |
|      | [kJ/min]               |                  | [W]                   |                  |  |   |
| 1    | $M_{rad} \leq 8$       | 4                | $M_{rad} < 130$       | 65               | Mirno sjedenje, ručni rad, srednje teški jednoručni rad, lagani dvoručni rad | Rad u uredu, vožnja osobnog automobila  |
| 2    | $8 < M_{rad} \leq 12$  | 10               | $130 < M_{rad} < 200$ | 165              | Hodanje (3 km/h), teški jednoručni rad, srednje teški dvoručni rad           | Sjeckanje, čišćenje, vožnja motorom   |
| 3    | $12 < M_{rad} \leq 16$ | 14               | $200 < M_{rad} < 270$ | 235              | Hodanje (4 km/h), teški dvoručni rad, laki tjelesni rad                      | Slikanje, tapeciranje, polaganje pločica  |
| 4    | $16 < M_{rad} \leq 20$ | 18               | $270 < M_{rad} < 330$ | 300              | Hodanja (5 km/h), srednje teški tjelesni rad                                 | Ručno kopanje   |
| 5    | $20 < M_{rad} \leq 23$ | 21,5             | $330 < M_{rad} < 380$ | 355              | Hodanje (6 km/h), srednje teški tjelesni rad                                 | Prijevoz teških tereta, bacanje pijeska sa lopatom                                  |
| 6    | $23 < M_{rad} \leq 25$ | 24               | $380 < M_{rad} < 420$ | 400              | Hodanje (5° strmo, 4 km/h), teški tjelesni rad                               | Ručni rad s dljetom, posao sa pneumatskim čekićem                                   |
| 7    | $M_{rad} > 25$         | 28               | $M_{rad} > 420$       | 470              | Jako teški tjelesni rad  | Planinarenje, piljenje drva, ručno kovanje, hodanje po stepenicama ili po ljestvama |

Na radnom mjestu je jako bitna prevladavajuća aktivnost. Zapišemo veličinu i zatim možemo ocijeniti  $M_{\text{rad}}$  po srednjoj vrijednosti, to vrijedi za prosječnog čovjeka.

Radni metabolizam se razlikuje kod muškaraca i žena s obzirom na različite vrste rada, s obzirom na položaj tijela te na gibanje prilikom obavljanja rada.

Tablica 13. Radni metabolizam za muškarce i žene kod različitih vrsta rada[1]

| Vrsta posla         |            | $M_{\text{rad}}$ [kJ/ min] |                  |             |                  |
|---------------------|------------|----------------------------|------------------|-------------|------------------|
|                     |            | Muškarci                   |                  | Žene        |                  |
|                     |            | Interval                   | Srednja vrijedn. | Interval    | Srednja vrijedn. |
| Ručni rad           | Lagano     | < 2,4                      | 1,8              | < 2,2       | 1,6              |
|                     | Srednje    | 2,4 – 4,2                  | 3,5              | 2,2 – 3,8   | 3,2              |
|                     | Teško      | > 4,2                      | 4,8              | > 3,8       | 4,3              |
| Rad sa jednom rukom | 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              |
| Rad s obje ruke     | 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               | < 16,74     | 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             |
|                     | Jako teško | > 39,6                     | 46,8             | > 35,6      | 42,1             |

Tablica 14. Radni metabolizam kod različitih položaja tijela kod muškaraca i žene[1]

| Položaj tijela     | $M_{\text{rad}}$ [kJ/min] |      |
|--------------------|---------------------------|------|
|                    | Muškarci                  | Žene |
| Sjedenje           | 1,2                       | 1,1  |
| Klečanje           | 2,4                       | 2,2  |
| Čučanj             | 2,4                       | 2,2  |
| Stajanje           | 3,0                       | 2,7  |
| Pripognuti položaj | 3,6                       | 3,2  |



Tablica 15. Radni metabolizam kod gibanja tijela muškaraca i žena[1]

| Aktivnosti i radni uvjeti   | M <sub>rad</sub> ovisno o brzini [kJ/min] |       |
|---|---|-------|
|   | Muškarci                                  | Žene  |
| <b>Hodanje po ravnom 2-5 km/h:</b>                                      |   |       |
| Lagano hodanje  | 13,2                                      | 11,9  |
| <b>Hodanje uzbrdo 3-5 km/h:</b>   |   |       |
| Penjanje uzbrdo s nagibom 5°  | 25,2                                      | 22,7  |
| Penjanje uzbrdo s nagibom 10°   | 43,2                                      | 38,9  |
| <b>Hodanje nizbrdo 3-5 km/h:</b>  |   |       |
| Hodanje nizbrdo s nagibom 5°  | 7,2                                       | 6,5   |
| Hodanje nizbrdo s nagibom 10°   | 6,0                                       | 5,4   |
| <b>Hodanje sa teretom po horizontalnoj površini, 3-5 km/h:</b>          |   |       |
| 10 kg tereta  | 10,2                                      | 9,2   |
| 30 kg tereta  | 22,2                                      | 20,0  |
| 50 kg tereta  | 34,2                                      | 30,8  |
| <b>Penjanje po nagnutoj ljestvi – podizanje sa brzinom 9 - 11 m/min</b> |   |       |
| Bez tereta  | 199,2                                     | 179,3 |
| 10 kg tereta  | 224,4                                     | 202,0 |
| 50 kg tereta  | 398,4                                     | 358,6 |
| <b>Penjanje po okomitoj ljestvi – podizanje sa brzinom 12 m/min:</b>    |   |       |
| Bez tereta  | 243,6                                     | 219,2 |
| 10 kg tereta  | 280,2                                     | 252,2 |
| 50 kg tereta  | 570,0                                     | 513,0 |

Tablica 16. Tablica za vrednovanje metabolizma kod rada[1]

| Stupac 1 | Stupac 2         | Stupac 3          |                            |          | Stupac 4           |          | Stupac 5            | Stupac 6                 |
|----------|------------------|-------------------|----------------------------|----------|--------------------|----------|---------------------|--------------------------|
| Red. Br. | Radne aktivnosti | Radni metabolizam |                            |          | Skupni metabolizam |          | Stupanj opterećenja | Vrijeme radne aktivnosti |
|          |                  | Vrsta rada        | Položaj ili gibanje tijela | Ukupno   |                    |          |                     |                          |
|          | [kJ/min]         |                   |                            | [kJ/min] | [W]                | [kJ/min] | [W]                 | [min]                    |

Oznaka stupaca:

Stupac 1 - redni broj radne aktivnosti

Stupac 2 - definirana radna aktivnost

Stupac 3 – ulazni podatci za izračun radnog metabolizma ( tablica 5,6 i 7)

Stupac 4 – ukupni metabolizam za vrijeme trajanja radnje aktivnosti [kJ/min] i [W]

Stupac 5 – Stupanj opterećenja

Stupac 6 – Vrijeme trajanja pojedine radne aktivnosti [min]

## 5. EKSPERIMENTALNI DIO

U ovom radu provedeno je mjerenje gdje je izmjeren ukupni metabolizam za radnika na radnom mjestu staklopuhača u poduzeću Steklarna Rogaška d.o.o.

Cilj provođenja ovog mjerenja je utvrditi koliki je radni metabolizam radnika koji obavlja cijeli proizvodni proces, od nakupljanja staklene mase do proizvodnje gotovog proizvoda. Prilikom provođenja ispitivanja radnik je nosio odgovarajuća osobna zaštitna sredstva i opremu te obavljao rad kao i svakodnevno.

Mjerenje je provedeno u dva djela: u prvom djelu se vrši izračunavanje bazalnog metabolizma, a u drugom djelu izračun ukupnog metabolizma radnika.

Vrijeme provođenja ovog eksperimentalnog djela odvijalo se 20.04.2018. u jutarnjim satima na lončenoj peći na radnom mjestu staklopuhača. Za vrijeme provođenja eksperimentalnog dijela radnik je izrađivao stakleni vrč.

Zbog zaštite osobnih podataka i tehnologije izrade nismo u mogućnosti prikazati slike izrade proizvoda.

### 5.1. O poduzeću Steklarna Rogaška d.o.o.

Steklarna Rogaška Slatina izgrađena je 1926. godine, imala je svoju prethodnicu Steklarnu u Zagorju ob Savi. Nakon prestanka rada Steklarne Zagorje ob Savi, radnici su počeli radi u Steklarni Rogaška Slatina. Steklarna je od 1926. godine do sada preživjela veliko promjena, tehnologija se razvila na viši nivo, poboljšala se kvaliteta staklenih predmeta, pridobila međunarodno priznato ime, istodobno su se i radni uvjeti drastično promijenili. Zbog industrijske proizvodnje stakla i većeg obujma posla bilo je potrebno zaposliti veći broj ljudi, a tehnologiju prilagoditi što bržoj izradi i dobroj kvaliteti proizvoda. Sve to zahtjeva od radnika, koji svoj posao kod staklarskih peći u većini još uvijek obavljaju ručno ( sa spretnošću ruku i snagom plućnog kapaciteta) , veliku koncentraciju, preciznost i radni elan u dosta teškim radnim uvjetima.

Proizvodnja stakla počinje naravno od sirovina koje su potrebne za nastanak staklenog proizvoda. To su: silicijev pijesak, olovo oksid, natrijev karbonat, kalijev karbonat i kalcit. Sve te sirovine se u miješaonama u automatskoj miješalici miješaju i u pravilnom razmjeru s računalnim nadzorom. Smjesa se nakon toga putem posebnih cjevovoda transportira do lončenih peći gdje počinje postupak taljenja smjese u staklarskoj peći na temperaturi od 1450°C. Prije početka izrade staklenog proizvoda, u odjelu priprave modela, naprave

odgovarajuću skicu ako se radi o zahtjevnijim proizvodima na temelju koje programer izradi program za izradu modela koji se kasnije oblikuje na CNC stroju. Modeli za manje zahtjevnije proizvode ili proizvode različitih oblika izrađuju u drvanoj radioni iz bukovog drva, u kojem staklari oblikuju svoje proizvode. Kod izrade staklenog proizvoda u ručnoj proizvodnji sudjeluju: majstor, dva pomoćnika, nabiratelj staklene mase, krugličar, stiskatelj i odnašatelj. Kod svog rada upotrebljavaju staklarske pipe, staklarske škare, pincete, različite oblikovatelj, itd. Kada je proizvod ispuhan hladi se u posebnih hladnjacima – peći za popuštanje napetosti stakla ( od temperature 500°C do potpuno ohlađenog proizvoda). Proizvod nakon hlađenja ide u daljnju obradu koja se sastoji od raznih postupaka: vizualni pregled, rezanje otpadne staklene kape, označivanje, grubo i fino brušenje, kiselinsko poliranje, ponovni vizualni pregled, pakiranje i transport diljem svijeta. Put i vrijeme koje protekne između pripreme za proizvodnju do gotovog proizvoda za prodaju, je dug i zahtjevan, te prilično težak rad radnika kod staklenih peći.

## **5.2. Radna mjesta**

Izračunavanje bazalnog i radnog metabolizma je izvedeno na radnom mjestu gdje jedan radnik obavlja niz specifičnih radnji kako bi se iz proizveo jedan gotov proizvod. Radnik obavlja sljedeće radnje:

Nabire staklenu masu- Iz staklarske peći kroz mali otvor na staklarsku pipu nabire dovoljnu količinu vruće staklene mase, malo ju napuhne i ponovno uzima veću količinu staklene mase za ispuhivanje kuglice.

Oblikovanje kuglice - oblikuje kuglicu primjerene veličine na koju ponovno iz otvora na peći uzima dovoljnu količinu staklene mase za daljnju obradu.

Preoblikovanje- Uz pomoć alata (preoblikovalnika) dalje oblikuje staklenu masu zatim ju stavi u model i djelomično ispuha.

Dorada - djelomično ispuhan proizvod se dorađuje, dodaje se manja količinu staklene mase na pojedina mjesta gdje će proizvod imati poseban oblik, masu zatim ponovno zagrije i oblikuje do sljedeće faze.

Završavanje faze oblikovanja- Zaključava se faza proizvodnje tog proizvoda i odnosi gotov proizvod na posebnom alatu u peć za popuštanje napetosti stakla.

### 5.3. Mjerna oprema i metoda mjerenja

Ekperimentalni rad je napravljen na temelju Tablica broj 13,14 i 16, te na temelju jednadžbe broj 1.9. Podatci su obrađeni u wordu. Oprema koja je korištena je: papir, olovka, kalkulator, zaporna ura.

### 5.3. Rezultati i rasprava

Posao izrade jednog staklenog artikla obavlja jedan radnik iz radne brigade. Radnik koji obavlja rad nema nikakvih zdravstvenih ograničenja, star 35 godina, visok 183 cm i težak 85 kilograma. Bazalni metabolizam za izabranog muškog radnika se izračunava po formuli:

$$M_{\text{baz}} = 0,193 + 0,0400 \times m + 0,01454 \times v - 0,0196 \times s \quad (1.9.)$$

$$M_{\text{baz}} = 0,193 + 0,0400 \times 85 \text{ kg} + 0,01454 \times 183 \text{ cm} - 0,0196 \times 35 \text{ g}$$

$$M_{\text{baz}} = 5,57 \text{ kJ/min ili } 92,85 \text{ W}$$

Za izračunavanje ukupnog metabolizma radnika koristit ću dobiveni podatak za bazalni metabolizam u iznosu od 5,57 kJ/min, odnosno 92,85W.

Tablica 17 prikazuje vrednovanje radnog i izračun skupnog metabolizma za pojedine radne aktivnosti u određenom vremenu. Za izračun ukupnog metabolizma u stupcu 4 koristili smo izračun bazalnog metabolizma koji smo izračunali ranije i iznosi 5,57 kJ/min ili 92,85 W te ga pribrojili ukupnom radnom metabolizmu iz stupca 3.

Stupanj opterećenja odredili smo na temelju Tablice 1 koja prikazuje fizička opterećenja kod dinamičkog rada.

Tablica 17. Izračun ukupnog metabolizma staklopuhača kod izrade staklenog vrča

| Stupac 1      | Stupac 2   | Stupac 3          |                            |        |          | Stupac 4   |          | Stupac 5            | Stupac 6         |
|---------------|--|-------------------|----------------------------|--------|----------|--|----------|---------------------|------------------|
| Red. Br.      | Radne aktivnosti   | Radni metabolizam |                            |        |          | Ukupni metabolizam<br>(Bazalni 5,57 kJ/min tj. 92,85W + Radni) |          | Stupanj Opterećenja | Vrijeme trajanja |
|               |  | Vrsta rada        | Položaj ili gibanje tijela | Ukupno |          |  |          |                     |                  |
|               |  | [kJ/min]          | [kJ/min]                   | [W]    | [kJ/min] | [W]  | [min]    |                     |                  |
| 1.            | Priprema staklarske pipe (laki dvoručni rad + stajanje)  | 7,8               | 3,0                        | 10,8   | 180,0    | 16,37  | 272,89   | I                   | 0,10             |
| 2.            | Dolazak do peći za nabiranje staklene mase (hodanje po ravnoj podlozi 2-5 km/h)                                  | 0,00              | 13,2                       | 13,2   | 216,71   | 18,57  | 309,56   | I                   | 0,10             |
| 3.            | Nabiranje staklene mase (lagani dvoručni rad + stajanje)   | 10,0              | 3,0                        | 13,0   | 216,71   | 18,57  | 309,56   | I                   | 0,30             |
| 4.            | Oblikovanje kuglice iz staklene mase (lagan dvoručni rad + stajanje)   | 10,0              | 3,0                        | 13,0   | 216,71   | 18,57  | 309,56   | I                   | 0,15             |
| 5.            | Ispuhivanje staklene kuglice (lagan dvoručni rad + stajanje)   | 10,0              | 3,0                        | 13,0   | 216,71   | 18,57  | 309,56   | I                   | 0,10             |
| 6.            | Ponovno nabiranje staklene mase (lagan dvoručni rad + hodanje po ravnoj podlozi 2-5 km/h)                        | 7,8               | 13,2                       | 21     | 350,07   | 26,57  | 442,92   | II                  | 0,20             |
| 7.            | Ispuhivanje u model (srednji dvoručni rad + pripognuti položaj)  | 10,2              | 3,6                        | 13,8   | 230,0    | 19,37  | 322,90   | I                   | 0,30             |
| 8.            | Poliranje dna vrča (srednji dvoručni rad + stajanje)   | 10,2              | 3,0                        | 13,2   | 220,04   | 18,77  | 312,90   | I                   | 0,15             |
| 9.            | Oblikovanje drške vrča (srednji dvoručni rad + sjedenje)   | 10,2              | 1,2                        | 11,4   | 190,03   | 16,97  | 276,22   | I                   | 0,30             |
| 10.           | Odnašanje artikla u peć za popuštanje napetosti stakla (dvoručni teški rad + hodanje po ravnoj podlozi 2-5 km/h) | 12,6              | 13,2                       | 25,8   | 430,09   | 31,37  | 522,94   | III                 | 0,10             |
| <b>UKUPNO</b> |  |                   |                            |        |          | 203,40   | 3 389,01 |                     | 1,80             |

Rezultati su dobiveni na temelju izračuna bazalnog i radnog metabolizma, kojeg smo izračunali s obzirom na vrstu rada i položaj odnosno gibanje tijela prilikom rada. Izračun je dobiven po postupcima rada.

Najmanji ukupni metabolizam ima radnik prilikom pripremanja sredstva za rad, odnosno staklarske pipe na koju nabire staklenu masu i na kojoj se oblikuje do gotovog proizvoda, s razlogom jer se u tom postupku ulaže najmanji napor i nije teški fizički rad.

Najveći ukupni metabolizam je u zadnjoj fazi izrade artikla i to kod odnošenja gotovog proizvoda u peć za popuštanje napetosti stakla, jer je artikl težak i radnik mora odnijeti taj artikl od mjesta rada do te peći na hlađenje.

Kod radne aktivnosti priprema staklarske pipe bazalni metabolizam iznosi 5,57 kJ/min dok je radni metabolizam 10,8 kJ/min, što ukupno iznosi 16,37 kJ/min i prema tablici to je opterećenje I stupnja.

Radna aktivnost dolazak do peći za nabiranje staklene mase ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 13,2 kJ/min, što je ukupno 18,77 kJ/min i spada u opterećenje I stupnja.

Radna aktivnost nabiranje staklene mase ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 13,0 kJ/min, što ukupno iznosi 18,57 kJ/min i spada u opterećenje I stupnja.

Radna aktivnost oblikovanja staklene kuglica ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min i radni metabolizam od 13,0 kJ/min, što ukupno iznosi 18,57 kJ/min i spada u I stupanj opterećenja.

Radna aktivnost ispuhivanje staklene kuglice ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 13,0 kJ/min, što ukupno iznosi 18,57 kJ/min i spada u stupanj opterećenja I.

Radna aktivnost ponovno nabiranje staklene mase ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 21 kJ/min, što ukupno iznosi 26,57 kJ/min i spada u II stupanj opterećenja.

Radna aktivnost ispuhivanje u model ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 13,8 kJ/min što ukupno iznosi 19,37 kJ/min i spada u I stupanj opterećenja.

Radna aktivnost poliranje dna vrča ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 13,2 kJ/min što ukupno iznosi 18,77 kJ/min i spada u I stupanj opterećenja.

Radna aktivnost oblikovanje drške vrča ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 11,4 kJ/min što ukupno iznosi 16,67 kJ/min i spada u I stupanj opterećenja.

Radna aktivnost odnošenje artikla u peć za popuštanje napetosti stakla ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 25,8 kJ/min, što ukupno iznosi 31,37 kJ/min i spada u III stupanj opterećenja.

Ukupna energetska potrošnja kod izrade jednog staklarskog vrča iznosi 203,40 kJ/min odnosno 3 389,01 W što je dosta velika potrošnja. Pri čemu vidimo da su stupnjevi opterećenja u rasponu od I- III stupnja, a određeni su na temelju Tablice 1 koja prikazuje kolika je potrošnja ukupnog metabolizma te u koju skupinu opterećenja spada. S obzirom da sve radnje traju jako kratko radnici ne primjećuju koliko je zapravo njihov rad težak.

## 6. ZAKLJUČAK

Mikroklima, odjeća i metabolizam znatno utječu na rad radnika. Oni mogu biti izvor nezadovoljstva radnika na radnom mjestu. Ukoliko je radniku prevruće znoji se, te se ne osjeća udobno, ukoliko mu je hladno također se ne osjeća udobno jer mu se mišići grče i nema osjećaj u rukama zbog prevelike hladnoće. Metabolizam je kod svakog radnika drugačiji te ga je zbog toga teško odrediti za pojedino radno mjesto, već se može odrediti točno za pojedinu osobu koja obavlja taj posao.

Sve to dovodi do zaključka da ukoliko radniku pružamo i omogućimo uvjete za udoban rad, tada će radnik raditi kvalitetnije i efikasnije što će biti i vidljivo na samom radniku. Svi negativni parametri imaju negativan učinak na radnik bez obzira da li direktno utječu na njega ili ne. Ukoliko je radnik nezadovoljan na poslu i ako su uvjeti rada loši tada će dolaziti do drugih problema, a to su česte ozljede na radu i profesionalna oboljenja.

U eksperimentalnom dijelu izračunat je bazalni metabolizam i radni metabolizam te na temelju njih i ukupni metabolizam radnika s obzirom na vrstu rada i položaj tijela odnosno gibanje tijela tijekom rada. Na temelju ukupnog metabolizma je zapravo izračunato ukupna energetska potrošnja radnika i ukupno opterećenje. Radno mjesto na kojem se je ispitivanje vršilo je mjesto gdje je najviša temperatura u proizvodnji jer taj radnik nabire vruću staklenu masu i izložen je jako velikom toplinskom zračenju. Temperatura koju radnik podnosi nije samo temperatura peći uz koju radi nego i vanjska temperatura koja u ljetnim danima doseže i do 35°C, što znači da je na radnom mjestu do 50°C. Poslove koje radnik obavlja su dinamički te zbog toga se ne može precizno odrediti metabolički razred, ali s obzirom na sve poslove ima visok radni metabolizam.

Rezultate koje smo dobili mjerenjem su:

Kod radne aktivnosti priprema staklarske pipe bazalni metabolizam iznosi 5,57 kJ/min dok je radni metabolizam 10,8 kJ/min, što ukupno iznosi 16,37 kJ/min i prema tablici to je opterećenje I stupnja.

Radna aktivnost dolazak do peći za nabiranje staklene mase ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 13,2 kJ/min, što je ukupno 18,57 kJ/min i spada u opterećenje I stupnja.

Radna aktivnost nabiranje staklene mase ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 13,0 kJ/min, što ukupno iznosi 18,57 kJ/min i spada u opterećenje I stupnja.

Radna aktivnost oblikovanja staklene kuglica ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min i radni metabolizam od 13,0 kJ/min, što ukupno iznosi 18,57 kJ/min i spada u I stupanj opterećenja.

Radna aktivnost ispuhivanje staklene kuglice ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 13,0 kJ/min, što ukupno iznosi 18,57 kJ/min i spada u stupanj opterećenja I.

Radna aktivnost ponovno nabiranje staklene mase ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 21 kJ/min, što ukupno iznosi 26,57 kJ/min i spada u II stupanj opterećenja.

Radna aktivnost ispuhivanje u model ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 13,8 kJ/min što ukupno iznosi 19,37 kJ/min i spada u I stupanj opterećenja.

Radna aktivnost poliranje dna vrča ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 13,2 kJ/min što ukupno iznosi 18,77 kJ/min i spada u I stupanj opterećenja.

Radna aktivnost oblikovanje drške vrča ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 11,4 kJ/min što ukupno iznosi 16,67 kJ/min i spada u I stupanj opterećenja.

Radna aktivnost odnošenje artikla u peć za popuštanje napetosti stakla ima bazalni metabolizam 5,57 kJ/min, a radni metabolizam 25,8 kJ/min, što ukupno iznosi 31,37 kJ/min i spada u III stupanj opterećenja.

Ukupna energetska potrošnja kod izrade jednog staklarskog vrča iznosi 203,40 kJ/min odnosno 3 389,01 W što je dosta velika potrošnja. Pri čemu vidimo da su stupnjevi opterećenja u rasponu od I- III stupnja, a određeni su na temelju tablice 14 koja prikazuje kolika je potrošnja ukupnog metabolizma te u koju skupinu opterećenja spada. S obzirom da sve radnje traju jako kratko radnici ne primjećuju koliko je zapravo njihov rad težak.

S obzirom na teške uvjete rada u kojem radnici rade smatram da bi se poslodavci trebali više zauzeti za svoje radnike i poboljšati im uvjete rada. S obzirom da je staklarska industrija specifična proizvodnja i nema je puno u svijetu, također su i radna mjesta specifična i dovoljno teška. Poboljšavanjem radnih uvjeta na dobitku su ne samo poslodavac, jer ima zdravog radnika na radnom mjestu koji radi sa zadovoljstvom i bez odlaska na bolovanje i bez profesionalnih oboljenja, nego i radnika koji bi se osjećao bolje na radnom mjestu te samim time bio efektivniji.



## 7. LITERATURA:

[1] Zvone Balantič, Andrej Polajnar, Simona Jevšnik: Ergonomija v teoriji in praksi, 2016. godina, ISBN 978-961-6911-91-7,

[2] <http://zastitanaradu.com.hr/novosti/Osiguravanje-mikroklimatskih-parametara-i-dostatnosti-rasvjete-35>, pristupljeno 11.06.2018.

[3] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Vla%C5%BEnost\\_zraka](https://hr.wikipedia.org/wiki/Vla%C5%BEnost_zraka), pristupljeno 11.06.2018.

[4] HSI Indeks, <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=35937>, pristupljeno 01.06.2018.

[5] Službena stranica poduzeća, <http://steklarna-rogaska.si/>, pristupljeno 02.06.2018.

[6] Barbara Šimić, završni rad, <https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka%3A722/datastream/PDF/view>, pristupljeno 04.06.2018.

[7] Opterećenja i naprezanja u radnom okolišu, [http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/odrasli/Gradiva\\_ESS/CV\\_ZU/LU\\_Maribor/CVZU\\_33AZMB\\_Ergonomsko.pdf](http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/odrasli/Gradiva_ESS/CV_ZU/LU_Maribor/CVZU_33AZMB_Ergonomsko.pdf), pristupljeno 04.06.2018.

## 8. PRILOZI

### 8.1. Popis slika

|   |    |
|---|----|
| Slika 1. Discipline koje se bave ergonomijom..... | 2  |
| Slika 2. Metabolizam kod ljudi.....               | 16 |
| Slika 3. Energetski proces u čovjeku.....         | 17 |
| Slika 4. Upotreba energije kod rada.....          | 18 |
| Slika 5. Potrošnje energije[kJ/min] .....         | 20 |

## 8.2. Popis tablica

|  |    |
|--|----|
| Tablica 1. Fizička opterećenja - dinamička .....   | 6  |
| Tablica 2. Fizička opterećenja- statička.....  | 7  |
| Tablica 3. Toplinska opterećenja.....  | 7  |
| Tablica 4. Opterećenja vida.....   | 8  |
| Tablica 5. Opterećenje sluha .....   | 8  |
| Tablica 6. Opterećenje zbog doticaja sa aerosolima .....   | 8  |
| Tablica 7. Opterećenje zbog doticaja sa plinovima i parama .....   | 9  |
| Tablica 8. Monotonija .....  | 11 |
| Tablica 9. Vrijednosti mikroklimatskih parametara .....  | 11 |
| Tablica 10. Radni metabolizam ( $M_{rad}$ )s obzirom na brzinu gibanja (v) kod aktivnosti hodanje u ravnini..... | 21 |
| Tablica 11. Postupci za određivanje radnog metabolizma.....  | 22 |
| Tablica 12. Radni metabolizam po vrstama aktivnosti.....   | 22 |
| Tablica 13. Radni metabolizam za muškarce i žene kod različitih vrsta rada .....                                 | 23 |
| Tablica 14. Radni metabolizam kod različitih položaja tijela kod muškaraca i žena.....                           | 23 |
| Tablica 15. Radni metabolizam kod gibanja tijela muškaraca i žena.....   | 24 |
| Tablica 16. Tablica za vrednovanje metabolizma kod rada.....   | 24 |
| Tablica 17. Izračun ukupnog metabolizma kod izrade staklenog vrča.....   | 28 |