

# Utjecaj topline na ljudski organizam

---

**Vukadinović, Bono**

**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:128:772713>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-19**



**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

Bono Vukadinović

# **UTJECAJ TOPLINE NA LJUDSKI ORGANIZAM**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2018.

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

Bono Vukadinović

# **INFLUENCE OF TEMPERATURE ON HUMAN'S WELL BEING**

FINAL PAPER

Karlovac, 2018.

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

Bono Vukadinović

# **UTJECAJ TOPLINE NA LJUDSKI ORGANIZAM**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Mr. sc. Snježana Kirin

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: Bono Vukadinović

Naslov: Utjecaj topline na ljudski organizam.

Opis zadatka:

U teoriskom dijelu zadatka opisati parameter koji utječu na toplinsku udobnost te kako one utječu na čovjekov organizam.

U eksperimentalnom dijelu ispitati, prikazati te analizirati toplinski konfor radnika.

Zadatak zadan:  
Lipanj, 2018.

Rok predaje rada:  
Rujan, 2018.

Predviđeni datum obrane:  
Rujan, 2018.

Mentor:  
Mr. sc. Snježana Kirin

Predsjednik ispitnog povjerenstva:  
dr.sc. Zvonimir Matusinović

## **PREDGOVOR**

Posebno se zahvaljujem Mr. sc. Snježani Kirin koja mi je pružila besprijekorno mentorstvo, odgovore na sva moja pitanja i zahtijeve te veliku pomoć pri pisanju ovog rada u svakoj situaciji.

Također želio bih se zahvaliti svojoj obitelji, prijateljima i djevojci koji su bili uz mene kroz ovo trogodišnje školovanje kako pri prolasku tako i padu ispita, koje je praćeno uz moralnu i novčanu podršku bez kojeg moje školovanje ne bi bilo moguće.

Bono Vukadinović

## SAŽETAK

Tema ovog završnog rada je prikazati toplinske elemente te njihov utjecaj na čovjekov organizam. Odnosno opisati toplinsku udobnost čovjeka kroz određene parametre kao što su vlaga, brzina zraka, temperatura i drugo. Također prikazati sustav organizma kako se bori i prevladava različite toplinske uvjete.

U eksperimentalnom dijelu ću ispitati i analizirati toplinski ugođaj radnika u mehaničkoj radionici pri umjereno teškom fizičkom radu.

**Ključne riječi:** Toplina, temperatura, ljudsko tijelo, strujanje zraka, temp. tijela

## SUMMARY

The main topic of this final paper is to show and determine the impact of thermal elements on a human's well being. In other words to display person's heat contentment through certain parameters such as moisture, air speed, temperature, etc. On top of that, you will be able to view how the human structure fights and prevails over different thermal conditions.

In the experimental part of this project, I will analyse and investigate the heat contentment of a worker in a mechanical workplace throughout medium-hard physical labour.

**Keywords:** Heat, temperature, human body, air flow, bodyheat,

## **SADRŽAJ:**

<b>ZADATAK ZAVRŠNOG RADA .....</b>	<b>I</b>
<b>PREDGOVOR .....</b>	<b>II</b>
<b>SAŽETAK .....</b>	<b>III</b>
<b>SADRŽAJ: .....</b>	<b>IV</b>
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Predmet i cilj rada .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....</b>	<b>3</b>
<b>2. TEMPERATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Jednadžba toplinske ravnoteže ljudskog tijela.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Temperatura zraka.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Toplinska izmjena između čovjeka I radne okoline .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Reguliranje tijelesne temperatura .....</b>	<b>7</b>
<b>3. OBLICI IZMJENE TOPLINE .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1. Zračenje.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2. Konvekcija .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3. Kondukcija .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4. Isparavanje.....</b>	<b>12</b>
<b>3.5. Mehanizmi fiziološke adaptacije. ....</b>	<b>13</b>
<b>4. VLAŽNOST .....</b>	<b>14</b>



<b>5. STRUJANJE ZRAKA.....</b>	<b>17</b>
<b>6. METABOLIZAM .....</b>	<b>19</b>
<b>7. ODJEĆA .....</b>	<b>22</b>
<b>7.1. Norme zaštitne odjeće .....</b>	<b>22</b>
<b>8. TOPLINSKA UGODNOST .....</b>	<b>24</b>
<b>8.1. Ispitivanje toplinske udobnosti.....</b>	<b>25</b>
<b>8.2. Parametri koji utječu na toplinsku ugodnost.....</b>	<b>28</b>
<b>8.3. Operativna temperatura .....</b>	<b>29</b>
<b>8.4. PMV i PPD indeks .....</b>	<b>31</b>
<b>9. EKSPERIMENTALNI DIO.....</b>	<b>33</b>
<b>9.1. Mjerna mjesta .....</b>	<b>33</b>
<b>9.2. Mjerna oprema I metode .....</b>	<b>36</b>
<b>10. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>37</b>
<b>10.1. Radno mjesto čistača.....</b>	<b>37</b>
<b>10.2. Radno mjesto konstruktora oblikovanja pila .....</b>	<b>38</b>
<b>10.3. Radno mjesto varioca .....</b>	<b>39</b>
<b>10.4. Radno mjesto brusioca.....</b>	<b>40</b>
<b>11. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>43</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>44</b>
<b>PRILOZI .....</b>	<b>45</b>
<b>Popis slika.....</b>	<b>45</b>

<b>Popis tablica .....</b>	<b>45</b>
<b>Popis grafova.....</b>	<b>45</b>
<b>Popis dijagrama.....</b>	<b>45</b>
<b>Popis shemi .....</b>	<b>45</b>

## 1. UVOD

Bit temperature predstavlja ravnotežu između veličina u kojima se toplina dodaje i gubi iz tijela. Kada su te dvije veličine jednake temperatura ostaje konstantna. Obično se glavni izvor topline dobiva iz metabolizma, ali pod određenim uvjetima tijelo može dobiti toplinu iz okruženja. Toplina se gubi iz tijela fizičkim procesima radijacije, kondukcije, konvekcije i isparavanjem vode. To se odražava s dva fiziološka faktora – varijacije u protoku krvi kroz kožu (koji određuju količinu topline koja se prenosi iz srži površine) i izlučivanje znoja (koji osigurava vodu za hlađenje kože isparavanjem). Regulacija tjelesne temperature uglavnom se postiže prilagodbom u izgubljenju toplini; sposobnost za izmjenu proizvodnje topline je ograničeno za takve aktivnosti kao drhtanje i besposlena aktivnost mišića za vrijeme izlaganja varijacijama hlađenja proizvodnje topline i gubljenja topline, što je nepotrebno za održavanje konstantne osnovne temperature s kojima upravljaju centri u hipotalamusu.[1]

Temperatura zraka, temperatura zračenja, vlažnost i gibanje zraka su četiri osnovne promjenjive veličine okoliša koje utječu na reakciju čovjeka na termičke okoline. U kombinaciji s metaboličkom toplinom (toplina koja nastaje zbog ljudske aktivnosti) i odjećom koju osoba nosi, oni stvaraju šest osnovnih faktora (katkada nazvani šest baznih parametara jer su u prostoru i vremenu, ali fiksne reprezentativne vrijednosti se često koriste u analizama) koji definiraju termičku okolinu čovjeka. Opća, ali osnovna misao je da je međusobno djelovanje šest faktora ono na što ljudi reagiraju.[1]

Sposobnost gubitka topline isparavanjem znoja je bitno za osobu kod toplinskog opterećenja. Zato je vlažnost okoline vrlo značajna kao i priroda zaštitne odjeće. Često se okoline ocjenjuju ili granice okoline se definiraju samo s obzirom

na temperaturu zraka. To je nedovoljno u mnogim situacijama jer je svih ostalih pet faktora značajno. Na primjer, na termičku ugodnost u uredima ili vozilima moguće je uvelike utjecati zračenjem Sunca, a određivanje granica ugodnosti temperaturom neće biti adekvatno. U specifičnim situacijama drugi faktori će biti utjecajni – npr. dranje tijela uvelike će utjecati na izmjenu topline između tijela i okoline. Faktori ponašanja mogu biti vani. Motivacija i stupanj aklimatizacije na toplinu mogu igrati vanu ulogu kod određivanja ljudskih žrtava zbog toplinskog opterećenja na vojnim vjebama. Zbog toga šest osnovnih faktora postavljaju minimalan zahtjev na korisnu idejnu osnovu na kojoj se može zasnovati razmišljanje o termičkoj okolini čovjeka. [1]

## **1.1 Predmet i cilj rada**

U teoriskom dijelu ovoga rada predmet i cilj bio je pokazati i temeljno opisati elemente koji utječu na čovjekovu toplinsku ugodnost u nekom prostoru. Određivanje toplinske ugodnosti odlučio sam pokazati preko parametra za toplinsku ugodnost kao što su; temperatura, vlažnost, brzina strujanja zraka...

Također ispitao sam kakvu ulogu imaju i drugi paramteri koji nisu prirodne i vanjske naravi, to su one stvari koje čovjek može djelovati osobno i samostalno poput načina odjevanja odabira OZS-a i razine fizičke pripremljivosti. Jedan od ciljeva bio je pokazati razinu toplinske ugodnosti u određenom prostoru u krugu radnog mjesta, to je ujedno bio i eksperimentalni dio u kojemu su sudjelovali zaposlenici te po svojim doživljajima ocijenili svoju toplinsku okolinu.

## **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

U izradi završnog rada je korištena stručna literatura, dio literature sam preuzeo sa interneta te veći dio sam upotrijebio iz dobivenih stručnih knjiga i provjerenih skripti.

Također korištene su i prezentacije koje su preuzete sa interneta te dokumenti koji su omogućeni od strane tvrtke Toner koji su pridonjeli izradi eksperimentalnom radu. Svi podaci su prikupljeni vlastoručno te sastavljeni u ovaj rad kako bi tvorili jednu cijelinu.

## 2. TEMPERATURA

Na molekularnoj razini, temperatura se može smatrati prosječnom kinetičkom energijom (toplinom) u tijelu. Ako se energija grijanja izgubi iz tijela, temperatura će pasti i ako ulazi u tijelo njegova temperatura će porasti. To je zakon termodinamike da postoji neto energija koja protječe iz tijela na višim temperaturama do tijela pri nižim temperaturama. Temperatura ljudskog tijela važan je pokazatelj njezina stanja (udobnost, toplina ili hladnoća, izvođenje). Temperatura ljudskog tijela je približno blizu  $37^{\circ}\text{C}$ . Odstupanje više od nekoliko stupnjeva od ove vrijednosti čovjek može imati ozbiljne posljedice. Stoga će temperatura ljudskog tijela uvelike utjecati na temperaturu tekućina ili krutih tijela koja bez svoje vlastite volje utječu na prijenos topline na i iz tijela. Često je ljudsko tijelo okruženo odjećom, a potom gotovo u cijelosti zrakom. Kontakt također može biti s krutom površinom, vodom (ukupno ili djelomično uranjanje), drugim tekućina, ili čak drugim prostorima. Termodinamički principi prijenosa topline primjenjivat će se u svim tim normalnim slučajevima. Razmjena temperature između temperature tijela i zraka uvelike ovisi temperaturi zraka.[2]

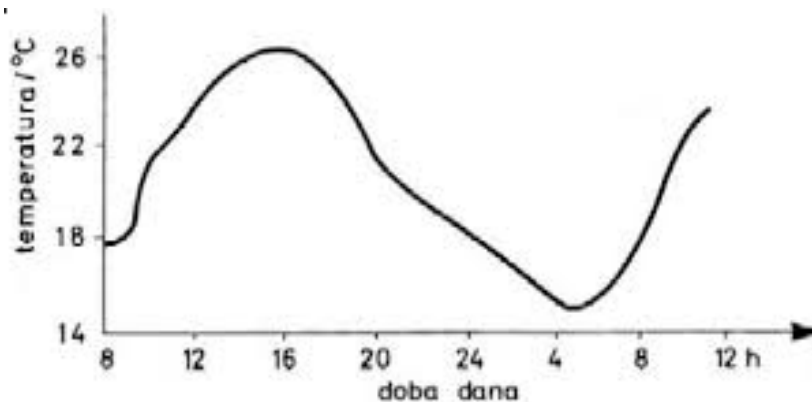
### 2.1. Jednadžba toplinske ravnoteže ljudskog tijela

Toplina je energija koja se izmjenjuje između sustava s različitom temperaturom. Ako sustavi mogu izmjenjivati toplinu tada kažemo da su u toplinskom kontaktu. Za dva sustava u toplinskom kontaktu kažemo da su u toplinskoj ravnoteži ako između njih nema izmjene topline, sustavi, tada, imaju jednaku temperaturu. Da bi unutarnja temperatura bila održiva na oko  $37^{\circ}\text{C}$ , govori da postoji određena toplinska ravnoteža između tijela i okoline. To je prosjek prijenosa topline prema tijelu i proizvodnja topline u tijelu; oni moraju biti uravnoteženi sa toplinskim izlazima iz tijela. To ne znači da se pojavljuje stabilno

stanje, budući da se radi o stabilnom stanju nepromjenjive temperature i temperature u tijelu i putevima izmjene topline će se razlikovati. Ako je proizvodnja topline i ulazi veći od toplinskih izlaza, tjelesna temperatura će porasti, a ako bi toplinski učinci bili veći, temperatura tijela bi pala. Jednadžba toplinske ravnoteže je osnovni pojam i imaju isti temeljni koncept te uključuje tri vrste pojmova: stvaranje topline u tijelu, prijenos topline i skladištenje topline. [2]

## 2.2. Temperatura zraka

Zbog praktičnosti, temperatura zraka može se definirati kao temperatura koja okružuje ljudsko tijelo koje je reprezentativno za toplinu okoliša koji određuje toplinski tok (slika 1), ljudsko tijelo i zrak. Temperatura zraka na velikoj udaljenosti od dotičnog tijela neće biti reprezentativna za ono koje određuje toplinski tok. Temperatura zraka vrlo blizu (odjevenom) tijelu također neće biti reprezentativna jer će na nju utjecati tzv. "granični uvjeti" (npr. U "hladnoj" okolini postojat će sloj "toplijeg" zraka koji okružuje tijelo).[1]



Slika 1. Dnevni hod temperature zraka [8]

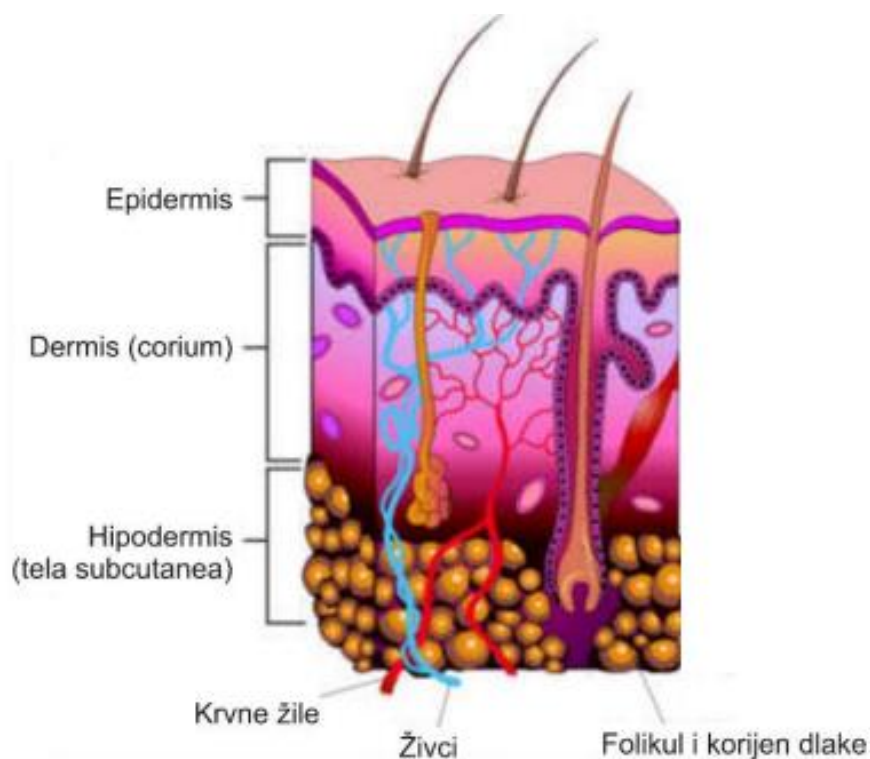
### 2.3. Toplinska izmjena između čovjeka i radne okoline

Svaki način izražavanja života je povezan s izmjenom tvari. Organizam slobodno regulira toplinski proces pod određenim okolnostima. Upravljanjem gubicima topline moguće je štititi tijelo od pregrijavanja kao i od pretjeranog hlađenja. Fizikalna regulacija upravlja gubicima topline, a kemijska regulacija toplinskim procesima. Da bi se odredila mjesta toplinskih procesa u tijelu, uzima se masa dijelova tijela potrošnja kisika. Na taj način moguće je procijeniti srednje specifični toplinski proces. Toplinski proces je podesiv prvenstveno promjenom prokrvljenosti kože, koliko različitim temperaturnim padovima između tijela i okoline toliko i različito snažnim toplinskim procesima tijela. Prijelaz topline je tako zapravo slobodni pokretni postavni član temperaturnog regulacionog kruga. Upravljanjem gubicima topline moguće je štititi tijelo od pregrijavanja, kao i od pretjeranog hlađenja; toplinski proces stoji na raspolaganju za regulacione svrhe ispod neutralnog temperaturnog područja. Postupci koji upravljaju gubicima topline postavljeni su kao fizikalna regulacija, a postupci koji upravljaju toplinskim procesima kao kemijska regulacija. Iz mase i potrošnje kisika daju se procijeniti srednji specifični toplinski procesi pojedinih organa i tkiva. Organi s velikom izmjenom tvari koncentrirani su unutar lubanje kako u grudnoj tako i u trbušnoj šupljini. Tijelo gubi toplinu disanjem jer je izdahnuti zrak zasićen vlagom i u plućima ima toplinu jezgre tijela. Toplina se gubi procesom evaporacije znoja odnosno znojenjem. Pri ishlapljivanju 1 litre znoja iz kože utroši se 2430 KJ topline. Tijelo kondukcijom, konvekcijom i radijacijom odnosno zračenjem topline iz okoline prima ili predaje okolini ovisno o toplinskom gradijentu. [3]



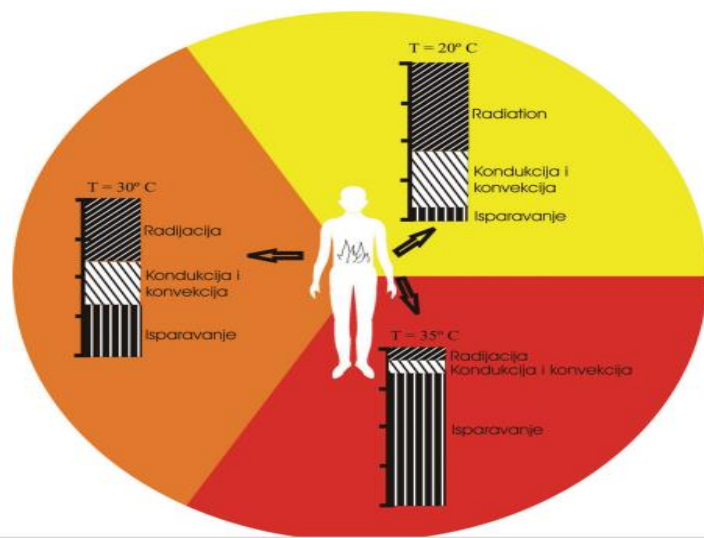
## 2.4. Reguliranje tjelesne temperature

Osobine ljudske kože će varirati kroz različite dijelove tijela i mijenjaju se s vremenom. Obzirom na termoregulacijske razlike postoje i razlike među subjektima. Nasuprot tim razlikama, ljudska koža, ima zajedničku strukturu i većina koža je slična po funkciji. Posebna struktura nekih djelomičnih područja kože ovisiti će o funkciji kože. Na primjer, vitalno područje termoregulacije će imati bogato opskrbljivanje krvlju i mnoge znojne žlijezde. Ljudska koža je napravljena od sljedećih slojeva: vanjski rožnati sloj s mrtvim stanicama, epidermis, dermis (Slika 2.) Kožni hypodermid na osnovi od entilato, stalno stvara epidermalne stanice koje se kreću ka površini kože, odumiru ili se eventualno uklanjaju sa kožne površine. [1]



Slika 2. Struktura ljudske kože[5]

Koža igra fundamentalnu ulogu u homotermičkoj funkciji održanja unutarnje tjelesne temperature od otprilike 37°C. Ukoliko cijelo tijelo postane pretoplo, krv teče kroz tijelo kože i regulira temperaturu. Ukoliko je gubitak topline veći od površine kože, toplina se gubi isparavanjem. Termoregulacijski sistem zasnovan na hipotalamusu upravlja termoregulacijom čitavog tijela (Slika 3.). Osim toga, lokalno zagrijavanje kože uzrokovati će proširenje krvnih žila i znojenje. Reakcija kože u dodiru s toplom površinom ovisiti će o početnom uvjetu kože. Iz gornjeg razmatranja, ono može varirati od hladnih uvjeta gdje su niske temperature kože (manje opskrbljivanje krvlju i suha koža) do toplih uvjeta koji uvode relativno visoke temperature (bogatoposkrbljivanje krvlju i isparavanje putem kože). Prijenos topline isparavanjem znoja stalno je prisutan, a povećava se u vrućim uvjetima okoline. Ako se temperatura okoline povisi na način da prijeđe vrijednosti u kojima čovjek osjeća toplinsku ugodu, vruća koža počinje intenzivnije lučiti znoj što uzrokuje naglo povećanje gubitka tjelesne topline. Prijenos topline isparavanjem s površine kože ovisi o količini vlage na koži i razlici tlakova između vodene pare na koži i u okolini. Kod čovjeka je stalno prisutno isparavanje koje u normalnim uvjetima iznosi 450-600 ml/dan, a to znači da je prisutan gubitak topline od oko 50-70 kJ/h. [1]



Slika 3. Raspodjela topline tijela pri temperature [1]

### 3. OBLICI IZMJENE TOPLINE

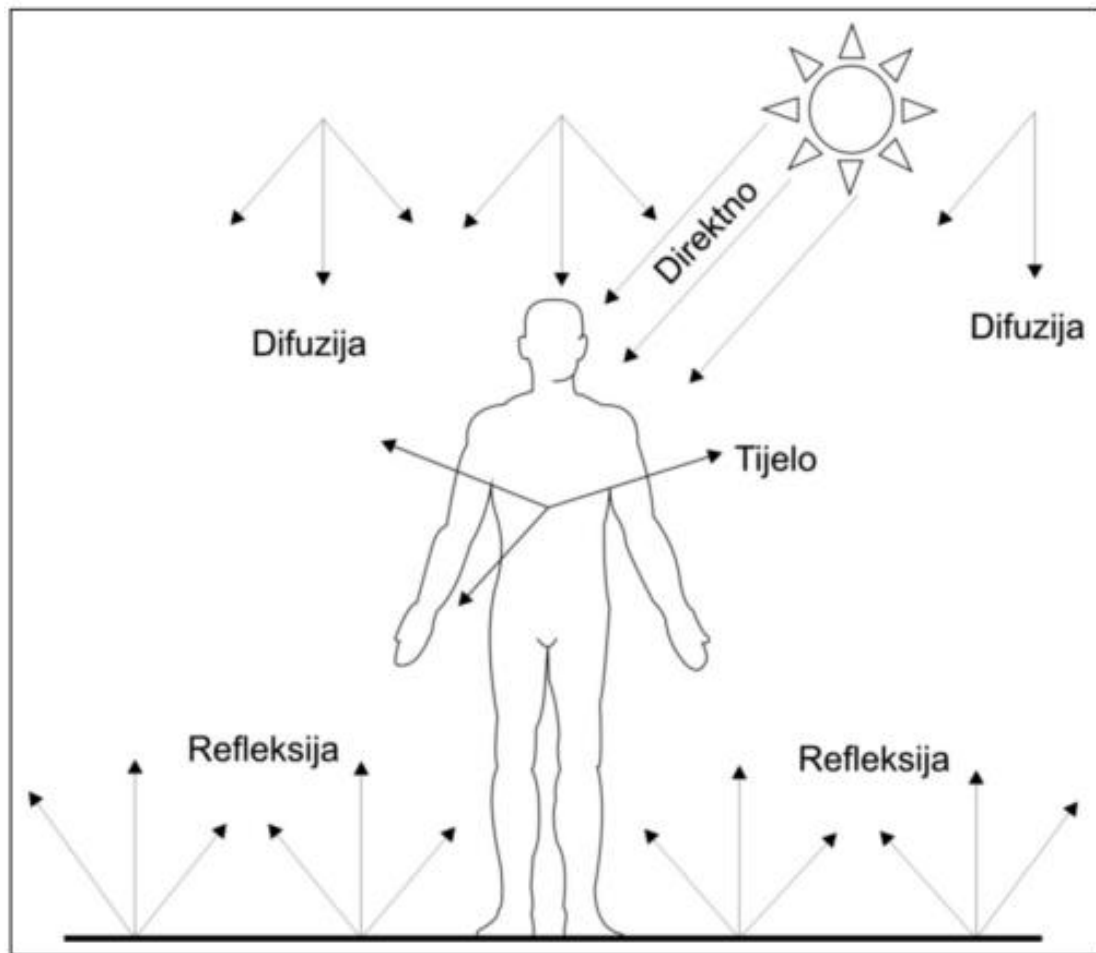
Izmjena topline između organizama i okoline obavlja se na četiri načina: kondukcijom (vođenjem topline), konvekcijom, toplinskim zračenjem i isparavanjem vode s površine tijela. Pored čimbenika koji utječu na toplinsku termoregulaciju iz okoliša, na toplinsku ravnotežu utjecaj ima i proizvodnja topline u organizmu.[4]

#### 3.1. Zračenje

U vezi sa utjecajem temperature zraka na toplinu ljudskog tijela tu nema nikakvog utjecaja toplina zračenja. Toplina se izmjenjuje putem radijacije između svih tijela tu je i mrženi tok topline, od topline do hlađenja tijela veličinom koji se odnosi na četvrti zakon apsolutne temperature oba tijela. Tu je mrežni tok radijacijske energije između Sunca i Zemlje (npr. nije potreban nikakav medij – ona će teći kroz njih). Elektromagnetni spektar postavlja termalnu radijaciju koja uključuje x-zrake (kratke valove), svjetlo i radio valove (dugi valovi). Koristan način koncepta termalne radijacije je povezan zbog toga sa svjetlom i u bilo kojem okruženju tu će biti stalna izmjena energije, refleksije, apsorpcije itd. Kako se osoba kreće toplina, svjetlosno okruženje (termalna radijacija) se može mijenjati. U bilo kojoj točki prostora, tu je jednoliko radijacijsko okruženje. Značenje radijacijske temperature definira se kao temperature jednolikog okruženja s kojim će mala crna sfera imati u točki testiranja istu radijacijsku izmjenu kao u stvarnom okruženju. Površina radijacijske temperature može se mjeriti u mnogim smjerovima – npr. Gore/dolje, lijevo/desno i naprijed/nazad. Ona se, dakle, može mjeriti u pravcu radijacijskog izvora takvog kao Sunce. [1]

Santex i Gonzales (1988.) označili su šest osnovnih pojmova koji se odnose na termalne pojave u ljudskom tijelu. To su tri solarna radijacijska pojma: direktno,

difuzno i reflektirajuće, dva termalna radijacijska pojma i termalna radijacija koju zrači osoba (Slika 4.). Zajednički postojeći pojam je količina radijacije što se reflektira s površine. To se izražava dijeljenjem reflektirajućeg iznosa s ukupnim iznosom koji će stići na površinu.[1]



Slika 4. Usklađenost direktne, difuzne i reflektirajuće solarne radijacije [4]

### 3.2. Konvekcija

Konvekcija je prijenos pri kojem čestice koje prenose toplinu mjenjaju svoje mjesto. Tako se prenosi toplina u plinovima i tekućinama. Konvekcija ovisi o razlici temperature, koeficijentu toplinske vodljivosti i brzini strujanja zraka. Ako je strujanje zraka prirodno, govorimo o prirodnoj konvekciji. Prijenos topline konvekcijom ima pozitivnu vrijednost ako je temperatura zraka viša od temperature površine tijela tj. kada organizam prima toplinu iz okoline. Ako je temperatura površine tijela viša od temperature zraka, ima negativnu vrijednost što znači da organizam gubi toplinu. Količina topline koju organizam izgubi pri sobnoj temperature, 291K (18°C) kondukcijom i konvekcijom iznosi oko 40 do 45 %. Taj udio postaje sve manji što je temperatura okoline viša. Prijenos topline konvekcijom ( $H_c$ ) prikazuje sljedeća:  $[ H_c = k_c \times A \times (T_u - T_k) \times \sqrt{v} ]$  gdje je  $T_k$  – temperature kože,  $T_u$  - temperature zraka,  $A$  - površina tijela, a  $K_c$  - konstantu treba odrediti eksperimentalno. [4]

### 3.3. Kondukcija

Kondukcija topline ili samo kondukcija je prijenos topline tako da se dio tijela zagrijava izravnim dodirrom s izvorom topline, a susjedni se dijelovi redom dalje zagrijavaju. Ako se, na primjer, jedan kraj metalnoga štapa stavi u peć, toplina se po štapu širi vođenjem. Brzina prenošenja topline veća je što je veća temperaturna razlika, a ovisi i o samoj tvari. Budući da su dobri vodiči električnih naboja (metali) ujedno i dobri vodiči topline, toplinska se vodljivost pripisuje ponajprije gibanju slobodnih elektrona. Vođenje ili kondukcija je prijenos topline koji se ostvaruje između dva tijela ili između dijelova tijela na različitim temperaturama sa međusobnim djelovanjem svih susjednih molekula različitih brzina titranja oko ravnotežnog položaja. Zakon toplinske kondukcije, poznat i kao Fourierov zakon, iskazuje da je vremenska učestalost (brzina) prijenosa

toplina kroz predmet razmjerna negativnom gradijentu temperature te površini pod pravim kutovima, na taj gradijent, kroz koju toplina protječe:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -k\phi_s \Delta T x dS$$

gdje je:  $Q$  – količina prenešene topline,  $t$  – proteklo vrijeme,  $k$  – vodljivost materijala. (ovaj čimbenik obično se mijenja s temperaturom, ali promjena može biti mala, nad nekim značajnim rasponom entilator, za neke materijale),  $S$  – ploština ili površina kroz koju toplina protječe,  $T$  – temperatura.[4]

### 3.4. Isparavanje

Količina izlučenog znoja tijekom rada veoma je promjenjiva. U toploj i suhoj sredini, za vrijeme intenzivnog rada mišića, može se izlučiti 1-2 litre znoja tijekom 24 sata. Gubitak velikih količina znoja izaziva stanje dehidracije koje se popravljiva unošenjem velike količine vode u tijelo, te smanjuje natrij-klorida, što može uzrokovati hipotenziju i grčenje mišića. Radi toga ljudi koji rade u okruženju u kojem vlada visoka temperatura trebaju uzimati sol kako bi nadoknadili smanjenje natrij-klorida. Još je jedan način izmjene topline, a javlja se pri radu na visokim temperaturama - disanje ili respiracija. Disanjem čovjek ispari oko 12 grama vode na sat. Prava aklimatizacija tijela na vrućinu prolazi kroz nekoliko stadija i to:

- tijelo postupno povećava znojenje, gubeći sve više topline ovim procesom
- dolazi do gubitka težine, koji doprinosi gubitku topline, samnjujući količinu izolirajućeg masnog tkiva i utrošak energije.

- u procesu aklimatizacije radnik pije više tekućine radi kompenzacije gubitka većih količina vode putem znojenja
- Krvožilni sustav i srce također se adaptiraju radi poboljšanja efikasnosti rada nakon aklimatizacije

Nakon što se aklimatizira na toplinu, radnik se osjeća žednim kad god je tijelu potrebno više tekućine, tako da počinje češće piti male količine tekućine.[4]

### 3.5. Mehanizmi fiziološke adaptacije.

Ako se ambijentalna temperatura povećava, može doći do sljedećih fizioloških promjena kao što su povećanje umora, povećane srčane frekvencije, povećanje krvnog tlaka, smanjenje aktivnosti organa, laganog povećanja unutarnje temperature, povećanje krvnog optoka te povećanog lučenja znoja.

Učinci ovih adaptivnih promjena vide se u povećanom prenošenju topline iz unutrašnjosti tijela u kožu s pomoću povećanog krvnog optoka. Ako je toplinski učinak veći nego što pokazuje (Tablica 3.) i ne može ga se značajno smanjiti tehničkim zahvatima, u tom slučaju radno vrijeme u takvim uvjetima mora se skratiti.[6]

Tablica 1. Preporučljive temperaturne granice za prihvatljiva toplinska opterećenja za vrijeme dnevnog rada

<b>Gornja granica temperature [°C]</b>			
<b>Ukupna potrošnja energije[Kj/h]</b>	<b>Primjer</b>	<b>Efektivna temperatura</b>	<b>Temperatura s 50% RV</b>
1600	Težak rad	26-28	30-33
1000	Umjereno težak	29-31	34-37
400	Lagani posao	33-35	40-44

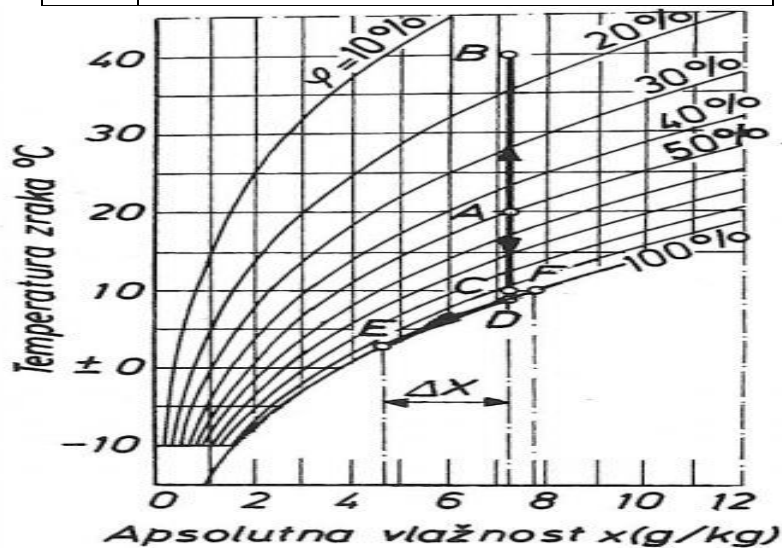
## 4. VLAŽNOST

Vlažnost je jedna od parametara koji utječu na reakciju čovjeka na termalnu okolinu. Vlažnost predstavlja sadržaj vodene pare u zraku. Većina se vodene pare formira isparavanjem s vodenih površina na uobičajenim temperaturama. Zrak je zasićen (saturiran) ako sadrži maksimalnu količinu vodene pare koju može primiti pri određenoj temperaturi i tlaku. Tlak kojim djeluje vodena para u zasićenom stanju zove se ravnotežni tlak ili tlak zasićenja i označava se s  $P_v$ . Donji sloj temperature nije zasićen vodenom parom pa je stvarni tlak vodene pare manji od ravnotežnog tlaka. Oba tlaka se iskazuju u hektopaskalima (hPa) ili milibarima (mb). Stvarni tlak vodene pare je mjerilo vlažnosti zraka, a pomoću njega i ravnotežnog tlaka određuju se ostale veličine preko kojih pratimo i opisujemo vlagu u zraku poput apsolutne i relativne vlažnosti. Relativna vlažnost zraka pokazuje koliko se vodene pare nalazi u zraku prema maksimalnoj količini koju bi zrak mogao sadržavati pri jednakoj temperaturi. Relativna vlažnost 50% znači da se u zraku nalazi polovica količine vodene pare koji bi zrak uz istu temperaturu mogao sadržavati. Što se stvarni tlak razlikuje više od ravnotežnog, to je relativna vlažnost manja. Kad su tlakovi jednaki zrak je zasićen vodenom parom, relativna vlažnost je 100 % (Tablica 4.), (Slika 5.) Učinci vlažnosti zraka koje ima na osjet čovjeka su osjećaj "suhog" zraka koji se javlja zimi u toploj i zagrijanoj prostoriji te osjećaj "vlažnog" zraka ako prilikom ljeti nema odvlaživanja zraka u klimatiziranoj prostoriji odnosno samo ventilator za hlađenje. Suh zrak osjeća se kao hladan, a vlažan kao topao to je jedno od načela koje se javlja prilikom veće ili manje vlažnosti.[6]



Tablica 2. Prikaz stanja zraka

-A	Strujanje zraka na temperature 20 °C
-B	Zagrijavanje zraka na temp.40 °C.Relativna vlažnost opada a apsolutna ostaje ista.
-C	Hlađenje zraka na temp. 10 °C. Relativna se vlažnost povisuje a apsolutna ostaje konstantna
-D	Hlađenje zraka na temp. 9.5 °C. Relativna vlažnost = 100% , točka kondenzacije na apsolutnoj razini.
-E	Hlađenje zraka na temp. 3°C. Relativna vlažnost $\varphi = 100\%$ ostaje nepromjenjena, sniženje apsolutne vlažnosti
-F	Točka kondenzacije zraka na temp. 10°C. U stanju kad je zrak 100% zasićen vlagom apsolutna vlažnost I vlažnost zasićenja su jednake.U nezasićenom zraku apsolutna je vlažnost uvijek niža od vlažnosti zasićenja ( $x < x''$ )



Slika 5. Mollierov h – x dijagram [1]

Ako govorimo o vlažnosti zraka pri obavljanju rada i fizičkih poslova te naprazanja, optimalne uvjete temperature i vlažnosti zraka možemo uzeti iz (Tablice 5.). Navedene temperaturne vrijednosti odnose se na područje između 30%-70% relativne vlage zraka, kod ekstremnih temperatura djelomično je izravnavanje moguće uz smanjenje vlažnosti, ljeti je razina temperature do 2 °C viša. Pri tome su važne sljedeće vrijednosti (Tablica 6.).

Tablica 3. Vrijednost temperature zraka I vlažnosti zraka

Vrsta djelatnosti	Temperatura °C			Vlažnost zraka %		
	MIN.	OPTIM.	MAKS.	MIN.	OPTIM.	MAKS.
Rad u uredu	18	20-21	24	40	50	70
Lagan ručni rad	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 4. Gibanje zraka (m/s) I temperature zračenja okoline °C

Vrsta djelatnosti	Maks.kre tanje zraka [m/s]	Optimalna temperature zračenja okoline [ °C]
Rad u uredu	0,1	0 – 2
Lagan ručni rad	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	

## 5. STRUJANJE ZRAKA

Zrak je u naravi u neprestanom gibanju. On se giba iz područja višeg tlaka zraka prema području nižeg tlaka zraka. Razlika tlaka zraka nastaje radi zagrijavanja pri čemu se specifična težina zraka smanjuje, a zrak prelazi iz područja višeg tlaka zraka u područje nižeg tlaka zraka. Zahtjev za kvalitetu zraka proizlazi iz dokumenta CR 1752/98 – provjetravanje objekata, kriterij za planiranje unutarnjeg okoliša (1998.). Brzina strujanja zraka u radnim prostorijama ovisi o vrsti rada i tehnološkom procesu, a ne smije biti veća od 0,5 m/s u zimskom razdoblju, 0,6 m/s u prijelaznom razdoblju, odnosno 0,8 m/s u toplinskom razdoblju. Ako se upotrebljava klimatizacijski uređaj, brzina strujanja na entil mjestu ne smije biti veća od 0,2 m/s prema Pravilniku o zaštiti na radu za radne i pomoćne prostorije te prostore. Prema spomenutom Pravilniku, u prostorijama za administrativne poslove, pomoćne i druge prostorije mora se osigurati izmjena zraka tijekom jednog sata prema ovim normativima;[5]

- Prostorije za administrativne i slične poslove – 1,5 izmjena na sat.
- Sale za sastanke – 3 izmjene na sat.
- Garderoba – 1 izmjena na sat.
- Kupaonica – 5 izmjena na sat.
- Nužnik – 4 izmjene na sat. [5]

Masa zraka je uvijek u gibanju. To je posljedica razlike u temperaturama pojedinih slojeva zraka. Gibanje zraka može biti u određenom smjeru ili vrtložno. Brzina kretanja zraka izražava se u m/s, a za mjerenje zraka koji se giba u nekom smjeru koriste se anemometri. Kretanje zraka u određenom smjeru nastaje na otvorenom prostoru (vjetar), u hodnicima, uz otvorena vrata, prozore i druge prolaze u prostorijama. Važno je osigurati potrebnu količinu svježeg zraka radi opskrbe kisikom te da se iz radne prostorije uklone štetne tvari (plinove, prašinu, otrovne pare). Zbog toga je čovjeku potrebno najmanje 30ml/sat (tablica 7.) da bi se smanjila štetna koncentracija ugljične kiseline.[4]

Tablica 5. Izmjena zraka po osobi [5]

Težina rada	Izmjena zraka po osobi [ml/h]	Najmanja izmjena zraka [ $m^3$ ]
Vrlo lagan tjelesni rad (rad u administraciji)	30	10
Lagan tjelesni rad (krojač, mehaničar, laborant)	35	12
Srednje težak tjelesni rad (zavarivač, stolar, tokar)	50	16
Težak tjelesni rad (bravar u montaži i popravcima)	60	18

## 6. METABOLIZAM

Metabolizam je biokemijski proces u kojem dolazi do modifikacije kemijskih jedinjenja u živim organizmima i njihovim ćelijama. Metabolizam se dijeli na anabolizam odnosno biosintezu (stvaranje) kompleksnih organskih molekula i na katabolizam koji je obrnuti proces od anabolizma, a to je razlaganje kompleksnih organskih jedinjenja u jednostavnije sastojke. Sveukupni biokemijski procesi u jednom organizmu se jednom riječju nazivaju metabolizam. Najveći utjecaj u metabolizmu ima endokrini sistem. To je set kemijskih transformacija kojima se održava život u ćelijama. Ove reakcije su enzimima. one omogućavaju organizmima da rastu i da se reproduciraju, održe svoje stanje i odgovore na okolinske energetske draži. Termin metabolizam se također može odnositi i na sve kemijske reakcije koje se odvijaju u živim organizmima, uključujući vrenje i transport supstanci unutar i između različitih ćelija, kada se taj skup reakcija unutar ćelija naziva intermedijarni ili ćeliski metabolizam. Centar kontrole topline smješten je u mozgu i regulira transport topline protokom krvi kroz kapilare kože, kao izvor izlučivanja znoja. Čovjek se zagrijava topliskom energijom koja nastaje iz energije zbog razgradnje energetskih bogatih molekula ugljikohidrata i masti. Unosom hrane i vode u organizam trebaju se osigurati kalorijske potrebe i unijeti nužne tvari potrebne za normalan metabolizam. Potrebe za energijom su:[4]

- 1) Kalorije potrebne za održavanje metabolizma
- 2) Kalorije potrebne za razgradnju hrane
- 3) Kalorije potrebne za fizičku aktivnost

Za normalan metabolizam potrebno je osigurati odgovarajući kvalitativni iznos, što znači da je u organizmu potrebno unijeti ugljikohidrate, masti i bjelančevine. Idealan omjer bjelančevina, ugljikohidrata i masti u prehrani bio bi:

- 20% kaloriskog unosa u obliku bjelančevina
- 50% kaloriskog unosa u obliku ugljikohidrata
- 30% kaloriskog unosa u obliku masti

Također je nužna potreba za vodom koja iznosi 1 ml/kg tjelesne težine. Potreba za vodom povećava se kod napornog fizičkog rada, kod površine atmosferske temperature, povišene tjelesne temperature. Voda se iz organizma gubi kroz pluća i kožu (500-1000g), stolicom (50-100 ml) i urinom. Količina energije za bazalni metabolizam ovisi o dobi, visini, težini i spolu, a može se za svaku osobu točno izmjeriti direktnom i indirektnom kalorimetrijom ili mjerenjem potrošnje kisika u točno određenim uvjetima. Na slici je prikazana je potrebna energija ovisno o poslu koji obavlja osoba i kreće se od 1,5 do 8,5 kcal/kg/sat (slika 6.).[6]



Slika 6. Postotno povećanje u energetske potrošnje za različite položaje tijela [4]

Da bi se održala konstantna tjelesna težina, čovjek mora dnevnom hranom primiti količinu energije koju i troši. Pokazalo se da je najveća primljena količina hrane oko 20093 kJ pri raznim aktivnostima u minuti. Radnici na teškim poslovima u industriji, rudnicima ili poljoprivredi jedva prekoračuju količinu primljene hrane od 18000kJ na dan. Prosječni radnik troši oko 4116 kJ za čisto održavanje života, a da pri tome ne obavlja nikakav rad. Potrošak energije za svakodnevni život, isključivši rad u zvanju iznosi oko 9628 kJ, jer za aktivnosti kao što su oblačenje, hranjenje, pranje, put do radnog mjesta, slobodno vrijeme, troši se 2512 kJ na dan. Za žene dozvoljena granica potrošnje iznosi 6698 kJ na dan. Većina radnica u industriji ne troše više od 4186 kJ za svakidašnji posao, a rad u kućanstvu iznosi u prosjeku 2093 kJ što približno iznosi 6698 kJ na dan. Što se tiče teškog rada, radnik koji obavlja težak posao može i u kraćem vremenskom razdoblju postići utrošak energije od 6,8 ili više radnih kalorija u minuti, dok će radnica utošiti svega 3,4 ili 5 radnih kalorija po minuti.

Pri teškom radu pod utjecajem topline broj potrošenih kalorija je ograničen iznosom topline koju tijelo može izgubiti. Količina topline koju tijelo gubi isijavanjem i odavanjem je ograničena, količina znoja koja ispari za vrijeme rada je stvarni granični faktor rada na vrućim radnim mjestima jer se mora izbjegavati povišenje tjelesne temperature veće od 1 do 1,25 °C. Radna sposobnost u toplinskim uvjetima ovisi o temperaturi okoline, o vlažnostima i kretanju zraka.[4]

## **7. ODJEĆA**

Čovjek je svakodnevno izložen raznim nepovoljnim, teškim radnim i životnim uvjetima, a funkcija odjeće oduvijek je bila da štiti tijelo od vanjskih utjecaja. Primarna funkcija zaštitne odjeće je da stvara barijeru između čovjeka i okoline kako bi se regulirala tjelesna temperatura u odnosu na okolinu. Da bi bila djelotvorna s mogućnošću funkcionalne primjene, zaštitna odjeća mora biti ergonomski oblikovana u skladu s dinamičkim antropometrijskim uvjetima uporabe, a pri izvođenju aktivnosti mora osigurati udobnost kod nošenja i visok stupanj slobode pokreta.[8] Odjeća provodi termalni otpor između ljudskog tijela i njegovog okruženja. Funkcionalna uloga odijevanja je zbog toga održanje tijela u prihvatljivom termalnom stanju u različitim okruženjima. Termalno ponašanje odjeće jedne aktivne osobe je složeno, dinamično i kompleksno. Faktori koji djeluju na termalno ponašanje odjeće će uključiti suhu termalnu izolaciju, prijenos vlažnosti i isparavanja kroz odjeću (npr. znoj, kiša), izmjenu tjelesne topline (kondukcija, pretvaranje, radijacija, isparavanje, kondenzacija), kompresiju (npr. uzrokovana velikim vjetrom), prodiranje zraka, položaj tijela itd. Termalna izolacija odjevnog materijala može se izmjeriti standardiziranom opremom koja obično uvodi postavljanje uzorka materijala na opremu i mjerenje protoka topline ili temperature; termalna izolacija se može izračunati.[1]

### **7.1. Norme zaštitne odjeće**

Zaštitna odjeća je osobna zaštitna oprema koja štiti ljudsko tijelo od štetnih utjecaja. Temeljni uvjet za primjenu zaštitne odjeće je Direktiva Vijeća 89/686/EEZ [8]. Opća norma za zaštitnu odjeću, koja je prihvaćena i primjenjuje se u Republici Hrvatskoj kao hrvatska norma je HRN EN 340:2004. U njoj se zaštitna odjeća definira kao odjeća koja pokriva ili zamjenjuje osobnu odjeću, te pruža zaštitu od jednog ili više rizika koji mogu ugrožavati sigurnost i zdravlje osoba na radu. Ova



norma se ne može koristiti samostalno već isključivo u kombinaciji sa nekom drugom normom.

Već pri projektiranju zaštitne odjeće, obuće i opreme potrebno je uzeti u obzir niz čimbenika koji utječu na ispunjenje spomenutih zahtjeva, počevši od funkcionalnog dizajna, ergonomije, odabira prikladnih materijala za izradu, udobnost i učinkovitost, tehnologija izrade, način održavanja tijekom uporabe, kao i zbrinjavanje (recikliranje) nakon uporabe (Shema 1.).[8]



Shema 1. Čimbenici koji utječu na projektiranje zaštitne odjeće [8]

## 8. TOPLINSKA UGODNOST

Kada se govori o prostorijama u kojima borave ljudi, pojam temperature se usko povezuje s pojmom toplinske ugodnosti. Toplinska ugodnost je prema ISO 7730 definirana kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša. Zadatak termotehničkih sustava je upravo osigurati toplinsku ugodnost korisnika koji borave u tom prostoru. Kako je toplinska ugodnost subjektivan, a ne jednoznačan pojam, teško se može dogoditi da su svi korisnici zadovoljni. Zato je cilj termotehničkih sustava stvaranje uvjeta koji odgovaraju najvećem mogućem broju osoba. Europskom normom EN ISO 7730: Ergonomija toplinskog okoliša – Analitičko utvrđivanje i tumačenje toplinske udobnosti izračunom PMV i PPD indeksa i lokalnih toplinskih kriterija udobnosti su definirane projektne vrijednosti ključnih parametara toplinske ugodnosti i cilj je osiguravanje toplinske ugodnosti za minimalno 80% populacije. EN ISO 7730 je namijenjena većinom za prostore poslovne namjene, iako se može koristiti i za druge prostore ali uglavnom za umjerene temperaturne uvjete,[1] tj. osjećaj udobnosti nužno je individualan tj. ne postoji neki određeni skup veličina stanja okoliša u kojem bi baš svaka osoba iskazala zadovoljstvo jer svaki čovjek ima određenu drugačiju fiziologiju tijela i metabolizma. Ugodnost je skup veličina stanja okoliša u kojem postotak nezadovoljnih ne prelazi određenu vrijednost.[3]

## 8.1. Ispitivanje toplinske udobnosti

Mada subjektivne tehnike mjerenja mogu biti korisne za mjerenje ekstremnih okruženja, one se ne mogu koristiti prvenstveno za toplinski napor, napor hladnoće i u zdravlju i sigurnosti. U tim uvjetima, sposobnost osobe da razumno prosudi, može umanjiti vrijednost. Pošto subjekt uvijek mora ulagati, on nema veći udjel u tome. To je ulagačko pravilo bilo da raspolaže sa ostatkom (zasnovano na psihološkim osobinama itd.) čak i kad je voljan da to uradi. Klasičan odnos prema toplini je, gdje je subjekt visoko motiviran da sačuva okolinu i čvrsto izrazi svoje mišljenje. Izbor subjektivnih skala će ovisiti od stanovništva pod ispitivanjem, i početno ispitivanje može biti potrebno za označavanje dimenzija. Na primjer, u ispitivanju termalne udobnosti odjeće općenito se koristi sedam točaka skale termalne osjetljivosti, međutim, skale ljepljivosti, vlažnosti itd. koriste za posebne primjene. Konstrukcija i dvije jednostavne ankete su korištene za termalni pregled toplinske udobnosti. (Slika 7.) I (Slika 8.)

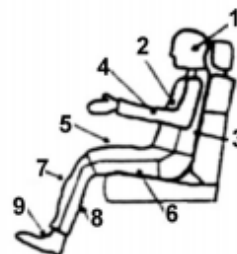
### OCJENA TOPLINSKE UDOBNOSTI

Datum:

Ispitanik:

Vrijeme:

Broj ispitivanja:



Neutralno, Prije, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, Poslije

### TOPLINSKA OKOLINA

1. Molim Vas ocijenite na ovim skalama kako se **sada** osjećate

Općenito	Glava	Trup		Ruke	Natkoljenica		Potkoljenica		Stopala	
		Naprijed	Straga		Naprijed	Straga	Naprijed	Straga		
		1	2		3	4	5	6		7
7. Ekstremno vruće	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Vrlo vruće	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Vruće	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Toplo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Malo toplo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Neutralno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1. Malo hladno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Općenito	Glava	Trup		Ruke	Natkoljenica		Potkoljenica		Stopala	
		Naprijed	Straga		Naprijed	Straga	Naprijed	Straga		
		1	2		3	4	5	6		7
4. Vrlo neudobno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Neudobno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Malo neudobno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1. Udobno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Općenito	Glava	Trup		Ruke	Natkoljenica		Potkoljenica		Stopala	
		1	2		3	4	5	6		7
4. Vrlo ljepljivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ljepljivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Malo ljepljivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1. Ne ljepljivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Slika 7. Ocjena toplinske udobnosti 1 [1]

**Obrazac 2**Molim Vas odgovorite o **Vašem toplinskom komforu**1. Pozivajući se na gomju skicu molim Vas da naznačite na donjim skalama kako se **sada** osjećate

	Općenito	Glava 1	Trup 2	Ruke 3	Šake 4	Noge 5	Stopala 6
Vrlo vruće	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vruće	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Toplo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Malo toplo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Neutralno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Malo hladno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hladno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mrzlo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Molim Vas odgovorite kako bi ste se **sada** htjeli osjećatiToplije Bez promjena Hladnije 

3. Jeste li općenito zadovoljni sa svojom toplinskom okolinom?

Da Ne 

4. Molim Vas da date dodatnu informaciju ili komentar za koje mislite da su važni za ocjenu Vaše toplinske okoline na poslu (npr. propuh, suhoća, odjeća, predloženo poboljšanje itd.)

Hvala!

Slika 8. Ocjena toplinske udobnosti 2 [1]

## 8.2. Parametri koji utječu na toplinsku ugodnost

Prema navedenoj normi, glavni faktori koji utječu na toplinsku ugodnost se mogu podijeliti u dvije skupine:

Okolišni:

- 1) Temperatura zraka u prostoriji,
- 2) Srednja temperatura zračenja,
- 3) Brzina strujanja zraka,
- 4) Relativna vlažnost

Osobni:

- 5) Razina fizičke aktivnosti (Metabolizam),
- 6) Razina odjevenosti

- Pod temperaturom zraka u prostoriji misli se na srednju prosječnu temperaturu koja okružuje korisnika. Ova temperatura se mjeri suhim termometrom pa se zato i naziva temperatura suhog termometra. [1]

- Srednja temperatura zračenja ploha je jednolika temperatura ploha zamišljenog crnog zatvorenog prostora kod koje se događa jednak gubitak topline zračenjem kao i za stvarni zatvoreni prostor s nejednolikim temperaturama ploha.

Brzina strujanja zraka je definirana kao srednja brzina strujanja zraka kojoj je tijelo izloženo. Brzina strujanja ima velik utjecaj na toplinsku ugodnost. Relativna vlažnost pokazuje odnos između količine vodene pare koja stvarno postoji u zraku u nekom trenutku i maksimalne količine vodene pare koju bi taj zrak pri toj temperaturi mogao primiti.

Relativna vlažnost nema veći utjecaj na toplinsku ugodnost. Za temperature zraka do 25 °C i nisku razinu fizičke aktivnosti, preporuča se održavanje relativne vlažnosti između 35 i 60%.

- Razina fizičke aktivnosti ovisi o naravi posla; je li taj posao fizički naporan, u kojem se položaju izvodi, količini kretanja promatranog subjekta.
- Razina odjevenosti predstavlja vrstu opasnosti koja se nalazi na poslu te se prema njemu određuje vrsta odjevnog ili zaštitnog predmeta što također uvelike ovisi o vanskoj radnoj temperaturi okoliša.

Toplinska ugodnost rezultat je zajedničkog međudjelovanja navedenih faktora. Pri promjeni samo jedne veličine stanja, istu ili sličnu razinu ugodnosti moguće je ostvariti samo uz promjenu i neke druge veličine stanja. Izmjena osjetne topline vrši se određenim mehanizmima (provođenje, konvekcija i zračenje), odnosno kao osjetna i latentna toplina (isparavanje) s površine kože.[1]

### **8.3. Operativna temperatura**

Optimalna operativna temperatura je idealna temperatura koja bi bila odgovarajuća za sve ljude u prostoriji. U tablici 1. su prikazane preporučene vrijednosti operativne temperature ovisno o godišnjem dobu za različite tipove prostora. Preporučene vrijednosti operativnih temperatura za različite prostore su uzete iz norme HRN EN 15251: 2008 Ulazni mikroklimatski parametri za projektiranje i ocjenjivanje energijskih značajka zgrada koji se odnose na kvalitetu zraka, toplinsku lagodnost, osvjetljenje i akustiku. Kategorije I, II i III iz tablice odgovaraju kategorijama A, B i C. [1]

Tablica 6. Operativne temperature ovisno o god. dobu [3]

Tip prostorije/zgrade	Kategorija	Operativna temperatura (°C)	
		Zima (sezona grijanja) Razina odjevenosti $\approx 1,0$ clo	Ljeto (sezona hlađenja) Razina odjevenosti $\approx 0,5$
Kućanstva (dnevni boravak, spavaonica, kuhinja i sl.) Razina aktivnosti (sjedenje) $\approx 1,2$ met	I	21	25,5
	II	20	26
	III	18	27
Kućanstva (ostave, hodnici i sl.) Razina aktivnosti (hodanje, stajanje) $\approx 1,6$ met	I	18	/
	II	16	/
	III	14	/
Uredi Razina aktivnosti (sjedenje) $\approx 1,2$ met	I	21	25,5
	II	20	26
	III	19	27
Auditorij Razina aktivnosti (sjedenje) $\approx 1,2$ met	I	21	25,5
	II	20	26
	III	19	27
Restoran Razina aktivnosti (sjedenje) $\approx 1,2$ met	I	21	25
	II	20	26
	III	19	27
Učionica Razina aktivnosti (sjedenje) $\approx 1,2$ met	I	21	25
	II	20	26
	III	19	27



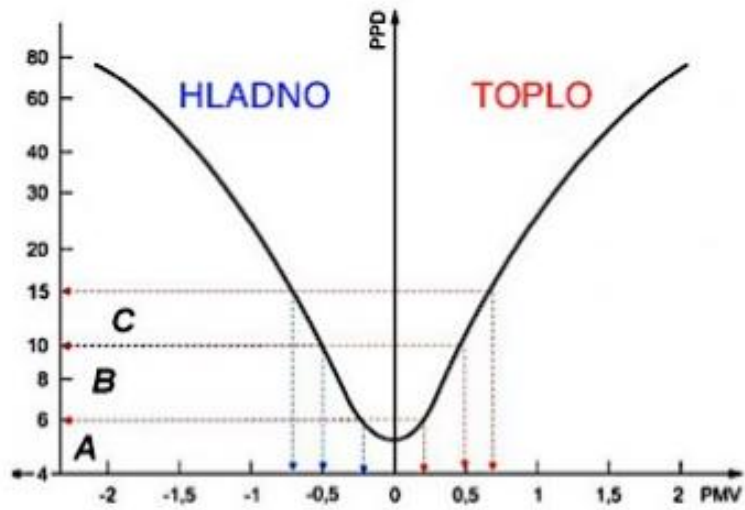
#### 8.4. PMV i PPD indeks

Toplinska ravnoteža tijela je postignuta kada je proizvedena toplina tijela jednaka onoj izmijenjenoj s okolišem. PMV se može izračunati na 3 načina:

- 1) Koristeći kod za program BASIC dan u Dodatku D norme
- 2) Iz Dodatka E norme gdje su dane tablice PMV vrijednosti za različite kombinacije razine aktivnosti, odjevenosti, operativne temperature i relativne brzine. PMV vrijednosti u Dodatku E su napravljene za relativnu vlažnost 50%. Utjecaj vlažnosti na toplinsku ugodnost pri umjerenim temperaturama se obično zanemaruje pri izračunu PMV indeksa.
- 3) Direktnim mjerenjem koristeći integracijski senzor (mjerenjem ekvivalentne I operativne temperature) PPD predstavlja postotak nezadovoljnih osoba, odnosno onih koji bi glasali da im je toplo, vruće, hladno ili ledeno (+3, +2, -2, -3 sa Tablica 2.) PPD. Slika 9. prikazuje PPD kao funkciju od PMV. Na osi x su vrijednosti PMV od -3 do +3, dok su na osi y vrijednosti PPD. [1]

Tablica 7. Razine ocjene PVM indeksa [1]

+3	VRUĆE
+2	TOPLO
+1	BLAGO TOPLO
0	NEUTRALNO
-1	PROHLADNO
-2	HLADNO
-3	LEDENO



Slika 9. PPD kao funkcija PVM

## **9. EKSPERIMENTALNI DIO**

U eksperimentalnom dijelu cilj je bio otkriti utjecaj topline na tijelo radnika te dati radnicima priliku da iskažu svoje zadovoljstvo ili ne zadovoljstvo u njihovoj radnoj okolini te kao budući prvostupnik zaštite na radu otkriti i predložiti rješenje u situaciji nepovoljne radne okoline.

Određivanje radnih uvijeta realizirano je u karlovačkoj mladoj tvrtci Toner d.o.o. u kojoj je odrađena stručna praksa. Ispitivanje toplinskog konfora radnika izvršeno je pomoću obarazaca o određivanju toplinskog konfora koji se nalazi na 26. I 27. stranici.

### **9.1. Mjerna mjesta**

Mehanička radionica bila je mjesto u kojemu je provedeno istraživanje nad 14 radnika. Radionica je dimenzija 50x20x4 metra i u njoj se obavlja sva proizvodnja, popravci i održavanje tračnih i kružnih pila.

Radno mjesto 1 – Čistač, posao čistača je zaprimati tračne pile koje dolaze na obradu te ih pripremiti za daljnju proceduru. Posao koji obavlja čistač je lakši fizički posao koji se obavlja sa ručnom četkom na struju. Od čistača se očekuje da se pobrine da pile budu očišćene po rasporedu dovoza te pravilno istovarene i skladištene. Čistač svoj posao obavlja vani te njegova toplinska uroda naročito ovisi o vremenskim uvjetima. Posao se obavlja u stojećem položaju na stolu koji je konstruiran za čišćenje. Ispitivanje se obavlja na dva radnika.



(Slika 10. Prikaz mjesta rada čistača) [9]

Radno mjesto 2 – Konstruktor oblika pila , posao konstruktora je oblikovanje pila u njihov položaj za rad. Tračne pile dolaze u ne sinkroniziranom obliku koji se javlja nakon dužeg vremena eksploatacije trčne pile. Posao konstruktora je veoma odgovoran jer zahtijeva veliku preciznost i stručnost u svom radu, od njega ovisi dali će se tračna pila dobro ili loše ponašati pri radu. Stoga konstruktor mora imati dobru osvjetljenost radnog mjesta te ispravan mjerni alat koji će mu omogućiti ispravan rad. Posao nije fizički zahtjevan ali podrazumjeva konstantno stajanje te potpunu koncentraciju. Ispitivanje se provodi na četiri osobe.



(Slika 11. Mjesto rada majstora za oblikovanje) [9]

Radno mjesto 3 – Varioc, posao varioca se obavlja na automatskom stroju za varenje. Posao varioca obuhvaća i testiranje te naobrazbu koju je varioc dužan proći. Varioc obavlja lakši fizički posao koji obuhvaća konstantan nadzor stroja te namještanje i puštanje stroja u automacki rad. Stroj prilikom svog rada proizvodi znatnu količinu topline koja se prenosi na radnika koji mora biti konstatnom nadzoru. Varioc također svoj rad obavlja u stajaćem položaju uz stalno kretanje između četiri stroja u pogonu. Ispitivanje se provodi na četiri radnika.



(Slika 12. Mjesto rada varioca) [9]

Radnom mjesto 4 – Brusilac ,Zadnje mjesto u proizvodnji tračnih pila zauzima majstor zadužen za brušenje pila i finalnu obradu.Uzadnjem koraku pila dobiva svoj konačan oblik koji se ublikuje brušenjem sa visoko tehnološkim automackim CNC strojem.Radnik mora biti upućen u sve segmente stroja sa kojim rukuje,od njega se očekuje oblikovanje pila za finalnu isporuku te evidentiranje nedostataka koji su se mogli pojavati tokom procesa obrade,posao nije fizički zahtjevan te od radnika očekuje potpunu koncentraciju I dobru procjenu situacije.Posao se obavlja u stajaćem položaju uz konstantno kretanje,ispitivanje se provodi na četiri radnika.



(Slika 13. Mjesto rada brusioca) [9]

## 9.2. Mjerna oprema I metode

Ispitivanje radnika pomoću ispitnih obrazaca obavljeno je datuma 15.6.2018 pri vanjskoj temperature od 30°C. U vrijeme ispitivanja temperatura u radionici iznosila je neugodnih 31°C . Ispitivanje temperature je obavljeno u prosječnoj visini svih radnika koja iznosi oko 175 cm. Način ispitivanja se pokazao veoma jednostavan I učinkovit. Svaki radnik dobio je po jedan primjerak od 2 različita obrasca (slika 7., slika 8., vidi na stranici br.26-27 ) koji su bili namjenjeni za utvrđivanje njihovog toplinskog konfora. Anketni listić je bio potpuno anonimn te je radnik mogao biti objektivan pri iznošenju svoga mišljenja o svom toplinskom konforu.

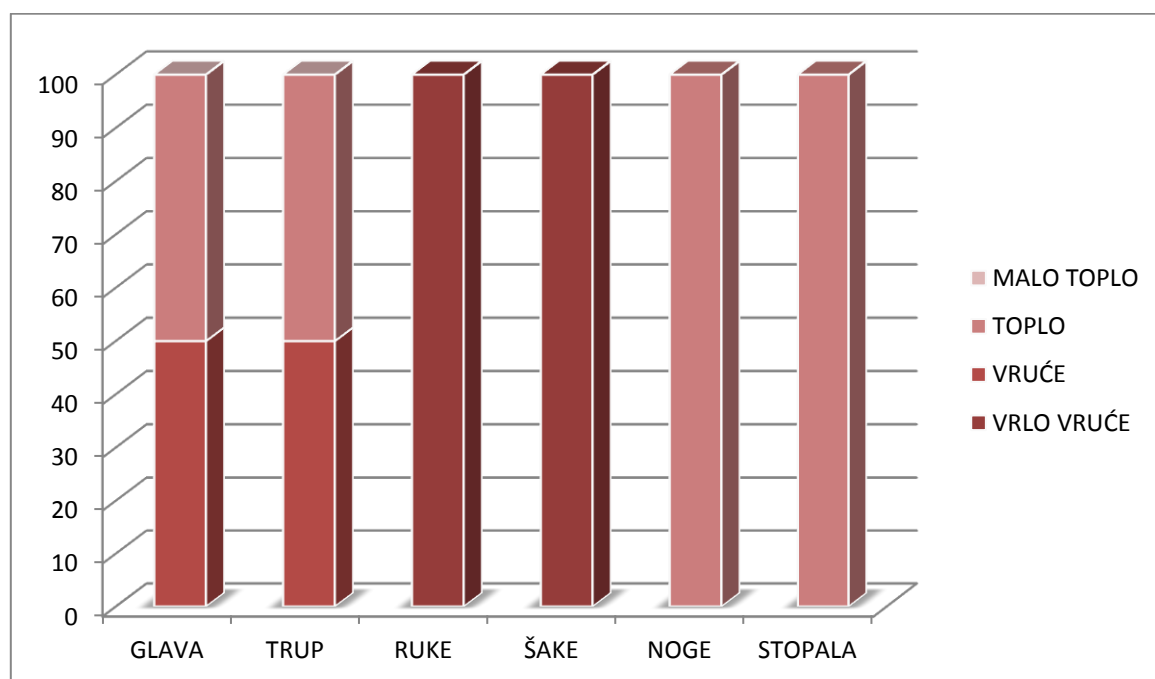
Toplina se određuje za svaki pojedini dio tijela kako bi utvrdili koji dio najviše smeta radnicima pri radu. Dijelovi tijela koji se ocjenjuju su glava, trup, ruke, šake, noge te stopala. Također u anketnom listiću se ispituje i trenutno stanje zadovoljnosti klimom te predviđanja kako bi se željeli osjećati u budućnosti. U anketnom listiću se navodi i pitanje o općenitom toplinskom stanju ali podaci u toj skupini ne mogu se uzeti za pravo stanje jer nisu objektivni zbog tad loših toplinskih uvijeta (31 °C)

## 10. REZULTATI I RASPRAVA

Nakon što su svi ispitanici vratili svoje ispunjene upitnike podatci su uneseni u Microsoft Excel tablicu koja je omogućila grafički prikaz podataka za pojedino radno mjesto u postocima.

### 10.1. Radno mjesto čistača

Na temelju upitnika o radnom mjestu čistača od 2 ljudi dobiveni su sljedeći rezultati.



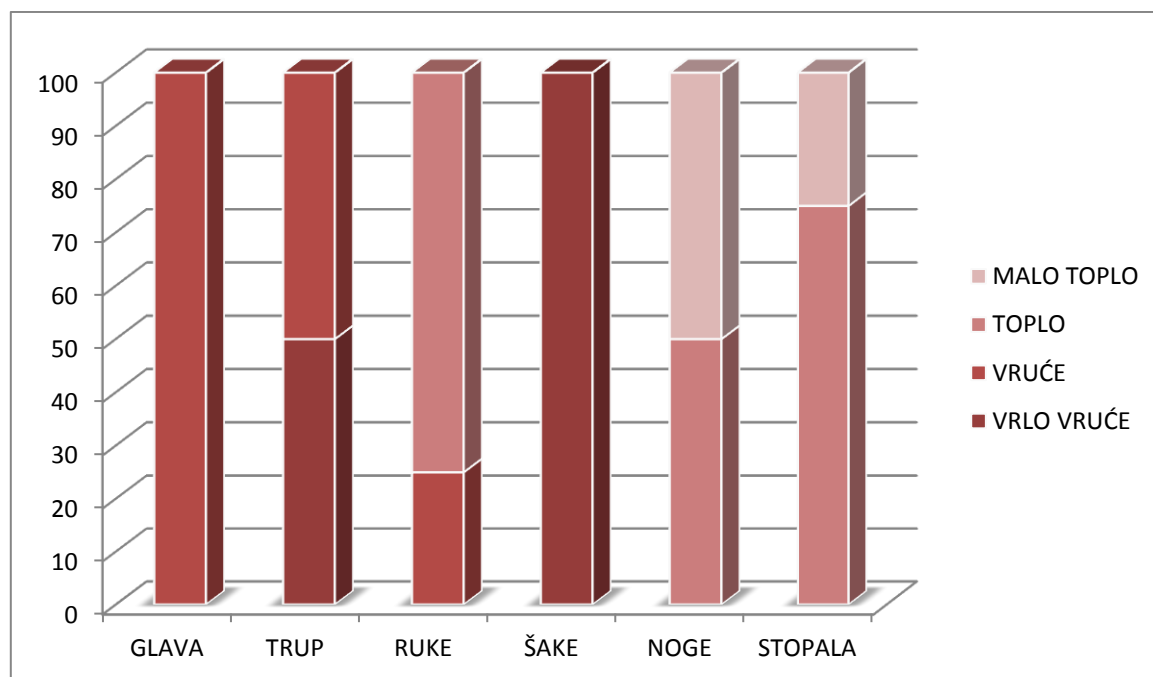
(Graf . Toplinska udobnost čistača)

Radnici koji rade na čišćenju izjavili su da im je vrlo vruće u predjelima šaka i ruku koje se mogu objasniti stalnim pokretima električne četke koja zahtjeva određenu fizičku spremu. Dodatan napor im iskazuje nošenje OZS-a tj. Zaštitnih kožnih rukavica koje moraju nositi prilikom rukovanja oštrim pilama. Oba radnika na

pitanje kako bi se željeli osjećati u budućnosti su odgovorili hladnije te za svoj komentar izjavili su kako bi željeli uvođenje klimatizacije i konstatne temperature.

## 10.2. Radno mjesto konstruktora oblikovanja pila

Na temelju upitnika o radnom mjestu konstruktora oblikovanja pila od 4 ljudi dobiveni su sljedeći rezultati.



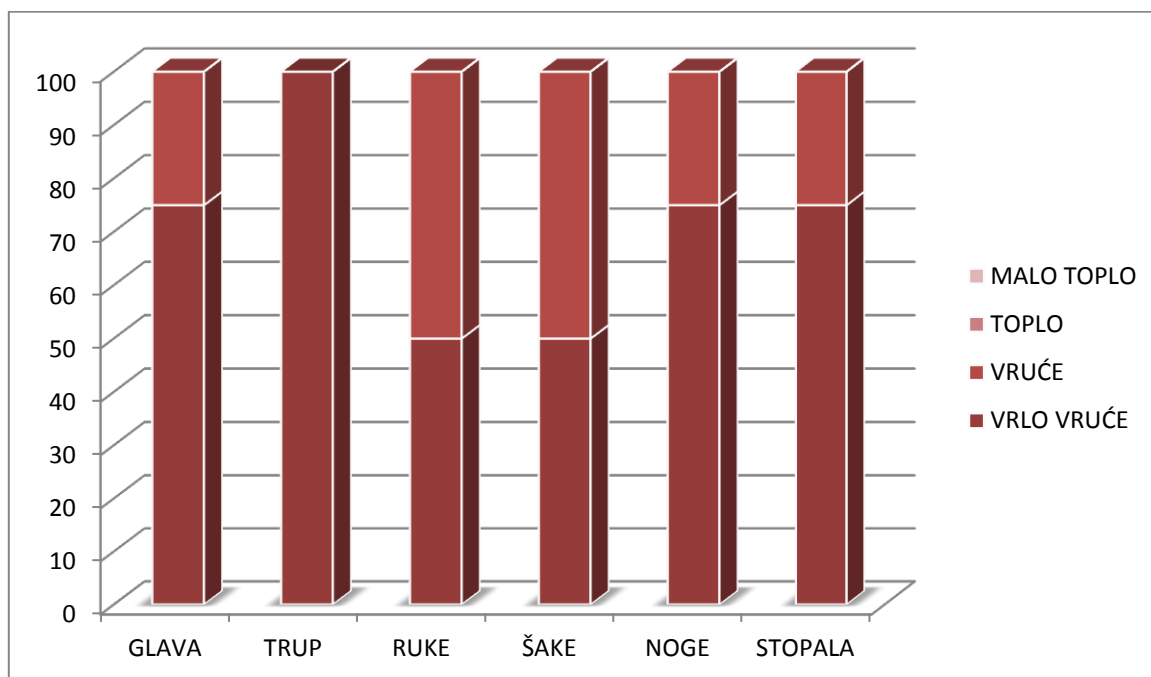
(Graf 1. Toplinska udobnost konstruktora)

Na temelju dobivenih dobivenih rezultata može se zaključiti da toplinska udobnost nije zadovoljena u predjelu šaka.Svi djelatnici na tom radnom mjestu složili su se da im šake predstavljaju najveće toplinsko opterećenje. Nadalje ga sljedi glava te trup koji su prisutni zbog uporabe OZS-a.Važno je primjetiti da su radnici noge i stopala označili kao malo toplo ili toplo te su u rubrici gdje mogu ostaviti svoj komentar isto kao prethodni radnici za najveću manu naveli manjak klimatizacije i konstantne temperature.



### 10.3. Radno mjesto varioca

Na temelju upitnika o radnom mjestu varioca od 4 ljudi dobiveni su sljedeći rezultati.

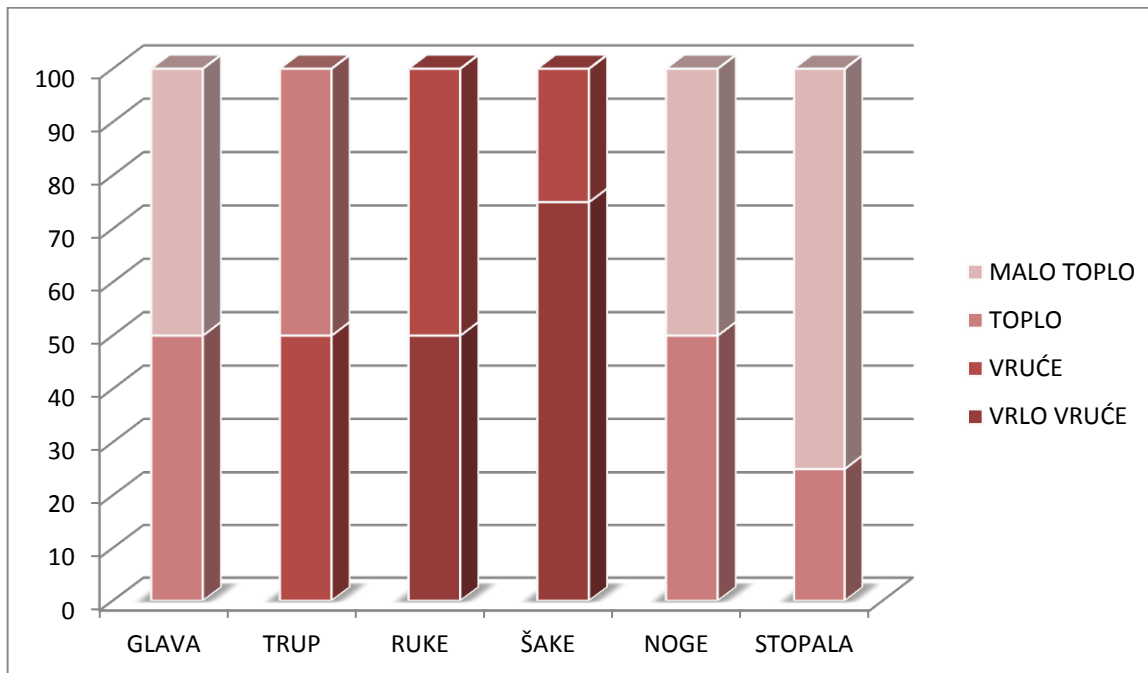


(Graf 2. Toplinska udobnost varioca)

Rezultati ankete varioca su veoma porazavajući, 4 ljudi za svaki dio tijela izjavio je da im je vruće ili vrlo vruće. Svi su se složili da im trup predstavlja najveći problem što je i očekivano jer se nalaze 1-2 metra udaljenosti od izvora topline od 1000 °C prilikom varenja. Također veliku neugodu im stvara zaštitna odjeća koja pokriva noge i stopala ali je obavezna prilikom varenja. Za razliku od ostalih radnika za primjedbu imali su samo nabavku lakše zaštitne odjeće te odjeće koja će im pružiti bolju prozračnost.

## 10.4. Radno mjesto brusioaca

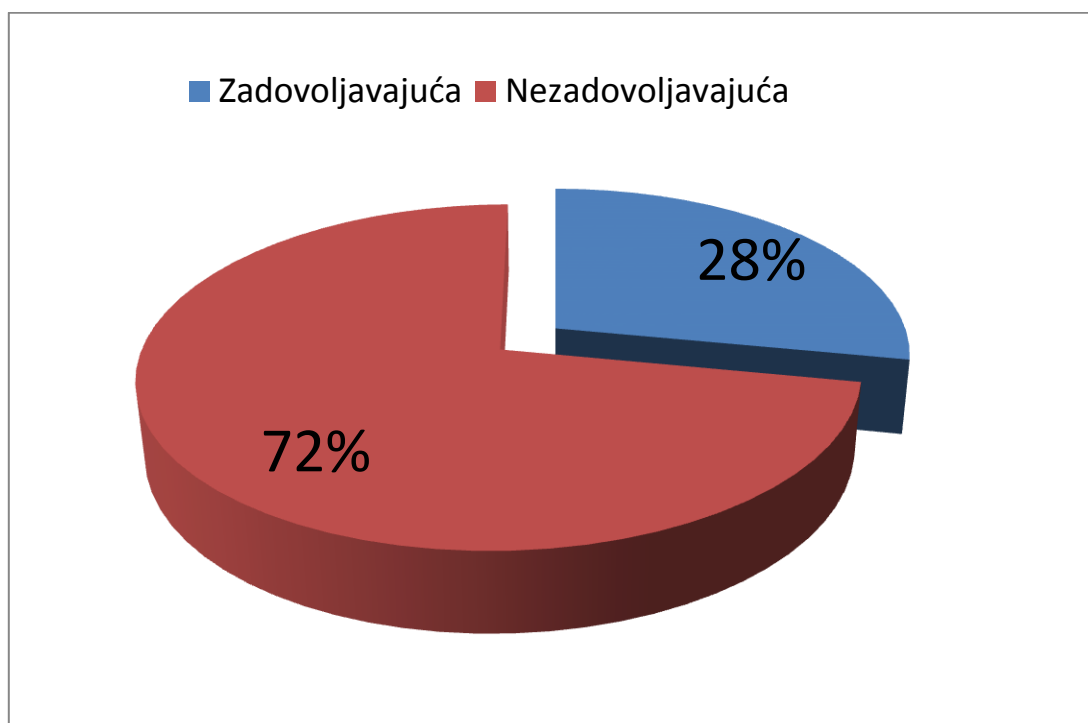
Na temelju upitnika o radnom mjestu brusioaca od 4 ljudi dobiveni su sljedeći rezultati.



(Graf 3. Toplinska udobnost brusioaca)

Rezultati ispitivanja ljudi zaduženih za brušenje dobivaju se rezultati da im kao i konstruktorima vrućina u rukama i šakama zbog kožnih rukavica predstavlja najveći problem njihovoj toplinskoj udobnosti. Noge, stopala i glava su najmanje zahvaćeni sa temperaturnom neugodnošću u kojem za ocjenu “malo toplo” za stopala se može pripisati dobroj i prozračnoj obući koja povećava toplinsku udobnost.

Nakon izvršene analize obrazaca 1. i 2. dobiveni su sljedeći rezultati. Većina radnika (Graf 1.) nije zadovoljna svojom općenitom radnom okolinom. Također analizom pojedinih dijelova tijela može se zaključiti kako su se radnici najviše izjašnjavali sa vruće ili vrlo vruće žaleći se najviše na ruke, šake i trup. Nadalje, najviša očekivanja bila su od rubrike u kome će biti omogućeno radnicima da svojim komentaram iznesu svoje mišljenje što se tiče poboljšanja njihovog trenutnog stanja te mjere koje misle da bi se trebale poduzeti određene mjere kako bi se poboljšao njihov toplinski konfor. Najviše komentara bilo je upućeno prema nedostatku svježeg zraka te prekomjernom znojenju.



Dijagram 1. Opća radna okolina

Analizom poražavajućih rezultata koji pokazuju da radnici nisu zadovoljni svojom toplinskom random okolinom te im time proporcijalno pada motiviranost u radu te i produktivnost. Bez obzira što je vani 30°C to nije bio jedini razlog velikog nezadovoljstva radnika. Uvidom u dokument procjene rizika može se zaključiti da strojevi na kojima se radi brušenje te egalizacija pila (obije rade na principu vodenog brušenja) javlja se velika vlaga kod raspršivanja prilikom brušenja. Procjena rizika utvrdila je da je vlažnost zraka oko 70% što je prilično visok postatak za umjereno naporan fizički rad. Rješenje koje se nametalo upravi je bilo postavljanje dva ventilatora na razmaku od 20m na sredini radionice koji bi uvelike doprinjeli u izvlačenju vlage u zraku i povećali strujanje zraka te znatno podignuli toplinsku ugodnost u prostoru.

Još neka od rješenja su bila nabaviti lakša i prozračnija osobna zaštitna sredstva kako bi radniku pomogli smanjiti tjelesnu temperaturu te povećati izmjenu topline tijela sa zrakom.

## 11. ZAKLJUČAK

Ergonomija proučava djelovanja između ljudi, strojeva i faktora koji utječu na međusobno djelovanje. Njezina svrha je poboljšati funkcioniranje sustava tako da se poboljša međusobno djelovanje između čovjeka, stroja i njegove okoline. To se može postići boljim povezivanjem faktora u radnoj okolini ili u organizaciji rada koji smanjuju učinak između čovjeka i njegove razmjene topline sa okolišem. Sustavi se mogu poboljšati konstrukcijom radnog prostora čovjeka da budu kompatibilniji sa zadatkom i korisnikom obraćajući pažnju koliko je njegov rad zahtjevan. Tako se olakšava posao i smanjuje mogućnost grešaka koje ljudi čine. Promjena radne okoline treba biti sigurnija i prikladnija za zadatak. Promjena zadatka je potrebna da bude kompatibilnija s karakteristikama korisnika. Zadatak se pravilno treba postaviti prema radnikovim fizičkim sposobnostima obraćajući pažnju na njegov fizički integritet i vanjske utjecaje. Svakako za normalan metabolizam potrebno je osigurati odgovarajući kvalitativni iznos, što znači da je u organizam potrebno unositi određene hranjive tvari te držati organizam hidratiziranim. Eksperimentalni dio pokazao je kako je veoma važno uključivanje stručnjaka zaštite na radu u proizvodni proces te upuštanje u interakciju sa radnicima kako bi se otkrila toplinska udobnost koji proctor pruža radnicima.

U ovom radu potvrđeno je kako toplina i toplinska uгода imaju značajan utjecaj na čovjekovo zdravlje. Pri optimalnim temperaturama i optimalnom ugođaju, čovjek pokazuje najbolje rezultate pri obavljanju svog posla. Veoma je bitno da su svi aspekti kao što je temperatura, vlažnost, strujanje zraka, metabolizam i pravilna odjeća uključeni u projektiranje čovjekove radne okoline.

## LITERATURA

- [1] B. Mijović.: Primjenjena ergonomija, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac 2008.,[ISBN] 978-953-7343-23-1
- [2] [http://soh.iums.ac.ir/uploads/0415237920\\_95689.pdf](http://soh.iums.ac.ir/uploads/0415237920_95689.pdf) , Human thermal environments, Pristupljeno 15.8.2018
- [3] [http://repositorij.fsb.hr/5244/1/Radanovic\\_2015\\_Diplomski.pdf](http://repositorij.fsb.hr/5244/1/Radanovic_2015_Diplomski.pdf), Karakteristike termostata , Pristupljeno 15.8.2018
- [4] Zvone Balantič, Andrej Polajnar, Simona Jevnišnik : ERGONOMIJA V TEORIJI I PRAKSI
- [5] J. Vučinić, Z. Vučinić, N. Pejnović :Stručni rad , KLIMATSKI UVJETI RADNOG OKOLIŠA
- [6] [https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni\\_materijali/k\\_sigurnost\\_2/5N-TOPLINA-4.pdf](https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_sigurnost_2/5N-TOPLINA-4.pdf), Mikroklimatski faktori okoliša, Pristupljeno 17.8.2018
- [7] Voet D., Voet J. (1995): Biochemistry, 2nd Edition, Wiley,
- [8] <https://repositorij.ttf.unizg.hr/islandora/object/ttf:64/preview>, ISTRAŽIVANJE STANJA ZAŠTITNE ODJEĆE, Pristupljeno 21.8.2018
- [9] <http://www.drvo Brusiona.hr/> Pristupljeno 29.8.2018

## PRILOZI

### Popis slika

Slika 1. Dnevni hod temperature zraka [8] .....	5
Slika 2. Struktura ljudske kože .....	7
Slika 3. Raspodjela topline tijela pri temperature [1].....	8
Slika 4. Usklađenost direktne, difuzne I reflektirajuće solarne radijacije.....	10
Slika 5. Mollierov h – x dijagram.....	15
Slika 6. Postotno povećanje u energetske.....	20
Slika 7. Ocjena toplinske udobnosti 1 [1].....	26
Slika 8. Ocjena toplinske udobnosti 2 [1].....	27
Slika 9. PPD kao funkcija PVM.....	32
(Slika 10. Prikaz mjesta rada čistača) [9] .....	34
(Slika 11. Mjesto rada majstora za oblikovanje) [9] .....	34
(Slika 12. Mjesto rada varioca) [9].....	35
(Slika 13. Mjesto rada brusioca) [9].....	36

### Popis tablica

Tablica 1. Preporučljive temperaturne granice za prihvatljiva.....	13
Tablica 2. Prikaz stanja zraka .....	15
Tablica 3. Vrijednost temperature zraka I vlažnosti zraka .....	16
Tablica 4. Gibanje zraka (m/s) I temperature zračenja okoline °C.....	16
Tablica 5. Izmjena zraka po osobi [5].....	18
Tablica 6. Operativne temperature ovisno o god. dobu [3].....	30
Tablica 7. Razine ocjene PVM indeksa [1].....	32

### Popis grafova

(Graf 1. Toplinska udobnost konstruktora) .....	38
(Graf 2. Toplinska udobnost varioca) .....	39
(Graf 3. Toplinska udobnost brusioca) .....	40

### Popis dijagrama

Dijagram 1. Opća radna okolina .....	41
--------------------------------------	----

### Popis shemi

Shema 1. Čimbenici koji utječu na projektiranje zaštitne odjeće [8] .....	23
---	----