UTJECAJ KONSTRUKCIJSKIH PARAMETARA NA TOPLINSKA SVOJSTVA ODJEĆE

Špelić, Ivana

Doctoral thesis / Disertacija

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:201:004738

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu

Tekstilno-tehnološki fakultet

Ivana Špelić

UTJECAJ KONSTRUKCIJSKIH PARAMETARA NA TOPLINSKA SVOJSTVA ODJEĆE

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Dubravko Rogale

Zagreb, 2016

University of Zagreb

Faculty of Textile Technology

Ivana Špelić

IMPACT OF CONSTRUCTION PARAMETERS ON THERMAL PROPERTIES OF CLOTHING

DOCTORAL THESIS

Supervisor: prof. Dubravko Rogale, Ph.D.

Zagreb, 2016

Bibliografski podaci

Znanstveno područje:	Tehničke znanosti
Znanstveno polje:	Tekstilna tehnologija
Institucija u kojoj je rad izrađen:	Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet
Mentor rada:	red. prof. dr. sc. Dubravko Rogale
Broj stranica:	374
Broj slika:	124
Broj tablica:	125
Broj literaturnih navoda:	182
Broj priloga:	5
Jezik teksta:	Hrvatski
Jezika sažetka:	Hrvatski i engleski
Datum obrane:	19. travnja 2016.
Povjerenstvo za ocjenu i obranu:	1. red. prof. dr. sc. **Alka Mihelić - Bogdanić**, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološkog fakultet 2. red. prof. dr. sc. **Jelka Geršak**, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo 3. izv. prof. dr. sc. **Slavenka Petrak**, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološkog fakultet 4. red. prof. dr. sc. **Darko Ujević**, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološkog fakultet 5. red. prof. art. u mirovini **Zlatka Mencl - Bajs**, akad. slik, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološkog fakultet
Rad je pohranjen u:	• Knjižnici . Sveučilišta u Zagrebu, Tekstilno-tehnološkog fakulteta, Prilaz baruna Filipovića 28 a, Zagreb • Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Hrvatske bratske zajednice b. b., Zagreb • Institutu informacijskih znanosti u Zagrebu, Trg maršala Tita 3

Životopis mentora

Prof. dr. sc. Dubravko Rogale zaposlen je kao redoviti profesor u trajnom zvanju na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta. Područje njegovog znanstvenog, stručnog i nastavnog interesa vezano je uz razvoj mjernih uređaja i opreme iz područja odjevnog inženjerstva i tehnologije, novih metoda računalnog konstruiranja odjeće, procesnih parametara procesa proizvodnje odjeće, istraživanja na području energetskih procesnih parametara, razvoja inteligentne odjeće, određivanja toplinskih svojstava kompozita i odjeće, istraživanja parametara spajanja dijelova odjeće i proizvoda od tehničkog tekstila tehnikom šivanja, toplinskog spajanja primjenom kondukcijskih i konvekcijskih metoda, ultrazvučne i visokofrekventne tehnike. Dosad je objavio više od 200 znanstvenih i stručnih radova. Koautor je na 12 recenziranih sveučilišnih udžbenika, 1 znanstvene monografije, 16 poglavlja u znanstvenim knjigama te 12 poglavlja u stručnim knjigama. Bio je mentor na 9 doktorskih disertacija i 7 radova magisterija znanosti. U dva mandata izabran je za dekana Fakulteta, u dva mandata za prodekana za nastavu te u više navrata za predstojnika Zavoda za odjevnu tehnologiju.

Otvorio je, ustrojio i organizirao desetak novih laboratorija, praktikuma i sl. (nabava i instalacija opreme osobnim angažmanom), a dao je i znatan doprinos osnivanju i operacionalizaciji novih studijskih planova i programa. Glavni je tajnik Hrvatske akademije tehničkih znanosti, predsjednik Komisije za znanost i obrazovanje pri HIST-u, član Znanstvenog vijeća za tehnološki razvoj Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, Matičnog odbora za polja kemijskog inženjerstva, rudarstva, nafte i geološkog inženjerstva, metalurgije, tekstilne tehnologije i grafičke tehnologije, Upravnog odbora Hrvatskog inženjerskog saveza, Hrvatskog inženjerskog saveza tekstilaca, predsjednik tehničke komisije za dodjelu znaka Izvorno hrvatsko i Hrvatska kvaliteta za područje odjevne industrije pri Hrvatskoj gospodarskoj komori. Član je Saveza inovatora Zagreba i Udruge za međunarodnu komercijalizaciju zagrebačkih inovacija. Njegova inovativnost se ogleda u 14 inovacija i 21 domaćem i međunarodnom patentu. Mnoge mjerne sustave je patentirao i koristio pri izradi magistarskih radova i doktorskih disertacija. Na polju inventivnog djelovanja među najzapaženijim inovacijama, za koje je dobio niz zlatnih i srebrnih odličja diljem svijeta, može se smatrati razvitak inteligentne odjeće i mjernog sustava za ispitivanje toplinskih svojstava konvencionalne, funkcionalne i inteligentne odjeće, kojeg je umjerio, patentno zaštitio i instalirao u Laboratoriju za procesne parametre Tekstilno-tehnološkog fakulteta.

Temeljem članka 84. Statuta Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta, a u svezi članka 16. st. 2. i 3. Pravilnika o doktorskim studijima Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu, Fakultetsko vijeće Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta na 1. redovitoj sjednici u akademskoj godini 2013./2014., održanoj 4. studenog 2013. god. donijelo je odluku o pokretanju postupka prihvaćanja teme doktorskog rada doktorandice Ivana Špelić, dipl. ing. pod naslovom "Utjecaj konstrukcijskoh parametara na toplinska svojstva odjeće" i imenovalo članove povjerenstva za ocjenu teme i predlaganje mentora u sklopu 11. točke dnevnoga reda.

Senat Sveučilišta u Zagrebu donio je na svojoj 5. redovitoj sjednici održanoj 16.12.2014. odluku kojom se Ivani Špelić odobrava pokretanje postupka stjecanja titule doktora znanosti u okviru doktorskog studija Tekstilna znanost i gospodarstvo uz temu doktorskog rada: "Utjecaj konstrukcijskoh parametara na toplinska svojstva odjeće".

…život je satkan od uspona i padova, tuge i osmjeha, uspomena i vizija budućnosti, problema i pronalaska njihova rješenja, nesigurnosti i sigurnosti, odustajanja i borbe, poraza i pobjede…život je ravnoteža spajanja suprotnosti…
i svaki je dan novi odabir cilja kojem ćeš stremiti…a najveća je pobjeda ne odustati u pokušajima da napraviš novi odabir…svoj odabir…
i da shvatiš utjecaj drugih osoba na tome putu…jer nema prijatelja i neprijatelja…samo učitelja…
jer prošli porazi su temelj buduće pobjede…nad samim sobom…

Ovo je zahvala svima koji su sudjelovali u stvaranju ovog doktorskog rada-strpljivoj obitelji, vedrim prijateljima, mentoru, profesorima koji su nesebično prenosili svoje znanje, dragim stručnjacima iz tt. Varteks d. d. i Čateks d. d., kolegama i suradnicima. Jer ovaj doktorski rad nije samo produkt vlastitog truda i znanja, on je produkt svih Vaših savjeta, energije, entuzijazma i znanja.

I zato Vam velika hvala!

Sažetak

U doktorskom radu je istražen utjecaj konstrukcijskih parametara (konstrukcijski dodatak komocije odjevnog predmeta i duljina kroja odjevnog predmeta) na toplinska svojstva muških jakni, izražena kao vrijednost efektivne toplinske izolacije, i zadovoljstvo ispitanika podvrgnutih testiranjima u kontroliranim uvjetima. Potom je provedeno ocjenjivanje utjecaja prohladnih toplina okoliša i izrađenih odjevnih predmeta na zadovoljstvo ispitanika, odnosno toplinsku ugodnost. Subjektivna percepcija toplinske ugodnosti pri nošenju ispitivane odjeće u specifičnim uvjetima okoliša vrednovana je analizom ocjena ispitanika koji su za vrijeme laboratorijskih ispitivanja ispunjavali upitnike s razrađenim ljestvicama subjektivnog ocjenjivanja. Istovremeno su praćeni uvjeti okoliša i mjerene vrijednosti fizioloških reakcija tijela (prosječna temperatura kože tijela i vlažnost kože) na zadane uvjete okoliša.

Ispitivanje utjecaja iznosa konstrukcijskog dodatka komocije na toplinska svojstva odjevnog predmeta provedena su na modelu muške letačke vjetrovke izvedene u četiri varijante (svaka se varijanta modela razlikuje u iznosu konstrukcijskog dodatka komocije). Ispitivanje utjecaja duljine kroja na toplinska svojstva odjevnog predmeta provedena su na modelu muške nautičarske vjetrovke modularne izvedbe s odvojivim nastavcima za promjenu duljine kroja. Termalnim manekenom utvrđena su izolacijska svojstva izrađenih jakni, a potom su ispitanici izvođenjem određenih fizičkih aktivnosti u kontroliranim uvjetima klima komore subjektivno ocijenili toplinsku ugodnost odjevnih sustava i jakni.

Rezultatima je dokazano je da se prilagođavanjem konstrukcijskih parametra u procesu konstruiranja odjevnih predmeta (muških jakni) može utjecati na konačna toplinska svojstva odjevnih predmeta i da postoji povezanost između iznosa konstrukcijskog dodatka komocije i izmjerene vrijednosti efektivne toplinske izolacije muške jakne i povezanost između duljine muške jakne i izmjerene vrijednosti efektivne toplinske izolacije muške jakne.

Također je dokazano da postoji korelacija između vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta i fizioloških varijabli tijela (vrijednost prosječne temperature kože tijela i relativne vlažnosti kože te gubitaka težine ispitanika), kojima se procjenjuje stupanj toplinske ugodnosti i da postoji korelacija između efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava i ocjena ispitanika kojima se procjenjuje stupanj toplinske ugodnosti.

Dodatno je istraženo vertikalno strujanje toplijeg zraka u više prostore mikroklime kada je ljudsko tijelo u pokretu.

Ključne riječi:

- konstrukcijski parametri
- konstrukcijski dodatak komocije odjevnog predmeta
- duljina kroja odjevnog predmeta
- toplinska svojstva muških jakni
- efektivna toplinska izolacija odjeće
- subjektivna percepcija toplinske ugodnosti

Abstract

This doctoral thesis investigates an impact of constructional parameters (ease allowance value and length of clothing garment) on thermal properties of male jackets, expressed as value of effective thermal insulation, as well as satisfaction of the examinees which undergo testing under controlled environmental conditions.

Afterwards, an assessment of impact of cool environments and tailor-made clothing garments on satisfaction of examinees was conducted, respectively their influence on thermal comfort was assessed. Subjective perception of thermal comfort while wearing tested clothing in specific environmental conditions was valorised by analysing examinees' grades, which underwent laboratory trials and completed forms with elaborated subjective judgement scales. Simultaneously, environmental conditions were monitored and physiological reactions of examinees (mean skin temperature and humidity of skin) were measured.

The impact of pattern ease allowance on thermal properties of clothing garment were investigated on model of men's flying wind-proof jacket produced in four variants (each variant differs in amount of ease allowance added to chest and waist circumference). The impact of pattern length on thermal properties of clothing garment was investigated on model of men's nautical wind-proof jacket produced as modular garment with attachable extensions for pattern length variations. Thermal insulation properties of produced jackets were measured with thermal mannequin and afterwards the examinees, which performed defined physical activities in controlled environmental conditions inside climatic chamber, made subjective evaluation of thermal comfort of clothing garments and ensembles. Two models of male jacket were constructed and made. First model of male jacket is pilot bomber jacket in size 50, but was made in 4 different variants. Each variant was made by adding higher value of ease allowance to chest and waist circumference in garment pattern modification so that the impact of ease allowance value on effective thermal insulation of male jackets can be investigated. Second model of male jacket is modular parka jacket. It consists of one basic module and four applicative modules which can be attached to the basis of the jacket. This model was developed to determine the impact of jacket length on values of effective thermal insulation of clothing garment. Both selected garments and clothing ensembles'' effective thermal insulation values were determined with thermal mannequin.

Basic research problems addressed in this doctoral thesis were: 1) How do constructional parameters affect thermal properties of clothing?, 1a)How much does changes in ease allowance impact the values of effective thermal insulation of male jackets?, 1b) How much

does changes in length of jackets impact the values of effective thermal insulation?, 2) Is there correlation between effective thermal insulation of garments and physiological responses of human body?, 3) Is there correlation between effective thermal insulation of ensembles and grades which examinees give while evaluating satisfaction with thermal comfort of clothing?, 4) Does chimney effect or vertical current of hot air occurs in clothing microclimate while the body is moving?

Hypothesis appointed upon those questions are:

1) Constructional parameters of clothing affect final thermal properties of clothing garment.

1a) There is connection between the values of ease allowance to chest and waist circumference in garment pattern modification and the final value of effective thermal insulation of male jackets.

1b) There is connection between the values of total jacket length in garment pattern modification and the final value of effective thermal insulation of male jackets.

2) There is correlation between effective thermal insulation of clothing garments and physiological outputs of human body (mean skin temperature and humidity of skin), which are means of evaluating thermal comfort.

3) There is correlation between effective thermal insulation of clothing ensembles and grades of examinees, which are means of evaluating thermal comfort.

4) With body moving, the air with higher temperatures, which is trapped inside microclimatic layer, will start to rise vertically to higher spheres and chimney effect will occur.

Than examinees were asked to do laboratory evaluation of selected clothing ensembles, which included those jackets under specific thermal environments. While conducting laboratory testing they were given questionnaire to assess the influence of clothing and environment using subjective judgement scales. Afterwards their answers were compared to values of determined insulation values of clothing ensembles and their physiological responses.

Results have shown that by customizing constructional parameters in garment pattern modification, one can affect the final thermal properties of clothing garments and that there is connection between the values of ease allowance to chest and waist circumference and the final value of effective thermal insulation of male jackets. Also it was proven that there is connection between the values of total jacket length and the final value of effective thermal insulation of male jackets.

In addition, it was demonstrated that there is correlation between effective thermal insulation of clothing garments and physiological outputs of human body (mean skin temperature and humidity of skin), which are means of evaluating thermal comfort, and that there is correlation between effective thermal insulation of clothing ensembles and grades of examinees, which are means of evaluating thermal comfort.
Furthermore, there is evidence that the air with higher temperatures, which is trapped inside microclimatic layer, will start to rise vertically to higher spheres and chimney effect will occur while movements of body.

Keywords:

- constructional parameters
- ease allowance of clothing garment
- the length of clothing garment
- thermal properties of male jackets
- effective thermal insulation of clothing
- subjective judgement of thermal comfort

Sadržaj:

1.	**Uvod……...……...**	***1***
1.1.	Cilj istraživanja, metodologija i hipoteze……	*2*
1.2.	Znanstveni doprinos……...……...……..	*5*
2.	**Teorijski dio……...…….**	***6***
2.1.	**Odjeća i njene funkcije**…….….	*6*
2.1.1.	Dizajn odjeće i njegovi aspekti……...…….…...	*8*
2.1.2.	Konstrukcijski parametri kroja……...……...…..	*9*
2.1.3.	Konstrukcijski dodatak komocije……..…...……...…..……...	*10*
2.1.3.1.	Standardni konstrukcijski dodatak komocije…….……..……...	*14*
2.1.3.2.	Dinamički konstrukcijski dodatak komocije…….……..…….……...	*31*
2.1.3.3.	Mehanički konstrukcijski dodatak komocije…….……..……...	*36*
2.1.3.4.	Ergonomski konstrukcijski dodatak komocije.……...……..……...….	*37*
2.2.	**Ugodnost i faktori utjecaja**…….……...……....…..	*39*
2.2.1.	Psihološki faktori…….……...…….	*40*
2.2.2.	Psiho - fiziološki faktori…….……...……...……	*41*
2.2.2.1.	Termoregulacija tijela…….……....…...….	*41*
2.2.2.2.	Temperatura ljudskog tijela…….……	*43*
2.2.2.3.	Nesvjesni i svjesni termoregulatorni mehanizmi…….	*45*
2.2.2.4.	Uloga kože u termoregulaciji……...	*47*
2.2.2.5.	Energija ljudskog tijela i metabolizam…….	*49*
2.2.3.	Fizički faktori……...……...……	*52*
2.2.3.1.	Načini razmjene topline……....…..……	*52*
2.2.4.	Ugodnost odjeće……...…….…….…….	*58*
2.2.4.1.	Senzorička ugodnost i osjeti……..……...…….……..	*59*
2.2.4.2.	Nesenzorička ugodnost……..……....…….	*62*
2.3.	**Termofiziološka ugodnost**…….....……...	*63*
2.3.1.	Jednadžba ravnoteže……..…….....	*63*
2.3.2.	Faktori utjecaja……...……..……	*67*
2.3.3.	Faktori okoliša……...…..…….	*67*
2.3.4.	Faktori ljudskog tijela……....……..	*68*
2.3.5.	Faktori odjeće……...…….……..	*70*
2.3.5.1.	Uloga materijala……...……...	*70*
2.3.5.2.	Toplinska svojstva materijala……...……...	*73*

2.3.5.3. Izolacijska svojstva odjeće……...…….... *74*
2.3.5.4. Odjeća za uporabu u hladnim i prohladnim okolišnim uvjetima…… *78*
2.4. **Ispitivanje toplinskih svojstava odjeće i termofiziološke ugodnosti**…. *82*
2.4.1. Termalni maneken……...…… *82*
2.4.2. Predviđanje toplinske ugodnosti ispitanika……...…….. *84*

3. Eksperimentalni dio……...……..… ***86***
3.1. Izbor odjeće za eksperimente…….…..……. *86*
3.1.1. Letačka vjetrovka……...……...….. *88*
3.1.2. Nautičarska vjetrovka……..…… *92*
3.2. Materijali……. *97*
3.3. Konstrukcija muških jakni……..…. *101*
3.4. Nacrt istraživanja……. *110*
3.5. Postavljanje hipoteza……... *116*
3.6. Metode ispitivanja……...……...…. *117*
3.6.1. Analiza toplinskih svojstava materijala……... *117*
3.6.1.1. Ispitivanje toplinskih svojstava materijala uporabom KES-F7 Thermo Labo II mjernog sustava……..…...……. *118*
3.6.1.2. Utvrđivanje toplo-hladnog osjeta……...…..…... *119*
3.6.1.3. Utvrđivanje specifične toplinske otpornost materijala s obzirom na koeficijent vodljivosti topline…….. *120*
3.6.1.4. Ispitivanje toplinskog otpora i ukupnog otpora isparavanju vodene pare materijala……...……..……..... *120*
3.6.2. Ispitivanje toplinskih svojstava odjevnih predmeta……...…..…..... *121*
3.6.2.1. Ispitivanje toplinskih svojstava odjevnih predmeta termalnim manekenom……...……...…... *123*
3.6.2.2. Utvrđivanje faktora površine odjeće…….……...……..…. *128*
3.6.2.3. Programski paket termalni maneken…….…….. *129*
3.6.2.4. Klima komora…….…….…… *132*
3.6.2.5. Elementi sustava…….…….…… *133*
3.6.3. Ispitivanje fizioloških parametara…….…….. *134*
3.6.3.1. Mjerenje temperature kože tijela…….…… *134*
3.6.3.2. MSR 12 mjerni sustav…….…… *137*
3.6.3.3. Određivanje isparenog i upijenog znoja…….……. *142*
3.6.4. Ispitivanje subjektivne percepcije…….…….. *144*
3.6.4.1. Ljestvice subjektivnog ocjenjivanja…….……... *146*

3.6.5. Ispitivanje vertikalnog strujanja zraka……..…….... *152*
3.6.5.1. Utvrđivanje gubitka topline uslijed vertikalnog strujanja zraka…….. *155*
3.6.6. Primjena infracrvene termografije u ispitivanju toplinskih svojstava odjeće……..…… *158*

4. Rezultati……... *160*
4.1. Rezultati ispitivanja toplinskih karakteristika materijala…..……... *160*
4.2. Rezultati ispitivanja toplinskih svojstava odjevnih predmeta……...….. *162*
4.2.1. Rezultati ispitivanja toplinskih svojstava muških jakni u statičkim uvjetima……... *162*
4.2.1.1. Rezultati korelacijske i regresijske analize podataka pri ispitivanju toplinskih svojstava odjevnih predmeta u statičkim uvjetima……. *167*
4.2.1.2. Rezultati t-testa aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta u statičkim uvjetima…… *177*
4.3. Rezultati ispitivanja toplinskih svojstava odjevnih sustava…… *176*
4.3.1. Rezultati ispitivanja toplinskih svojstava odjevnih sustava u statičkim uvjetima……... *177*
4.3.1.1. Rezultati korelacijske i regresijske analize podataka pri ispitivanju toplinskih svojstava odjevnih sustava u statičkim uvjetima…… *181*
4.3.1.2. Rezultati t-testa aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkim uvjetima…….. *186*
4.3.2. Rezultati ispitivanja toplinskih svojstva odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima……... *190*
4.3.2.1. Rezultati korelacijske i regresijske analize pri ispitivanju toplinskih svojstava odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima……. *194*
4.3.2.2. Rezultati t-testa aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima…….. *198*
4.4. Rezultati izračuna faktora površine odjeće i bazične toplinske izolacije… *202*
4.5. Rezultati ocjenjivanja toplinske ugodnosti……..…….…….... *206*
4.5.1. Rezultati ocjenjivanja toplinske ugodnosti u serija 1……...….. *206*
4.5.2. Rezultati ocjenjivanja toplinske ugodnosti u serija 2……..…..….. *241*
4.5.3. Usporedba ocjena ispitanika……..….. *249*
4.6. Rezultati mjerenja fizioloških parametara ispitanika…….….. *254*
4.6.1. Rezultati utvrđivanja prosječne ponderirane temperature kože...…….…... *254*
4.6.2. Rezultati utvrđivanja relativne vlažnosti kože……. *267*
4.7. Rezultati utvrđivanja vertikalnog strujanja zraka…… *270*

4.8.	Rezultati utvrđivanja mase odjevnih predmeta i tjelesne mase ispitanika…	*277*
4.8.1.	Rezultati izračuna prosječne razlike u masi kao posljedice znojenja……..	*293*
4.9.	Termogrami…….…….....	*301*
4.10.	Rezultati višefaktorske analize i statističke obrade podataka……..	*304*
5.	**Rasprava……..……**	***324***
5.1.	Analiza rezultata toplinskih karakteristika materijala.…….……...	*324*
5.2.	Analiza rezultata toplinskih svojstava gotovih muških jakni u statičkim uvjetima…….……..……	*325*
5.3.	Analiza rezultata toplinskih svojstava odjevnih sustava u statičkim uvjetima……...……...…….	*327*
5.4.	Analiza rezultata toplinskih svojstava odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima……...……	*328*
5.5.	Analiza rezultata izračuna faktora površine odjeće i bazične toplinske izolacije……..…….	*328*
5.6.	Analiza rezultata ocjenjivanja toplinske ugodnosti u seriji 1…….….	*329*
5.7.	Analiza rezultata ocjenjivanja toplinske ugodnosti u seriji 2…….….	*336*
5.8.	Analiza rezultata mjerenja fizioloških parametara ispitanika……..	*337*
5.9.	Analiza rezultata utvrđivanja razlika u masi kao posljedica znojenja……..…….	*340*
5.10.	Analiza rezultata utvrđivanja vertikalnog strujanja zraka u mikroklimi……...……	*341*
5.11.	Analiza korelacije ponderirane temperature kože i vrijednosti suhog toplinskog toka kroz odjevne sustave utvrđenih termalnim manekenom na odabranim odjevnim sustavima……...…..…….....	*343*
5.12.	Analiza termograma snimljenih termografskim sustavom FLIR THERMACAM TM P65…….……...……..	*343*
5.13.	Analiza rezultata višefaktorske analize…….……...	*344*
6.	**Zaključci……..……**	***350***
7.	**Literatura……..……...**	***358***
PRILOG I	Popis slika…….…...……..	*I*
PRILOG II	Popis tablica……..……...….	*IX*
PRILOG III	Popis simbola…….……	*XVII*
PRILOG IV	Jedinice i definicije……..…….....….	*XXXV*
PRILOG V	Životopis…….…….…..	*LII*

UVOD

1 Uvod

Pri konstruiranju krojnih dijelova odjevnih predmeta pokušavaju se iscrtati plošni segmenti koji će spajanjem u školjku odjevnog predmeta formirati trodimenzionalni plašt oko ljudskog tijela. Formirani odjevni predmet u većoj ili manjoj mjeri pristaje uz ljudsko tijelo. Konstrukcija temeljnog kroja odjevnog predmeta predeterminirana je objektivnim ulaznim parametrima, prije svega određivanjem odjevne veličine na temelju glavnih tjelesnih mjera i vrijednostima izmjerenih tjelesnih mjera. Potom slijedi definiranje uporabnih zahtjeva i analiza pokreta. Fizičke aktivnosti i parametri okoliša determiniraju i fiziološke reakcije ljudskog tijela na opterećenje kojemu je izloženo. Također, u skladu s estetskom komponentom konstrukcijskog dodatka komocije postižu se različiti tipovi pristalosti odjeće i izgleda. U dizajnu i konstrukciji odjevnog predmeta valja dakle predvidjeti adekvatne iznose konstrukcijskog dodatka komocije. Iznos standardnog konstrukcijskog dodatka komocije određen je antropometrijskim specifičnostima tijela (širenjem grudnog koša tijekom disanja i promjenama dimenzija tijela pri statičkim položajima tijela). Pri određivanju iznosa dinamičkog konstrukcijskog dodatka komocije i iznosa konstrukcijskog dodatka komocije ovisno o vrstama materijala, u obzir se uzimaju interakcije između promjene položaja tijela, promjene u površinama tijekom gibanja i deformacija odjeće.

Pri definiranju planirane udobnosti nošenja, dizajneri moraju u obzir uzeti više parametara. Prvo se određuje adekvatna odjevna veličina u odnosu na tjelesne mjere (opseg grudi, opseg struka, opseg bokova, udaljenost od stražnje sredine vrata do struka, udaljenost od stražnje sredine vrata do sredine lopatica, opseg vrata, duljina rukava, opseg zgloba, opseg orukvice-dvodijelni rukav, duljina kroja, itd.). Drugi važan faktor su pokreti tijela određeni vrstom fizičkih aktivnosti i poslova kojima se krajnji korisnici bave, metaboličke reakcije tijela i fiziološki odgovor organizma u vidu povećanja tjelesne temperature i znojenja. Treći je važan faktor vrsta okoliša u kojima se ljudski subjekt pri tome nalazi i parametri takvog okoliša. Odjevni predmeti moraju korisniku pružiti adekvatnu toplinsku zaštitu, a istovremeno i osjećaj udobnosti i ne smiju ograničavati njegove pokrete. Dizajn s aspekta udobnosti prilikom nošenja u obzir uzima i funkcionalnost odjevnog predmeta, pazeći na udobnost i krajnje zahtjeve korisnika. Antropometrijske karakteristike ljudskog tijela određuju iznos standardnog konstrukcijskog dodatka komocije odjevnog predmeta. Potom se u obzir uzima ergonomija pokreta, koje tijelo vrši pri izvođenju određenih aktivnosti za koje je predmet namijenjen. Na temelju istraživanja pokreta se određuje iznos dinamičkog konstrukcijskog dodatka komocije odjevnog predmeta. Odjeća mora biti dizajnirana, kako bi pružila adekvatnu pristalost u odnosu na tijelo, i u

statičkim položajima i pri dinamičkim položajima tijela. U odnosu na vrstu materijala (strukturni parametri i mehanička svojstva tkanina) i poziciju odjevnog predmeta u odnosu na tijelo (0., 1., 2., 3. ili 4. sloj), također će se revidirati iznos konstrukcijskog dodatka komocije odjevnog predmeta.

Pretraživanjem literature pronađeni su radovi u kojima se ispituje iznos konstrukcijskog dodatka komocije i njegova uloga u postizanju estetske i funkcionalne pristalosti odjevnih predmeta. No, literatura u kojoj su navedeni iznosi konstrukcijskog dodatka komocije za muške gornje odjevne predmeta, posebno jakne je skromna. Također je utvrđeno, kako nisu otkrivene korelacije između iznosa konstrukcijskog dodatka komocije i njihov utjecaj na toplinska svojstva odjevnog predmeta, u ovom slučaju muške jakne. Osim toga, dio literature navodi kao se pretpostavlja da duljina odjevnih predmeta utječe na toplinsku zaštitu koju odjevni predmet pruža nosiocu jer se time povećava efektivna površina s koje se u okoliš oslobađa toplina. Na temelju proučene literature, postavljeni su ciljevi koji su istraženi u ovoj doktorskoj disertaciji.

1.1 Cilj istraživanja, metodologija i hipoteze

Cilj doktorata je utvrditi utjecaj konstrukcijskih parametara (odabranih iznosa konstrukcijskih dodataka komocije muških jakni i duljine jakni) na vrijednosti efektivne toplinske izolacije tih jakni, a zatim i korelaciju fizioloških parametara ispitanika (vrijednost prosječne temperature kože tijela i relativne vlažnosti kože te gubitaka težine ispitanika) i toplinskih svojstava jakni.

Laboratorijska predviđanja toplinske ugodnosti provela su se ispitivanjima subjektivne percepcije pomoću upitnika koje ispunjavaju ispitanici uz istovremeno bilježenje uvjeta okoliša i mjerenjem promjena vrijednosti fizioloških varijabli tijela kao što su vlažnost kože i prosječna temperatura kože. Na taj se je način želio ispitati utjecaj funkcionalnog dizajna s aspekta prilagodbe antropometrijskim karakteristikama tijela i konstrukcije odjevnog predmeta na izolacijska svojstva odjeće i uspostavu termofiziološke ugodnosti. U doktorskom radu je istražen utjecaj iznosa konstrukcijskih dodataka komocije i duljine odjevnih predmeta na njihova toplinska svojstva. Iznos konstrukcijskog dodatka komocije određuje konačnu pristalost jakne u odnosu na tijelo i volumen zraka zarobljen u području mikroklime između donjih slojeva odjeće i jakne. Pretpostavka je da se primjenom metoda određivanja toplinskih svojstava odjeće s istodobnim subjektivnim vrednovanjem toplinske ugodnosti nošenjem odjeće pri različitim uvjetima okoliša simuliranih u klima komori, može utvrditi utjecaj različitih konstrukcijskih parametara na toplinska svojstva specifičnog odjevnog predmeta.

Problematika dizajna s aspekta udobnosti odjevnih predmeta je kompleksna. S jedne strane se moraju poštivati zahtjevi za funkcionalnost odjevnog predmeta, a s druge strane u većoj ili manjoj mjeri individualni zahtjevi krajnjih korisnika, u kojima se visoko na ljestvici prioriteta nalazi udobnost odjevnog predmeta prilikom nošenja.

Proces dizajna započinje utvrđivanjem osnovnih značajki, a to su zahtjevi tehničkog projektiranja odjeće, estetska i funkcionalna komponenta samog dizajna, pristalost odjeće ovisno o stilu i viziji dizajnera te prilagođavanje zahtjevima statičke i dinamičke antropometrije.

Za potrebe istraživanja u sklopu ovog doktorskog rada konstruirana su dva modela muške jakne. Prvi je model široke pilotske jakne čije su izvedenice u uporabi od 50-ih godina prošlog stoljeća (bomber). S obzirom na specifičnu konstrukciju tog modela, uz dodavanje velikih iznosa konstrukcijskih dodataka komocije, i preko 60 godina aktivne uporabe za vojno pilotsko osoblje, odabran je kao baza za dizajn prvog modela muške jakne. Taj je model izveden u 4 varijante od kojih se svaka razlikuje u iznosu konstrukcijskog dodatka komocije.

Drugi model muške jakne također je dizajniran na temelju postojećeg modela vojne jakne, koja je u aktivnoj uporabi od 50-ih godina prošlog stoljeća (parka). Za razliku od prvog modela koji je kratki i seže do struka, ova je jakna uobičajene duljine do polovine bedra. Izrađena je kao modularni odjevni predmet. Na bazni modul i osnovnu školjku jakne po potrebi se dodaju 4 aplikativna nastavka, kojima se mijenja duljina jakne. Ispitivanjima te jakne pokušao se utvrditi utjecaj duljine kroja na toplinske karakteristike muške jakne i zadovoljstvo ispitanika nošenjem.

Primjenom mjernog sustava termalnog manekena određena su statička i dinamička toplinska svojstava izrađenih muških jakni. Potom su ispitanici ocijenili njihovu udobnost prilikom nošenja i toplinsku ugodnost, koju im predmet pruža. Ocjenjivanje subjektivne percepcije udobnosti nošenja odjevnih predmeta provodi se u simuliranim uvjetima okoliša primjenom klima komore i pri različitim tjelesnim aktivnostima (mirovanje/hod), kao i utvrđivanje strujanja zraka u prostoru mikroklime sustava tijelo-odjeća.

Toplinska svojstva plošnih tekstilija utvrđena su KES-F7 Thermo Labo II mjernim sustavom, a toplinska izolacija odjevnih predmeta i sustava termalnim manekenom. Potom se provelo ocjenjivanje utjecaja prohladnih toplina okoliša i izrađenih odjevnih predmeta na zadovoljstvo ispitanika. Subjektivna percepcija toplinske ugode nošenjem ispitivane odjeće u specifičnim uvjetima okoliša valorizirana je analizom ocjena ispitanika koji su za vrijeme laboratorijskih ispitivanja ispunjavali upitnike s razrađenim ljestvicama subjektivnog ocjenjivanja. Istovremeno su praćeni uvjeti okoliša i mjerene vrijednosti fizioloških reakcija tijela (prosječna temperatura kože tijela i vlažnost kože) na zadane uvjete okoliša.

H1: Prva hipoteza je da se prilagođavanjem konstrukcijskih parametra u procesu konstruiranja odjevnih predmeta (muških jakni) može utjecati na konačna toplinska svojstva odjevnih predmeta.

H1a: Prva podhipoteza je da postoji povezanost između iznosa konstrukcijskog dodatka komocije i izmjerene vrijednosti efektivne toplinske izolacije muške jakne.
H1b: Druga podhipoteza je da postoji povezanost između duljine muške jakne i izmjerene vrijednosti efektivne toplinske izolacije muške jakne.

H2: Druga hipoteza je da postoji korelacija između vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta i fizioloških varijabli tijela (vrijednost prosječne temperature kože tijela i relativne vlažnosti kože te gubitaka težine ispitanika), kojima se procjenjuje stupanj toplinske ugodnosti.

H3: Treća hipoteza je da postoji korelacija između efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava i ocjena ispitanika kojima se procjenjuje stupanj toplinske ugodnosti.

H4: Četvrta hipoteza je da kada je ljudsko tijelo u pokretu, zrak spontano prelazi iz jednog u drugi dio mikroklimatskog međuprostora, i stvara se efekt vertikalnog dizanja toplijeg zraka u viša područja mikroklime, tzv. chimney efekt ili efekt dimnjaka.

Pretpostavka je kako iznos konstrukcijskog dodatka komocije, koji se pribraja ukupnom opsegu jakne u predjelu grudnog koša i struka, utječe na toplinska svojstva muške jakne i razinu udobnosti koju doživljavaju ispitanici. Dodavanjem veće vrijednosti iznosa konstrukcijskog dodatka komocije povećavat će se i vrijednost efektivne toplinske izolacije muške jakne izmjerena termalnim manekenom. Druga je pretpostavka kako će se povećanjem duljine muške jakne, povećavati i vrijednost efektivne toplinske izolacije mjerene termalnim manekenom. Pretpostavka je, kako duljina kroja utječe na efektivnu razmjenu topline s tijela u okoliš, jer se povećava ukupna površina pokrivenosti ljudskog tijela i na taj način povećava barijera između tijela i okoliša.

1.2 Znanstveni doprinos

U prvoj fazi provelo se je sustavno tehničko projektiranje muških jakni čija je primarna funkcija zaštita tijela u prohladnim uvjetima okoliša. U drugoj fazi znanstvenih istraživanja provela su se ispitivanja toplinskih svojstava plošnih tekstilija i odjeće. U trećem segmentu istraživanja provedena su ocjenjivanja utjecaja prohladne topline okoliša i izrađenih jakni uporabom ljestvica subjektivnog ocjenjivanja zadovoljstva ispitanika. U četvrtoj fazi provedena je statistička obrada rezultata znanstvenih istraživanja te korelacijska i regresijska analiza. Po završetku eksperimentalnih istraživanja utvrdila se korelacija, između realizacije odjevnog predmeta i utjecaja početnih konstrukcijskih parametara pri izradi krojeva odjeće, na toplinska svojstva muške jakne. Provedena istraživanja u okviru teme ovog doktorskog rada rezultirala su novim spoznajama o važnosti sustavnog procesa i metodologije tehničkog projektiranja odjeće, kako bi se u konačnici mogla ostvariti optimalna svojstva za određeni predmet jasno specificirane namjene, u ovom slučaju, muške jakne za toplinsku zaštitu u prohladnim okolišima.

Znanstveni doprinosi ovog doktorsko rada:

1. Utvrđivanje korelacije između iznosa konstrukcijskog dodatka komocije i toplinskih svojstva odjeće.
2. Utvrđivanje korelacije između duljine kroja i toplinskih svojstva odjeće.
3. Utvrđivanje vertikalnih strujanja zagrijanog zraka u prostoru mikroklime (efekt dimnjaka).
4. Utvrđivanje korelacije između vrijednosti efektivne toplinske izolacije muških jakni i fizioloških parametara tijela ispitanika pri laboratorijskim ispitivanjima toplinske ugodnosti.
5. Utvrđivanje korelacije između vrijednosti efektivne toplinske izolacije muških jakni i odjevnih sustava s ocjenama ispitanika o zadovoljstvu toplinskim stanjem i odjevnim sustavima.

TEORIJSKI DIO

2 Teorijski dio

U prvom dijelu teorijskog pregleda bit će prikazane osnovne definicije pojmova vezane uz odjeću i njene funkcije. Razjašnjeni su aspekti dizajna i konstrukcijski parametri kroja, koji utječu na njeno oblikovanje s posebnim osvrtom na određivanje konstrukcijskih dodataka komocije i utvrđivanje adekvatne pristalosti, koja utječe na udobnost pri nošenju.
U drugom dijelu teorijskog pregleda objašnjena je složenost pojma ugodnosti i faktori koji na nju utječu u interakciji između tijela, okoliša i odjeće. Utjecaji čovjeka objašnjeni su kroz psihološke faktore, kojima pojedinac oblikuje svoj subjektivni stav na temelju osobnih uvjerenja, sklonosti i iskustva iz prošlosti, te složenost fiziologije ljudskog organizma i termoregulatorni mehanizmi, opisani kroz psiho – fiziološke parametre nosioca, odnosno fiziološke procese u tijelu i neurofiziološke mehanizme prepoznavanja osjeta. Potom je objašnjeni utjecaji iz okoliša i uloga odjeće u termoregulaciji kao baza razumijevanja fizičkih aspekata koji utječu na ukupnu ugodnost čovjeka odjevenog u neki odjevni sustav i izloženog djelovanjima neposrednog okoliša.
U trećem dijelu teorijskog pregleda istaknuta je komponenta ugodnosti zvana termofiziološka ugodnost kao složena interakcija toplinskih svojstava ,sposobnosti odvođenja vlage materijala i odjevnih predmeta sa ljudskog tijela (objašnjena je uloga materijala, toplinska svojstva materijala i odjeće te odjeća za uporabu u prohladnim uvjetima poput one korištene u eksperimentalnim ispitivanjima), fizioloških varijabli tijela (poput metaboličke proizvodnje topline, temperature jezgre tijela i temperature kože), stupnja aktivnosti nosioca odjeće i varijabli okoliša.
Potom su objašnjeni načini ispitivanja toplinskih svojstava odjeće i subjektivne percepcije kojom se procjenjuje stupanj termofiziološke ugodnosti nosioca.

2.1 Odjeća i njene funkcije

Odjeća je prema definiciji skup odjevnih predmeta ili nešto čime se prekriva tijelo [1]. Odjevni predmet je pojedinačna komponenta odjevnog sustava, čijim nošenjem je pružena zaštita dijelu tijela. Odjevni sustav se sastoji iz više odjevnih predmeta koji pokrivaju tijelo, osim glave, šaka i stopala ili može biti iz jednog dijela poput kombinezona [2].
Odjeća se kao pojam može definirati kao skup odjevnih predmeta, koji služe za pokrivanje ljudskog tijela, a karakterizirani su funkcionalnim i estetskim obilježjima te psihološkim i kulturnim obilježjima pojedinca, koji nosi tu odjeću. Pokrivanje čovjekovog tijela ili odijevanje

nastalo je iz osnovne potrebe da se ljudsko tijelo zaštiti od klimatskih i drugih vanjskih utjecaja iz okoliša, ali i kao sprječavanje osjećaja stida. Iz te primarne zaštitne odrednice, proizlazi i sam pojam odjeće kao i njezina funkcionalna i estetska obilježja. Svi tipovi odjeće kroz povijest su uvjetovani klimatskim uvjetima, no kasniji je razvoj uvjetovao i druge odrednice.
Odjećom se također iskazivao društveni, ekonomski i politički status, pripadnost određenom geografskom podneblju, nacionalna, spolna ili religijska pripadnost, individualni stil, radna aktivnost, itd.

Funkcionalna obilježja odjeće:

1) Zaštita od vanjskih klimatskih utjecaja i opasnosti iz okoliša [3].
2) Zaštita od ozljeda na radu [3].
3) Higijenska i zdravstvena zaštita ljudskog tijela.
4) Upijanje znoja i ostalih sekundarnih produkata metabolizma i sekreta ljudskog tijela (osim toga odjeća djeluje i kao zaštitni sloj od vanjskih utjecaja, kao što je prethodno spomenuto, pa upija, transportira i zadržava ne samo vlagu s tijela, već i iz okoliša).
5) Stvara zaštitni mikroklimatski sloj oko ljudskog tijela i tako otpušta ili zadržava toplinu koja je produkt metaboličkih procesa organizma ili njome na tijelo djeluje vanjski okoliš (zavisno o strukturi odjevnog predmeta i broju slojeva odjevnih predmeta, između pojedinih slojeva se stvaraju zračni jastuci, koji djeluju kao izolatori, regulatori mikroklime i zaštita od toplinskih utjecaja okoliša).
6) Utječe na osjećaj ugode.

Odjećom se iskazuju različiti aspekti:

A. Zaštitni aspekt odjeće:

- njome se iskazuje geografski i klimatski utjecaj – uloga odjeće kao zaštitni sloj,
- njome se tijelo štiti od ozljeda i djelomično od infekcija – funkcionalni odjevni predmeti specifičnih namjena koji su predviđeni za nošenje pri izvođenju specifičnih sportskih aktivnosti, radna zaštitna odjeća, zaštita medicinskog osoblja.

B. Estetski i ostali izražavajući aspekti odjeće [3 - 5]

- njome se iskazuje društveni, politički i materijalni status – uloga odjeće kao statusnog simbola,
- iskazivanje osobnosti,
- pripadnost određenom kulturnom pokretu ili supkulturi (odnosno individualnost ili konformizam),

- iskazivanje vrijednosti i stavovi,
- izražavanje spolne pripadnosti,
- izražavanje nacionalne pripadnosti (npr. narodne nošnje),
- izražavanje religijske pripadnosti,
- izražavanje aktualnih modnih trendova,
- identifikacija.

C. Povijesni aspekt odjeće:

- datiranje iz određenog povijesnog razdoblja [6].

2.1.1 Dizajn odjeće i njegovi aspekti

U procesu dizajna odjevnog predmeta treba zadovoljiti više formativnih parametara budućeg odjevnog predmeta. Odjevni predmet se formira u odnosu na svoju namjenu, konstrukcijska rješenja oblikovanja, odabir osnovnih i pomoćnih materijala, ergonomske faktore i analizu sa stajališta anatomije, fiziologije i psihologije, estetske faktore, tehnologiju proizvodnje i ekonomske faktore. Okoliši hladne klime nametat će zahtjeve na karakteristike odjeće. U takvim okolišima odjevni predmeti moraju korisniku pružiti adekvatnu toplinsku zaštitu, ali istovremeno moraju svojemu korisniku pružiti osjećaj udobnosti i ne smiju ograničavati njegove pokrete. Pri pokretima tijela uslijed fizičkih aktivnosti, tijelo mijenja svoje dimenzije. Stoga razlikujemo statičku antropometriju i dinamičku antropometriju. Odjeća mora biti dizajnirana kako bi pružila adekvatnu pristalost u odnosu na tijelo i u statičkim položajima i pri dinamičkim položajima tijela. Takve statičke i dinamičke promjene direktno utječu na oblik i konstrukciju odjeće [7].

U procesu dizajna u obzir se uzimaju interakcije između promjene položaja tijela, promjene u površinama tijekom gibanja i deformaciju odjeće. Odjevni predmeti nastaju spajanjem 2D oblika izrezanih tkanina u 3D odjevni predmet, koji se ponaša kao vanjska školjka oko tijela.

Stupanj termofiziološke udobnosti za vrijeme nošenja, definiran je termofiziološkim svojstvima ugrađenih materijala, odnosno slojeva tkanine, kao i određenim stupnjem mehaničke i ergonomske udobnosti. Posljednje dvije rezultat su mehaničkih parametara upotrijebljene tkanine, odgovarajućeg dizajna i optimalne konstrukcije odjeće [8]. Odgovarajuća pristalost i udobnost nužni su kako bi se osigurala pravilna i nepromjenjiva upotreba za vrijeme nošenja.

Udobnost odjeće jednako je važna kao i ugoda koju ona pruža nosiocu. Neadekvatni odjevni predmeti i sustavi utjecat će na zadovoljstvo i ukupan dojam koji ispitanik stječe tijekom

nošenja odjeće i obavljanja fizičkih aktivnosti [9]. Udobnost pri nošenju je jedan od presudnih faktora vrednovanja kvalitete odjeće.

Odjevni predmet mora zadovoljiti tri funkcije:

1. estetska funkcija (usklađenost s modnim trendovima, odgovaranje prigodi i naglašavanje individualnosti nositelja),
2. ergonomska funkcija (odgovarajući kroj, prilagođavanje obliku tijela, ne sputava gibanje) i
3. fiziološka funkcija (pomoć u regulaciji tjelesne temperature pri čemu štiti od hladnoće i osigurava odvođenje viška topline isparavanjem znoja s kože u okoliš, pružanje termofiziološke ugodnost pri nošenju, pružanje senzorne ugodnosti) [10].

Pri definiranju planirane pristalosti odjevnih predmeta i adekvatne udobnosti nošenja, u obzir se uzima više parametara poput tjelesnih dimenzija i stava nosioca te dimenzija i drapiranja odjevnog predmeta [11]. Specifičnosti ljudskog tijela i tjelesne mjere odredit će adekvatnu odjevnu veličinu. Promjene dimenzija tijela odvijat će se i u mirovanju (širenje prsnog koša uslijed udisaja) i u gibanju (pokretanje tijela pri izvođenju fizičkih aktivnosti). Pri tome se u obzir uzimaju i stav ljudskog tijela te anatomske različitosti [12, 13]. Uslijed izvođenja aktivnosti mijenjat će se i uobičajene metaboličke reakcije tijela i nuspojave na vrstu fizičkog opterećenja pa će se povećanjem razine fizičke aktivnosti mijenjati i fiziološki odgovor organizma u vidu povećanja tjelesne temperature i znojenja.

2.1.2 Konstrukcijski parametri kroja

Konstrukcijski parametri kroja nazivaju se još i proporcionalnim mjerama. Proporcionalne mjere izračunavaju se na temelju izmjera tijela dobivenih antropometrijskim mjerenjima [14]. U klasičnoj konstrukciji se za izračunavanje se koriste matematički izrazi koji su različiti za mušku, žensku i dječju odjeću i ovise o vrsti odjevnog predmeta, odnosno modelu odjevnog predmeta. Duljina kroja (D_k) je individualna za svaki pojedini model odjevnog predmeta i određuje ju dizajner.

Neki od konstrukcijskih parametara kroja:

- D_o – dubina orukavlja,
- D_l – duljina leđa,

- D_k – duljina kroja,
- $Š_{vi}$ – širina vratnog izreza,
- V_g – visina grudi,
- V_p – visina prednjice,
- $Š_g$ – širina grudi,
- $Š_l$ – širina leđa,
- $Š_o$ – širina orukavlja.

2.1.3 Konstrukcijski dodatak komocije

Pristalost odjevnog predmeta se temelji na razumijevanju međuodnosa tijela i odjeće. Komocija je definirana kao dodatan iznos tkanine potreban za osiguravanje udobnosti, slobode pokreta i određenog stila pri konstrukciji odjevnih predmeta [15]. Iznos konstrukcijskog dodatka komocije koji se mora dodati pri konstruiranju dvodimenzionalnih krojnih dijelova, kako bi se zadovoljili statički (standardni konstrukcijski dodatak komocije) i dinamički zahtjevi (dinamički konstrukcijski dodatak komocije) i osigurala adekvatna pristalost te atraktivan izgled odjevnog predmeta, se teško određuju u teoriji [16].

Prema **Y. Chenu** i sur. postoji 3 osnovne kategorije dodataka na komociju [16]:

- standardni konstrukcijski dodatak komocije,
- dinamički konstrukcijski dodatak komocije i
- mehanički konstrukcijski dodatak komocije ili iznos konstrukcijskog dodatka komocije u odnosu na odabranu vrstu materijala.

Standardni konstrukcijski dodatak komocije je razlika između maksimalnih i minimalnih vrijednosti opsega ljudskog tijela. Izračunava se matematičkim izrazima klasične konstrukcije na temelju izmjera dimenzija prosječnog ljudskog tijela u sjedećem ili stojećem položaju pri mirovanju. Dinamički konstrukcijski dodatak komocije osigurava dovoljno slobodnog prostora između tijela i odjevnih predmeta za nestandardne stasove i oblike tijela (deblje ili mršavije osobe, osobe sa širokim bokovima, itd.) i njihovo izvođenje raznih aktivnosti (hodanje, skakanje, trčanje, itd.), Tab. 1.

Tab. 1: *Dinamički konstrukcijski dodatak komocije za omogućavanje slobode pokreta u koronalnoj ravnini* [17]

Tjelesna mjera na koju se dodaje iznos konstrukcijskog dodatka komocije za omogućavanje slobode pokreta $[cm]$	Dinamički konstrukcijski dodatka komocije za omogućavanje slobode pokreta u koronalnoj ravnini $[cm]$
O_v	0,64
O_g	10,16
O_s	2,54

NAPOMENA: O_v – opseg vrata, O_g – opseg grudi, O_s – opseg struka

Konstrukcijski dodatak komocije u odnosu na odabranu vrstu materijala za izradu odjevnih predmeta uzima u obzir utjecaj mehaničkih svojstava materijala i važan je pri postizanju određene pristalosti (strukirana, široka odjeća, itd.). Postojećim automatiziranim CAD (eng. computer aided design) sustavima konstrukcijske pripreme se određuje odgovarajući iznos standardnog konstrukcijskog dodatka komocije [18].

Iznos konstrukcijskog dodatka komocije koji se dodaje ovisi o vrsti odjevnog predmeta, dizajnu, tkaninama, stasu, konačnoj funkciji odjevnog predmeta (ergonomski konstrukcijski dodatka komocije) i osobnim sklonostima nositelja.

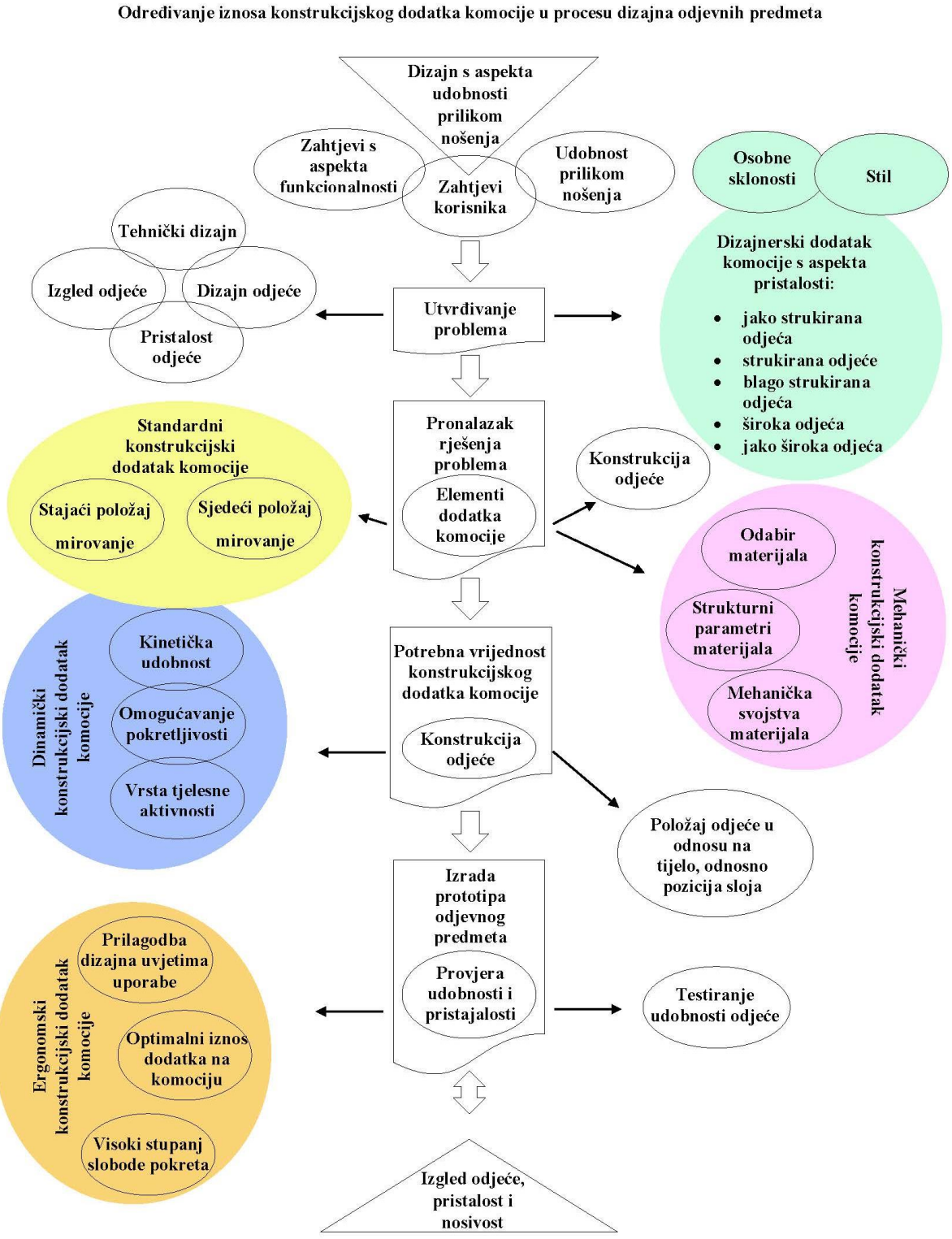
Koraci dizajna odjevnih predmeta s ciljem postizanja udobnosti pri nošenju [19]:

1. prepoznavanje problema
2. određivanje problema
3. određivanje ciljeva:
   - određivanje stila i pristalosti odjevnog predmeta, osobnih sklonosti i funkcionalnih zahtjeva
   - određivanje stupnja mobilnosti
   - određivanje stupnjeva slobode pokreta
   - određivanje dodatnih zahtjeva za postizanje udobnosti odjevnih predmeta sa fiziološkog i psihološkog stajališta te mehaničkog i ergonomskog stajališta
4. dizajniranje konstrukcijskog dodatka komocije
   - u odnosu na odabir materijala
   - u odnosu na strukturna i mehanička svojstva materijala
   - određivanje odgovarajuće konstrukcije odjevnog predmeta
   - određivanje kvalitete šavova i pozicije na odjevnom predmetu

- određivanje pozicije odjevnog predmeta na tijelu
- određivanje vrste i iznosa konstrukcijskog dodatka komocije za postizanje udobnosti

5. koraci izrade odjevnog predmeta u odnosu na određeni iznos konstrukcijskog dodatka komocije
   - odrednice dizajna
   - konstrukcija prototipa odjevnog predmeta
   - izrada prototipa odjevnog predmeta
6. vrednovanje i promjene odjevnog predmeta
7. ispitivanje kinetičkih i ergonomskih karakteristika odjevnog predmeta testom udobnosti pri nošenju u stvarnim uvjetima
8. ispitivanje konačnog odjevnog predmeta i realizacija odjevnog predmeta s odgovarajućim iznosima konstrukcijskih dodataka komocije

Konstrukcijski dodatak komocije je definiran kao razlika u volumenu između odjeće i tijela pri promatranom segmentu. Iznos tog dodatka ovisi o vrsti odjevnog predmeta, dizajnu, tjelesnom tipu, funkciji odjevnog predmeta i osobnim sklonostima nosioca. Pri tome razlikujemo dvije različite kategorije konstrukcijskog dodatka komocije. Jednom se postiže povećanje udobnosti, a drugom dizajneri postižu određeni stil odijevanja i estetske je prirode, Sl. 1 [9, 20].



Sl. 1 *Prikaz određivanja konstrukcijskog dodatka komocije odjevnih predmeta pri dizajnu odjeće* [9]

U skladu s estetskom komponentom konstrukcijskog dodatka komocije postižu se različiti tipovi pristalosti odjeće u odnosu na tijelo [20, 21] i izgleda, Tab. 2:

- klasični izgled baziran na praktičnosti,
- jako strukirani izgled odjeće koja apsolutno obavija tijelo,
- široka odjeća koja ima dodane veće iznose dodatka na komociju.

Tab. 2: *Iznosi konstrukcijskog dodatka komocije za prilagodbu pristalosti i siluete odjevnih predmeta prema* ***P. J. Myers-McDevitt*** [20]

Tjelesna mjera na koju se dodaje iznos konstrukcijskog dodatka komocije za prilagođavanje pristalosti [cm]	Iznos konstrukcijskog dodatka komocije za prilagodbu pristalosti i pripadajuće siluete odjevnih predmeta [cm]				
	Jako strukirana odjeća	Strukirana odjeća	Blago strukirana odjeća	Šira odjeća	Jako široka odjeća
O_g	1,27 – 5,08	5,08 – 10,16	10,16 – 12,70	12,7 – 20,32	<20,32
O_b	1,27 – 5,08	5,08 – 7,62	7,62 – 10,16	10,16 – 15,24	<15,24
O_s	0,635 - 1,27	1,27 – 1,91	1,91 – 2,54	2,54 – 5,08	<5,08
O_{or}	2,54 – 5,08	5,08 – 7,62	7,62 – 10,16	10,16 – 12,70	<12,7
O_r	2,54 – 5,08	5,08 – 7,62	7,62 – 10,16	10,16 – 12,70	<12,7
O_l	1,27 – 2,54	2,54 – 5,08	5,08 – 7,62	7,62 – 10,16	<10,16
O_{rz}	1,27	1,27 – 5,08	2,54 – 5,08	5,08 – 7,62	<7,62
$D_{rš}$	0 - 0,64	0,64 – 1,27	1,27 – 5,08	2,54 – 3,81	<3,81
$2 \cdot Š_l$	1,27 – 1,91	1,91 – 3,18	3,18 – 6,35	6,35 – 8,89	<8,89

NAPOMENA: O_b – opseg bokova, O_g – opseg grudi, O_s – opseg struka, O_{or} – opseg orukavlja, O_r – opseg ruke, O_l – opseg lakta, O_{rz} – opseg ručnog zgloba, $D_{rš}$ – duljina ramenog šava, $Š_l$ – širina leđa.

2.1.3.1 Standardni konstrukcijski dodatak komocije

Standardni konstrukcijski dodatak komocije dodaje se na opsege izmjerene na tijelu pri postupcima klasične konstrukcije odjeće, kako bi se osigurala udobnost odjevnih predmeta. **Z. K. Amirova** [22] je 1985. predstavila rezultate provedena analize konstrukcije specijalne odjeće (muških i ženskih radnih odjela). Analizom se pokazalo da konstrukcijski dodatak komocije (rus. свободное облегание – slobodan prostor između odjeće i tijela) na poluopsegu grudi za specijalnu odjeću iznosi 9-17 cm. Taj dodatak 5 do 8 puta premašuje dotadašnji uobičajeni međudimenzijski interval istovjetnosti po poluopsegu grudi, koji iznosi 2 cm i u

praksi ga čovjek ne može ni osjetiti. Taj promatrani odnos međudimenzijskog intervala i konstrukcijskog dodatka komocije nameće zaključak o nužnosti povećanja međudimenzijskog intervala za specijalnu odjeću i odgovarajućeg smanjenja broja veličina bez smanjenja stupnja zadovoljstva udobnošću odjeće. Razrađene su nove dimenzijske skale za mušku i žensku specijalnu odjeću uz novi prijedlog povećanja intervala na 4 cm u odnosu na opseg grudi i 12 cm u odnosu na tjelesnu visinu.

Ovako izračunat iznos konstrukcijskog dodatka komocije naziva se radijalnim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije (eng. radial ease allowance) [23], a autor **M. Miyoshi** je njime izračunao iznos konstrukcijskog dodatka komocije na liniji struka [24].

Prikaz izračuna opsega odjevnog predmeta na određenom dijelu tijela [25]:

$$O_{p.g.} = O_g + G_{ea,g} \quad [cm], \qquad (1)$$

pri ćemu je $O_{p.g.}$ opseg odjevnog predmeta na liniji opsega grudi, O_g je opseg grudi izmjeren na nagom tijelu, a $G_{ea,g}$ iznos konstrukcijskog dodatka komocije na liniji opsega grudi.

$$O_{p.s.} = O_s + G_{ea,s} \quad [cm], \qquad (2)$$

pri ćemu je $O_{p.s.}$ opseg odjevnog predmeta na liniji opsega struka, O_s je opseg struka izmjeren na nagom tijelu, a $G_{ea,s}$ iznos konstrukcijskog dodatka komocije na liniji opsega struka.

$$O_{p.b.} = O_b + G_{ea,b} \quad [cm], \qquad (3)$$

pri ćemu je $O_{p.b.}$ opseg odjevnog predmeta na liniji opsega bokova, O_b je opseg bokova izmjeren na nagom tijelu, a $G_{ea,b}$ iznos konstrukcijskog dodatka komocije na liniji opsega bokova.

Prema poziciji odjevni predmet pripada u, Tab. 3 [26]:

- nulti sloj označava odjeću u direktnom kontaktu s tijelom kao što je donje rublje,
- prvi sloj označava odjeću koja je naslojena na donje rublje poput haljina, suknji, hlača i košulja,
- drugi sloj je odjeća koja se nosi preko bazne odjeće, odnosno prvog stupnja, a to su primjerice sakoi ili veste,
- treći sloj su teži pokrivni odjevni predmeti (lagani kaputi i baloneri) i
- četvrti sloj su odjevni predmeti poput kaputa za zimske uvjete i bundi.

Tab. 3: *Iznos konstrukcijskog dodatka komocije za mušku, žensku i dječju odjeću u odnosu na poziciju odjevnog predmeta u odnosu na tijelo* [26]

Iznos konstrukcijskog dodatka komocije [cm]					
Muška odjeća					
Pozicija u odnosu n tijelo	0. stupanj	1. stupanj	2. stupanj	3. stupanj	4. stupanj
O_g	-8 do 0	0 do 10	12 do 14	14 do 18	18 do 24
O_s	-8 do 0	0 do 10	12 do 14	14 do 18	18 do 24
O_b	-6 do 0	0 do 8	10 do 14	12 do 16	16 do 22
D_{ko}	-2 do 0	0 do 1	1 do 2	1 do 2	1 do 3
$2 \cdot Š_l$	-1 do 0	0 do 1,5	1 do 2	1 do 3	2 do 6
D_o	-2 do 0	0 do 2	1 do 2	1 do 6	3 do 10
O_v	-0,5 do 0	0 do 1	0,5 do 2	0,5 do 2	1 do 2
Ženska odjeća					
O_g	-8 do 0	0 do 8	6 do 12	10 do 16	10 do 18
O_s	-8 do 0	0 do 10	6 do 12	10 do 16	10 do 18
O_b	-8 do 0	0 do 8	6 do 12	6 do 16	6 do 16
O_r	-3 do 0	0 do 3	0 do 4	3 do 5	3 do 6
$2 \cdot Š_l$	-3 do 0	0 do 1,6	0 do 1,6	1,6 do 2	1,6 do 3
$D_{rš}$	-3 do 0	0 do 1,6	0 do 1,6	1,6 do 2	1,6 do 3
D_{rg}	-1 do 0	0 do 1,5	0 do 2	1 do 3	1 do 4
D_o	-2 do 0	0 do 1,5	0 do 2	1 do 3	2 do 8
O_v	-1 do 0	0 do 0,5	0 do 0,5	0,5 do 1	0,5 do 2
Dječja odjeća					
O_g	-8 do 0	4 do 6	4 do 10	6 do 12	12 do 18
O_s	-8 do 0	2 do 6	4 do 10	8 do 12	12 do 18
O_b	-6 do 0	4 do 6	6 do 10	6 do 12	10 do 18
D_l	-2 do 0	0 do 2	2 do 4	4 do 6	6 do 8
O_{bd}	-2 do 0	0 do 2	0	0	0
$2 \cdot Š_l$	-2 do 0	0	0 do 1	1 do 2	2
D_o	-2 do 0	0 do 1	0 do 2	1 do 3	1 do 4
D_{ko}	-1 do 0	0 do 2	0 do 2	0 do 2	0 do 2
O_v	-1 do 0	0 do 0,5	0 do 1	0 do 1,5	1 do 2

NAPOMENA: O_b – opseg bokova, O_g – opseg grudi, O_s – opseg struka, O_v – opseg vrata, O_r – opseg ruke, D_{ko} – duljina koraka, D_l – duljina leđa, D_o – dubina orukavlja, $Š_l$ – širina leđa.

Standardni konstrukcijski dodatka komocije utvrđuje se na temelju podataka dobivenih antropometrijskim izmjerama ljudskog tijela u statičkim položajima, dakle u sjedećem i stajaćem položaju.

Antropometrijskim izmjerama ljudskog tijela dobivaju se tjelesne mjere. Pojedine mjere moraju biti uvećane prije konstrukcije kroja kako bi se osigurala komotnost odjevnog predmeta koda nošenja. Iznosi konstrukcijskih dodataka komocije se razlikuju ovisno o modelu, vrsti, funkciji odjevnog predmeta i vrsti materijala iz kojeg se odjevni predmet izrađuje [27].

Prema **W. Aldrichu** iznosi konstrukcijskog dodatka komocije nisu posebno istaknuti pri izradi krojnih dijelova muške gornje odjeće i zadržavaju se tijekom modeliranja kroja [28]. Kako bi se utvrdili pouzdani iznosi tjelesnih mjera, potrebno je provoditi mjerenja velikog broja ispitanika, što iziskuje znatna materijalna sredstva [28, 29]. Ministarstvo obrane Ujedinjenog kraljevstva provelo je nekoliko takvih istraživanja s ciljem utvrđivanja antropometrijskih mjera avionskih posada Zračnih snaga Ujedinjenog kraljevstva [30, 31]. U tehničkom izvještaju 84050 RAF-a (eng. Royal Air Force, hrv. Zračne snage Ujedinjenog Kraljevstva) [32] navedeni su podaci o tjelesnim mjerama i odjevnim veličinama različitih odjevnih predmeta, koje su upotrebljavali članovi avionskih posada. Informacije su dobivene na temelju antropometrijskih istraživanja 2000 članova avionskih posada RAF-a u rasponu starosti od 18 do 45 godina [30]. Ispitane tjelesne mjere su opseg grudi, opseg struka, opseg bokova, tjelesna visina, duljina unutarnje strane nogu do prepona, duljina vrata i duljina ruku od pazuha do ručnog zgloba. Utvrđeno je kako se dodaje minimalni iznos od 10 do 13 cm konstrukcijskog dodatka komocije u području grudi, u odnosu na opseg grudi mjeren na nagom ispitaniku. Maksimalan iznos konstrukcijskog dodatka komocije u području grudi iznosi do 34,5 cm, kada se u obzir uzmu sve primarne i sekundarne tjelesne mjere (opseg bedara, vertikalni opseg trupa, razmak između akromiona, visina struka, duljina prepona, duljina od vrata do pazuha, duljina od vrata do struka, duljina od vrata do prepona, visina pazuha, opseg zgrčenog koljena, opseg zgrčenog lakta i duljina unutarnje strane stopala od pete do prstiju), za postotak ispitanika s manjim tjelesnim mjerama. Time se osigurava dostatna komocija za udobnost prilikom nošenja donjeg rublja ispod gornjih odjevnih predmeta (u ovome slučaju proučavani su letački kombinezoni) za prekrivanje gornjeg dijela tijela (torzo). Standardni iznosi konstrukcijskog dodatka komocije, nedostaci koji se mogu javiti razvijanjem velikog raspona odjevnih veličina i prilagodbe individualnih tjelesnih mjera su faktori koji utječu na određivanje iznosa konstrukcijskog dodatka komocije muških letačkih kombinezona. Prema podacima ovog izvještaja u praksi se može uobičajeno postići kompromis između ova tri faktora, dodavanjem iznosa bazičnog dodatka komocije za prilagodbu stasa od 8 cm i dodavanjem bazičnog dodatka

komocije u području grudi u iznosu od 8 cm, pri konstrukciji letačkih kombinezona. Prema podacima RAF-a postoje tri osnovne građe tijela (prva u rasponu visina od 165 do 172,99 cm, druga u rasponu visina 173 do 180,99 cm i treća u rasponu visina od 181 do 189 cm) od kojih se svaka dijeli na 9 podkategorija, odnosno veličina (eng. nine size - roll). Prva podkategorija je definirana rasponom tjelesne visine od 165 do 172,99 cm i opsegom grudi od 83,00 do 90,99 cm. Druga je definirana rasponom tjelesne visine od 165 do 172,99 cm i opsegom grudi od 91,00 do 98,99 cm. Treća je definirana rasponom tjelesne visine od 165 do 172,99 cm i opsegom grudi od 99,00 do 106,99 cm. Četvrta je definirana rasponom tjelesne visine od 173 do 180,99 cm i opsegom grudi od 83,00 do 90,99 cm. Peta je definirana rasponom tjelesne visine od 173 do 180,99 cm i opsegom grudi od 91,00 do 98,99 cm. Šesta je definirana rasponom tjelesne visine od 173 do 180,99 cm i opsegom grudi od 99,00 do 106,99 cm. Sedma je definirana rasponom tjelesne visine od 181 do 189 cm i opsegom grudi od 91,00 do 98,99 cm. Osma je definirana rasponom tjelesne visine od 181 do 189 cm i opsegom grudi od 99,00 do 106,99 cm. Deveta je definirana rasponom tjelesne visine od 181 do 189 cm i opsegom grudi od 107,00 do 115,00 cm. Opća pretpostavka međuodnosa tjelesnih mjera jest, kako je opseg struka uobičajeno za 10,6 cm (4 incha) manji od opsega grudi, a opseg bokova je uobičajeno manji od opsega grudi za 5,08 cm (2 incha).

Prema podacima Ministarstva obrane Ujedinjenog kraljevstva iz 1997. godine antropometrijska istraživanja tjelesnih mjera vojnih osoba se redovito moraju provoditi uslijed brzih izmjena u tehnologiji i dizajnu vojne opreme, posebno kabina aviona i sjedala transportnih sustava. Uporaba antropometrijskih istraživanja ljudskog tijela je samo jedan od koraka primjene ergonomije u dizajnu vojne opreme, a svi izrađeni prototipovi odjeće, opreme i transportnih sustava se moraju testirati. Osim toga, u prošlosti su RAF-ovi stručnjaci pri dizajnu odjeće i opreme u obzir uzimali samo raspon prijavljenih vojnika od 5. do 95. percentila, i bile su manje varijacije u nacionalnoj pripadnosti vojnika i spolu. U današnje vrijeme su se znatno poboljšali opći životni uvjeti i veća su genetska miješanja stanovništva pa se predviđa povećanje tjelesnih mjera [33]. To je također potvrđeno novijim studijama antropometrijskih izmjera vojnog osoblja [34].

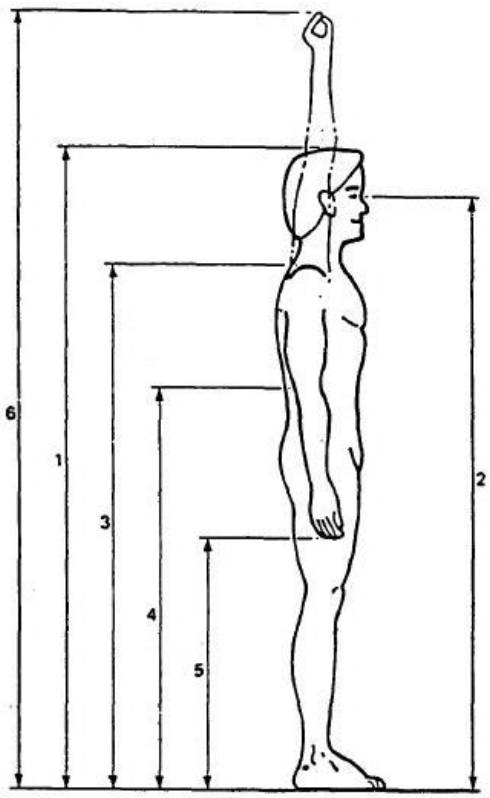
Statički položaji tijela u ergonomskim i antropometrijskim ispitivanjima za potrebe razvoja nove vojne odjeće, opreme i transportnih sredstava opisani su kako slijedi [33].

U stojećem položaju mjeri se slijedeće antropometrijske mjere, Sl. 2:

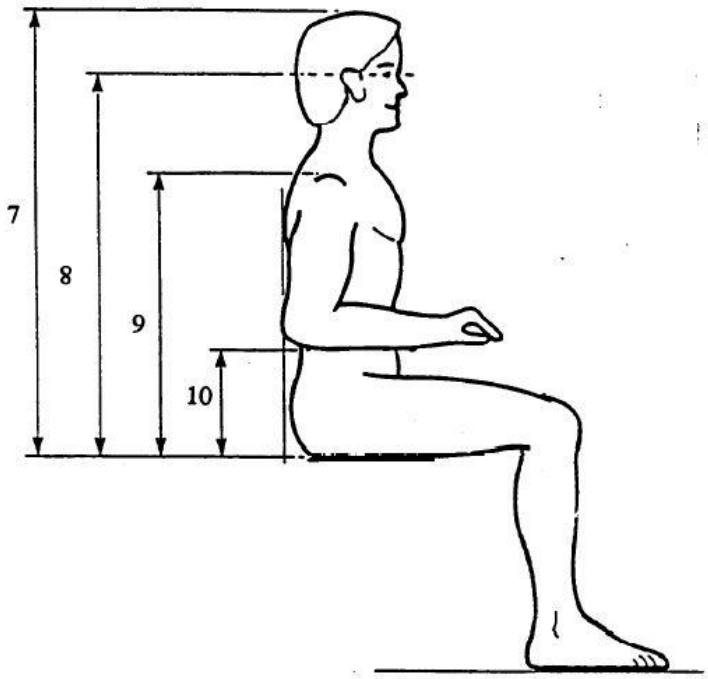
1. visina od tabana do vrhova prstiju vertikalno dignute ruke,
2. visina od tabana do vrha tjemena,
3. visina od tabana do akromiona,
4. visina od tabana do lakta,
5. visina od tabana do vrhova prstiju uz tijelo spuštene ruke
6. i visina od tabana do visine očiju.

U sjedećem položaju mjeri se slijedeće antropometrijske mjere, Sl. 3 do 6:

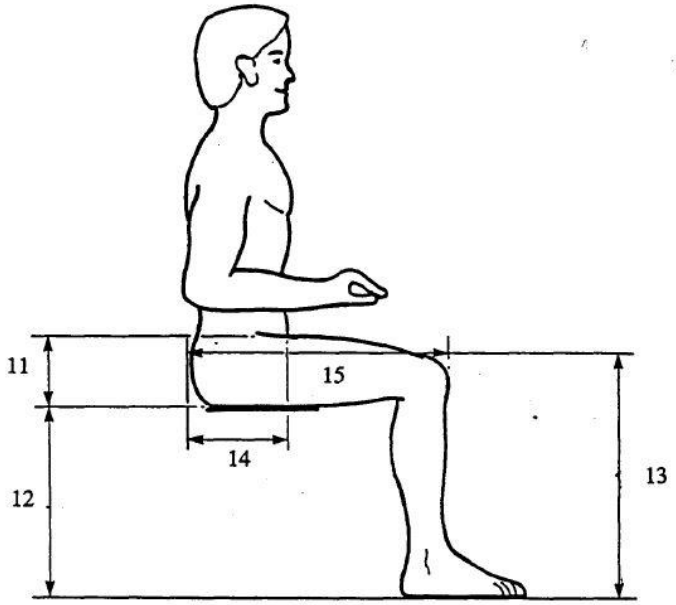
7. visina od sjedeće površine do vrha tjemena,
8. visina od sjedeće površine do visine očiju,
9. visina od sjedeće površine do akromiona,
10. visina od sjedeće površine do lakta,
11. visina od sjedeće površine do gornje vertikalne površine bedra (visina bedra),
12. visina od sjedeće površine do stopala (odnosno pete),
13. visina od sjedeće površine do koljena,
14. dubina trbušne šupljine, odnosno razmak od leđnog naslona do prednje površine abdomena,
15. duljina od donjeg dijela leđa u sjedećem položaju do vrha zgrčenog koljena,
16. razmak između ispruženih prstiju bočno raširenih ruku koje su postavljene pod 90 stupnjeva u koronalnoj ravnini,
17. razmak između lakata bočno raširenih ruku koje su postavljene pod 90 stupnjeva u koronalnoj ravnini,
18. razmak između akromiona,
19. širina bokova u sjedećem položaju,
20. duljina vertikalnog funkcionalnog hvatanja iznad glave (visina od sjedeće površine do vrhova prstiju vertikalno dignute ruke) u sagitalnoj ravnini,
21. duljina horizontalnog funkcionalnog hvatanja sa zgrčenim laktom ispred tijela (duljina od leđnog naslona do vrhova prstiju ruke sa zgrčenim laktom i podlakticom ispruženom ispred tijela) u sagitalnoj ravnini,
22. i duljina horizontalnog funkcionalnog hvatanja ispred tijela (duljina od leđnog naslona do vrhova prstiju horizontalno ispružene ruke ispred tijela) u sagitalnoj ravnini.



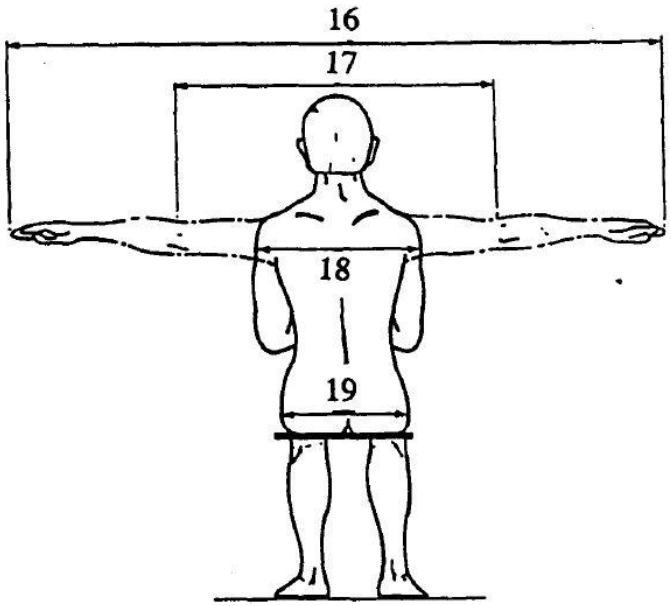
Sl. 2 *Antropometrijske izmjere dimenzija tijela u stajaćem položaju (dimenzije 1 do 6)* [33]



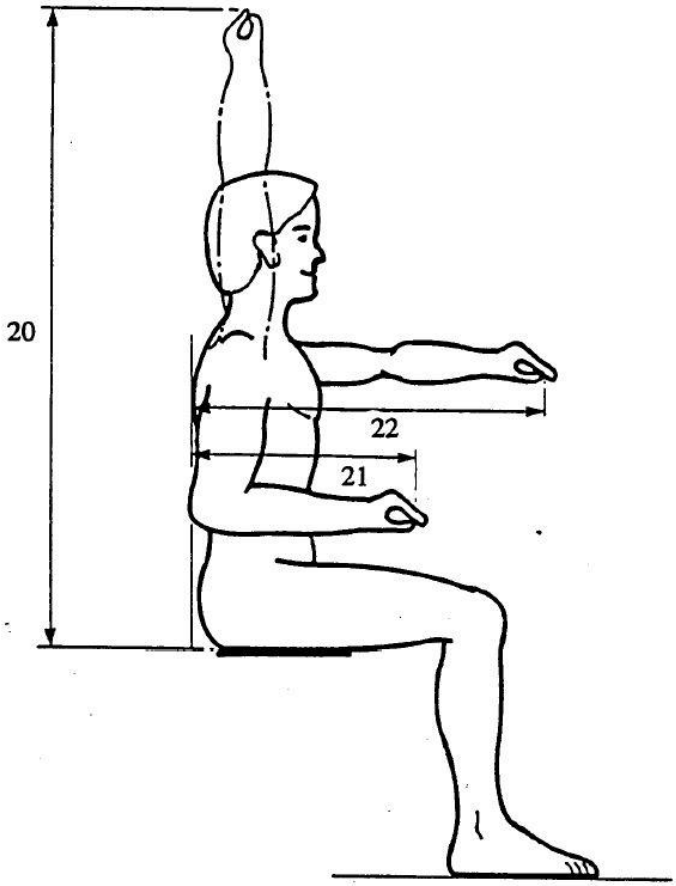
Sl. 3 *Antropometrijske izmjere dimenzija tijela u sjedećem položaju (dimenzije 7 do 10)* [33]



Sl. 4 *Antropometrijske izmjere dimenzija tijela u sjedećem položaju (dimenzije 11 do 15)* [33]

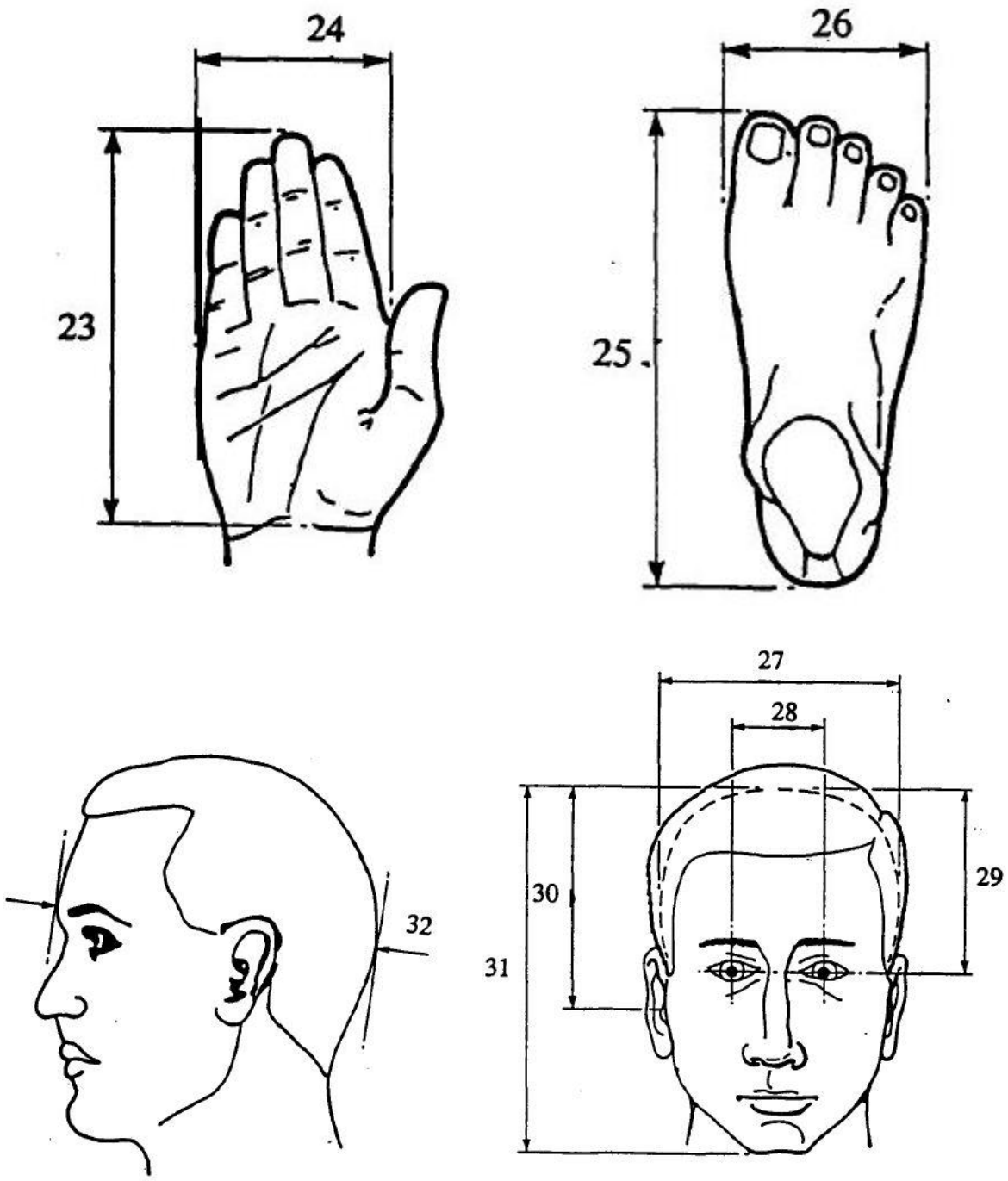


Sl. 5 *Antropometrijske izmjere dimenzija tijela u sjedećem položaju (dimenzije 16 do 19)* [33]



Sl. 6 *Antropometrijske izmjere dimenzija tijela u sjedećem položaju (dimenzije 20 do 22)* [33]

Dodatno se mjere šake, stopala (duljina i širina) i dimenzije glave (razmak između zjenica, prednja širina glave, visina glave od vrha brade do vrha tjemena, visina od zjenica do vrha tjemena, visina od sredine ušiju do vrha tjemena i bočna širina glave), Sl. 7.

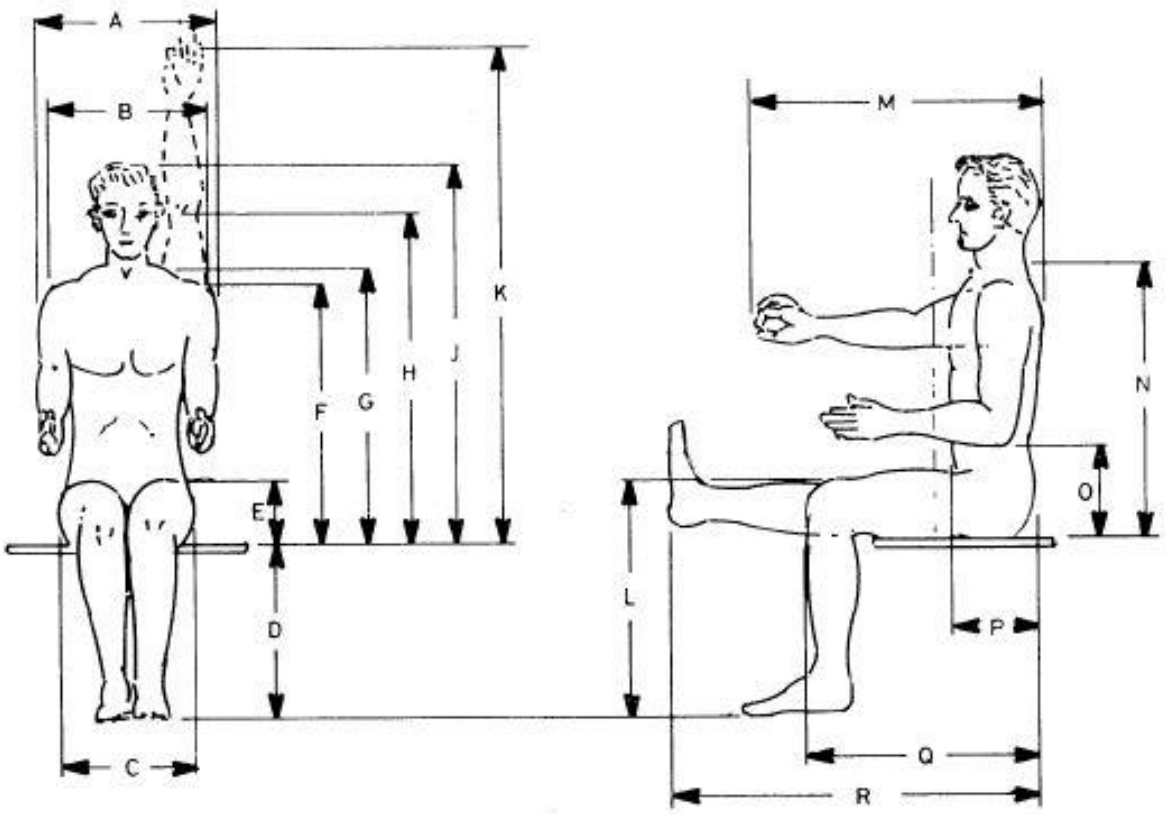


Sl. 7 *Antropometrijske izmjere dodatnih dimenzija tijela* [33]

Prema vojnom standardu britanskog ratnog zrakoplovstva za pripadnike posada rotorskih letjelica [35] mjere se još slijedeće antropometrijske mjere u sjedećem položaju, Sl. 8:

A. bideltoidna širina (razmak između najizbočenijih lateralnih točaka ramena, odnosno mišića deltoideusa),
B. biakromialna širina (razmak između najizbočenijih proksimalnih točaka ramena, odnosno akromiona),

C. širina bokova u sjedećem položaju,
D. visina od stopala do sjedalne površine bedra i stražnjice u sjedećem položaju,
E. visina bedara u sjedećem položaju od sjedalne površine bedra do gornje površine bedra,
F. akromijalna visina (visina trupa u sjedećem položaju od sjedalne površine bedra do proksimalnih točaka ramena, odnosno akromiona),
G. visina do ramena (visina trupa u sjedećem položaju od sjedalne površine bedra do najviše točke ramena),
H. visina očiju u sjedećem položaju (visina trupa u sjedećem položaju od sjedalne površine bedra do zjenice oka),
J. visina trupa u sjedećem položaju (visina trupa u sjedećem položaju od sjedalne površine bedra do vrha tjemena),
K. duljina vertikalnog funkcionalnog hvatanja iznad glave s ispruženom rukom,
L. duljina potkoljenice, odnosno visina od stopala do najviše točke koljena,
M. duljina horizontalnog funkcionalnog hvatanja ispred glave s ispruženom rukom,
N. vratna visina trupa u sjedećem položaju (visina trupa u sjedećem položaju od sjedalne površine bedra do sredine vrata),
O. visina položaja odmora lakta (duljina mjerena od sjedalne površine bedra do zgrčenog lakta u sjedećem položaju),
P. dubina trbušne šupljine, odnosno razmak od leđnog naslona do prednje površine abdomena,
Q. duljina od stražnjeg donjeg dijela leđa u sjedećem položaju do najizbočenije prednje točke koljena i
R. duljina od stražnjeg donjeg dijela leđa u sjedećem položaju do najizbočenije prednje točke stopala ako je noga ispružena prema naprijed pod 90 stupnjeva u odnosu na tijelo uz flektirano stopalo.

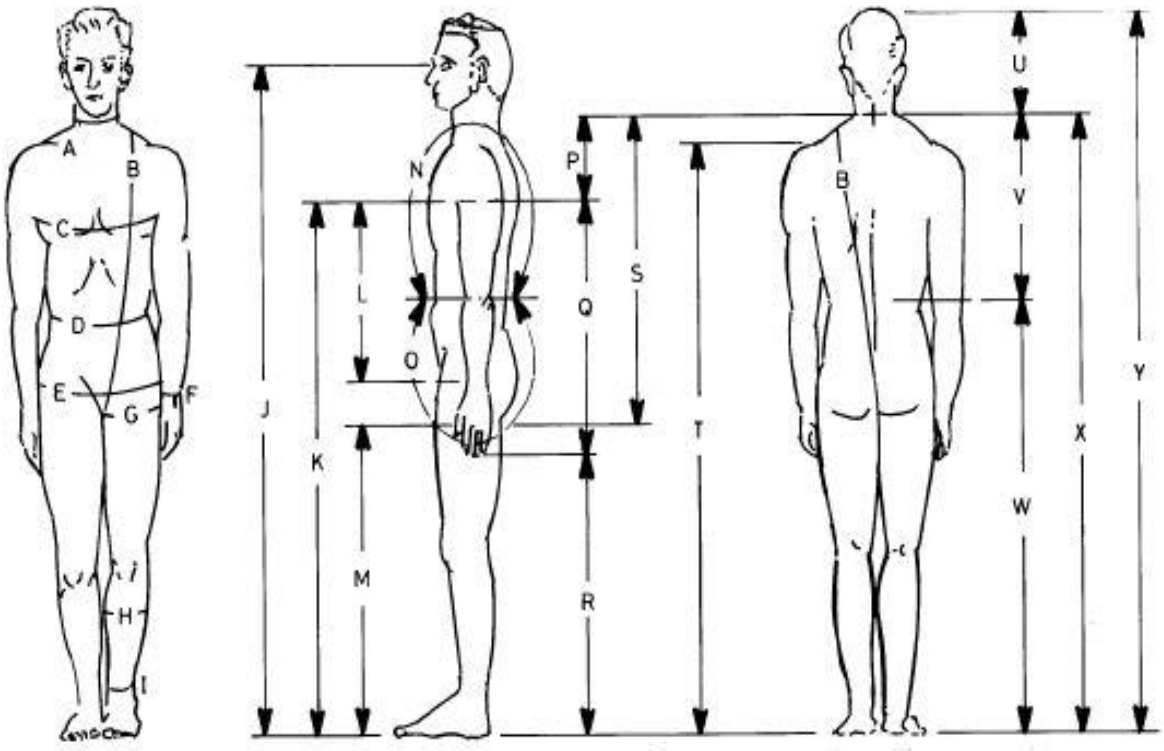


Sl. 8 *Sve antropometrijske izmjere dimenzija tijela u sjedećem položaju* [35]

Prema tom standardu [35] mjere se još slijedeće antropometrijske mjere u stajaćem položaju, Sl. 9:

A. opseg vrata,
B. vertikalni opseg trupa,
C. horizontalni opseg trupa,
D. opseg struka,
E. opseg bokova,
F. opseg ručnog zgloba,
G. opseg bedra,
H. opseg potkoljenice,
I. opseg skočnog zgloba noge,
J. visina očiju u stajaćem položaju (visina trupa u stajaćem položaju od tabana do zjenice oka),
K. visina do pazuha u stajaćem položaju (visina trupa do pazušne jame u stajaćem položaju od tabana do zjenice oka),

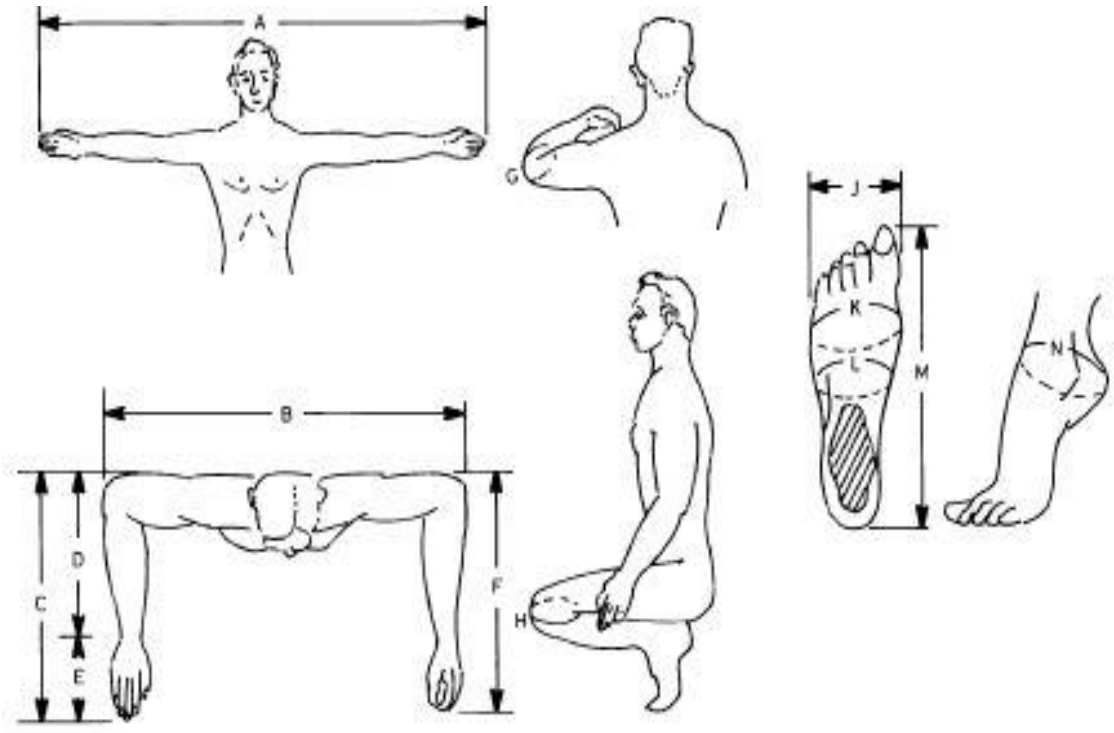
L. duljina od ručnog zgloba ispružene ruke, koja pada uz tijelo, do pazuha u stajaćem položaju,
M. visina do prepona u stajaćem položaju (visina trupa od tabana do unutarnje strane prepona u stajaćem položaju),
N. visina od struka do intermamilarne linije u stajaćem položaju,
O. duljina sjedalnog šava,
P. duljina od pazušne jame do sredine vrata,
Q. duljina od pazušne jame do vrhova prstiju ispružene ruke koja pada uz tijelo,
R. duljina od stopala do vrhova prstiju ispružene ruke
S. duljina od prepona do sredine vrata,
T. visina do ramena (visina trupa u stajaćem položaju od tabana do najviše točke ramena),
U. visina glave od sredine vrata do vrha tjemena,
V. duljina od struka do sredine vrata,
W. visina do struka (visina trupa u stajaćem položaju od tabana do struka),
X. visina do sredine vrata (visina trupa u stajaćem položaju od tabana do sredine vrata) i
Y. tjelesna visina (visina trupa u stajaćem položaju od tabana do vrha tjemena).



Sl. 9 *Sve antropometrijske izmjere dimenzija tijela u stajaćem položaju* [35]

Prema istom vojnom standardu [35] mjere se i dodatne antropometrijske mjere, Sl. 10:

A. raspon između vrhova prstiju bočno ispruženih ruku pod 90 stupnjeva u odnosu na tijelo,
B. raspon između lakata kada su ruke dignute pod 90 stupnjeva u odnosu na tijelo u koronalnoj ravnini, a podlaktice savijena pod 90 stupnjeva u odnosu na nadlaktice u transverzalnoj ravnini,
C. duljina od vrha savijenog lakta do vrhova prstiju,
D. duljina od vrha savijenog lakta ručnog zgloba,
E. duljina šake s ispruženim prstima,
F. duljina horizontalnog funkcionalnog hvatanja od lakta do vrhova prstiju blago savijene šake,
G. opseg posve savijenog lakta,
H. opseg posve savijenog koljena,
J. širina stopala,
K. opseg stopala oko metatarzalnih kostiju,
L. opseg stopala oko svoda stopala i tabana,
M. duljina stopala i
N. opseg stopala oko svoda stopala i pete.



Sl. 10 *Dodatne antropometrijske izmjere dimenzija tijela* [35]

Prikaz izračun konstrukcijskih mjera s ciljem utvrđivanja iznosa standardnog konstrukcijskog dodatka komocije prema raznim izvorima za $O_g = 100\ cm$, $T_v = 182\ cm$ i $O_s = 86\ cm$:

1. Izrazi za izračun konstrukcijskih mjera klasične muške jakne prema **W. Aldrichu** [28]:

$\check{S}_l = 0{,}5 \cdot O_l + 2\ cm = 22\ cm$ (4)

$\check{S}_l + \check{S}_o = 1/3 \cdot O_g + 0{,}5\ cm = 33{,}83\ cm$ (5)

$\check{S}_{grudi} + \check{S}_{orukavlja} + \check{S}_{leđa} = 0{,}5 \cdot O_g + 7{,}5\ cm = 57{,}5\ cm$, udobnost nošenja na 1/2 kroja iznosi 7,5 cm. (6)

2. Izrazi za izračun konstrukcijskih mjera šire muške jakne prema **W. Aldrichu** [28]:

$\check{S}_l = 0{,}5 \cdot O_l + 3\ cm = 23\ cm$ (7)

$\check{S}_l + \check{S}_o = 1/3 \cdot O_g + 2{,}5\ cm = 35{,}83\ cm$ (8)

$\check{S}_{grudi} + \check{S}_{orukavlja} + \check{S}_{leđa} = 0{,}5 \cdot O_g + 10\ cm = 60\ cm$, udobnost nošenja na 1/2 kroja iznosi 10 cm. (9)

3. Izrazi za izračun konstrukcijskih mjera muškog kaputa prema **W. Aldrichu** [28]:

$\check{S}_l = 0{,}5 \cdot O_l + 4{,}5\ cm = 24{,}5\ cm$ (10)

$\check{S}_l + \check{S}_o = 1/3 \cdot O_g + 4{,}75\ cm = 38{,}08\ cm$ (11)

$\check{S}_{grudi} + \check{S}_{orukavlja} + \check{S}_{leđa} = 0{,}5 \cdot O_g + 15\ cm = 65\ cm$, udobnost nošenja na 1/2 kroja iznosi 15 cm. (12)

4. Izrazi za izračun konstrukcijskih mjera muške klasične jakne prema časopisu **Rundschau** [36]:

$\check{S}_o = 1/8 \cdot O_g + 5\ cm = 17{,}5\ cm$ (13)

$\check{S}_l = 2/10 \cdot O_g + 3\ cm = 23\ cm$ (14)

$\check{S}_g = 2/10 \cdot O_g + 3{,}5\ \ cm = 23{,}5\ cm$ (15)

$\check{S}_s = 2/10 \cdot O_g + 3{,}5\ \ cm + 0{,}5 = \check{S}_{grudi} + 0{,}5\ cm = 20{,}5\ cm$ (16)

$\check{S}_{1/2\ kroja} = \check{S}_{grudi} + \check{S}_{orukavlja} + \check{S}_{leđa} = 64\ cm$, udobnost nošenja na 1/2 kroja iznosi 14 cm. (17)

5. Izrazi za izračun konstrukcijskih mjera muške široke jakne prema časopisu **Rundschau** [36]:

$\check{S}_o = 1/8 \cdot O_g + (5{,}5 - 6)\ cm = 18 - 18{,}5\ cm$ (18)

$\check{S}_l = 2/10 \cdot O_g + (3 - 3{,}5)\ cm = 23\ - 23{,}5\ cm$ (19)

$\check{S}_g = 2/10 \cdot O_g + (3{,}5\ - 4)\ cm = 23{,}5\ - 24\ cm$ (20)

$\check{S}_s = 2/10 \cdot O_g + (3{,}5\ - 4)\ cm = 23{,}5\ - 24\ cm$ (21)

$\check{S}_{1/2\ kroja} = \check{S}_{grudi} + \check{S}_{orukavlja} + \check{S}_{leđa} = 64{,}5 - 66\ cm$, udobnost nošenja na 1/2 kroja iznosi 14,5 do 16 cm. (22)

6. Izrazi za izračun konstrukcijskih mjera muškog kaputa prema časopisu **Rundschau** [36]:

$\check{S}_o = 1/8 \cdot O_g + 5\ cm + (2 - 3)\ cm = 19{,}5 - 20{,}5\ cm$ (23)

$\check{S}_l = 1/10 \cdot O_g + 12\ cm + 0{,}7\ cm = 22{,}7\ cm$ (24)

$\check{S}_g = 2/10 \cdot O_g + 3\ cm + 0{,}7\ cm = 23{,}7\ cm$ (25)

$\check{S}_s = 1/4 \cdot O_s + 0{,}5 + 0{,}7\ cm = 21{,}7\ cm$ (26)

$\check{S}_{1/2\ kroja} = \check{S}_{grudi} + \check{S}_{orukavlja} + \check{S}_{leđa} = 65{,}9\ do\ 66{,}9\ cm$, udobnost nošenja na 1/2 kroja iznosi 15,9 do 16,9 cm. (27)

7. Izrazi za izračun konstrukcijskih mjera muške jakne **D. Ujeviću** [14]:

$\check{S}_o = 1/8\ Og + 6\ do\ 7\ cm = 18{,}5 - 19{,}5\ cm$ (28)

$\check{S}_l = 2/10\ Og + 2\ do\ 3, za\ Og \leq 100\ cm = 22{,}0 - 23{,}0\ cm$ (29)

$\check{S}_g = 2/10\ Og + 3\ do\ 4\ cm = 23{,}0 - 24{,}00\ cm$ (30)

$\check{S}_s = 1/4 \cdot O_s + 1 + 2\ cm = 22{,}5 - 23{,}5\ cm$ (31)

$\check{S}_{1/2\ kroja} = \check{S}_{grudi} + \check{S}_{orukavlja} + \check{S}_{leđa} = 63{,}5\ do\ 66{,}5\ cm$, udobnost nošenja na 1/2 kroja iznosi 13,5 do 16,5 cm. (32)

8. Izrazi za izračun konstrukcijskih mjera muške sportske jakne **D. Ujeviću** [14]:

$\check{S}_o = 1/8\ Og - 1\ cm + 10\ cm\ (na\ 1/4\ kroja) = 31{,}5\ cm$ (33)

$\check{S}_l = 1/8\ Og + 6{,}5 = 19{,}0\ cm$ (34)

$\check{S}_g = 1/4\ Og - 5{,}5\ cm = 19{,}5\ cm$ (35)

$\check{S}_{1/2\ kroja} = \check{S}_{grudi} + \check{S}_{orukavlja} + \check{S}_{leđa} = 70{,}0\ cm$, udobnost nošenja na 1/2 kroja iznosi 20,0 cm. (36)

9. Izrazi za izračun konstrukcijskih mjera dvorednog muškog ogrtača **D. Ujeviću** [14]:

$\check{S}_o = 1/8 \cdot O_g + (5{,}5\ -6\ cm) + 2{,}5\ cm = 20{,}5 - 21\ cm$ (37)

$\check{S}_l = 2/10\ Og + 2{,}5\ do\ 3\ cm\ (za\ Og \leq 100\ cm) + 1\ cm = 23{,}5 - 24{,}0\ cm$ (38)

$\check{S}_g = 2/10\ Og + (2{,}5\ do\ 3\ cm) + 1\ cm = 23{,}5 - 24{,}00\ cm$ (39)

$\check{S}_s = 1/4 \cdot O_s + 0{,}5 + 0{,}7\ cm = 21{,}7\ cm$ (40)

$\check{S}_{1/2\ kroja} = \check{S}_{grudi} + \check{S}_{orukavlja} + \check{S}_{leđa} = 67{,}5\ do\ 69\ cm$, udobnost nošenja na 1/2 kroja iznosi 17,5 do 19 cm. (41)

Tab. 4: *Iznosi standardnih konstrukcijskih dodataka komocije za odjeću 3. i 4. sloja prema* ***W. Aldrichu*** [28]

Vrsta odjevnog predmeta	Iznos konstrukcijskog dodatka komocije na 1/2 polovinu kraja $[cm]$	Ukupni iznos konstrukcijskog dodatka komocije $[cm]$
Klasična muška jakna	7,5	15,0
Šira muška jakna	10,0	20,0
Klasičnog muškog kaputa	15,0	30,0

Tab. 5: *Iznosi standardnih konstrukcijskih dodataka komocije za odjeću 3. i 4. sloja prema časopisu* ***Rundschau*** [36]

Vrsta odjevnog predmeta	Iznos konstrukcijskog dodatka komocije na 1/2 polovinu kraja $[cm]$	Ukupni iznos konstrukcijskog dodatka komocije $[cm]$
Klasična muška jakna	14	28
Šira muška jakna	14,5 - 16	29 - 32
Klasičnog muškog kaputa	15,9 - 16,9	31,8 - 33,8

Tab. 6: *Iznosi standardnih konstrukcijskih dodataka komocije za odjeću 3. i 4. sloja prema* ***D. Ujeviću*** [14]

Vrsta odjevnog predmeta	Iznos konstrukcijskog dodatka komocije na 1/2 polovinu kraja $[cm]$	Ukupni iznos konstrukcijskog dodatka komocije $[cm]$
Klasična muška jakna	13,5-16,5	27 - 33
Sportska muška jakna	20,0	40,0
Dvoredni muški ogrtač	17,5-19,0	35,0 – 38,0

Tab. 7: *Razmjernik odjevnih veličina i iznosi standardnih konstrukcijskih dodataka komocije pri konstrukciji muških letačkih vjetrovki za normalni stas i srednji uzrast prema tt. Varteks d. d.*

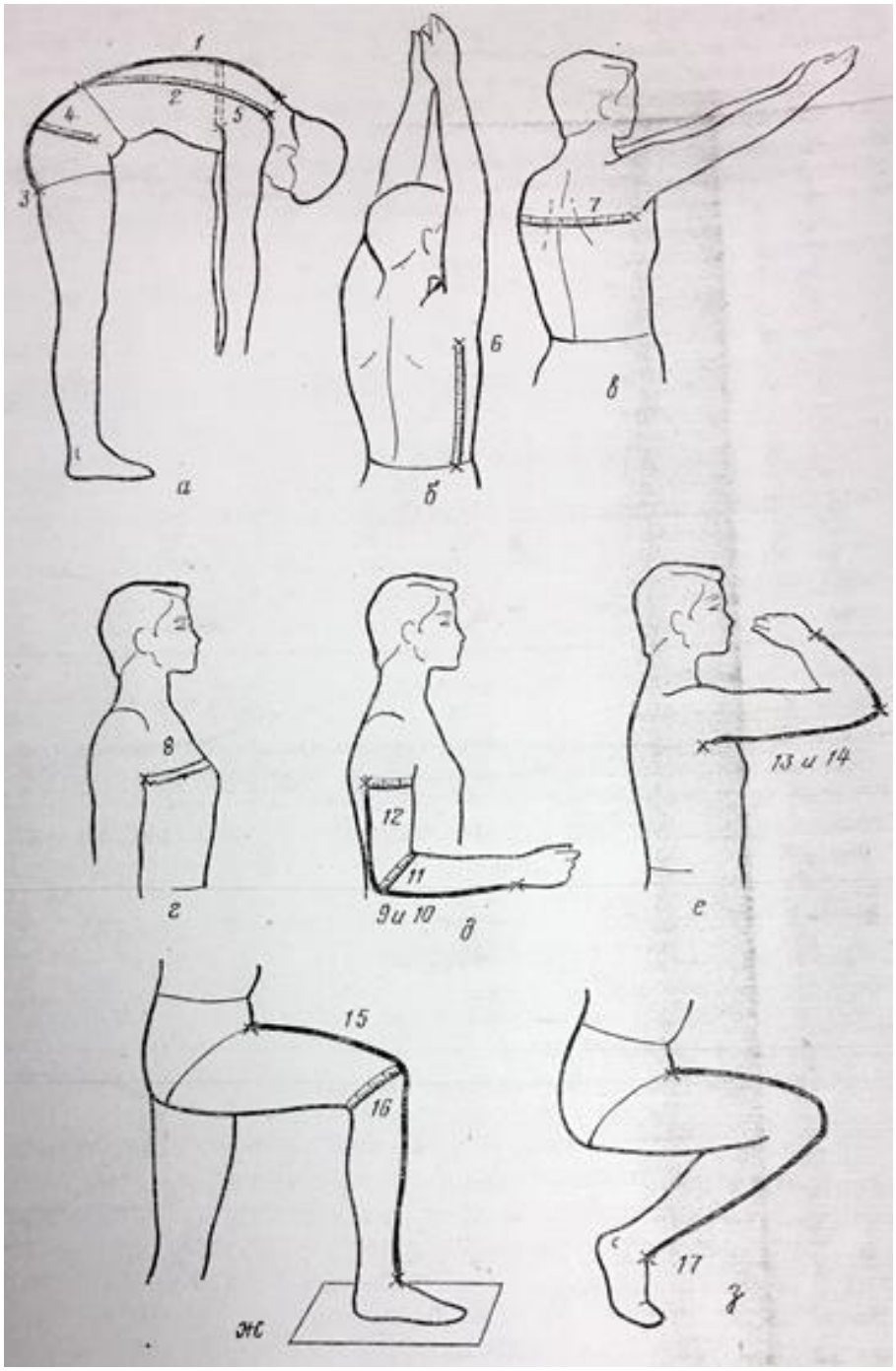
Oznaka odjevne veličine / Tjelesna ili konstrukcijska mjera	**44**	**46**	**48**	**50**	**52**	**54**	**56**	**58**	**60**
O_g $[cm]$	88	92	96	100	104	108	112	116	120
O_s $[cm]$	78	82	86	90	94	99	104	109	114
$O_{p.g.}$ $[cm]$	122	126	130	134	138	142	146	150	154
$O_{p.s.}$ $[cm]$	118	122	126	130	134	138	142	146	150
$O_{p.b.}$ $[cm]$	112	116	120	124	128	132	136	140	144
Iznos konstrukcijskog dodatka komocije u predjelu grudi $[cm]$	34								
Iznos konstrukcijskog dodatka komocije u predjelu struka $[cm]$	40	40	40	40	40	39	38	37	36

NAPOMENA: O_g – opseg grudi, O_s – opseg struka, $O_{p.g.}$ – opseg odjevnog predmeta na liniji opsega grudi, $O_{p.s.}$ – opseg odjevnog predmeta na liniji opsega struka, $O_{p.b.}$ – opseg odjevnog predmeta na liniji opsega bokova

2.1.3.2 Dinamički konstrukcijski dodatak komocije

Dinamički konstrukcijski dodatak komocije određuje se mjerenjem promjena tjelesnih dimenzija kada je tijelo u pokretu. Dimenzijski antropometrijski parametri staseva, korišteni pri konstrukciji odjeće u prošlosti, bili su dobiveni usporedbom dimenzija izmjerenih na dvije statičke poze tijela (npr. usporedba dimenzije leđa uz kralježnicu pri stajanju i pri pretklonu trupa prema naprijed), a tako izmjereno povećanje tjelesne dimenzije se naziva dinamički prirast [22], Sl. 11. U današnje vrijeme takve se usporedbe rade pri snimanju tijela sustavima za bilježenje pokreta (eng. motion capture sustavi) [15] ili 3D skeniranjem [13].

Pri izvođenjima pokreta dolazi do promjena dimenzija tijela. Takve promjene u dimenzijama tijela uslijed pokreta moraju se uzeti u obzir pri dizajnu odjevnih predmeta. U odnosu na njih se određuju iznosi dinamičkih konstrukcijskih dodataka komocije, koji omogućavaju manju ili veću slobodu pokreta. Istezanje dijelova tijela za posljedicu ima promjenu dimenzija. Takva istezanja određuju se pri zadanim pokretima tijela, a određivanje pokreta tijela ovisi i o vrsti predviđene aktivnosti. Pokreti tijela pri kojima se uobičajeno mjeri istezanje dijelova tijela i prosječne vrijednosti istezanja opisani su u Tab. 8 i prikazane na Sl. 11.



Sl. 11 *Pokreti tijela pri kojima se ispituju promjene tjelesnih dimenzija* [22]

Tab. 8: *Prosječne vrijednosti dinamičkih istezanja dijelova tijela kod muškaraca pri specijalnim pokretima* [22, 37]

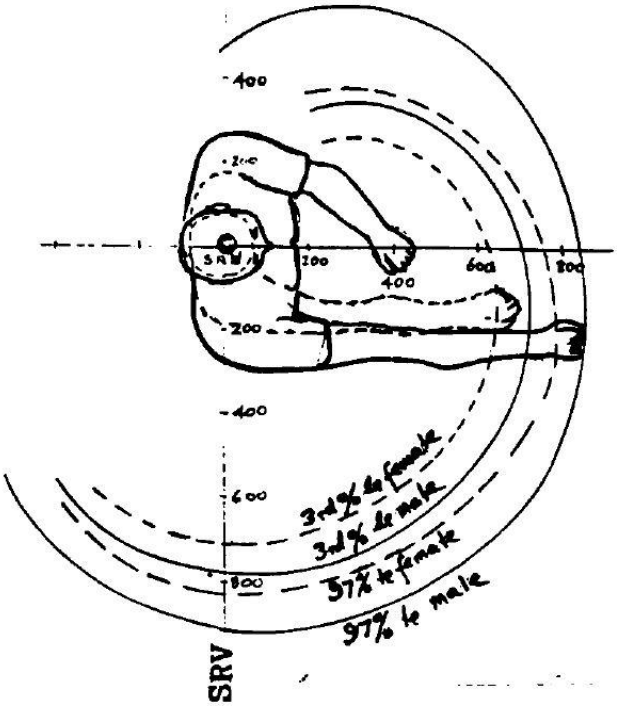
Vrsta pokreta	Mjereno istezanje dijela tijela	Prosječni dinamički prirast $[cm]$
Potpuni naklon torza prema naprijed, glava sagnuta prema dole, podbradak dodiruje prsa, noge ravno u zglobovima koljena, ruke opuštene prema dole	istezanje leđa mjereno duž linije kralježnice od vrata do linije struka pri pretklonu trupa prema naprijed	8,6
	dijagonalno istezanje leđa mjereno od akromiona do linije struka pri pretklonu trupa prema naprijed	8,2
	istezanje stražnje polovine sjedala mjereno od linije struka do ispod stražnjice pri pretklonu trupa prema naprijed	8,8
	istezanje stražnje poprečne duljina donjeg dijela leđa pri pretklonu trupa prema naprijed	1,8
	istezanje stražnje poprečne duljine gornjeg dijela leđa pri pretklonu trupa prema naprijed	15,8
Ruke dignute iznad glave sa spojenim dlanovima	istezanje bočne linije trupa mjereno od linije struka do sredine pazušne jame pri dizanju ruku iznad glave sa spojenim dlanovima	8,8
Ruke ispružene ispred tijela sa spojenim dlanovima	istezanje stražnje poprečne duljine gornjeg dijela leđa pri istezanju ruku ispred tijela pod 90 stupnjeva sa spojenim dlanovima	12,2
Ruke spuštene uz tijelo pri uspravnom stavom tijela	širina grudi mjerena od jedne do druge pazušne jame uz maksimalno naprezanje lopatica i rukama opuštenima uz tijelo	8,6
Ruke priljubljene uz trup pri uspravnom stavom tijela uz savijanje podlaktice pod 90 stupnjeva u sagitalnoj ravnini	istezanje podlaktice od pazušne jame od lakta pri savijanju podlaktice pod 90 stupnjeva u sagitalnoj ravnini	2,6
	istezanje nadlaktice od pazušne jame do ručnog zgloba pri savijanju podlaktice pod 90 stupnjeva u sagitalnoj ravnini	4,2
	opseg ruke oko lakta pri savijanju podlaktice pod 90 stupnjeva u sagitalnoj ravnini	5,5
	opseg nadlaktice pri savijanju podlaktice pod 90 stupnjeva u sagitalnoj ravnini	2,7
Ruke dignute u gornji horizontalni položaju pod kutom od 90 stupnjeva u sagitalnoj ravnini	istezanje nadlaktice od pazušne jame do ručnog zgloba u gornjem horizontalnom položaju pod kutom od 90 stupnjeva u sagitalnoj ravnini	14,1
	istezanje nadlaktice od pazušne jame do lakta u gornjem horizontalnom položaju pod kutom od 90 stupnjeva u sagitalnoj ravnini	12,8
	istezanje noge pri savijanju potkoljenice pod pravim kutom	5,5

Noga dignuta u gornji položaj i savijena u koljenu	opseg koljena pri savijanju potkoljenice pod pravim kutom	3,3
Tijelo zgrčeno u čučanj	dimenzija prednje strane noge savijene pri čučnju	8,7

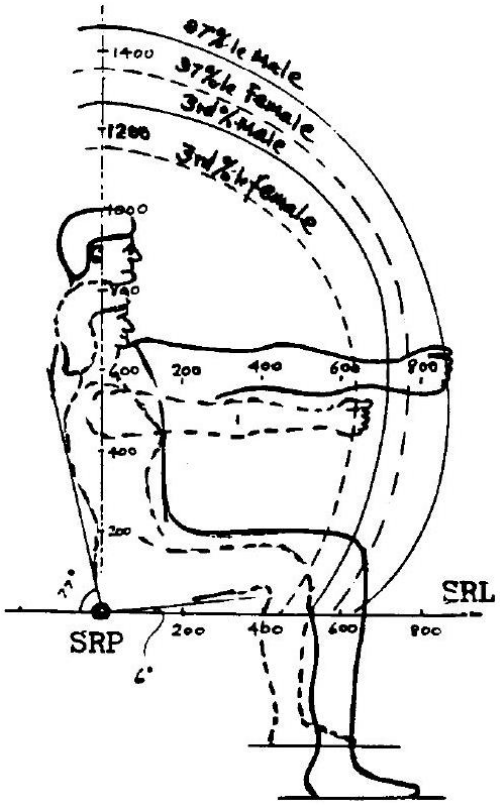
U procesu korištenja odjeće čovjek vrši različite pokrete. Stoga su pri konstrukciji klasične, specijalne i sportske odjeće potrebni podaci o promjenama dimenzija tijela u pokretu. Kako bi napravili konstrukciju odjevnog predmeta nije dovoljno samo imati podatke o stasu i tjelesne izmjere čovjeka. Svaka mjera odjevnog predmeta po bilo kojoj konstrukcijskoj liniji sastoji se od analogne izmjere na tijelu i iznosa konstrukcijskih dodataka. Sveukupni dodatak uobičajeno obuhvaća u sebi iznos konstrukcijskog dodatka komocije, iznos konstrukcijskog dodatka debljine odjevnih predmeta, koji se nose u donjim slojevima ispod druge odjeće iznose konstrukcijskih dodataka komocije s aspekta estetike [22].

Konstrukcijski dodatak komocije treba osigurati slobodu kretanja i disanja čovjeka, minimalan pritisak na tijelo i treba omogućiti stvaranje zračnog međusloja za reguliranje prijenosa topline sa tijela u okoliš. Osnova za njegovo određivanje je izučavanje promjena dimenzija tijela u dinamici, njegovih dimenzija u statici i promjene dimenzija tijela prilikom disanja. Neophodno povećanje iznosa konstrukcijskog dodatka komocije za slobodu disanja i kretanja, izračunava se prije svega za osnovne dimenzije tijela, koje određuju širinu odjevnog predmeta, a to su opseg grudi, opseg struka i opseg bedara kod hlača [22]. Prema studiji 262 muška ispitanika **M. J. Molla** i **V. Wrighta** opseg grudi se mijenja tijekom disanja, a maksimalna prosječna vrijednost povećanja opsega grudi tijekom udisanja za muškarce od 25 do 34 godine iznosi 7,37 cm, a maksimalna vrijednost povećanja opseg grudi tijekom udisaja je iznosila 11,80 cm. Sa povećanjem dobne starosti, smanjuje se i promjena opsega grudi tijekom disanja [38].

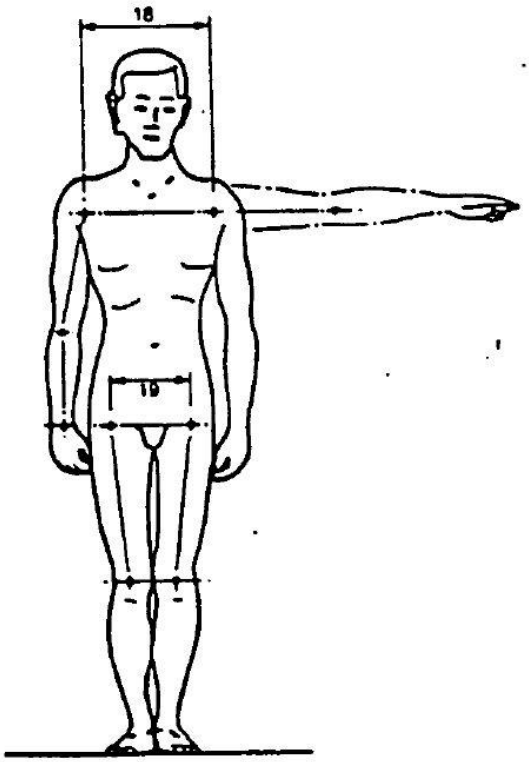
Normalan prijenos topline i disanje kože nisu mogući bez zračnog međusloja između tijela i odjeće i između slojeva odjeće. Odjeća, posebno ona koja štiti od hladnoće, je složene konstrukcije i sastoji od nekoliko slojeva. Zračni sloj između odjeće i tijela čovjeka i između pojedinih slojeva odjeće formiraju oko tijela čovjeka mikroklimu [22]. Pri dizajnu odjeće valja u obzir uzeti promjene dimenzija tijela uslijed gibanja i predvidjeti iznos konstrukcijskog dodatka komocije, koji omogućava manju ili veću slobodu pokreta. Dinamički pokreti tijela pri sjedenju u ergonomskim ispitivanjima za potrebe razvoja nove vojne odjeće, opreme i transportnih sredstava su lateralno kruženje ispružene ruke u transverzalnoj ravnini, vertikalno kruženje ispružene ruke u sagitalnoj ravnini i lateralno dizanje ruku u koronalnoj ravnini, Sl. 12, 13 i 14.



Sl. 12 *Dinamički pokreti tijela u transverzalnoj ravnini* [35]



Sl. 13 *Dinamički pokreti tijela u sagitalnoj ravnini* [35]



Sl. 14 *Dinamički pokreti tijela u koronalnoj ravnini* [35]

2.1.3.3 Mehanički konstrukcijski dodatak komocije

To je dodatak komocije u odnosu na odabranu vrstu materijala. Pri određivanju konstrukcijskog dodatka komocije valja u obzir uzeti i karakteristike materijala, debljinu materijala od kojih je izrađen odjevni predmet te poziciju odjevnog predmeta u odnosu na tijelo. Dodaci na sakupljanje tkanina u procesu vlažno-tople obrade uračunavaju se u izračune konstrukcijskih dodataka i zavise o skupljanju tkanine i po dužini i širini. Dodaci na sakupljanje tkanina na širini stražnje strane, na širini prednje strane, na rukavima, na prednjim i stražnjim polovinama hlača, i suknji, se prosječno dodaju kao povećanje širine krojnog dijela od 1,5-3 % [22].
Osnovni je zahtjev da se školjka odjevnog predmeta prilagođava promjenama u obliku tijela uslijed izvođenja pokreta, a njena sposobnost adaptacije ovisi o odabranima materijalima za izradu, stilu odjevnog predmeta i iznosu dodatka za komociju koji omogućava manju ili veću slobodu pokreta. Primjerice, pletiva se dobro prilagođavaju promjenama oblika tijela uslijed promjena pokreta zbog svoje elastičnosti. Izvođenjem različitih pokreta mijenja se i položaj, oblik i površina tijela. Tkanine za izradu školjke trebale bi pratiti te promjene dimenzija što se postiže konstruiranjem odjeće s adekvatnim iznosom dodatka na komociju, kako bi se odjeća mogla prilagoditi dimenzijskim promjenama tijela oko kojeg je obavijena. Pri konstruiranju

odjeće valja u obzir uzeti istezanje tkanine po širini, odnosno u smjeru potke. Pletiva primjerice imaju veliku sposobnost istezanja. Na temelju istezanja tkanina u smjeru potke prilagođava se iznos konstrukcijskog dodatka komocije.

Prema postotku istezanja tkanine se dijele u tri grupe:

1. istezanje od 0 do 40 %
2. istezanje od 40 do 100 %
3. istezanje veće od 100 %

Za opseg grudi od 88 do 120 cm pri konstrukciji muških jakni dodaje se iznos konstrukcijskog dodatka komocije u opsegu jakne na grudima od $+6\ do + 12\ cm$ za prvu grupu tkanina i $-2\ do + 4\ cm$ za drugu grupu tkanina. Za opseg grudi od 124 do 140 cm dodaje se iznos konstrukcijskog dodatka komocije od $+8\ do + 14\ cm$ za prvu grupu tkanina i $0\ do + 6\ cm$ za drugu grupu tkanina [22].

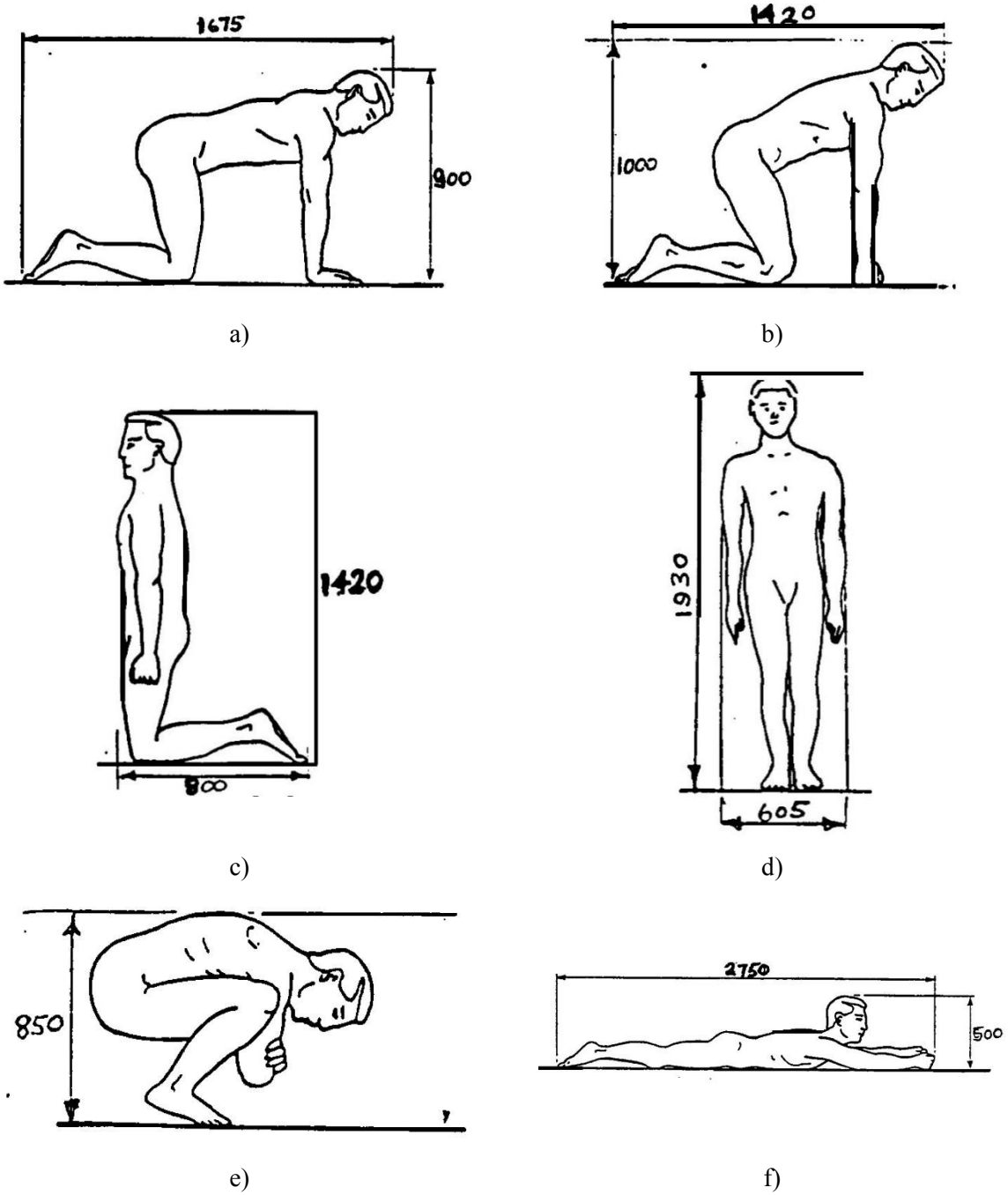
Ako poprečni presjek tijela i sloja odjeće aproksimiramo dvjema kružnicama možemo izračunati prosječno povećanje poluopsega kružnice na određenom dijelu tijela za debljinu sloja odjeće, u ovom slučaju muške jake. Prosječno povećanje dimenzija kružnice kojom aproksimiramo sloj odjeće iznosi $0{,}5\ cm$ na poluopsegu grudi, $1{,}9\ cm$ na poluopsegu struka, $1\ cm$ na poluopsegu bedra i $0{,}6\ cm$ na poluopsegu leđa.

2.1.3.4 Ergonomski konstrukcijski dodatak komocije

Ergonomski konstrukcijski dodatak komocije se odnosi na prilagodbu dizajna uvjetima uporabe [9]. Kod izrade specijalne i radne odjeće treba imati u vidu da veći utjecaj na ukupni iznos konstrukcijskog dodatka komocije ne čine toliko dinamičke promjene veličine tijela u procesu gibanja i debljina slojeva donje odjeće, koliko i sam rad i utrošak metaboličke energije tijekom izvođenja aktivnosti. Utvrđeni su optimalni dodaci za razne uvjete rada s uračunatim utjecajem vrste materijala. Tako se primjerice dodaje iznos konstrukcijskog dodatka komocije u liniji opsega grudi od 9 cm za jaknu izrađenu od laganije tkanine za aktivnost s umjerenom dinamikom kretanja i metaboličku potrošnju od 290,7 W. Za aktivnost s velikom dinamikom kretanja uz lakše i srednje opterećenje, koju prati metabolička potrošnja od 523,3 W, se dodaje iznos konstrukcijskog dodatka komocije na opseg grudi od 12 cm, a 14 cm za aktivnost s umjerenom dinamikom kretanja uz srednje i veliko opterećenje, koju prati metabolička potrošnja od 523,3 W [22].

Ekstremni pokreti tijela u ergonomskim ispitivanjima za potrebe razvoja nove vojne odjeće, opreme i transportnih sredstava su puzanje na koljenima i dlanovima, klečanje na koljenima i

šakama, klečanje na koljenima s ispruženim tijelom, ležanje na trbuhu s ispruženim rukama i nogama, čučanje sa zgrčenim tijelom i uspravno stajanje s rukama zbijenim uz tijelo, Sl. 15.



a) b) c) d) e) f)

Sl. 15 *Ekstremni pokreti tijela pri antropometrijskim mjerenjima ljudskog tijela za posade rotorskih letjelica: a) puzanje na koljenima i dlanovima, b) klečanje na koljenima i šakama, c) klečanje na koljenima s ispruženim tijelom, d) uspravno stajanje s rukama zbijenim uz tijelo, e) čučanje sa zgrčenim tijelom, i f) ležanje na trbuhu s ispruženim rukama* [35]

Prema vojnom standardu britanskog ratnog zrakoplovstva za pripadnike posada rotorskih letjelica [35] pri dizajnu i konstrukciji vojne odjeće upotrebljavaju se tjelesne mjere utvrđene na nagim ispitanicima uz dodavanje iznosa konstrukcijskog dodatka komocije. Ti dodaci su od iznimne važnosti kako bi se postigla funkcionalna pristalost odjevnih predmeta, sigurnosnih pojaseva i geometrije sjedalnog šava. Četiri najvažnije antropometrijske mjere pri dizajniranju odjeće i radnog okruženja unutar kabine zračnih letjelica su sjedeća visina ($V_{s,min} = 86{,}5\ cm$, $V_{s,max} = 101{,}0\ cm$), duljina od donjeg dijela leđa u sjedećem položaju do vrha zgrčenog koljena ($D_{l-k,min} = 56{,}0\ cm$, $D_{l-k,max} = 66{,}0\ cm$), visina od sjedeće površine do koljena ($V_{l-s,min} = 100{,}0\ cm$, $V_{l-s,max} = 120{,}0\ cm$) i duljina vertikalnog funkcionalnog hvatanja iznad glave, tj. visina od sjedeće površine do vrhova prstiju vertikalno dignute ruke u sagitalnoj ravnini($D_{funk.hvat.iz,min} = 74{,}0\ cm$, $D_{funk.hvat.iz,max} = 90{,}0\ cm$).

Postoje varijacije u navedenim antropometrijskim mjerama za 3. i 99. percentil raspona ispitanika:

$V_{s,min} + 11\ mm$ za 3. percentil, (42)

$V_{s,min} - 3\ mm$ za 99. percentil, (43)

$D_{l-k,min} - 2\ mm$ za 3. percentil, (44)

$D_{l-k,max} + 12\ mm$ za 99. percentil, (45)

$V_{l-s,min} - 2\ mm$ za 3. percentil, (46)

$V_{l-s,max} + 1\ mm$ za 99. percentil, (47)

$D_{funk.hvat.iz,min} + 4\ mm$ za 3. percentil i (48)

$D_{funk.hvat.iz,max} - 11\ mm$ za 99. percentil. (49)

2.2 Ugodnost i faktori utjecaja

Ugodnost je definirana kao osnovna potreba čovjeka. Međutim, ugodnost je teško definirati. To je stanje koje se objašnjava i sa toplinskih i ne - toplinskih aspekata, a vezana je uz nošenje odjeće pri radu i u kritičnim i u ne – kritičnim uvjetima. Ukupni dojam ugodnosti je posljedica dinamičke interakcije odjevenog čovjeka s okolišem i uključuje složenu subjektivnu percepciju sabranu na temelju mnogih živčanih podražaja (taktilni podražaji, vizualni podražaji, pritiska odjeće na tijelo, toplinski podražaji, itd.).

Ugodnost se može proučavati s aspekta psihologije i fiziologije. To je ugodno stanje fiziološke, psihološke, neurofiziološke i fizičke harmonije između osobe i okoliša [39].

Varijable koje utječu na ugodnost su [39, 40]:

1. psiho – fiziološki parametri nosioca, odnosno fiziološki procesi u tijelu i neurofiziološki mehanizmi prepoznavanja osjeta,
2. fizičke varijable okoliša i odjeće,
3. psihološki filteri u mozgu, odnosno oblikovanje subjektivne percepcije na temelju prepoznavanja osjeta, prošlih iskustava i sklonosti.

U skladu s time postoje tri oblika ugodnosti u ovisnosti o utjecaju vanjskih faktora okoliša i fiziološkim varijablama tijela [39]:

1. fiziološka ugodnost - vezana je uz sposobnost ljudskog tijela da održava život,
2. fizička ugodnost – vezana je uz utjecaje okoliša na ljudsko tijelo,
3. psihološka ugodnost – sposobnost uma da zadovoljavajuće funkcionira bez vanjske pomoći.

Ugodnost dijelima na tri tipa u ovisnosti o vrsti osjeta koju izazivaju vanjski podražaji [39]:

1. psihološka ugodnost – vezana uz subjektivnu percepciju odjeće,
2. neurofiziološka ugodnost – vezana uz taktilne senzacije koje se javljaju u kontaktu tkanine s kožom,
3. termofiziološka ugodnost – vezana uz osjet hladnoće ili topline koji se javlja pri nošenju odjeće.

Prema svemu navedenom, ugodnost je psihološka procjena osobe koja nosi odjeću u određenim uvjetima okoliša [40].

2.2.1 Psihološki faktori

Psihološka ugodnost je subjektivne prirode i razlikuje se od osobe do osobe. Vrlo je važna jer psihološki faktori mogu znatno više utjecati na percepciju ugodnosti od objektivno mjerljiv pokazatelja. Iako su uvjeti okoliša i fiziološki faktori tijela isti, ispitanici ne moraju isto percipirati ugodnost.

Faktori koji utječu na psihološku ugodnost su [39]:

1. dizajn odjeće,
2. moda,
3. kulturni i socijalni faktori,

4. cijena,
5. brand,
6. prošla iskustva nositelja,
7. uvjerenja nositelja i
8. psihološki status nositelja.

2.2.2 Psiho - fiziološki faktori

Fiziološka ugodnost je vezana je uz sposobnost ljudskog tijela da održava život, a definira se kako sposobnost postizanja toplinskog ravnotežnog stanja tijela pri normalnoj temperaturi tijela s minimumom tjelesne regulacije [39]. Kao takva objašnjena je kroz nesvjesne mehanizme prilagodbe tijela okolišu (ljudska termoregulacija, sposobnost održavanja topline jezgre tijela i topline kože i aklimatizaciju).

2.2.2.1 Termoregulacija tijela

Termoregulacija je proces homeostatskog održavanja postojane tjelesne temperature. Mehanizmi temperaturne kontrole mogu biti svjesni i nesvjesni. Svjesni mehanizmi temperaturne tjelesne kontrole uključuju promjene u ponašanju poput pomicanja prema izvoru topline kada je hladno i oblačenja više slojeva deblje odjeće te uklanjanja odjeće kada je prevruće [40], a nesvjesni mehanizmi su opisani kroz djelovanje mehanizama povratne sprege, hipotalamusa i hormona [41]. Temperatura jezgre ljudskog tijela varira više puta na dnevnoj bazi (cirkadijani ritam). Termoregulatorni centar u hipotalamusu ima aktivnu ulogu u održavanju tjelesne temperature uslijed promjena koje izazivaju vanjski klimatski utjecaji i unutarnji metabolički toplinski procesi.

Toplinska neutralnost tijela se postiže kada je ispitanik u mirovanju i termoregulacijski mehanizmi su neaktivni. Tada su proizvodnja topline pod utjecajem bazalnog metabolizma i gubitak topline s tijela jednake. Takvo se stanje najčešće postiže pri temperaturi okoliša $t_a = 30℃$, pri niskoj relativnoj vlažnosti zraka u okolišu $RH < 30\ \%$ i pri brzini strujanja zraka u okolišu $v_a < 0{,}5\ ms^{-1}$. Optimalna temperatura kože je između $t_a < 17℃$ i $t_a > 25℃$, jer pri temperaturama kože koje su manje od $17℃$ nastupa vazokonstrikcija i drhtane, a pri temperaturama kože iznad $25℃$ nastupa znojenje i oslobađanje topline putem evaporacije s kože [43].

Hipotalamus je središnji dio mozga za kontrolu tjelesne temperature. Ima temperaturne senzore za hladno i toplo, koje oplakuje arterijska krv. S obzirom da krv brzo cirkulira i s obzirom da se krv, koja se vraća prvo miješa u srcu prije povratka u tijelo, arterijska krv je indikativna za mjerenje prosječne unutrašnje temperature tijela. Hipotalamus također prima toplinske informacije od temperaturnih senzora iz kože te drugih lokacija (leđna moždina, crijeva) [44]. Hipotalamus (grč. talamos što znači 'spavaća soba') je mala moždana struktura što zauzima jedva 1% ukupnog volumena mozga. Taj mali dio nadzire niz životno važnih funkcija: tjelesnu temperaturu, srčano bilo, tj. puls, krvni tlak, osjet gladi i žeđi, osjećaje zadovoljstva, straha, bijesa, seksualne želje, umora te religioznog zanosa (ima važnu ulogu u emocijama i motivaciji, neposredno je povezan s amigdalama), a uz to upravlja i aktivnošću autonomnog živčanog sustava (preko hipofize) i endokrinog sustava.

Hipotalamus kontrolira različite fiziološke procese tijela za regulaciju tjelesne temperature. Njegovo djelovanje je prvenstveno proporcionalno promjenama u graničnim vrijednostima temperature (eng. set point) s nekim sastavnim i izvedenim odgovorima. Pri regulaciji tjelesne temperature, hipotalamus upravlja različitim prilagodbama krvnog protoka. Najčešće podiže volumen krvi koju pumpa srce i redistribuira krv kroz krvotok i visceralne organe do mišića u aktivnom radu i kože.

Centri za regulaciju temperature se nalaze u preoptičkom području (prednji dio hipotalamusa). To područje prima ulazne informacije iz temperaturnih receptora u koži i mukoznoj membrani (periferni termoreceptori) te iz unutarnjih struktura (centralni termoreceptori), što uključuje i sam hipotalamus. Temperaturni senzorni signali iz preoptičkog područja i s periferije se kombiniraju u hipotalamusu s ciljem kontrole proizvodnje topline i zaštitnih reakcija tijela [45]. Najčešće korišten i najvažniji fiziološki proces je regulacija krvnog toka prema krvi. Kada unutarnje temperature porastu iznad granične vrijednosti, povećava se dotok krvi u kožu. Ta vazodilatacija krvnih žila u koži može povećati krvotok za 15 puta kako bi se unutarnja toplina prenijela kroz kožu u okoliš. Kada pak, s druge strane, tjelesna temperatura padne ispod granične vrijednosti, smanjuje se kožni krvotok (vazokonstrikcija) kako bi se sačuvala tjelesna toplina [46].

Na temperaturama koje su niže od granične vrijednosti, povećava se grčenje mišića kako bi se proizvela dodatna toplina i nastupa vidljivo drhtanje. Drhtanje može povećati brzinu proizvodnje topline u mirovanju [45, 47]. Čak i prije no što nastupi vidljivo drhtanje, nevoljne mišićne kontrakcije mogu povećati proizvodnju topline za 30 do 60 % [48]. Pri povećanim unutarnjim temperaturama važno je znojenje i njegova kontrola za ugodnost i brzine metabolizma u mirovanju. Žlijezde znojnice pumpaju znoj na površinu kože zbog isparavanja.

Ako su uvjeti pogodni za isparavanje, koža ostaje relativno suha uz manji osjet znojenja. U uvjetima koji su manje pogodni za isparavanje, znoj se mora proširiti po većoj površini kože dok se ne dostigne pokrivenost dovoljno velike površine kože kako bi se omogućilo isparavanje znoja s površine kože. Taj proces podizanja ukupnog isparavanja s površine kože nazivamo vlažnost kože [49].

Ljudi jako dobro percipiraju efekte znojenja [50, 51], a povećana količina vlage na koži je povezana s osjećajem neugode [52].

Pri isprekidanoj izloženosti visokoj temperaturi, smanjuje se zadana vrijednost temperature tjelesne jezgre pri kojoj dolazi do znojenja, a raste senzibilnost u osjećanju i podnošenju viših temperatura [53].

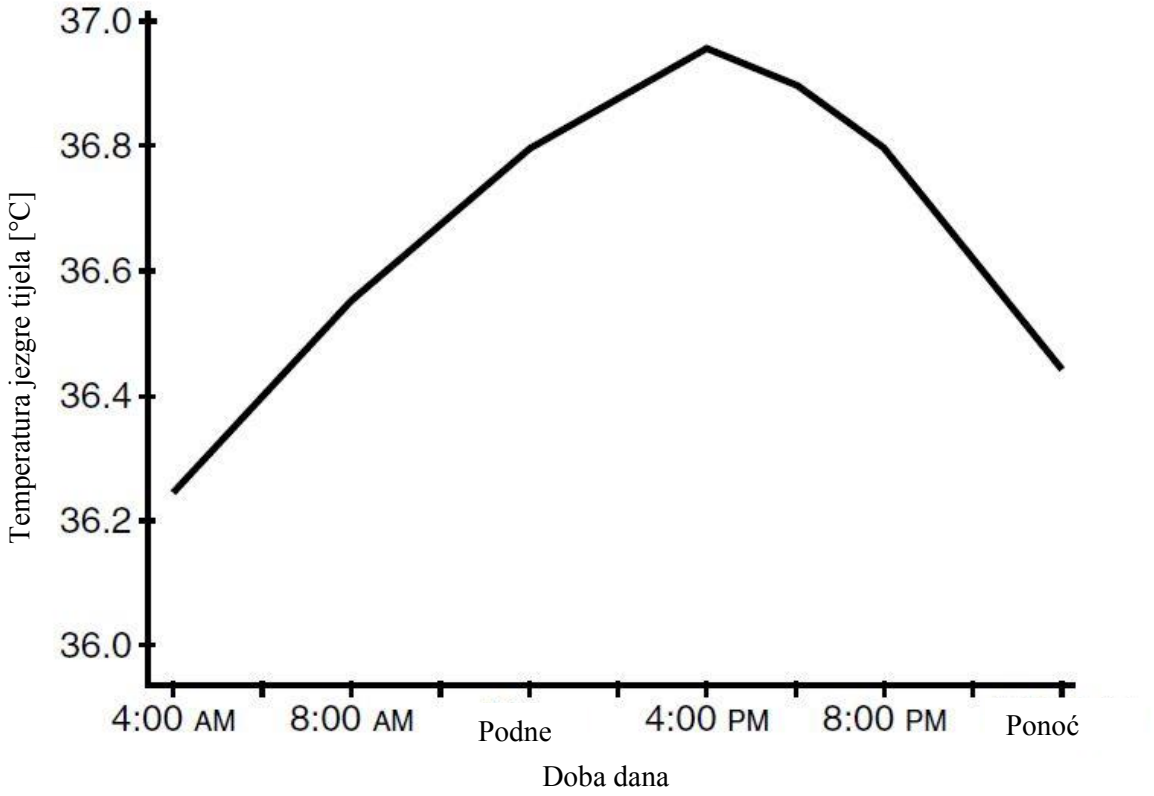
S druge pak strane, kada je organizam dulje vrijeme izložen vrućini, raste zadana vrijednost temperature tjelesne jezgre pri kojoj dolazi do znojenja, kako bi se smanjilo znojenja uslijed povišene tjelesne temperature [54]. Znoj koji se isparava ima manju koncentraciju soli od tjelesnih tekućina ili krvne plazme unutar tijela [55]. Uslijed duže izloženosti povećanoj temperaturi, žlijezde znojnice kojima upravlja endokrini sustav još smanjuju koncentraciju soli u znoju kako bi očuvale zalihe tjelesnih soli i minerala. Znoj s površine kože polako isparava pri visokim temperaturama, a na površini kože se akumulira zaostala sol. S obzirom da sol snižava tlak vodene pare i na taj način sprječava isparavanje znoja, dolazi do povećanja vlažnosti kože. Osjećaj olakšanja i zadovoljstva pranjem nakon vrućeg dana je povezan s ponovnim uspostavljanjem hipotoničnog znojnog filma na površini kože i smanjenje vlažnosti kože. Drugi primjeri prilagodbe vrućini su povećani krvotok i znojenje u perifernim područjima tijela gdje je bolji prijenos topline. Vlažnost kože je često povezana s neugodom i preprekom za postizanje toplinske ugode [56].

2.2.2.2 Temperatura ljudskog tijela

Temperatura dubokih tkiva tijela koje nazivamo jezgrom tijela je uvijek na relativno konstantnoj temperaturi. Međutim, temperatura kože uvijek varira u ovisnosti o okolišnoj temperaturi. Koža ima važnu ulogu pri oslobađanju tjelesne topline u okoliš.

Temperatura jezgre zdrave osobe u mirovanju se mijenja u relativno uskom rasponu vrijednosti i njena prosječna rektalno izmjerena vrijednost iznosi $37℃$. Normalna temperatura jezgre tijela se uslijed dnevnih cirkadijarnih ritmova osobe u mirovanju mijenja za $\pm 1℃$, a njena najmanja vrijednost se očitava ujutro, Sl. 16. Ta jedinstvena vrijednost uniformne temperature jezgre tijela je samo korisna aproksimacija. Zbog visoke vrijednosti specifičnog metaboličkog toka,

temperatura mišića u radu može biti viša za skoro 1 stupanj u odnosu na ostatak jezgre tijela. [57]. Ne postoji jedna jedinstvena temperatura jezgre tijela koja se može smatrati normalnom jer su ispitivanja na zdravim pacijentima pokazala kako uobičajene temperature jezgre tijela mjerene oralno imaju vrijednosti u rasponu od 36,1°C do 37,5°C. Temperatura jezgre tijela raste tijekom vježbanja i mijenja se prilikom izloženosti različitim okolišima. Kada je proizvodnja topline u tijelu povećana tijekom vježbanja, temperatura jezgre tijela može narasti na vrijednost od čak 40°C. Kada je tijelo izloženo ekstremno niskim temperaturama, temperatura jezgre tijela može pasti na 35,55°C. Eksperimenti su pokazali kako se temperatura jezgre tijela mijenja za 1 stupanj za svakih 25 do 30 stupnjeva temperature okoliša. U prosjeku za temperaturu kože tijela od 33°C do 39°C, temperatura jezgre tijela se namješta u hipotalamusu na 36,7°C, a pri temperaturi kože od 29°C, se temperatura jezgre tijela namješta na 37,4°C [45].



Sl. 16. *Promjene vrijednosti temperature jezgre tijela u mirovanju tijekom dana* [57]

Pri vrijednostima temperatura jezgre tijela iznad 37,1°C brzina toplinskih gubitaka je veća od brzine toplinske proizvodnje, a pri temperaturama nižim od 37,1°C je brzina toplinske

proizvodnje veća od brzine toplinskih gubitaka, pa tjelesna temperatura raste i ponovno postiže tu vrijednost [45].

Premaleni gubitak tjelesne topline dovodi do pregrijavanja (hipertermija), a preveliki toplinski gubici tijela dovode do pothlađivanja tijela (hipotermija). Tijekom izvođenja fizičkih aktivnosti i vježbanja raste temperatura jezgre tijela. Rektalno izmjerene temperature u rasponu od 38.9℃ do 41.7℃ su izmjerene kod maratonaca bez razvijanja bolesti povezanih s toplinskim stresom [58].

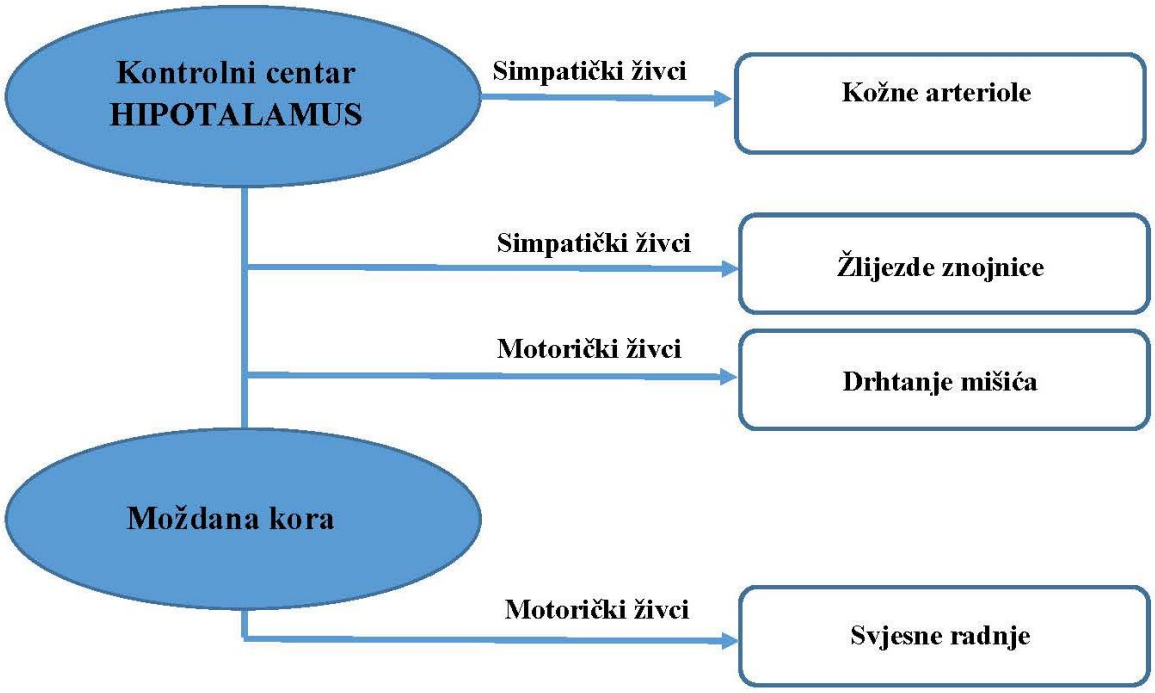
Što je nivo tjelesne aktivnosti viši, to se proizvodi i više energije. Ukoliko se u određenom trenutku proizvede previše topline, ljudsko tijelo će se početi znojiti, što će s vremenom uzrokovati određenu neugodnost. S druge pak strane, ukoliko se proizvede premalo topline, krvotok će se početi povlačiti s periferije ljudskog tijela (ekstremiteti), što će uzrokovati pad temperature na površini (koža) i osoba će početi osjećati hladnoću i neugodu.

Tijelo regulira temperaturu kako bi se spriječile drastični padovi ili porasti tjelesne temperature. Premaleni gubitak tjelesne topline dovodi do pregrijavanja (hipertermija), a preveliki toplinski gubici tijela dovode do pothlađivanja tijela (hipotermija) [59].

2.2.2.3 Nesvjesni i svjesni termoregulatorni mehanizmi

U hladnim okolišima grčenje mišića i drhtanje povećavaju proizvodnju topline i tjelesnu temperaturu. Smanjenjem toplinske provodnosti, uslijed smanjenog protoka krvi, sprečava se pretjerano oslobađanje topline u okoliš.

Termoregulacija se provodi kroz četiri nesvjesna mehanizma: znojenje, drhtanje, vazodilataciju i vazokonstrikciju, Sl. 17 [60, 61]. Takvim kombiniranjem mehanizama za kontrolu toplinskih gubitaka i mehanizama za kontrolu toplinskih dobitaka iz okoliša, omogućava se tijelu održavanje relativno stabilne i konstantne vrijednosti temperature tjelesne jezgre bez obzira na promjene u metaboličkim procesima, čije se proizvedene vrijednosti mogu nadići iznad vrijednosti bazalnog metabolizma, ili vanjskim uvjetima okoliša, koji uzrokuju toplinske gubitke.



Sl. 17 *Shematski prikaz komunikacije između ključnih struktura ljudskog organizma pri termoregulaciji*

Svaki porast temperature hipotalamusa iznad njegove granične temperaturne vrijednosti (eng. set point) uzrokuje odašiljanje živčanih impulsa za aktivaciju vazodilatacije i znojenja (mehanizmi za oslobađanje topline u tijelu). Ovaj je mehanizam kontrole jako precizan- granična temperaturne vrijednost za vazodilataciju i znojenje je samo dvije desetine stupnja viša od granične temperaturne vrijednosti za vazokonstrikciju, koja iznosi 37 ˚C, a granična temperaturna vrijednost za drhtanje je samo nešto niža od 36 ˚C [62].

Svjesne i voljne termoregulatorne radnje čovjeka moraju pružiti prikladnu predprilagodbu. Često se može uočiti kako bi uvjeti koji vladaju u vanjskom okolišu i radni uvjeti zahtijevali toliko veliku potrebu za oslobađanjem topline koja ne bi mogla biti zadovoljena niti najopsežnijim znojenjem i brzim perifernim protokom krvi. Osim toga, zrak često može biti toliko vlažan da ne dopušta potpuno isparavanje (evaporacija) znoja koji se oslobađa djelovanjem žlijezda znojnica, a nasuprot tome u uvjetima hladnoće, unutarnja temperatura može pasti ispod granične vrijednosti.

Takva odstupanja u ljudskom termoregulatornom sustavu se izbjegavaju pomoću Pavlovljevih radnji. Prilikom izlaganja tijela hladnoći, vrijednost temperature kože može biti smanjenja na 31℃. Organizam tada pokušava zagrijati jezgru tijela na 36,6 ℃. To se pokušava Pavlovljevim

mjerama voljnih mišićnih naprezanja. Slično toj voljnoj radnji, ljudi koji se nalaze u nepovoljnoj okolini, će se voljno pokušati premjestiti u povoljniji okoliš, skidat će ili oblačiti slojeve odjeće, mijenjat će stav i položaje svoga tijela oslobađajući ili prekrivajući na taj način površine s kojih se u okoliš oslobađa toplina, uranjat će se u hladne ili tople kupke, izvodit će svjesne fizičke aktivnosti kako bi se ugrijali ukoliko je hladno, gradit će zaklone od hladnoće ili sunca, te u konačnici vanjskim će izvorima energije zagrijavati ili hladiti svoje tijelo. Stoga su radnje autonomnog živčanog sustava i svjesne Pavlovljeve radnje podjednako značajne pri ljudskoj termoregulaciji [63].

2.2.2.4 Uloga kože pri termoregulaciji

Vrijednosti temperature jezgre tijela i temperature kože u zoni ugodnosti su ovisne o vrsti aktivnosti, koju čovjek izvodi [64], i okolišu u kojemu se čovjek nalazi (unutrašnji i vanjski okoliš) [65]. Prema **C. E. Winslowu** i suradnicima temperature kože tijela, koje se vežu uz osjećaj toplinske ugodnosti za aktivnosti u mirovanju i spavanju, kreću se oko 31-34℃ [52]. U kasnijoj studiji ispitivanjima u hladnom okolišu Antartike je **G. M. Budd** utvrdio kako je raspon ipak veći i iznosi 30℃ do 36℃ [66]. Promjene temperature kože tijela su podložnije promjenama i više variraju od temperature jezgre tijela. Također je utvrđeno da temperatura kože tijela nema uniformnu vrijednost na svim dijelovima tijela [57]. Stoga se računa prosječna temperatura kože tijela na temelju vrijednosti lokalnih očitanih temperatura na više tjelesnih lokacija. Temperatura kože sudjeluje u postizanju toplinske ugodnosti i stoga postaje važan fiziološki parametar u procjeni toplinske ugodnosti. Toplinski osjeti su vezani uz vrijednosti temperature tijela i moguće je postaviti model procjene toplinske ugode na temelju vrijednosti prosječnih i lokalnih temperatura kože [67]. Prema mnogim modelima fiziologije tijela je prosječna temperatura kože tijela pokazatelj toplinske neugodnosti u hladnim uvjetima, a vlažnost kože uslijed znojenja je pokazatelj toplinske neugodnosti u toplim uvjetima okoliša. Međutim takve se istraživanja odnose samo na aktivnosti koje su sjedilačke i u stacionarnim uvjetima [68].

Osjećaj boli će izazvati odstupanja u normalnoj tjelesnoj temperaturi - pad temperature kože ispod 18℃ ili porast iznad 45℃ [69]. S druge pak strane novija istraživanja su dokazala da promjene prosječne temperature kože tijela utječu na percipiranje toplinske ugodnosti [70].

Temperatura kože ima sekundarni utjecaj pri kontroli hlađenja u vrućim okolišima, jer se pri istoj vrijednosti temperature jezgre tijela, pojačava znojenje ukoliko je viša temperatura kože tijela. Ukoliko je temperatura kože hladnije no temperatura jezgre, znojenje se smanjuje [49].

Kada tijelo osjeti preveliku vrućinu, uključuje se mehanizam za spuštanje temperature koji djeluje kroz:

1. Vazodilatacija kožnih krvnih žila uzrokovana inhibicijom simpatičkih centara u stražnjem hipotalamusu koji inače uzrokuju vazodilataciju.
2. Znojenje koje nastupa kada se temperatura unutrašnjosti tijela popne iznad 37℃. Pri podizanju temperature za svakih slijedećih 1 stupanj, tijelo znojenjem odnosi toplinu 10 puta veću od brzine nazalne proizvodnje topline.
3. Smanjenje proizvodnje topline kroz inhibiciju drhtanja i kemijske termogeneze.

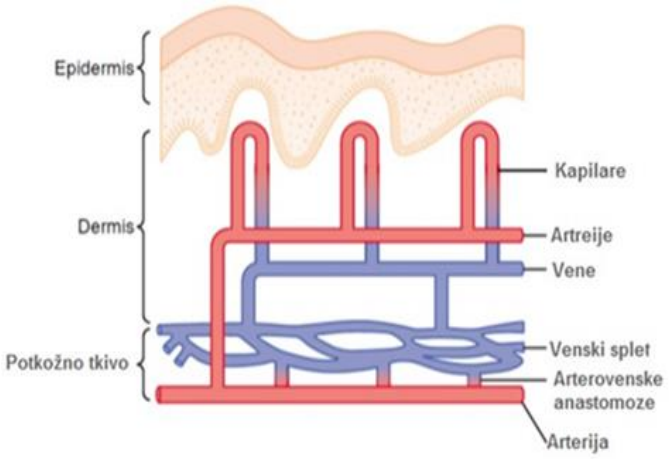
Uključivanje mehanizma zagrijavanja uzrokuje:

1. Vazokonstrikcija krvnih žila u koži stimulacijom simpatičkih centara stražnjeg hipotalamičkog režnja.
2. Piloerekcija ili dizanje dlaka na površini kože koja se odvija na način da simpatikus stimulira mišiće vezane uz folikul dlaka na ljudskome tijelu i na taj se način zadržava izolacijski sloj dlaka uz kožu.
3. Ubrzavanje termogeneze-metaboličkim putem se pospješuje drhtanje, ubrzava se proizvodnja topline u tijelu i sekrecija tiroksina.

Kada se tijelo izlaže hladnim okolišima, ono će djelovati s ciljem zaštite unutarnje topline. Stoga će prvo nastupiti vazokonstrikcija kako bi se krvotok s periferije koncentrirao u centralnim organima tijela. Ako takav pasivan način obrane od hladnoće postane neefikasan, tijelo počinje proizvoditi dodatnu metaboličku toplinu grčenjem mišića te nastupa drhtanje. Ono počinje u trupu i širi se u ekstremitete. Drhtanjem se može dići metabolička proizvodnja čak pet puta više od vrijednosti metabolizma u mirovanju [71].

Koža ima puno značajniju ulogu pri termoregulaciji u hladnoći no u toplini. Kada se jezgra tijela ohladi ispod 30℃, metabolička proizvodnja topline drhtanjem jenjava, kako bi tijelo sačuvalo energiju potrebnu za preživljavanje. Međutim, ako čovjek izvodi fizičku aktivnost u hladnom okolišu, tada se drhtanje ne uključuje iako je visoka temperatura jezgre tijela, a niska temperatura kože. Ljudi s većim udjelom tjelesne masti, drhte manje jer proizvode više metaboličke topline stoga što imaju dodatnu količinu masti [72, 73]. Ne postoji jedinstvena temperatura jezgre ljudskog tijela pa tako ni jedinstvena temperatura kože tijela. Koža je izolacijski sustav tijela. Temperatura kože, u suprotnosti s temperaturom jezgre tijela, raste i pada simultano pod utjecajem temperature okoliša. To je važan podataka kada razmatramo sposobnost tijela da putem kože, izbaci višak proizvedene topline u okoliš.

Koža, potkožna tkiva i posebno masno tkivo zajedno djeluju kao toplinski izolator tijela, sl. 18. Masno tkivo je važno jer provodi toplinu trećinu sporije u odnosu na ostala tkiva. Kada nema krvotoka iz grijane unutrašnjosti do kože, izolacijska svojstva normalnog muškog tijela iznose oko tri četvrtine izolacijskih svojstava uobičajene odjeće, a u žena su izolacijska svojstva čak veća.



Sl. 18 *Shematski prikaz presjeka kože, IZVOR: Guyton Physiology* [45]

Tijekom izloženosti ljudskog organizma toplini, znojne žlijezde postaju aktivnije jer se razina protoka krvi kroz kožne kapilare povećava, što kao posljedicu ima povećano znojenje [74]. Ispod kože je rasprostranjen bogati krvožilni splet, Sl. 18. Najvažniji je venski kožni splet koji se opskrbljuje krvlju iz kožnih kapilara. U dijelovima tijela kao što su ekstremiteti, koji su najviše izloženi djelovanju atmosferilija i temperaturnih promjena, krvotok se opskrbljuje i iz venskog spleta kroz arterovenske anastomoze. Kondukcija topline prema koži je kontrolirana stupnjem vazokonstrikcije arteriola i arterovenskih anastomoza putem kojih se opskrbljuje venski splet kože, a cijeli je proces inerviran simpatičkim živčanim sustavom [45, 75].

2.2.2.5 Energija ljudskog tijela i metabolizam

Tijekom vremena organizam mora uravnotežiti toplinske gubitke ili primitke kako bi se održala homeotermija. Homeotermija je održavanje vrijednosti temperature jezgre tijela u uskom rasponu. Pretvorba kemijske energije unutar ljudskog organizma u mehaničku i toplinsku naziva se specifični metabolički tok (eng. Metabolic rate of the body) [76].

Najvažniji faktori metaboličke proizvodnje tijela su [45, 77]:

1. Specifični bazalni metabolički tok svih tjelesnih stanica (eng. Basal metabolic rate),
2. Dodatni specifični metabolički tok (eng. Extra rate of metabolism), koji je posljedica mišićne aktivnosti i posljedica čak i mišićnih kontrakcija uslijed drhtanja, zatim djelovanja tiroksina i drugih hormona u manjem omjeru, poput hormona rasta i testosterona, djelovanja epinefrina, norepinefrina i simpatičke stimulacije stanica, posljedica povećane kemijske aktivnost i porasta temperature unutar stanica te

3. Dodatni specifični metabolički tok potreban za preradu, apsorpciju i pohranu hrane, tzv. termogenski efekt hrane.

Većina tjelesne topline se proizvodi u dubokim tkivima i organima, posebice u jetri, mozgu, srcu i skeletnim mišićima tijekom fizičke aktivnosti. Ta se toplina provodi iz dubokih organa i tkiva prema koži. Stoga brzina gubitka topline u okoliš ovisi gotovo u potpunosti o dva čimbenika: prvo o brzini kondukcije iz organa u jezgri tijela prema koži i drugo o brzini otpuštanja topline s kože tijela u čovjekov vanjski okoliš [78]. Metabolizam tijela jednostavno znači sve kemijske reakcije u svim stanicama tijela. Toplina je konačni produkt gotovo svih oblika energije oslobođene u tijelu. Ne pretvara se sva energije iz hrane u adenozintrifosfat (ATP), dio te energije postaje toplina. U prosjeku 35% energije iz hrane se oslobađa u obliku topline tijekom tvorbe ATP-a. Općenito, većina tjelesne energije se pretvara u toplinu. Jedina značajna iznimka je iskorištavanje mišića za izvođenje rada izvan tijela.

Za kvantificiranje energije metaboličkih procesa i energije oslobođene iz različite hrane najčešće se koristi jedinica kilojoule (kJ), odnosno kilokalorija.

Nakon unošenja obroka, brzina metabolizma raste kao posljedica različitih kemijskih reakcija povezanih s razgradnjom hrane. To se naziva termogenetskim efektom hrane jer svi ti procesi probave, apsorpcije i pohrane produkata probavne razgradnje u tijelu zahtijevaju određenu energiju i pri tome se proizvodi toplina. Metabolizam raste za oko 4% ukoliko se u organizam unese hrana bogata ugljikohidratima i mastima, porast od oko 30% je uočen sat vremena nakon unošenja visokoproteinske hrane i traje 3-12 h. Termogenetski efekt iznosi oko 8% ukupne dnevne potrošnje energije kod većine osoba. Iako fizičke aktivnosti i termogenski efekt hrane izazivaju oslobađanje topline, ti mehanizmi nisu primarno usmjereni na održavanje tjelesne temperature. Drhtanje doprinosi podizanju tjelesne temperature jer povećava mišićnu aktivnost pri stresu uzrokovanom hladnoćom. Postoji još i mehanizam nedrhtajne termogeneze kojim se također proizvodi toplina pri toplinskom stresu koji uzrokuje hladnoća. Taj oblik termogeneze je stimuliran aktivacijom simpatičkog živčanog sustava pri čemu se oslobađa norepinefrin i epinefrin koji povećavaju metaboličku aktivnost i proizvodnju topline. U masnim tkivima koja se nazivaju smeđa mast, simpatički živčani sustav može stimulirati oslobađanje velikih količina topline. Taj oblik masnog tkiva sadrži veliki broj mitohondrija i malih kapljica masti. U tim stanicama pri stimulaciji simpatičkog živčanog sustava dolazi do oksidativne fosforizacije pri čemu se proizvode velike količine topline i jako malo ATP-a [79, 80].

Sustav toplinske regulacije ljudskog tijela omogućuje fiziološku prilagodbu organizma na toplinske podražaje iz okoliša pri različitim uvjetima. Toplina se prije svega proizvodi kao produkt metabolizma, tj. oslobađa se iz probave i aktivnosti mišića.

Metabolizam je energija oslobođena procesima oksidacije u ljudskom tijelu koja ovisi o mišićnoj aktivnosti, a jedna od osnovnih posljedica metaboličkih procesa je upravo proizvodnja energije za održavanje toplinske neutralnosti.

U normalnim uvjetima se mišićna aktivnost pretvara u toplinu unutar tijela, ali se tijekom teške fizičke aktivnosti brzina njena prijenosa može smanjiti na 75% pa će se dio te energije iskoristit kao zaliha potencijalne tjelesne energije. Metabolička proizvodnja (specifični metabolički tok) odraslog čovjeka u mirovanju iznosi oko 81 W ili 45 W/m^2 što odgovara potrošnji kisika oko 240 mL/min. Oko 70 % te energije se proizvodi u jezgri tijela (organi trupa i mozak, iako zauzimaju samo oko 36 % tjelesne mase) [57]. Većina te topline se provodi u okoliš putem kože pa je uobičajeno izraziti metaboličku aktivnost kao količinu proizvedene topline po jedinici površine kože. Uobičajeno se intenzitet metabolizma, odnosno specifični metabolički tok (eng. metabolic rate) mjeri u jedinicama *met*, W ili W/m^2. Met je definiran množenjem s vrijednošću bazalnog metabolizma i definira se kao metabolički učinak osobe pri određenoj fizičkoj aktivnosti. 1 met iznosi 58.15 W/m^2 tjelesne površine za osobu u mirovanju, što je 50 kcal/h m^2. Normalna odrasla osoba ima površinu od oko 1.8 m^2, a osoba s toplinskom ugodnosti s stupnjem aktivnosti od 1 met će imati gubitak topline od otprilike 100 W. Vrijednost metabolizma za radne aktivnosti se dobivaju referiranjem na spomenutu vrijednost metabolizma od 1 met u mirovanju. Dakle, osoba koja radi pri brzini metabolizma koja je 5 puta veća no u stanju mirovanja ima brzinu metabolizma od 5 met. Naš je metabolizam najniži za vrijeme sna (0.8 met), a najviši tijekom sportskih aktivnosti kada se često dostiže vrijednost od 10 met. Osoba u procesu spavanja ima metabolizam od 0.7 met, a budna osoba koja sjedi u krevetu 0.8 met. Uredski posao iziskuje potrošnju od 1.2 met pri čemu se pretpostavlja kako se radi o aktivnostima većinom u sjedećem položaju ili uz povremeno manje kretanje. Polagano hodanje pri brzini od 0.9 m/s troši 2 met, umjereno hodanje od 1.2 m/s zahtjeva 2.6 met, a brzim hodanjem pri brzini od 1.8 m/s se troši 3.8 met [56].

Faktori koji utječu na metaboličku proizvodnju su starost, fizička aktivnost, tjelesna težina i površina tijela, hormoni, unos hrane, simpatička stimulacija, klima, spavanje, povišena temperatura, pothranjenost, fizičko stanje tijela i odjeća (teška odjeća za zaštitu od hladnoće može povećati metaboličku proizvodnju 10 do 15 %) [39].

2.2.3 Fizički faktori

Fizička ugodnost se odnosi na utjecaje okoliša i odjeće (dakle vanjske utjecaje izvan tijela). Uspostava toplinske ravnoteže tijela sa okolišem ovisi o načinu razmjene topline [39].

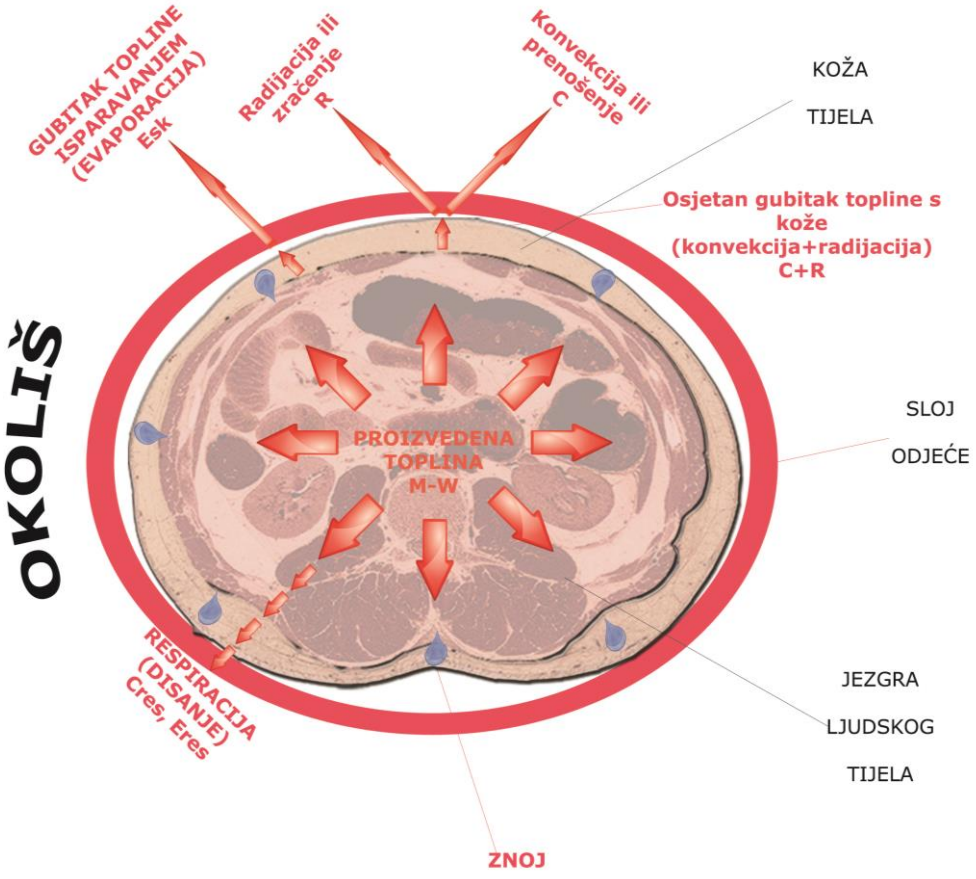
2.2.3.1 Načini razmjene topline

Toplina je energija koja će ostvariti prijenos, ako postoji razlika temperatura. Toplina se može prenijeti kondukcijom topline ili provodljivošću, konvekcijom ili prenošenjem topline, i elektromagnetskim zračenjem, a to je jedini način kako se može prenijeti toplina u vakuumu [81]. Temperaturna razlika je osnovni preduvjet prijelaza topline koja se uvijek odvija spontano s toplijeg na hladnije tijelo.

Postoje tri osnovna načina prijelaza topline [82], sl. 19:

1. Kondukcija (vođenje topline) jest prijelaz topline između dvaju tijela u dodiru.
2. Konvekcija (strujanje) jest usmjereno gibanje odnosno strujanje fluida (tekućina i plinova), u kojem se topliji fluid giba prema hladnijem i predaje toplinu okolišu.
3. Radijacija (zračenje) je prijelaz topline koji se odvija putem elektromagnetskog zračenja.

Temperaturna razlika je osnovni preduvjet razmjene topline koja se uvijek odvija spontano od više na tijelo niže temperature. Kad je u sustavu tijelo – okoliš - tijelo zavladala termodinamička ravnoteža, nema ni razmjene topline.



Sl. 19 *Razmjena energije između ljudskog tijela i okoliša*

Oblici toplinske razmjene ljudskog tijela [56]:

1. **Osjetan toplinski tok s kože**

Osjetan toplinski tok s kože može biti složena mješavina kondukcije, konvekcije i radijacije odjevene osobe; ipak, osjetan toplinski tok je jednak zbroju konvektivnog i radijativnog prolaska topline na vanjskoj površini odjeće ili izložene kože. Osjetna toplinska razmjena s kože mora proći kroz odjeću kako bi se oslobodila u okoliš. Ti prolazni putovi se promatraju u serijama i mogu se opisati kao prolaz topline s površine kože kroz izolacijski sloj odjeće na površinu odjevnog predmeta pa potom s površine odjeće u okoliš.

I konvektivni (C) i radijativni (R) toplinski gubici s vanjske površine odjevenog tijela se mogu izraziti kroz koeficijente toplinske razmjene i razlike između srednje temperature t_{cl}vanjske površine odjevenog tijela i prikladne temperature ambijenta:

$$C = f_{cl} \cdot h_c(t_{cl} - t_a) \qquad (50)$$

i

$$R = f_{cl} \cdot h_r(t_{cl} - \overline{t_r}) \qquad (51)$$

gdje je:

- C - toplina oslobođena konvekcijom [W/m^2]
- R - toplina oslobođena radijacijom [W/m^2]
- h_c - koeficijent prijelaza topline konvekcijom, [W/m^2 K] [34]
- h_r - koeficijent prijelaza topline radijacijom, [W/m^2 K] [34]
- f_{cl} - faktor površine odjeće (A_{cl}/A_D)
- t_a - temperatura zraka [℃]
- t_{cl} - površinska temperatura odjeće[℃]
- $\overline{t_r}$ - srednja, odnosno prosječna temperatura radijacije [℃]

2. Latentni toplinski tok isparavanja znoja i isparavanja vlage koja se izlučuje kroz kožu

Gubitak topline isparavanjem znoja s kože (E_{sk}) ovisi o količini vlage na koži i razlici između tlakova vodene pare uz kožu i u okolišu:

$$E_{sk} = \frac{w \cdot (p_{sk,s} - p_a)}{R_{e,cl} + 1/(f_{cl} \cdot h_e)} \qquad (52)$$

pri čemu je:

- w - indeks vlažnosti kože. Indeks vlažnosti kože je omjer stvarnog isparavajućeg (evaporativnog) gubitka topline i maksimalnog isparavajućeg (evaporativnog) gubitka topline (E_{max}) u istim uvjetima i uz potpuno vlažnu kožu (w=1). Vlažnost kože je važna u određivanju isparavajućeg gubitka topline. Maksimalni potencija isparavanja (E_{max}) nastupa pri w=1.
- $p_{sk,s}$ - tlak vodene pare uz kožu, najčešće se uzima vrijednost zasićene vodene pare pri t_{sk} [kPa]
- p_a - tlak vodene pare okolnog zraka [kPa]
- $R_{e,cl}$ - otpor isparavanju vodene pare sloja odjeće [$m^2 \cdot$ kPa/W]
- h_e - koeficijent prijenosa topline evaporacijom (analogno s h_c) [W/$m^2 \cdot$ kPa]

Isparavajući (evaporativni) gubitak topline s kože je kombinacija isparavanja (evaporacije) znoja izlučenog naredbom termoregulatornog kontrolnog mehanizma (E_{rsw}) i prirodne difuzije vode kroz kožu (E_{dif}):

$$E_{sk} = E_{rsw} + E_{dif} \qquad (53)$$

3. Osjetan toplinski tok tijekom respiracije (disanje) i latentni toplinski tok isparavanjem vlage tijekom respiracije

Tijekom disanja (respiracija) tijelo gubi i osjetnu i latentnu toplinu konvekcijom i evaporativnim predavanjem topline i vodene pare iz respiratornog trakta u izdahnuti zrak. Respiratorni toplinski gubici se izražavaju pomoću osjetnih (C_{res}) i latentnih (E_{res}) toplinskih gubitaka. Značajna količina topline se može povezati disanjem jer se zrak udiše pri ambijentalnim uvjetima i izdiše zasićen na temperaturi malo hladnijoj od t_{cr}.

Ukupni gubici topline i vlage uslijed disanja su:

$$Q_{res} = C_{res} + E_{res} = \frac{\dot{m}_{res} \cdot (h_{ex} - h_a)}{A_D} \qquad (54)$$

$$\dot{m}_{w,res} = \frac{\dot{m}_{res} \cdot (W_{ex} - W_a)}{A_D} \qquad (55)$$

pri čemu je:

$\dot{m}_{res}$-brzina plućnog prozračivanja (ventilacije) $[kg/s]$

h_{ex}-entalpija izdahnutog zraka $[J/kg\,, suhi\ zrak]$

h_a-entalpija udahnutog (ambijentalnog) zraka $[J/kg\,, suhi\ zrak]$

$\dot{m}_{w,res}$- brzina gubitka vode iz pluća $[kg/s]$

W_{ex}-indeks vlažnosti izdahnutog zraka $[kg\ vodena\ para/kg\ suhi\ zrak]$

W_a- indeks vlažnosti udahnutog (ambijentalnog) zraka $[kg\ vodena\ para/kg\ suhi\ zrak]$

Osjetni i latentni toplinski gubici s kože se karakteristično izražavaju spram uvjeta u okolišu, temperature kože (t_{sk}) i indeksa vlažnosti kože (w). Također su važni pri opisivanju toplinske izolacije i propusnost vlage odjeće. Neovisne varijable okoliša su: temperatura zraka (t_a), srednje temperature zračenja izračunata na temelju temperature sfere (t_g) termometrom s crnom sferom ($\overline{t_r}$), relativna brzina strujanja zraka (V) te tlak vodene pare okoliša (p_a).

Neovisne subjektivne varijable koje utječu na toplinsku ugodnost su aktivnost i odjeća. Kondukcija i konvekcija su mehanizmi prijenosa topline s tijela u okoliš, kada je temperatura zraka u okolišu niža od temperature kože. No utjecaj tih mehanizama na ukupan tjelesni toplinski gubitak je relativno malen jer se njima oslobađa 10 do 20 % ukupne tjelesne topline. Međutim, ukoliko se tijelo umoči u vodu, pri istim temperaturama, će oslobađanje topline biti 26 puta veće nego pri istoj temperaturi zraka. U toplim okolišima je utjecaj kondukcije i

konvekcije značajniji, jer se pri temperaturama zraka i vode višima od tjelesne temperature, tijelo zagrijava (prima toplinske dobitke) mehanizmima kondukcije i konvekcije.

A. Kondukcija ili vođenje

Kondukcija (vođenje topline) jest prijelaz topline između dvaju tijela u dodiru, pri čemu se toplina prenosi s jedne tvari na drugu direktnim molekularnim kontaktom. Kondukcija topline ili termalna kondukcija je spontani prijenos toplinske energije kroz tvar, iz područja više temperature u područje niže temperature, i stoga djeluje u svrhu izjednačavanja temperaturnih razlika. Toplinska energija, u obliku kontinuiranih slučajnih gibanja čestica tvari, se prenosi istim silama koje djeluju na održavanje strukture same tvari, te se stoga može reći da se giba 'fizičkim' kontaktom čestica. Kondukcija ima minimalni utjecaj na razmjenu topline kroz ljudsku kožu, s obzirom da je posljedica direktnog kontakta između kože i hladnijeg objekta. Njena je uporaba najznačajnija u medicinskim svrhama pri direktnom zagrijavanju ili hlađenju tijela uranjanjem u vodu ili direktnim kontaktom s kakvim drugim fluidom. Toplina se prenosi iz jezgre tijela s jednog tkiva na susjedno, i tako sve do kože. Putem kondukcije ljudsko tijelo gubi otprilike 3% topline u okoliš, međutim tijelo gubi oko 15% svoje topline kondukcijom u doticaju sa zrakom. S obzirom da je toplina zapravo posljedica kinetičkog gibanja molekula, dio vibracija molekula kože može biti preneseno na molekule zraka. Ako su molekule zraka hladnije od kože, doći će do povećanja njihove brzine i taj će se proces nastaviti sve do izjednačavanja temperature molekula kože s temperaturom molekula zraka.

B. Konvekcija ili prenošenje

Valja uočiti da se toplina također može prenijeti i konvekcijom. To je usmjereno gibanje odnosno strujanje fluida (tekućina i plinova), u kojem se topliji fluid giba prema hladnijem i predaje toplinu okolišu. Brzina strujanja je relativno mala. Prisilna konvekcija[1] je posljedica pumpanja ili ventilacije, a ne razlike temperatura. Brzina strujanja je velika. Prisilna konvekcija je glavni mehanizam održavanja topline ljudi i životinja. Srce pumpa vruću tekućinu koja kapilarama predaje toplinu i tako se hladi te ju pumpa natrag u srce. Konvekcija je najistaknutiji mehanizam provođenja topline iz aktivnih mišića i površine kože. Cirkulacijski sistem transportira toplinu proizvedenu mišićnom aktivnošću na površinu ljudskog tijela. Zrak oko tijela je u stalnom opticaju i pokretu te odnosi molekule zagrijanog zraka s površine kože. Pri konvekciji je važan preduvjet postojanje temperaturne razlike između kože i okoliša te

[1] Gibanje tekućine može se odvijati na dva načina, prirodnom ili slobodnom konvekcijom i prisilnom ili prinudnom konvekcijom.

koeficijent prijelaza topline, koji varira ovisno o površini tijela i brzini strujanja zraka. Pri normalnim uvjetima na taj se način izmjeni do 30% topline. Kod vrhunskih sportaša se stoga konvekcijski potencijal povećava smanjenjem tjelesnih masti i nošenjem udobnije široke odjeće. No baš se taj segment krojenja sportske odjeće najviše mijenja u današnje vrijeme otkrivanjem funkcionalne i inteligentne odjeće. Odjeća sve više prijanja uz tijelo, ali uporaba pametnih tekstila ili posebnih funkcionalnih sposobnosti takvih odjevnih predmeta, utječe na svojstva i poboljšava sportske rezultate. Zapravo, toplina mora prvo biti oslobođena kondukcijom u dodiru s molekulama okolnog zraka pa tek onda odnesena konvekcijskim strujanjima zraka. Mala količina konvekcije uvijek postoji oko ljudskog tijela jer se zrak nakon zagrijavanja uz samu površinu kože počinje dizati.

C. Radijacija ili zračenje

Sva ugrijana tijela zrače elektromagnetske valove. Svako tijelo se sastoji od atoma. Prilikom grijanja nekog tijela, u njega se ulaže energija i atomi počinju titrati jer prelaze u pobuđena stanja (energija im se povećava). Kada je ljudsko tijelo u mirovanju, višak proizvedene tjelesne topline se oslobađa primarno mehanizmom radijacije. Pri radijaciji je također važan preduvjet postojanje temperaturne razlike između kože i okoliša. Pri umjerenim prostornim temperaturama (21 do 25 ℃), tijelo gubi oko 60 % topline infracrvenom radijacijom. Na isti način tijelo može primati toplinu sa toplijih tijela u prostoriji. Radijacija (zračenje) je prijelaz topline koji se odvija putem elektromagnetskog zračenja. Bilo da se radi o direktnoj sunčevoj radijaciji ili radijaciji koja dolazi od okolnih objekata, radijacija ima veliki utjecaj na temperaturu ljudskog tijela. Naga osoba koja sjedi u prostoriji normalne površine gubi oko 60% topline upravo radijacijom. Gubitak topline radijacijom se provodi putem infracrvenih toplinskih zraka valnih duljina 5-20 μm u svim smjerovima. Sva tijela koja nisu na temperaturi apsolutne nule zrače u ovom dijelu elektromagnetskog spektra. Na tijelo dolazi također infracrveno zračenje s okolnih zidova prostorije.

D. Evaporacija ili isparavanje, transpiracija znoja s površine kože i transpiracija iz pluća

Evaporacija je najznačajniji mehanizam prijenosa topline između ljudskog tijela i okoliša u uvjetima visokih temperatura. Više od 80% viška tjelesne topline se oslobađa ovim mehanizmom tijekom izvođenja aktivnosti i oko 20 % u mirovanju kada temperatura okoliša bude viša od 20ºC. Kada temperatura okoliša prijeđe 35°C, gubitak topline isparavanjem postaje jedini medij razmjene topline između tijela i okoliša. Tada kapacitet tijela za isparavanje

ovisi jako o mogućnosti prijenosa topline znojenjem i gradijentu tlaka zraka između kože i okolnog zraka [72]. Kada tjelesne tekućine dođu u direktan kontakt s vanjskim okolišem, što je slučaj mukoze pluća i izlučivanja znoja putem kože, dolazi do spontanog neosjetnog oslobađanja tekućine (eng. insensible water loss). Ovim se mehanizmom oslobađa oko 10 % proizvedene metaboličke topline i ta je vrijednost relativno konstantna i u mirovanju i pri izvođenju neke aktivnosti. Stoga je ovakav način oslobađanja topline neadekvatan za oslobađanje velikih količina topline iz tijela. Zato ljudsko tijelo počinje povećavati količinu proizvedenog znoja. Što je viša relativna vlažnost zraka to je manji gradijent vodene pare između okoliša i ljudske kože, te je manja mogućnost evaporacije znoja. Sa svakom litrom efektivno oslobođenog znoja se utroši 2428,5 kJ (580 $Kcal$) iz ljudskog tijela. To uzrokuje konstantan gubitak topline isparavanjem brzinom od 67-79 kJ/h (16-19 $Kcal/h$). Ta neosjetna evaporacija kroz kožu i pluća se ne može kontrolirati temperaturnim regulatornim mehanizmima u tijelu jer je posljedica konstantne difuzije molekula vode kroz kožu i respiratorne površine. Evaporacija je izrazito važan mehanizam hlađenja tijela pri visokim temperaturama. U okolišima gdje je temperatura kože veća no temperatura okoliša, toplina iz ljudskog tijela se oslobađa kondukcijom i radijacijom. Međutim, kada temperatura kože bude niža od temperature okoliša, tijelo umjesto da gubi toplinu, počinje gomilati toplinu i jedini mehanizam oslobađanja te topline postaje samo evaporacija.

Transpiracija iz pluća je mehanizam razmjene topline između ljudskog tijela i okoliša latentnim i suhim disanjem. Vlažan zrak tokom izdisanja također pomaže u procesu eliminacije topline. Negativan efekt može biti gubitak velike količine topline zbog velike površine pluća. Količina topline koju tijelo prenosi disanjem iznosi do 10% ukupne proizvodnje topline u ljudskom organizmu, osim pri jakim fizičkim opterećenjima kada se može povećati na 20 %.

2.2.4 Ugodnost odjeće

Ugodnost odjeće (eng. comfort) je subjektivna percepcija koja se sastoji od različitih osjeta. Ljudska percepcija ugodnosti je složena pojava i interakcija fizičkih, fizioloških i psiholoških faktora sa okolišem prilikom nošenja odjeće. Pri percipiranju ugodnost dolazi do složenog procesa u kojemu dolazi do komunikacije mozga i periferije pri ćemu se procesuira veliki broj osjeta iz odjeće i iz okoliša kako bi se oblikovala subjektivna percepcija.

Tri aspekta koji utječu na ugodnost odjeće [39, 40]:

1. senzorička ugodnost – kombinacija različitih osjeta koji se javljaju kada materijal dođe u kontakt s kožom,
2. udobnost pri pokretanju tijela ili nesenzorička ugodnost – sposobnost materijala i odjeće da omogući slobodu pokreta, smanji opterećenje i prema potrebi oblikuju tijelo,
3. toplinska, odnosno termofiziološka ugodnost – postizanje zadovoljavajućeg toplinskog stanja i vlažnosti što uključuje prijenos topline i vlage kroz materijal.

Ugodnost odjeće je rezultat uravnoteženog procesa razmjene topline između okoliša i odjeće i sposobnosti odjeće da prenosi vlagu i toplinu s kože u okoliš [40].

2.2.4.1 Senzorička ugodnost i osjeti

Senzorička ugodnost je vezana uz osjetne receptore koji prenose mehaničke, temperaturne podražaje i osjete boli [83].

Postoje dvije skupine osjetnih organa. U jednu se skupinu ubrajaju osjetni organi općeg senzibiliteta koji provode osjete dodira, pritiska, temperature i boli, kao i osjete mišića i tetiva. Druga skupina obuhvaća prave, tj. posebno diferencirane osjetne organe, od kojih je svaki specijaliziran za točno određenu vrstu podražaja (osjetila vida, njuha, sluha i okusa). Osjetilo topline, tj. osjetila topline, hladnoće i boli su osjetila općeg senzibiliteta. Osjet s kože i sluznica, duboki osjet iz mišića i tetiva i visceralni osjet iz dubokih organa, kao što je već spomenuto, prenose aferentne senzibilne živčane niti. Aferentni putovi ne počinju u neuronima leđne moždine, nego se njihov prvi neuron nalazi u pseudounipolarnim stanicama ganglija senzibilnih moždinskih živaca izvan leđne moždine. Njihov periferni krak dovodi podražaj s periferije u stanicu, a centralni nastavak potom taj podražaj provodi od stanice do središnjeg živčanog sustava. Periferni nastavci pseudounipolarnih stanica ulaze u snop mješovitog spinalnog živca. Imaju svoja krajnja razgranjenja na koži koja se nazivaju Rami cutanei i inerviraju pojedine dermatome [84].

Ljudska bića mogu osjetiti različite gradacije hladnoće i topline. Stupnjevi toplinskih osjeta se razlikuju putem najmanje tri tipa osjetilnih receptora: receptori za hladnoću, receptori za toplinu i receptori za bol.

Receptori kojima se percipira bol, mogu biti stimulirani samo uslijed izloženosti visokim stupnjevima hladnoće ili topline, zajedno s receptorima za hladnoću ili toplinu [85]. Receptori za toplinu i hladnoću su smješteni direktno ispod kože u obliku diskretnih odvojenih točaka. U većini dijelova tijela postoji 3-10 puta više receptora specijaliziranih za primanje osjeta

hladnoće u odnosu na receptore za osjet topline. Broj senzora za hladnoću varira ovisno o dijelu tijela - između 15-25 točaka/cm^2 za hladnoću u korijumu usana (dubinski sloj kože debljine 1 do 3 mm koji se sastoji od vezivnog tkiva isprepletenog s mnogo kolagenskih, elastinskih i mišićnih vlakana. U tome se sloju također nalazi mnogo krvnih žilica, limfna mreža te razgranate mreže živčanih vlakana i receptora), u koži prstiju nalazi se 3-5 točaka/cm^2 za osjećanje hladnoće dok se u većini velikih kožnih površina trupa nalazi 1 točka/cm^2 za osjet hladnoće.

Iako je jasno utvrđeno postojanje živčanih završetaka za osjet topline, oni nisu histološki identificirani u potpunosti. Pretpostavlja se da su to slobodni živčani završeci jer se signali za toplinu prenose najčešće putem živčanih vlakana tipa C pri brzinama prenošenja od samo 0.4 do 2 m/s. Receptori za hladnoću su pak jasno definirani kao specijalizirani mali mijelinizirani živčani završeci tipa Aδ, koji se granaju u više smjerova i čiji završeci ulaze u donje slojeve bazalnih epidermalnih stanica. Osjet hladnoće se prenosi od tih receptora kroz živčana vlakna tipa Aδ pri brzinama od 20 m/s. Neki se osjeti hladnoće također prenose živčanim vlaknima tipa C što upućuje da neki slobodni živčani završeci obavljaju funkciju receptora i za osjet topline i za osjet hladnoće. Tijelo može reagirati na osjet topline, tj. hladnoće, osjetom boli uslijed vrućeg podražaja te uslijed podražaja na ekstremne hladnoće. Sva vlakna reagiraju različito na različitim stupnjevima temperature.

Svi receptori imaju sposobnost prilagodbe na uvjete kojima su izloženi-stimulacija je najizraženija u prvim sekundama izloženosti nekoj temperaturi. Dakle, toplinski osjeti uvelike ovise o promjenama temperature - primjerice, ako dođe do aktivnog opadanja temperature kože, čovjek će percipirati puno izraženiji osjet hladnoće nego kada se koža već neko vrijeme nalazi na toj temperaturi. Isto pravilo vrijedi i za boravak u područjima visokih temperatura.

Vjeruje se kako su receptori za hladnoću i toplinu stimulirani promjenama u njihovom metabolizmu i to na način da promjene u temperaturi mijenjaju brzine intracelularnih kemijskih reakcija čak dva puta brže za svakih 10 stupnjeva temperaturne razlike. U skladu s time, vjerojatno stvaranje toplinskog osjeta nije vezano uz direktan utjecaj hladnoće ili topline na živčane završetke već uz kemijske promjene koje te promjene temperature indirektno uzrokuju unutar staničnog metabolizma živčanih završetaka.

Tijelo najučinkovitije detektira toplinske promjene u svom okolišu ako su tim promjenama izložene veće tjelesne površine. Dakle, mozak će dobiti relativno brzu informaciju o temperaturnoj promjeni od 0.01 stupnja koju je detektiralo mnogo živčanih receptora u velikoj površini kože istovremeno, ali neće detektirati promjenu ako je inerviran samo mali broj toplinskih receptora.

Općenito, toplinski signali se prenose neuronskim putovima koji su paralelni s neuronskim putovima osjeta boli. Nakon ulaska u leđnu moždinu, signali putuju za nekoliko segmenata prema dolje ili gore kroz tvorbu zvanu Lissauerova terminalna zona i potom ulaze u stražnji stup leđne moždine u lamine I, II i III (kao i za osjet boli). Nakon procesiranja u neuronima leđne moždine, signali putuju dugim toplinskim živčanim vlaknima i prelaze u nasuprotan anterolateralni (tvorba koja je na poprečnom presjeku moždine smještena naprijed malo bočno) osjetni trakt moždine koji završava u retikularnim dijelovima moždanog debla i u ventrobazalnom dijelu talamusa. Dio signala se prenosi do somatskog senzoričkog centra na površini mozga (na korteksu) sa talamusa [86].

Još je jedna regija ljudskoga mozga važna za termoregulaciju ljudskoga tijela-hipotalamus (lat. Hypothalamus). Te donje regije mozga su važne i za sposobnost osjećanja boli te osjet topline. Starija jezgra mozga smještena je ispod, malo naprijed i lateralno od talamusa, a uključuje hipotalamus, amigdale, hipokampus, septalnu regiju ispred hipotalamusa i talamusa i starije regije talamusa te moždane kore. Cijeli se taj dio mozga naziva limbičkim sustavom mozga.

Oštećenje hipotalamusa uzrokuje poremećaje u termoregulaciji ljudskog tijela (hipertermija), poremećaje pri regulaciji vode u organizmu (diabetes insipidus) i metabolizmu masti (adipositas) [80]. Dakle, prednji režanj hipotalamusa, posebice preoptičko područje, je vezano uz termoregulaciju unutar ljudskog tijela. Povećanjem temperature krvi koja protječe hipotalamusom, povećava aktivnost temperaturno senzibilnih neurona, a hlađenje krvi smanjuje njihovu aktivnost [86].

Živci koji tvore živčani sustav čovjeka se najčešće sastoje od eferentnih motornih i aferentnih senzibilnih niti (mješoviti živci). Motorne niti se dijele na visceromotorne, koje pripadaju autonomnom živčanom sustavu i preko simpatičkih ganglija inerviraju žlijezde i glatke mišiće, te somatomotorne, koje pripadaju somatskom sustavu i inerviraju poprečnoprugaste mišiće (skeletni mišići za kretanje). Aferentne niti provode osjete, a dijelimo ih na senzibilne i senzoričke. Senzibilne niti provode osjet s kože i sluznica, duboki osjet iz mišića i tetiva i visceralni osjet iz dubokih organa. Senzoričke niti provode prave diferencirane osjete vida, sluha, njuha i okusa [84].

Razlikuje se nekoliko vrsta osjeta [87]:

- Eksteroreceptivni osjet je površinski osjet kojega provode aferentni živci putem moždinskih ganglija do stražnjih rogova leđne moždine. Građeni su od neurona koji provode osjete boli, temperature i dodira. Osjeti boli, temperature i difuzni dodir spadaju u kategoriju protopatskog senzibiliteta i provodi ga lateralni spinotalamički put, dok

osjet jasnog dodira provodi prednji spinotalamički put i spada u kategoriju epikrtičnog senzibiliteta.

- Dubinski svjesni osjet se naziva proprioceptivni i provode ga aferentni neuroni dubokog senzibiliteta od zglobova, pokosnice i mišićnih tetiva do stražnjih stupova leđne moždine kroz tvorbe zvane Gollov i Burdachov snop.
- Treća skupina je interoceptivni osjet. Interoceptivni osjet je nesvjestan dubinski visceralni osjet koji se provodi kroz aferentne niti vegetativnog sustava od unutarnjih organa kroz stražnje korijene na lateralni stup leđne moždine iste ili nasuprotne strane.
- Visceralni osjeti su osjeti autonomnog živčanog sustava koji prenose informacije iz dubokih organa.

Senzorička ugodnost je percepcija udobnosti odjeće kroz odgovor živčanih završetaka na toplinske podražaje, podražaje boli, pritisak, itd. Senzorička ugodnost tkanina ovisi o površinskim svojstvima (poput trenja i hrapavosti), fizičkim svojstvima (otpor istezanju, smicanje, kompresibilnost i savitljivost) i toplini ili hladnoći površine [39].

Postoje četiri grupe senzoričkih podražaja kojima se iskazuje senzorička ugodnost odjeće [39]:

1. osjet površine tkanine od koje je odjeća izrađena (gruba, glatka, koja škaklja, bodljikava, hrapava, koja grebe, koja svrbi, ljepljiva) i njima se definira neurofiziološka ugodnost,
2. osjet vlažnosti odjeće (znojno, vlažno, mokro, ljepljivo, koje prijanja, koje ne upija),
3. pristalost uz tijelo, odnosno pritisak koji stvara odjeća (priljubljuje se uz tijelo, široka je, lagana je, teška je, mekana je, kruta je),
4. toplinski dojam odjeće (hladna je, prohladna je, topla je, vruća je).

2.2.4.2 Nesenzorička ugodnost

Nesenzorička ugodnost je vezana uz fizičke procese koji pobuđuju osjet. To su razmjena topline kondukcijom, konvekcijom i radijacijom, te razmjena vlage difuzijom i evaporacijom. Osim toga tu spadaju i mehaničke interakcije poput pritiska i trenja. Ona obuhvaća prolazak vlage, prolazak topline, propustljivost zraka, vlage i vodoodbojnost [39]. Tu spada i udobnost odjeće pri pokretima tijela.

2.3 Termofiziološka ugodnost

Prema jednoj definiciji, termofiziološka ugodnost se zasniva na pobuđivanju termalnih receptora u koži i hipotalamusu, a ugodnost se pri tome definira kao minimalni broj živčanih signala iz receptora u koži i hipotalamusu [65].
Termofiziološka ugodnost je vezana uz sposobnost odvođenja ili zadržavanja topline i odvođenja vlage s tijela. Vezana je uz osjećaj hladnoće ili topline koji se razvija kod nošenja odjeće, a ljudi postižu ovu vrstu ugodnosti kada ne moraju skinuti niti dodati neki odjevni predmet, kako bi bili zadovoljni temperaturom.

Na postizanje termofiziološke ugodnosti utječu:

1. toplinska svojstva i transportna svojstva odvođenja vlage materijala,
2. fiziološke varijable tijela (temperatura jezgre tijela i temperatura kože),
3. stupanj aktivnosti nosioca odjeće,
4. varijable okoliša.

Pri tome se ispituju dva osnovna svojstva odjeće, a to su toplinska izolacija odjeće i otpor isparavanju vodene pare odjeće ($R_{e,cl}$) [88]. Izolacijska svojstva odjeće ovise o različitim faktorima kao što su debljina i broj slojeva materijala, njihov pad, gustoća vlakana, savitljivost i fleksibilnost slojeva, itd. Izolacijska vrijednost odjevnog sustava nije zbroj pojedinačnih izolacijskih vrijednosti svakog odjevnog predmeta u toj kombinaciji, već i otpora prolasku topline, koji pružaju slojevi zraka formirani između slojeva odjeće. Termofiziološka ugodnost se ispituje termalnim manekenima (sa i bez mogućnosti znojenja) ili kontroliranim ispitivanjima nošenja odjevnih predmeta. Prednost ispitivanja izolacijskih vrijednosti termalnim manekenima jest u istovremenom ispitivanju slojeva zraka u mikroklimi odjevnih predmeta i ventilacije pri nošenju. [39].

2.3.1 Jednadžba ravnoteže

Prema **H. Henselu** osjet temperature ovisi o aktivnosti termoreceptora u koži, a toplinska ugodnost je opće stanje cijelog termoregulatornog sustava [44]. U međunarodnim standardima ANSI/ASHRAE Standard 55-1992 i ISO 7730 dana je definicija pojma toplinska ugodnost. Toplinska ugodnost je definirana kao stanje svijesti kojim se izražava zadovoljstvo toplinskim okolišem [89, 90]. Dakle, već samom definicijom je naznačena složenost definiranja ovoga

pojma i uvjeta, koji trebaju biti zadovoljeni kako bi se isto stanje svijesti moglo uspostaviti. Toplinska ugodnost je posljedica mnogo različitih fizičkih uvjeta, a ne samo jednog kao što je temperatura zraka. Toplinska ugodnost osobe ovisi o uvjetima okoliša (temperatura zraka, prosječna temperatura zračenja, brzina strujanja zraka, relativna vlažnost), otporu prolasku topline te otpor isparavanju vodene pare koju pruža odjevni sustav te osobnim parametrima (metabolizmu, fizičkoj aktivnosti i trajanju te fizičke aktivnosti) [39, 68, 91].

Toplinska ugodnost i toplinski osjet se mogu predvidjeti na nekoliko načina. Više numeričkih i strožih pretpostavki je moguće korištenjem PMV-PPD (PMV, eng. predict mean vote je indeks toplinske ugodnosti, tj. pretpostavljeni srednji odgovor, a PPD, eng. predicted percent dissatisfied je predviđeni postotak nezadovoljnih ispitanika) modela i modelom dvaju čvorišta (eng. two node model) koji su opisani u ovom poglavlju.[2] **P. O. Fanger** je 1982. u svome radu *Thermal comfort* povezao podatke o toplinskoj ugodnosti s fiziološkim varijablama. Danas je Fangerov model toplinske ugodnosti u stacionarnim uvjetima prihvaćen i opisan u standardu organizacije ASHRAE 55-2010 [89] i standardu ISO organizacije, ISO 7730 [90].

Čovjek smatra okoliš ugodnim ukoliko nije prisutna niti jedna vrsta toplinske neudobnosti. Toplinska ugodnost je općenito vezana uz neutralan toplinski osjet cijelog tijela [92]. Prvi uvjet je toplinska neutralnost što znači da čovjek ne osjeća ni pretjeranu hladnoću ni vrućinu. Kada tjelesna temperatura padne ispod 34°C, naši senzori za hladnoću počinju slati signale mozgu i kako temperatura nastavlja padati tako se povećava i broj pristiglih impulsa. Broj pristiglih impulsa je također pokazatelj i funkcija brzine pada tjelesne temperature-njen nagli pad rezultira velikim brojem poslanih impulsa. Slično, toplinski senzori šalju poruku mozgu i kada temperatura naraste iznad 37°C, i kako temperatura nastavlja rasti tako se povećava i broj pristiglih impulsa. Vjeruje se kako upravo ove dvije skupine senzora tvore osnovu vrednovanja toplinskog okoliša. Osoba u toplinski neutralnom i opuštenom stanju, neće aktivirati niti jednu grupu senzora.

Kako bi se održala toplinska udobnost moraju biti ispunjena dva uvjeta. Prvi je da kombinacija temperature kože i temperature jezgre tijela pružaju osjećaj toplinske neutralnosti. Drugi je postizanje energetske ravnoteže tijela, toplina koju proizvodi metabolizam mora biti jednaka gubitku tjelesne topline. Čovjek je biće čije je postojanje i mogućnost preživljavanja usko vezano uz njegov okoliš. Ljudsko je tijelo milijunima godina evoluiralo kako bi se prilagodilo okolišu, ali istovremeno stvorilo unutar sebe pravo malo čudo regulatornih mehanizama. Da bi preživjelo, živo biće posjeduje regulatorne mehanizme, čiji je zadatak da detektiraju odstupanje

[2] Vidi ISO 7730:2005

od optimuma u odvijanju biokemijskih procesa u unutarnjem okolišu, i ako do odstupanja dođe da induciraju promjene kako unutar organizma, tako i u ponašanju pojedinca, koje će omogućiti da se ponovno uspostavi ravnoteža. Prilagodba uključuje istovremenu koordiniranu aktivnost unutarnjeg i vanjskog okoliša, a za krajnji cilj ima preživljavanje. Mehanizmi izmjene između tijela i okoliša su izrazito važni jer definiraju toplinsku udobnost, ali složenost ove tematike je upravo u velikom broju varijabli, koje je važno definirati pri proučavanju razmjene topline između ljudskog organizma i okoliša. Često se može dogoditi da dva ispitanika različito procijene jedan te isti okoliš u kojem se nalaze-jedan će izraziti svoje zadovoljstvo, a drugi nezadovoljstvo istim okolišem i pri istim uvjetima. To je zato jer na našu subjektivnu percepciju topline okoliša utječe mnogo različitih parametara - što okolišnih, što subjektivnih. S jedne strane tog velikog sustava je toplinski okoliš (rijetko jednoličan i često nepredvidiv), a s druge strane je sam ljudski organizam u svoj svojoj složenosti. Parametar koji već stoljećima zaokuplja pažnju mnogih znanstvenika je toplina koja se razmjenjuje između ova dva podsustava.

Jednadžba energetske ravnoteže naziva se još jednadžbom toplinske ugodnosti.
Ukupna metabolička brzina rada M proizvedena u tijelu je brzina metabolizma koja je potrebna pri nekoj ljudskoj aktivnosti ($\mathrm{M_{act}}$) uvećana za stupanj metabolizma potreban za drhtanje ($\mathrm{M_{shiv}}$) (ukoliko drhtanje nastupi). Dio proizvodnje energije unutar ljudskoga tijela može biti prošireno vanjskim radom kojeg izvode mišići (W); čista toplinska proizvodnja (M−W) se ili pohranjuje (S), čime se uzrokuje porast tjelesne temperature, ili se predaje u okoliš preko površine kože ($\mathrm{Q_{sk}}$) i putem respiratornog trakta ($\mathrm{Q_{res}}$) [78].

$$M - W = Q_{sk} + Q_{res} + S = (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}) + (S_{sk} + S_{cr}) \quad (56)$$

gdje je:
M – specifični metabolički tok ili brzina metabolizma $[W/m^2]$
W - efektivna mehanička snaga $[W/m^2]$
Q_{res} - toplina oslobođena respiracijom (disanje) $[W/m^2]$
Q_{sk} - toplina oslobođena s kože $[W/m^2]$
C_{res} - toplina oslobođena konvekcijom prilikom respiracije $[W/m^2]$
E_{res} - toplina oslobođena evaporacijom prilikom respiracije $[W/m^2]$
$C + R$ - osjetan gubitak topline s kože- konvekcija + radijacija $[W/m^2]$

E_{sk} - gubitak topline isparavanjem znoja s kože $[W/m^2]$

S_{cr} - toplina koja se pohranjuje u jezgri tijela $[W/m^2]$

S_{sk} - toplina koja se pohranjuje u kožnom odjeljku $[W/m^2]$

Toplina se razmjenjuje između tijela i okoliša koji ga okružuje putem nekoliko načina razmjene: osjetan toplinski tok (C+R) s kože; latentan toplinski tok isparavanja znoja (E_{rsw}) i isparavanjem vlage koja se izlučuje kroz kožu (E_{dif}); osjetan toplinski tok tijekom respiracije (disanje-C_{res}) te latentan toplinski tok isparavanja vlage tijekom respiracije (E_{res}). Osjetan toplinski tok s kože može biti složena mješavina kondukcije, konvekcije i radijacije odjevene osobe; ipak, osjetan toplinski tok je jednak zbroju konvektivnog i radijativnog prolaska topline na vanjskoj površini odjeće ili izložene kože.

Brzina pohrane topline u tijelu je jednaka brzini porasta unutarnje energije. Tijelo možemo smatrati dvodijelnim jer ima dva segmenta: kožu i jezgru. Brzina pohrane se tada može zapisati odvojeno za svaki odjeljak u skladu s toplinskim kapacitetom i brzinom temperaturne promjene u svakom odjeljku:

$$S_{cr} = \frac{(1-\alpha_{sk})\, m\, c_{p,b}}{A_D} \cdot \frac{t_{cr}}{\theta} \qquad (57)$$

$$S_{sk} = \frac{\alpha_{sk}\, m\, c_{p,b}}{A_D} \cdot \frac{t_{sk}}{\theta} \qquad (58)$$

pri čemu je:

S_{cr} - toplina koja se pohranjuje u jezgri tijela $[W/m^2]$

S_{sk} - toplina koja se pohranjuje u kožnom odjeljku $[W/m^2]$

α_{sk} - dio tjelesne mase koncentriran u kožnom segmentu i ovisi o brzini prijenosa mase krvi [$\dot{m}_{bl}$] na površinu kože [Ø]

m - tjelesna masa $[kg]$

$c_{p,b}$ - specifičan toplinski kapacitet tijela i iznosi 3490 $J/kg \cdot K$

A_D - površina kože prema DuBoisu $[m^2]$

t_{cr} - temperatura jezgre tijela [°C]

t_{sk} - temperatura kožnog odjeljka [°C]

θ - vrijeme $[s]$

2.3.2 Faktori utjecaja

Toplinska ugodnost je stanje koje se brže i s aspekta energetske djelotvornosti, s manje toplinskih gubitaka, postiže u jednoličnim toplinskim okolišima. Međutim, okoliši su nerijetko nejednolični i u sebi uključuju mnogo prijelaznih stanja pri čemu se izmjenjuje mnogo različitih okolišnih parametara [93]. Pri proučavanju toplinske udobnosti u obzir se uzima veliki broj fizičkih varijabli, od čega su 4 temeljna parametra okoliša [64], metabolička toplina koja se generira tijekom izvođenja neke fizičke aktivnosti u ljudskom organizmu i odjeća koju čovjek odijeva [94].

Te varijable se mogu logično podijeliti u nekoliko važnih grupa [56, 71, 95, 96]:

1. parametri koji se odnose na ljudsko tijelo,
2. parametri koji se odnose na odjeću,
3. parametri koji se odnose na adaptivnu prilagodbu (adaptivne prilagodbe su uobičajene svjesne radnje kao što je mijenjanje odjeće, stava, rasporeda aktivnosti i stupnjeva fizičkog opterećenja, brzine rada, prehrane, klimatizacije, protoka zraka i lokalne temperature. Također mogu uključivati nesvjesne dugotrajne promjene u fiziološkim graničnim vrijednostima i dobicima uslijed drhtanja, kožnog krvotoka, znojenja, kao i prilagodbe u razinama tjelesnih tekućina i gubitku soli),
4. parametri okoliša,
5. sekundarni faktori (mnogi sekundarni faktori mogu suptilnije utjecati na ugodnost poput dnevne varijacije, starosti, prilagodbe, spola te sezonskih i cirkadijarnih ritmova).

2.3.3 Faktori okoliša

Osnovi faktori okoliša koji utječu na toplinsku ugodnost su temperatura zraka, prosječna temperatura zračenja, vlažnost zraka i brzina strujanja zraka. Prema nekim autorima u direktan parametar okoliša koji utječe na toplinsku ugodnost je i radijacija sunca [71]. Sve promjene okoliša zabilježene kao promjene temperature, vlažnosti, strujanja zraka i radijacijskog toplinskog zračenja sunca, kao i direktan doticaj s vrućim ili hladnim površinama, utječu na klimatski toplinski stres koji ljudski organizam doživljava.

Faktori koji se odnose na okoliš su [56]:

a) direktno mjerljivi parametri: temperatura zraka, odnosno suhog termometra (t_a), temperatura vlažnog osjetnika psihrometra (t_{wb}), temperatura rosišta (temperatura kondenziranja) (t_{dp}), tlak vodene pare (p_a), ukupni atmosferski tlak (p_t), relativna vlažnost (R_H), koeficijent vlažnosti (W_a) te brzina strujanja zraka (v_a).

b) izračunati parametri: srednja temperatura toplinskog zračenja sa ploha u prostoru ($\overline{T}_r$), temperatura toplinskog zračenja, asimetrija temperature toplinskog zračenja (asimetrično i nejednolično toplinsko zračenje u prostoru može biti posljedica hladnih prozora, neizoliranih zidova, hladnih proizvoda, hladnih ili toplih strojeva ili neprikladno velikih grijaćih panela na zidovima i stropovima), toplinski nejednolični uvjeti i lokalna neugodnost, asimetrična toplinska radijacija, propuh, vertikalna razlika temperature zraka, topli i hladni podovi.

c) pokazatelji okoliša: indeks okoliša kombinira dva ili više parametara (npr. temperaturu zraka, srednju temperaturu toplinskog zračenja, vlažnost, strujanje zraka) u jedinstvenu varijablu. Indeksi pojednostavljuju opis toplinskog okoliša i stres koji on nameće. Pokazatelji okoliša mogu biti klasificirani prema načinu na koji su dobiveni. Racionalni pokazatelji se baziraju na teorijskim konceptima koji su prethodno opisani. Empirijski pokazatelji se temelje na mjerenjima s ispitanicima ili na pojednostavljenim odnosima koji ne slijede nužno teoriju. Parametri se također mogu dijeliti prema njihovoj primjeni, općenito toplinski stres ili stres uzrokovan hladnoćom. Pokazatelji okoliša su: efektivna temperatura (ET^*), vlažna radna ili osjetna temperatura (t_{oh}), indeks toplinskog naprezanja (HSI, eng. heat stress index), indeks vlažnosti kože (w), temperatura vlažnog okruglog osjetnika globus psihrometra (WBGT, eng. wet-bulb globe temperature), temperatura vlažnog termometra sfere (WGT, eng. wet-globe temperature) i indeks pothlađenosti vjetrom (WCI, eng. wind chill indeks) ili ekvivalentna temperatura pothlađenja vjetrom ($t_{eq,wc}$, eng. equivalent wind chill temperature).

2.3.4 Faktori ljudskog tijela

Na temelju direktnih podražaja s kože i iz jezgre tijela, organizam je u stanju svjesno donositi zaključke o toplinskoj ugodi ili neugodi. Općenito, tijelo osjeća ugodu u svome toplinskom okolišu za jedan uski segment tjelesne temperature pri relativno niskoj količini kožnog znoja i kada situacija ne zahtjeva velike fiziološke napore organizma na prilagodbu tom toplinskom okolišu [97]. Kao posljedica prilagodbe trenutnim uvjetima u toplinskom okolišu, tijelo je sposobno učiniti veliki dio radnji iniciranih svjesno, kako bi se smanjio osjećaj neugode-mijenja

način odijevanja, slojeve odjeće i izbor tkanina, smanjuje i povećava te mijenja vrstu tjelesne aktivnosti, mijenja položaje tijela, lokacije u prostoru, otvara ili zatvara prozore, itd. [98].
Ljudsko tijelo ima biološki termoregulatorni mehanizam (homeostaza) koji omogućava održavanje stabilne i konstantne tjelesne temperature kroz promjene fizioloških signala kao što su temperatura kože i puls. Ti signali pružaju informacije o stanju toplinske ugodnosti ljudi. U okolišima čija je temperatura u području toplinske neutralnosti najbrže mjerljivi bio-signal je temperatura kože, za razliku od pulsa koji je više podložniji utjecaju stupnja aktivnosti ispitanika, nego toplinskom osjetu uslijed promjena topline okoliša [99]. Ljudsko tijelo stalno proizvodi toplinu kao nusproizvod metabolizma.

Postoje dvije vrste proizvodnje metaboličke topline [94]:

1. proizvod bazalnog metabolizma (svjesne i nesvjesne radnje),
2. proizvod mišićnog metabolizma (svjesne radnje).

Toplina proizvedena u tijelu mora se osloboditi u okoliš ili će doći do promjene temperature tijela. U uvjetima toplinske neutralnosti temperatura jezgre tijela je na stabilnoj temperaturi oko 37℃, a temperatura kože se mijenja u rasponu od 31℃ do 34℃. Tijekom vremena dolazi do promjena temperatura kože, a razlike se vide između različitih dijelova tijela u ovisnosti o odjeći i cirkulaciji krvi. Postoji konstantno prenošenje topline iz dubokih tkiva prema površini kože, a toplina se potom oslobađa radijacijom, konvekcijom, kondukcijom i evaporacijom.
Analiza utjecaja klimatskih parametara se bazira na proučavanju energetske ravnoteže koju ljudski organizam uspostavlja sa svojim neposrednim okolišem [100]. Ljudski organizam koji uspostavlja toplinsku vezu s svojim okolišem možemo proučavati u stanju mirovanja (stacionarni uvjeti) ili aktivnom stanju pri ispunjavanju neke fizičke aktivnosti (dinamički uvjeti) [101]. Odgovor ljudskog organizma na podražaje iz neposrednog toplinskog okoliša i iskazivanje (ne) zadovoljstva toplinskom udobnošću, naziva se subjektivnom toplinskom percepcijom. Ta subjektivna toplinska percepcija i izražavanje toplinske udobnosti direktno je povezana s uspostavom toplinske ravnoteže tijela s okolišem [102]. Uslijed promjena u neposrednom toplinskom okolišu, doći će do neravnoteže u razmjeni topline između okoliša i ljudskog organizma, što ljudski organizam nastoji ispraviti. Pri tom odgovoru ljudskog organizma na podražaje iz neposrednog toplinskog okoliša, u samom se tijelu uključuje mnogo zasebnih regulatornih sustava prilagodbe tijela na novonastale uvjete. Ljudskom organizmu je potrebna energija kako bi izvršio rad i proizveo toplinu. Što je nivo tjelesne aktivnosti viši, to se proizvodi i više energije. Ukoliko se u određenom trenutku proizvede previše topline, ljudsko

tijelo će se početi znojiti, što će s vremenom uzrokovati određenu neudobnost [103]. S druge pak strane, ukoliko se proizvede premalo topline, krvotok će se početi povlačiti s periferije ljudskog tijela (ekstremiteti), što će uzrokovati pad temperature na površini (koža) i osoba će početi osjećati hladnoću i neugodu. Jasno je dakle, da će uvjeti okoliša i odjeća potrebna za postizanje udobnosti, ovisiti direktno o metaboličkoj proizvodnji topline. Temperatura jezgre ljudskog tijela varira više puta na dnevnoj bazi, ali obično ne više od 1.0ºC. Sve te promjene temperature okoliša, vlažnosti, strujanja zraka i radijacijskog toplinskog zračenja sunca, kao i direktan doticaj s vrućim ili hladnim površinama, utječu na klimatski toplinski stres koji ljudski organizam doživljava. Veliki se dio energije koju ljudsko tijelo proizvede pretvara u toplinu. Dakle, toplina je glavni nusproizvod svih kemijskih reakcija, koje se odvijaju u ljudskom organizmu, jednom riječju metabolizma [44].

Parametri koji utječu na toplinsku ugodnost, a odnose se na ljudsko tijelo su [56]:

1. ljudska termoregulacija i metabolizam,
2. površina tijela kao medij za isparavanje regulatornog znojenja (isparavajući gubitak topline s kože) i granica direktnog kontakta s okolišem (osjetan gubitak topline s kože) tvore ukupni gubitak topline s kože,
3. respiracija kao medij za razmjenu osjetne i latentne topline (konvektivnim i evaporativnim predavanjem topline i vodene pare iz respiratornog trakta u izdahnuti zrak) te
4. fizička aktivnost.

2.3.5 Faktori odjeće

Odjeća utječe na gubitak topline i vlage s kože i važna je pri održavanju toplinske ravnoteže. [39]. Odjeća je prilagođena klimi okoliša i ne mora biti pogodna za sve klimatske uvjete pa valja znati izolacijske vrijednosti odjeće [104].

2.3.5.1 Uloga materijala

U prošlosti je konstrukcija i dizajn odjevnih predmeta bila usko ovisna o tkaninama i pletivima dostupnima na tržištu. Karakteristike tkanine od kojih je pojedini predmet izrađen također utječu na izolacijska svojstva, posebice na otpor prolasku topline materijala (R_{ct}), a ovisi o debljini tkanine. Dodatno, krutost neke tkanine može utjecati na povećanje efektivne površine

s koje se oslobađa toplina, a rastezljivost na pristalost odjevnog predmeta jer se na taj način utječe na mogućnost direktnog kontakta odjevnog predmeta uz kožu, odnosno na volumen, prostiranje i brojnost zračnih džepova između kože ljudskog tijela i unutarnje površine odjeće [105]. Konvekcijski potencijal i postojanje temperaturne razlike između tijela i okoliša su od iznimne važnosti pri konvektivnoj razmjeni topline. Konvekcijom se s tijela u okoliš oslobađa do 30 % topline. Konvektivni potencijal sportaša se povećava smanjenjem tjelesnih masti i nošenjem udobnije široke odjeće. No baš se taj segment krojenja sportske odjeće najviše mijenja u današnje vrijeme jer odjeća sve više prijanja uz tijelo, ali uporaba pametnih tekstila ili posebnih funkcionalnih sposobnosti takvih odjevnih predmeta utječe na performanse i poboljšava sportske rezultate. Osim toga, današnje su tkanine i pletiva dizajnirana da zadržavaju toplinu, odvode toplinu i hlade tijelo te primjerice da zadržavaju višak proizvedene kinetičke energije.

Boja tkanine, pletiva ili laminatnog sustava također značajno utječe na zagrijavanje tijela. Svijetli odjevni predmeti reflektiraju toplinu u okoliš, a tamni odjevni predmeti je apsorbiraju. Uz potkožno tkivo tijela (koje je osobitost tijela), odabir i promjena odjeće je jedan od osnovnih svjesnih mehanizama zaštite od utjecaja okoliša. Odjeća za zaštitu u prohladnim i hladnim uvjetima bit će izrađena od materijala veće izolacijske sposobnosti, a izrađena na način da štiti dijelove tijela koji gube veliku količinu topline u okoliš. Jakne namijenjene uporabi u hladnim uvjetima imaju kapuljače, jer se pri niskim temperaturama i do 70 % topline gubi kroz glavu.

Prednost laminatnih tkanina leži u njihovoj sposobnosti da odvode višak vodene pare i topline od tijela, ali istovremeno sprječavaju prodiranje vlage i topline u unutrašnjost odjevnog predmeta. Kada se razmatra udobnost nošenja odjevnog predmeta u obzir se moraju uzeti tri važna svojstva tekstilnih materijala. To su otpor isparavanju vodene pare (R_{et}-vrijednost)[3], indeks propusnosti vodene pare (i_{mt})[4] i otpor prolasku topline (R_{ct})[5] [106].

Zrakonepropusnost u skladu s ISO 9237 [107] vanjskog sloja odjevnog predmeta, koji služi kao vanjska zaštita od hladnoće u vojnoj primjeni, mora biti manja od 5 l/m^2s pri diferencijalnom tlaku zraka od 100 kPa. Odjevni predmeti čiji vanjski sloj ima vrijednosti zrakonepropusnosti u rasponu od 0 do 5 l/m^2s pri neće pokazivati razliku u vrijednostima toplinske izolacije pri strujanju vjetra. Prema NATO standardu STANAG 4364, 2003 vrijednost otpora isparavanju vodene pare tkanine mora biti manja od 13 $\mathrm{m^2\ Pa/W}$ [108].

[3] R_{et}, eng. water – vapour resistance, hrv. otpor isparavanju vodene pare
[4] i_{mt}, eng. water – vapour permeability indeks, hrv. indeks propusnosti vodene pare
[5] R_{ct}, eng. thermal resistance, hrv. otpor prolasku topline

Za tkaninu se kaže da je dišljiva ukoliko propušta vodenu paru. Tkanine za funkcionalnu odjeću uobičajeno moraju biti dišljive i vodonepropusne. Namjenski odjevni predmeti, poput odjeće za izvođenje sportskih aktivnosti, moraju štiti nosioca i omogućiti da se on osjeća suho i ugodno bez obzira je li izložen vrućini, hladnoći, vjetru ili kiši. Izrađuju se od tkanina koje moraju biti lagane, dišljive i moraju imati dobre izolacijske karakteristike. Dišljivost tkanine ovisi i o sposobnosti te tkanine da omogući difuziju vodene pare i ovisi o otporu prolasku topline tkanine. Iako su vodootpornost i dišljivost tkanina dva odvojena pojma, pod pojmom dišljivost tkanina se uobičajeno podrazumijeva da takve tkanine imaju dobra svojstva i vodootpornosti i dišljivosti. Kako je ljudsko tijelo neučinkovito u pretvaranju proizvedene energije u rad, većina energije se pretvara u toplinu, koja se mora osloboditi s kože kondukcijom, konvekcijom i radijacijom iz tijela, da bi se održala vrijednost temperature jezgre tijela u graničnim vrijednostima (pri niskom intenzitetu treninga). Drugi dio te topline se oslobađa evaporacijom znoja s kože, a taj mehanizam je uobičajeno najučinkovitiji mehanizam odvođenja topline pri treninzima visokog intenziteta. Tijekom intenzivnog treninga sportaš proizvede u prosjeku 1,5 do 2,5 litara znoja na sat (l/h). Stoga odjevni predmeti moraju omogućiti oslobađanje vlage iz mikroklime u okoliš i održavanje prihvatljive ugodnosti. Tkanine moraju omogućiti provođenje zraka, vodene pare i znoja iz unutrašnjosti odjevnog predmeta prema okolišu, a istovremeno djelovati kao barijera protiv prodiranja kiše i vjetra iz okoliša u unutrašnjost odjevnog predmeta. Stoga se za tkanine ispituju svojstva dišljivosti[6] (sposobnost tkanine da omogući oslobađanje znoja, odnosno prolazak vodene pare), vodoodbojnosti[7] (sposobnost tkanine da se ne nakvasi u uvjetima umjerenih padalina), vodootpornosti[8] (sposobnost tkanine da se ne namoči u uvjetima obilnih padalina i da ne omogući prodiranje veće količine vode u unutrašnjost odjevnog predmeta), vodonepropusnost[9] (sposobnost tkanine da se ne namoči u uvjetima jako obilnih padalina i da ne omogući prodiranje veće količine vode u unutrašnjost odjevnog predmeta) i vjetroodbojnost[10] (sposobnost tkanine da se ne omogući prodiranje zraka u unutrašnjost odjevnog predmeta). Hohenstein institut je razvio sustav ocjenjivanja kvalitete ugodnosti pri nošenju za vodootporne dišljive odjevne predmete s ocjenama od 1 do 6. Ocjena jedan označava odličnu kvalitetu ugodnosti pri nošenju, a ocjena 6 označava odjevne predmete koji su nepodobni za nošenje i imaju nisku kvaliteti ugodnosti pri nošenju. Da bi se neki materijal ocijenio vodootpornim, takva tkanina mora podnijeti tlak vodenog stupca u visini od 150 cm_{H_2O}

[6] eng. breathability
[7] eng. water repellency
[8] eng. water resistancy
[9] eng. waterproofness
[10] eng. windproofness

($1\ cm_{H_2O} = 1\ mbar = 100\ Pa$) i pri vrijednostima tlaka vodenog stupca većim od 150 cm_{H_2O} su tkanine otporne na prodiranje kiše [109].

2.3.5.2 Toplinska svojstva materijala

Toplinska svojstva tekstilnih materijala, kojima se opisuje termalnu ugodnost nosioca, uključuje i prijenos topline i mase između odjevenog tijela i okoliša. Termalna ugodnost odjevnog sustava predstavlja kvantitativnu analizu kakvoće zaštite koju taj odjevni sustav pruža samom nosiocu. Provodnost vodene pare nekog tekstila je ključno svojstvo tog promatranog odjevnog sistema i njena je primarna uloga održavanje toplinske ravnoteže ljudskog subjekta. Materijali od kojih je sastavljen taj odjevni predmet s visokom provodnošću vodene pare omogućavaju subjektu hlađenje isparavanjem. U uvjetima pojačane fizičke aktivnosti ili kada se subjekt nalazi u toplom okolišu, sama vrijednost izolacijskih svojstava neučinkovito opisuje termalna svojstva odjevnog sustava. Tada se u obzir uzima isparavanje znoja i ta pojava postaje važna za opisivanje gubitka topline. Dakle, kako bi se što preciznije opisala razmjena topline između ljudskog tijela i okoliša, mora se u obzir uzeti i otpor prolasku topline i otpor isparavanju vodene pare, tj. znoja. Međunarodni standard ISO 11092 [106] je od prvih razvijenih standardiziranih testova ispitivanja faktora, koji utječu na toplinsku ugodnost. Njime se ispituju svojstva materijala koja utječu na postizanje toplinske ugodnosti[11]. Otpor prolasku topline materijala (R_{ct}) je složeni rezultat kombinacije prijenosa topline radijacijom, kondukcijom i konvekcijom, a njena vrijednost ovisi o utjecaju svakog od ovih faktora na ukupan prijenos topline.

Otpor prolasku topline (eng. thermal resistance), R_{ct} je temperaturna razlika između lica i naličja materijala podijeljena rezultantnim specifičnim toplinskim tokom po jedinici površine materijala[12] u smjeru temperaturnog gradijenta. Suhi specifični toplinski tok (eng. dry heat flux) se može sastojati od jedne ili više konduktivne, konvektivne i radijativne komponente. $\mathrm{R_{ct}}$ je veličina specifična za tekstilne materijale ili kompozitne tkanine, i kojom se određuje suhi specifični toplinski tok o odnosu na određenu površinu i u odnosu na stalan temperaturni gradijent. Jedinica mu je [$\mathrm{m^2\,K/W}$]. Otpor isparavanju vodene pare (eng. water vapour resistance), $\mathrm{R_{et}}$ je otpor prolasku vodene pare između lica i naličja materijala podijeljen

[11] ISO 11092:1993 (BS EN 31092:1993) Tekstil–Fiziološki efekti–mjerenje otpora prolasku topline i otpora isparavanju vodene pare u stacionarnim uvjetima, vruća ploča sa simulacijom znojenja (eng. Physiological effects–Measurement of thermal and water–vapour resistance under steady–state conditions (Sweating guarded–hotplate test)

[12] eng. heat flux

rezultantnim isparavajućim specifičnim toplinskim tokom po jedinici površine materijala u smjeru temperaturnog gradijenta. Isparavajući specifični toplinski tok (eng. evaporative heat flux) se može sastojati i od difuzivne i od konvektivne komponente. Jedinica mu je $[\mathrm{m}^2\ \mathrm{Pa/W}]$. $\mathrm{R_{et}}$ je veličina specifična za tekstilne materijale ili kompozitne tkanine, kojom se određuje latentan isparavajući specifični toplinski tok o odnosu na određenu površinu i u odnosu na stalan gradijent tlaka vodene pare. Testira se u skladu sa standardom ISO 11092:1993 (BS EN ISO 31092) i mora biti manja od $55\ \mathrm{m}^2\ \mathrm{Pa/W}$ za sve slojeve odjeće [106].

2.3.5.3 Izolacijska svojstva odjeće

Ukupan prijelaz topline s tijela u okoliš, uključuje i prijelaz te topline kroz odjeću [97].
Toplina i vlaga se raspršuju s površine kože kroz slojeve odjeće. Nakon toga se ta energija dijeli u dva dijela. Jedan se dio predaje direktno u okoliš konvektivnim i radijativnim prijenosom s izložene kože, a drugi se dio predaje u mikroklimu, koja predstavlja granični sloj između kože i odjeće. Dio topline oslobođen u granični sloj mikroklime tijela se odvodi ventilacijom, a drugi dio prolazi kroz sloj odjeće prema površini koja graniči s vanjskim okolišem. Prema tome, kondukcija, konvekcija i radijacija su mehanizmi toplinske razmjene u tekstilnom materijalu, a difuzija, apsorpcija, odnosno desorpcija, kondenzacija, odnosno evaporacija te natopljivanje su oblici prolaska vlage i tekućine (znoj). Toplinska razmjena i razmjena vlage su usko vezane pojave jer su apsorpcija, odnosno desorpcija te kondenzacija, odnosno evaporacija popraćene oslobađanjem topline i apsorpcijom.
Razumijevanje dinamike toplinske razmjene i razmjene vlage u sustavu čovjek-odjevni sustav/odjevni predmet-okoliš i njihov utjecaj na promjenjive fiziološke odgovore, je važno za održavanje zdravlja i radne efikasnosti ljudskog organizma, ali i kreiranje i unaprjeđenje odjevnih sustava i okoliša za stanovanje [110]. Međutim, većina se modela toplinske ugodnosti bazirala na objašnjavanje dinamike fizioloških mehanizama u ljudskom tijelu, ali istovremeno su pojednostavljivani odjevni sustavi tako da su se vrijednosti otpora isparavanju vodene pare i topline smatrale statičnim svojstvom [111]. Ventilacija kroz odjevni sustav može smanjiti toplinsku izolaciju odjeće i do 50 %, a otpor isparavanju vodene pare i do 88 % ovisno o odjeći [112].
Odjevni predmeti i sustavi su važan faktor koji utječe na toplinsku ugodnost i razmjenu topline u sustavu tijelo-odjeća-okoliš. Pri tome se u obzir uzimaju toplinski gubitak s kože za odjevene osobe pomoću parametara odjeće: Burtonovog faktora toplinske efikasnosti odjeće (eng. Burton thermal efficiency factor for clothing) (F_{cl}), faktora efikasnosti zasićenja odjeće (eng.

permeation efficiency factor for clothing) (F_{pcl}), unutrašnje bazične izolacije odjeće (I_{cl}) i površine odjeće (A_{cl}). Ukupna toplinska otpornost odjeće i okolnog zraka se najčešće ispituje na grijanim manekenima[13] [113-116]. Odjeća može pozitivno ili negativno djelovati na razmjenu topline između tijela i okoliša. Termofiziološka udobnost pri nošenju se odnosi na sposobnost odjeće da prenosi toplinu i vlagu i način na koji odjeća pomaže u postizanju toplinske ravnoteže tijela pri izvođenju različitih fizičkih aktivnosti [117].

Pristalost odjevnih predmeta i volumen zraka u mikroklimi između tijela i unutarnje površine odjeće također utječu na toplinska svojstva odjeće. Zrak zarobljen unutar odjevnog predmeta pruža dodatnu izolaciju dok je osoba u mirovanju i u okolišu male brzine strujanja zraka. Čak i pri usporedbama odjevnih predmeta iste veličine, volumen zarobljenog zraka se razlikuje u ovisnosti o debljini i savitljivosti tkanina, otvorima odjevnog predmeta, međusobnom pritisku između slojeva tkanina, itd. [118]. Distribuciju zračnih jastuka, koji se stvaraju između kože tijela i unutarnje površine odjeće je teško izmjeriti, a ovisi o konturama tijela, stilu i pristalosti odjevnih predmeta. Povećanje odjevnog predmeta i njegove veličine, ne prati linearno povećanje vrijednosti toplinske izolacije predmeta. Najveća vrijednost toplinske izolacije je izmjerena kod odjevnih predmeta čiji je volumen zračnog sloja oko tijela 11900 cm^3 jer se u tome volumenu može odvijati spontana konvekcija. Daljnjim povećanjem volumena zraka u mikroklimi, vrijednost toplinske izolacije počinje padati [119].

Izolacijske karakteristike nekog odjevnog sustava (kombinacije odjeće) su vezane uz izolacijske karakteristike svakog pojedinog odjevnog predmeta kombiniranog u taj odjevni sustav. Svaki odjevni predmet ima različite izolacijske vrijednosti, prekriva različite površine ljudskog tijela, ali ima različite površine s kojih se oslobađa toplina s tijela u okoliš. U kombinaciji pružaju različite distribucije izolacijskih karakteristika na samome tijelu, različita im je pristalost, pružaju različite kombinacije broja slojeva i brojnost zračnih džepova razmještenih unutar slojeva, itd. Odabirom različitih odjevnih predmeta i varijacijama u načinima kombiniranja, može se utjecati na izolacijske karakteristike odjeće, koja štiti ljudski organizam [105]. Mjerenje vrijednosti izolacije odjeće uporabom termalnih manekena ili na ljudskim subjektima je složen i skup proces [120-122].

Na izolacijska svojstva pojedinog odjevnog predmeta utječe njegov dizajn, odnosno konstrukcija, te odabir i broj slojeva tkanine od koje je taj predmet izrađen, dakle složenost i građa odjevnog predmeta [123, 124]. Ljudsko tijelo je rijetko jednolično prekriveno odjećom

[13] ISO 15831:2004 Odjeća–Fiziološki efekti–Mjerenje toplinske izolacije pomoću termalnog manekena (eng. Clothing–Physiological effects–Measurement of thermal insulation by means of a thermal manikin)

čime se mijenja i količina oslobođene topline s pojedinog dijela tijela u okoliš. Taj se efekt dodatno povećava odijevanjem dodatnih slojeva odjeće [125]. Odijevanje dodatnih slojeva odjeće će izmijeniti samo toplinski gubitak lokaliziran na prekrivenom dijelu tijela, ali neće utjecati na toplinski gubitak s ostalih dijelova tijela. U konačnici, dodavanjem slojeva odjeće na određeni dio tijela će smanjiti toplinski gubitak na tom području na 0, ali će ukupni toplinski gubitak s tijela i dalje biti razmjerno visok [105]. Osim toga, valja napomenuti vrstu aktivnosti pri kojoj se odjeća koristi. Tijekom fizičke aktivnosti oslobađa se metabolička toplina i u skladu s time, čovjeku je potrebno manje toplinske izolacije.

Odjeća utječe na razmjenu topline između ljudskog tijela i okoliša te smanjuje gubitak tjelesne topline. U skladu s time, odjeća je klasificirana prema svojim izolacijskim svojstvima. Izolacijska svojstva odjeće ovise o dizajnu, vrsti materijala od kojeg je načinjen odjevni predmet, tjelesnoj površini pokrivenoj odjećom, slojevima odjeće te pristalosti odjeće uz tijelo. Mjerenje otpora prolaska suhe topline odjeće se može koristiti za određivanje toplinske ugodnosti u različitim okruženjima. Međutim, propusnost vlage i ventilacijske karakteristike su važniji čimbenici u uvjetima visokih temperatura, gdje isparavanje znoja igra ključnu ulogu u razmjeni topline između ljudskog organizma i okoliša. Mjerenje izolacijskih svojstava odjeće je zahtjevna metoda ovisna o mjernoj tehnici i aparaturi kojom se provodi mjerenje. Stvarna vrijednost izolacije, koju pruža određena kombinacija odjevnih predmeta, će biti manja od vrijednosti dobivene zbrajanjem pojedinačnih izolacijskih vrijednosti za svaki pojedini odjevni predmet, koji sačinjava tu kombinaciju. Razlog tome je što izolacija nije ravnomjerno raspoređena duž cijelog tijela, što dodavanje još jednog odjevnog predmeta može izazvati pritisak na odjevni predmet donjeg sloja u određenom području i što dodavanje odjevnih predmeta povećava efektivnu površinu s koje se odvija toplinski gubitak s tijela u okoliš [105]. Pri izračunu otpora prolasku topline tkanina ne uračunavaju se zadebljanja koja tvore šavovi, džepovi, podstavni materijali, itd. Međutim, te zanemarene debljine mogu utjecati na utvrđivanje debljine zračnog sloja između slojeva odjeće, odnosno na utvrđivanje poprečnih presjeka. Vrijednost otpora prolasku topline vanjskog sloja zraka (R_a) ovisi o brzini strujanja zraka u okolišu, a u ovom istraživanju je prihvaćena njegova okvirna vrijednost od 0.7 clo (to je vrijednost izolacije mjerene na nagom manekenu u okolišu bez strujanja zraka). Parametri h_R-koeficijent linearnog zračenja topline kojim se objašnjava izravno zračenje između slojeva[14]

[14] Ukupan koeficijent toplinske propustljivosti (U ili h), koeficijent prolaska topline, koeficijent prijelaza topline ili koeficijent provođenja topline mjeri sposobnost nekog tijela da prenosi toplinu, tj. mjeri brzinu toplinskog prijenosa (toplinski tok) u W kroz jedinicu površine

i k_a-koeficijent vodljivosti topline zraka, su važni za model jer se većina otpora prolasku topline pojavljuje u zračnom sloju.

Prilikom izračuna clo izolacijske vrijednosti valja upamtiti kako tapecirana sjedala, auto sjedalice i kreveti smanjuju toplinski gubitak tijela i stoga te vrijednosti moraju biti uključene u ukupni proračun. To je izrazito važno uzeti u obzir prilikom dizajna radne odjeće i odjeće za specijalne namjene koja služi zaštiti i oblačenju tijekom rada u različitim uvjetima temperature, vlažnosti, itd.

Razmjena toplinske energije ljudskog tijela s okolišem ovisi o dvama važnim faktorima. Prvi je metabolička proizvodnja topline, odnosno specifičan metabolički tok izražen jedinicom met. Drugi je izolacijska vrijednost odjeće izražena jedinicom clo [126].

1941. **A. P. Gagge** je u svome radu predstavio jedinice met i clo kao kvantitativnu mjeru razmjene topline između okoliša i čovjeka. Jedinica ***clo*** predstavlja mjeru izolacije toplinskog sustava, koji prosječnom čovjeku u sjedećem položaju i normalno ventiliranoj prostoriji (pri temperaturi zraka od 21°C, brzini strujanja zraka od 0.1 m/s i relativnoj vlažnosti manjoj od 50%), omogućuje postizanje toplinske ugodnosti. Skala clo vrijednosti započinje s iznosom 0.0 za nagu osobu, a osoba odjevena u poslovno odijelo ima clo vrijednost od 1.0. Jedna od poznatih metoda je izračun clo vrijednosti korištenjem aparature s manekenom za istraživanje toplinskih svojstava odjeće ili primjenom vruće ploče.

A. P. Gagge je pretpostavljao da se 24% metaboličke topline gubi kroz kožu evaporacijom. Dakle, prema njegovoj pretpostavci 159,1 kJ/m^2h (38 kcal/m^{2}h) je preostalo za razmjenu s okolišem putem kondukcije, konvekcije i radijacije. Također je za potrebe proračuna ukupne toplinske izolacije sustava, I_t (odjeća s slojem okolnog zraka), uzeo vrijednost srednje temperature površine kože od 33°C i na temelju toga izračunao:

$$I_t = \frac{138{,}2-87{,}9}{159{,}1}\ [kJ//m^2h] = 0.32\ \frac{m^2\text{°C}\ h}{kJ} \qquad (59)$$

S obzirom da je izolacijska vrijednost zraka u tim uvjetima $0.14\ m^2\text{°C}\ h/kJ$, izolacijska vrijednost odjeće tada iznosi $0.18\ m^2\text{°C}\ h/kJ$ pa se clo jedinica definira kao:

$$1\ clo = 0.18\ m^2\text{°C}\ h/kJ = 0.155 m^2\text{°C}/W \qquad (60)$$

Na izolacijska svojstva odjeće utječe njena složenost i građa. Tijekom fizičke aktivnosti oslobađa se metabolička toplina i u skladu s time, čovjeku je potrebno manje toplinske izolacije.

Autori **J. Huang** i **W. Xu** [127] predlažu korekciju izračuna clo i com vrijednosti. Oni predlažu da se clo jedinica definira na temelju temperature zraka pri kojoj čovjek postiže stanje toplinske ugodnosti jer vrijednost izolacije odjeće varira s različitom temperaturom zraka.
Iz prethodno definiranih jednadžbi, ti su autori izveli slijedeću jednadžbu:

$$t_a = 27.6 - 5.94\, I_a \quad [°C] \qquad (61)$$

pri čemu je I_a toplinska izolacijska okolnog zraka.

Prema tom je izrazu vidljivo da se izolacija odjevnog predmeta smanjuje ili povećava za svakih 6°C pa u skladu s tom spoznajom oni predlažu da nova numerička vrijednost sustava jedinica izolacije odjeće počne sa vrijednosti srednje temperature površine kože od 28°C i smanjuje se za 1 *clo* jedinicu pri promjeni temperature zraka od 6 stupnjeva. Što je manja vrijednost clo jedinice, to je manja izolacijska sposobnost odjevnog predmeta. Osim toga, ako se ta jedinica definira na temelju vrijednosti okolnog zraka, tad predlažu podobniji naziv - com jedinicu.
Com jedinica se definira iz clo jedinice formulom uz korelacijski koeficijent 0.999:

$$I_{com} = 28 - 6\, I_{clo} \qquad (62)$$

2.3.5.4 Odjeća za uporabu u hladnim i prohladnim okolišnim uvjetima

U prohladnim okolišima, smanjuje se protok krvi u ekstremitetima i koži, a mast postaje ključan faktor izolacije središnje temperature tijela. Ljudi počinju dizati temperaturu drhtanjem i slojem zraka što se stvara oko tijela piloerekcijom dlaka. Daljim snižavanjem temperatura okoliša, održavanje stabilne tjelesne temperature postoje nemoguće bez bihevioralnih prilagodbi poput odijevanja dodatnih slojeva odjeće [130, 131].
Pri kupnji odjeće koja je primarno namijenjena zaštiti od hladnoće (zimski kaputi, vjetrovke, ogrtači, džemperi, puloveri, zaštitna odjeća i sl.) još uvijek ne postoji egzaktna mogućnost ocjene odjevnog predmeta s aspekta točno izmjerenog stupnja toplinske zaštite. Kupcu stoga preostaje da odjevni predmet kupuje spram svog vizualnog dojma i iskustvene procjene konstrukcije odjevnog predmeta, debljine materijala i njegovog sirovinskog sastava, a da zapravo ne zna stvarne toplinske zaštitne karakteristike.
Isto tako, pri inženjerskom projektiranju novih odjevnih predmeta nije moguće izvesti egzaktno tehničko projektiranje odjeće ukoliko se ne poznaju toplinski parametri ugrađenih kompozita (jedan ili više slojeva spojenih i/ili ugrađenih različitih tekstilnih i/ili drugih materijala) te uspješnost ugradnje tih kompozita, odabira materijala, njihove debljine, veza, gustoće niti,

apreture i sl., kao i uspješnost općenite konstrukcije odjeće i krojeva na završna toplinska svojstva nekog novo projektiranog i proizvedenog odjevnog predmeta [132].

Primarna uloga odjevnih sustava za uporabu u hladnim okolišnim uvjetima je zadržavanje toplinske ravnoteže bez obzira na velike varijacije okolišnih parametara i metaboličke proizvodnje energije. Osim toga njen dizajn i konstrukcija moraju pružati minimalnu smetnju prilikom nošenja i izvršavanja fizičkih aktivnosti. Svi parametri odjevnih sustava (kao što su svojstva vlakana od kojih su izrađene tkanine, svojstva samih tkanina, količina zarobljenog zraka i u mikro i u makrostrukturi odjevnih predmeta, dakle i unutar vlakana, i između vlakana u tkanini i unutar slojeva samog odjevnog predmeta i između pojedinih predmeta odjevnih sustava), konstrukcija i komocija odjevnih predmeta, specifičnost njihove namjene te metabolička proizvodnja i međuodnos pri razmjeni topline u sustavu tijelo-odjeća-okoliš se moraju istovremeno i multidisciplinarno proučavati kako bi se izradili adekvatni odjevni predmeti ili odjevni sustavi.

Takva se ispitivanja moraju provoditi u nekoliko faza [133]:

1. Analiza fizičkih karakteristika materijala i tkanina, 2. Biofizička analiza odjevnih sustava, 3. Modeliranje i predviđanje, 4. Kontrolirana laboratorijska ispitivanja u klimatiziranim komorama i 5. Terenska ispitivanja i procjena.

Ispitivanje ugodnosti klasične, funkcionalne i vojne odjeće provodi se u 5 stupnjeva [67, 79, 118]:

1. fizička analiza tkanina i okoliša: npr. mjerenje otpora prolasku topline i otpora isparavanju vodene pare materijala koji će biti ugrađeni u odjevni predmet (vruća ploča, ISO 11092),
2. biofizička analiza odjevnog predmeta: npr. mjerenje otpora prolasku topline i otpora isparavanju vodene pare odjevnog predmeta termalnim manekenom i mjerenje brzine znojenja kod ljudskih ispitanika,
3. vrednovanje fizioloških parametara ispitanika: testiranje fizioloških parametara ljudskih ispitanika u klima komori,
4. kontrolirana terenska ispitivanja uz istovremeno snimanje parametara okoliša i fizioloških parametara ljudskih ispitanika i
5. korisnička ispitivanja i testiranja fizičkih opterećenja velikog broja ispitanika pri nošenju ispitivane odjeće.

U hladnim okolišima, odjeća prije svega mora sprečavati toplinske gubitke s tijela u okoliš, ali transpiracija znoja mora postojati i suvišak znoja se mora kontrolirano odvoditi iz mikroklime oko ljudskog tijela [134]. Prisutnost vlage u odjeći može jako povećati toplinske gubitke s tijela nosioca [135]. U hladnim okolišima je odvodnja vlage kroz odjevni sustav, važna komponenta, jer postoji velika vjerojatnost da će se vlaga akumulirana unutar odjevnog predmeta početi smrzavati pri niskim temperaturama, čime će odjevni predmet otežati i na taj način dodatno opteretiti nositelja. Kada nositelj prestane s izvođenjem fizičke aktivnosti, doći će do smanjivanja metaboličke toplinske proizvodnje i vrijednosti toplinske izolacije odjeće. Razlog tome je proces kondenzacije vlage iz mikroklime odjevnog predmeta i apsorpcija topline uslijed desorpcije i reevaporacije kondenzata. Nositelj počinje osjećati neugodno hlađenje tijela [136]. U okolišima hladne klime će se utjecaj zrakopropusnosti odjeće na termofiziološku ugodnost osjećati kod dugotrajnijeg izlaganja niskim temperaturama [135]. Nositelj odjevnog predmeta se u hladnim okolišima mora osjećati toplo i suho, a pri tome odjeća mora osiguravati neometano obavljanje aktivnosti [136].

Zahtjevi na zaštitnu odjeću koja je namijenjena zaštiti tijela od hladnoće, definirani su u standardu ISO 11079 [137].

Odjevni sustavi za zaštitu ljudskog tijela od hladnoće opisani su standardom ISO 342:2004 [138]. Pojedinačni odjevni predmeti za zaštitu od utjecaja hladnih okoliša opisuju se standardom ISO 14058:2004 [2]. U standardu ISO 14058:2004 navedeni su zahtjevi koje pojedinačni odjevni predmeti moraju ispuniti kako bi spriječili mjestimično hlađenje tijela (eng. local cooling). Toplinski stres uzrokovan hladnoćom se promatra i s aspekta općeg hlađenja cijelog ljudskog tijela (eng. general cooling) i mjestimičnog hlađenja pojedinih dijelova tijela. U ovom standardu naglasak je na mjestimičnom hlađenju tijela. Pri mjestimičnom hlađenju tijela najizloženiji dijelovi tijela su ekstremiteti i područje lica. U ovom se standardu opisuju pojedinačni odjevni predmeti, koji djelomično odijevaju ljudsko tijelo, kao što su potkošulja dugih rukava, donje rublje dugih nogavica, dokoljenke, jednoslojna jakna, jednoslojne hlače, prsluk i kaput. Takvi odjevni predmeti pružaju samo određeni stupanj toplinske zaštite. Stupanj toplinske zaštite koje ovi pojedinačni odjevni predmeti moraju zadovoljiti ovisi prvenstveno o njihovoj namjeni. Ukoliko će biti korišteni za zaštitu na radu pri niskoj temperaturi i pri dugom izlaganju, stupanj toplinske zaštite pojedinačnih odjevnih predmeta mora biti precizno određen. Odjevni predmeti se mogu koristiti za aktivnosti u zatvorenom i otvorenom prostoru. Pri tome se referira na nešto niže temperature, koje ne odstupaju pretjerano od optimalnih radnih temperatura, ali koje bi pri dugotrajnoj izloženosti mogle značajno utjecati na radnu sposobnost

(primjerice u zatvorenim prostorima, gdje se zahtijevaju nešto niže temperature, kao što su to hladnjače prehrambene industrije).

Standardom ISO 342:2004 se definiraju zahtjevi i metode ispitivanja zaštitne odjeće, prvenstveno odjevnih sustava i djelomično pojedinačnih odjevnih predmeta za zaštitu od hladnoće. Toplinska izolacija je jedno od najvažnijih svojstava koje se ispituje termalnim manekenom.

Toplinski gubici povećavaju se uslijed djelovanja vjetra. Stoga su propusnost (permeabilnost) zraka kroz vanjski sloj odjevnog sustava, i izolacijska vrijednost također važne pri razmatranju toplinske zaštite od djelovanja hladnoće. Osim vrijednosti toplinske izolacije i zrakopropusnosti, zaštitna odjeća mora imati definiranu sposobnost apsorpcije vlage. U skladu s ta dva navedena standarda definiran je prohladan okoliš (eng. cool environment) kao okoliš kojeg karakteriziraju različite kombinacije vlažnosti i vjetra pri okolišnoj temperaturu od -5℃ na više [2]. Hladan okoliš (eng. cold environment) je okoliš kojeg karakteriziraju različite kombinacije vlažnosti i vjetra pri okolišnoj temperaturi nižoj od -5℃ [138].

Odjevni predmet (eng. garment) je pojedinačna komponenta odjevnog sustava, čijim nošenjem je pružena zaštita dijelu tijela, koji taj odjevni predmet pokriva. Odjevni sustav (eng. ensemble) je odjeća koja se sastoji iz više odjevnih predmeta koji pokrivaju tijelo, osim glave, šaka i stopala ili može biti iz jednog dijela poput kombinezona, ali opet prekriva gotovo cijelo tijelo [2, 138]. To je skupina odjevnih predmeta koji se istovremeno i zajedno nose na tijelu [113]. Klasifikacija odjevnih predmeta u kategorije u odnosu na raspon izmjerenih vrijednosti otpora prolasku topline odjevnog predmeta, u odnosu na vrijednosti zrakonepropusnost materijala i u odnosu na otpor prodiranju vode materijala [139] dana je u Tab. 9.

Tab. 9: *Klasifikacija odjevnih predmeta u odnosu na otpor prolasku topline materijala, u odnosu na zrakonepropusnost materijala i u odnosu na otpor prodiranju vode materijala*

Klasifikacija odjevnih predmeta u odnosu na otpor prolasku topline materijala		Klasifikacija odjevnih predmeta u odnosu zrakonepropusnost materijala		Klasifikacija odjevnih predmeta u odnosu na otpor prodiranju vode materijala	
R_{ct} $[m^2\ K/W]$	**Razred**	V_N $[l/m^2 s]$	**Razred**	P_w $[Pa]$	**Razred**
$0{,}06 \leq R_{ct} < 0{,}12$	1	$100 < V_N$	1	$8000 \leq P_w \leq 13000$	1
$0{,}12 \leq R_{ct} < 0{,}18$	2	$5 < V_N \leq 100$	2	$P_w > 13000$	2
$0{,}18 \leq R_{ct} < 0{,}25$	3	$V_N \leq 5$	3		

2.4 Ispitivanje toplinskih svojstava odjeće i termofiziološke ugodnosti

Na termofiziološku ugodnost odjeće utječu prvo svojstva materijala od kojih je odjevni predmeta izrađen (otpor prolasku topline, dišljivost materijala opisana mogućnošću prenošenja vodene pare što se izražava kao propusnost vodne pare materijala, otpor isparavanju vodene pare materijala kao otpor evaporativnom toplinskom toku te zrakopropusnost materijala, sposobnost odvođenja tekućine ili upijanja).

Faktori odjeće koji utječu na toplinsku ugodnost su [56]:
Toplinska svojstva kojima opisujemo odjeću su unutrašnji otpor prolasku topline odjeće (R_{cl}), ukupna i bazična toplinska izolacija odjeće (I_T, I_{cl}), indeks propusnosti vodene pare odjeće (i_{cl})[15], indeks propusnosti ispravanjem (i_m/clo)[16], faktor efikasnosti zasićenja odjeće (F_{pcl})[17] i površina odjeće (A_{cl}). Otpor prolasku topline odjeće predstavlja kvantitativnu procjenu toplinske zaštite, koju odjeća pruža nosiocu.

2.4.1 Termalni maneken

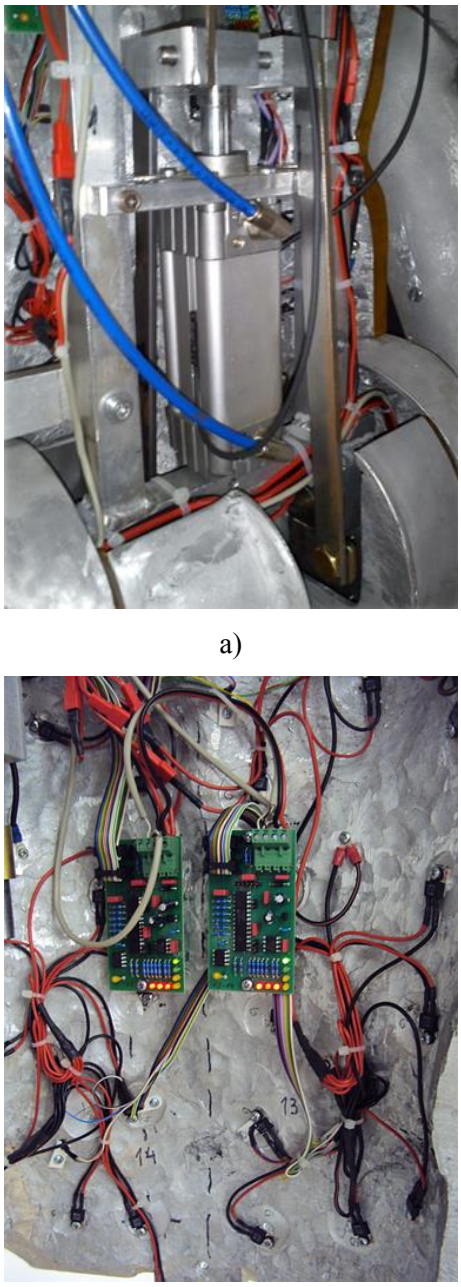
Ukupni otpor prolasku topline odjeće, odnosno toplinska izolacija odjeće (I_t) i okolnog zraka se najčešće ispituje na grijanim manekenima[18]. To su posebno osmišljene aparature kojima se prikazuje ljudsko tijelo i njegova komunikacija s toplinskim okolišem. Termalni maneken je aparatura za ispitivanje toplinskog otpora gotovih odjevnih predmeta. Tim znanstvenika Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na čelu s **D. Rogaleom** izradio je segmentirani odljevak u obliku ljudskog tijela, tzv. termalni maneken sastoji se od 24 segmenta ljudskog tijela unutar kojeg su instalirani električni grijači, senzori temperature, 14 mikrokontrolerskih sklopova i pneumatski sustav za pokretanje ruku i nogu, Sl. 20 [113].

[15] eng. vapour permeation efficiency
[16] indeks propusnosti isparavanjem se naziva i prenosivnost ispravanjem (eng. evaporative transmissibility), $i_m/clo = i_m/I_T$ pri čemu se I_T izražava u jedinici clo.
[17] faktor efikasnosti zasićenja (F_{pcl}) opisuje sposobnost odjeće da upija znoj kapilarnim efektom i smanjuje udio latentne topline isparavanja za hlađenje kože tijela. Vrijednosti ovog faktora se kreću od 0 do 1, pri čemu vrijednost 0 opisuje nepropusnu odjeću. Na vrijednost ovog faktora će utjecati debljina i poroznost tkanina od koje je odjeća izrađena. Kako se povećava količina upijenog znoja u tkanini, tako se smanjuje njena poroznost, ali se povećava gubitak topline s tijela kondukcijom uz smanjenje otpora prolasku topline tkanine i povećanje vrijednosti faktora efikasnosti zasićenja.
[18] ISO 15831:2004 Odjeća–Fiziološki efekti–Mjerenje toplinske izolacije pomoću termalnog manekena (eng. Clothing–Physiological effects–Measurement of thermal insulation by means of a thermal manikin)

Procedura ispitivanja toplinske izolacije odjevnih sustava pomoću termalnog manekena opisana je standardom ISO 15831:2004. Ispitivanja se provode s ciljem utvrđivanja efikasnosti toplinske izolacije odjeće koju će ljudski subjekti kasnije nositi u relativno mirnim okolišima. Toplinska izolacija odjeće se koristi kako bi se utvrdili fiziološki efekti djelovanja odjeće na nosioca u karakterističnim klimatskim uvjetima i pri specificiranima aktivnostima. Toplinska izolacija odjeće (eng. thermal insulation of clothing) [130] je razlika između temperature površine ljudske kože i okolne temperature podijeljena s rezultantnom vrijednošću specifičnog toplinskog toka u smjeru temperaturnog gradijenta pri čemu se toplinski tok sastoji od triju komponenti-prijelaza topline kondukcijom, konvekcijom i radijacijom.

Ovisno o vrsti odjevnih predmeta u odjevnom sustavu i njihovim ostalim karakteristikama, upotrebljavaju se različite izolacijske vrijednosti odjeće.

Pojedinačni odjevni predmeti, koji sačinjavaju konačni odjevni sustav, se oblače na tijelo termalnog manekena istim redoslijedom kojim se u realnim uvjetima odijevaju. Termalni maneken je mjerni sustav kojim se realno prikazuje ljudsko tijelo odraslog čovjeka. Visina tijela termalnog manekena iznosi $1{,}70 \pm 0{,}15$ m s površinom od $1{,}7 \pm 0{,}3\ m^2$, a ovaj je mjerni sustav konstruiran s visinom od 1,85 m. Tijelo manekena se oblikuje u skladu sa standardnim tjelesnim mjerama jer bi u suprotnom dolazilo do mjerenih pogrešaka i nemogućnosti odijevanja manekena. Projektiran je kako bi posjedovao mogućnost pomicanja ekstremiteta. U unutrašnjosti manekena nalaze se sustavi grijača, kojima se tijelo manekena zagrijava kako bi se postigla stalna uravnotežena temperatura površine tijela manekena, Sl. 20.



a)

b)

Sl. 20 *Prikaz a) pneumatskog sustava za pokretanje tijela manekena u unutrašnjosti, b) sustava senzora i grijača u unutrašnjosti tijela termalnog manekena*

Mjerni sustav je izveden na način da se određivanje toplinskih svojstava obavlja u trenutku uspostave toplinske ravnoteže korištenjem sustava senzora [140] i poznatih podataka s pomoću posebno konstruiranog unutarnjeg mikroračunalnog sklopa za svaki mjerni panel. Time se izbjegava uporaba velikog broja vanjskih konvencionalnih mjerila električne snage, a određivanje dinamičkih toplinskih svojstva omogućuje pneumatski sustav ugrađen u unutrašnjosti metalnog odljevka u obliku ljudskog tijela. Tim sustavom se izbjegava uporaba nezgrapnih vanjskih pokretačkih mehanizama i njihov negativan utjecaj na točnost rezultata mjerenja [141]. Svaki segment termalnog manekena se zagrijava neovisnim sustavom grijača. Površina tijela manekena mora se održavati na konstantnoj temperaturi od $34{,}0 \pm 0{,}2$ °C. Sam je termalni maneken smješten u klima komori s mogućnošću kontrole svih klimatskih uvjeta, Sl. 21.

Sl. 21 *Prikaz termalnog manekena smještenog u klima komori s mogućnošću kontrole parametara okoliša*

2.4.2 Predviđanje toplinske ugodnosti ispitanika

H. Hensel je predložio pojam 'termorecepcija' kako bi se opisao toplinski osjet i pripadajući fiziološki odgovor ljudskog tijela [44]. Najučinkovitiji način određivanja toplo/hladnog osjeta, koji je posljedica kontakta kože i tkanina odnosno odjeće, je na temelju vrijednosti prosječne temperature kože i brzina promjene temperature na površini kože [40]. Pri izlaganju subjekata hladnoći, važan je faktor znojenje. U hladnim okolišima, tijelo reagira povećanjem proizvodnje topline, a odgovor na pregrijavanje je povećana sekrecija znoja. U okolišima umjerene klime, glavni mehanizam termoregulacije su reakcije vaskularnog sustava i promjene izolacijskih vrijednosti površinskih tkiva. U umjerenim je okolišima promjena temperature kože glavni faktor za predviđanje toplinske ugodnosti, a s obzirom na lokalne varijacije u ovisnosti o dijelu tijela, predviđanje se postiže na temelju prosječne temperature kože tijela. Lokalne temperature kože za doživljavanje toplinske ugodnosti pri uobičajenoj temperaturi okoliša su $33 - 34$°C na čelu, 31°C na šakama i 27°C na stopalima [48]. Temperatura kože tijela osobe u mirovanju koja osjeća toplinsku ugodu je oko 33°C, a pri utjecajima iz okoliša dolazi do promjena vrijednosti

temperature kože. Oslobađanje topline iz tijela se događa pri temperaturi koža koja je uobičajeno niža od 33℃ [142]. Vrijednosti temperature kože pridonose osjećaju toplinske ugodnosti i fiziološki su parametar u njenoj procjeni [143]. Razlike u vrijednostima lokalne temperature kože se smanjuju povećanjem temperatura okoliša, a osjeti promjena lokalnih temperatura kože na različitim dijelovima tijela znatnije variraju u hladnim i prohladnim okolišima [67].

Postoje dvije osnovne metode laboratorijskih ispitivanja utjecaja i predviđanja toplinske ugodnosti [94]:

1. ispitivanja subjektivne percepcije pomoću upitnika koje ispunjavaju ispitanici uz istovremeno bilježenje uvjeta okoliša (u većini ispitivanja ispitanici se anketiraju u skladu sa standardima [144]
2. mjerenjem promjena vrijednosti fizioloških varijabli tijela kao što su znojenje, vlažnost kože, temperatura kože.

Pri mjerenjima promjena vrijednosti fizioloških varijabli tijela najčešće se proučava promjena vrijednosti prosječne temperature kože tijela i promjena vrijednosti temperature jezgre tijela. Prosječna temperatura kože tijela i temperatura jezgre tijela utječu na toplinsku percepciju i toplinsku ugodnost [145].

Procjene toplinske ugode ispitanika može se izvoditi na temelju vrijednosti prosječne temperature kože tijela. Temperatura kože tijela nije ista na svim mjestima na tijelu i stoga vrijednost temperature kože očitana na jednoj lokaciji ne može biti temelj procjene temperature kože jezgre tijela. Kao indikator pri procjeni se uzima prosječna površinska temperatura kože izmjerena na više mjesta na tijelu duž cijele površine. Vrijednost prosječne temperature kože se utvrđuje zbrajanjem umnožaka vrijednosti temperature kože mjerenih na više lokacija na tijelu i množenih s vrijednostima korekcijskih faktora za svaku pojedinu lokaciju. Što je veći broj vrijednosti lokalnih temperatura koje se zbrajaju, to je preciznija procjena prosječne temperature kože tijela [146]. Prosječna temperatura kože tijela raste pri izvođenju aktivnosti, a pada u fazama odmora [147].

EKSPERIMENTALNI DIO

3 Eksperimentalni dio

Na temelju prikazanih teorijskih osnova je provedeno istraživanje utjecaja odabira konstrukcijskog dodatka komocije odjevnog predmeta i duljine odjevnog predmeta na toplinska svojstva muških jakni i fiziološke varijable ispitanika na temelju kojih se može predvidjeti termofiziološko stanje.
U eksperimentalnom dijelu opisani su materijali, sredstva, postupci obrade, metodologija rada i primijenjeni uređaji.

3.1 Izbor odjeće za eksperimente

Za predviđene eksperimente odabrana su dva modela muških jakni namijenjenih zaštiti u prohladnom okolišu (Tab. 10 do 12). Prvi je model letačke vjetrovke, koji je izrađen s četiri iznosa konstrukcijskih dodataka komocije. Drugi je model nautičarske vjetrovke koji je izrađen s bazom na koju se mogu pričvrstiti aplikativni dodaci kako bi se mijenjala duljina kroja. Pri ispitivanjima subjektivne percepcije ispitanici su bili odjeveni u odjevne sustave u kojima su završni sloj bile izrađene muške jakne, Tab. 14.

Tab. 10: *Prikaz modela muških jakni*

Oznaka jakne	**Kombinacija tekstilnih materijala**		**Konstrukcijski parametar**	**Ispitivanje utjecaja na toplinska svojstva**	**Model**
	Osnovna tkanina	Podstava			
	Troslojni laminat PES/PTFE+PU/PES	PES			
MJ 1	*	*	D_{kom} 1	Komocije	*letačka vjetrovka*
MJ 2	*	*	D_{kom} 2		
MJ 3	*	*	D_{kom} 3		
MJ 4	*	*	D_{kom} 4		
MJ 5	*	*	D_k 1	Duljine kroja	*nautičarska vjetrovka*
MJ 5 + N 1	*	*	D_k 2		
MJ 5 + N 2	*	*	D_k 3		
MJ 5 + N 3	*	*	D_k 4		
MJ 5 + N 4	*	*	D_k 5		

Napomena: D_k – duljina kroja, D_{kom} – konstrukcijski dodatak komocije

Tab. 11: *Prikaz konstrukcijskog dodatka komocije (D_{kom}) na modelu muške jakne 1 (letačka vjetrovka) izrađenog u odjevnoj veličini 50*

Oznaka jakne	$\mathbf{O_g}$ [cm]	$\mathbf{D_k}$ [cm]	$\mathbf{D_{kom}}$ [cm]	$(\check{S}_g + \check{S}_o + \check{S}_l)$ [cm]
MJ 1	100	58	**22**	**61**
MJ 2			**26**	**63**
MJ 3			**34**	**67**
MJ 4			**38**	**69**

Napomena: O_g – opseg grudi, D_k – duljina kroja, D_{kom} – konstrukcijski dodatak komocije

Tab. 12: *Prikaz dodataka za duljinu kroja (D_k) na modelu muške modularne jakne 2 (nautičarska vjetrovka) izrađenog u odjevnoj veličini 50*

Oznaka jakne	$\mathbf{O_g}$ [cm]	$\mathbf{D_{kom}}$ [cm]	$(\check{S}_g + \check{S}_o + \check{S}_l)$ [cm]	$\mathbf{D_k}$ [cm]
MJ 5	100	24	62	**48**
MJ 5 + N 1				**68**
MJ 5 + N 2				**88**
MJ 5 + N 3				**108**
MJ 5 + N 4				**128**

Napomena: O_g – opseg grudi, D_k – duljina kroja, D_{kom} – konstrukcijski dodatak komocije

Tab. 13: *Prikaz muških odjevnih predmeta namijenjenih za ispitivanje*

Oznaka odjevnog predmeta	**Odjevni predmet**	**Konstrukcijski parametar**
1	2	3
OP 1	Muška jakna MJ 1	D_{kom} 1
OP 2	Muška jakna MJ 2	D_{kom} 2
OP 3	Muška jakna MJ 3	D_{kom} 3
OP 4	Muška jakna MJ 4	D_{kom} 4
OP 5	Muška jakna MJ 5	D_k 1
OP 6	Muška jakna MJ 5 + N1	D_k 2
OP 7	Muška jakna MJ 5 + N1+ N2	D_k 3
OP 8	Muška jakna MJ 5 + N1 + N2+ N3	D_k 4
OP 9	Muška jakna MJ 5 + N1 + N2 + N3+ N4	D_k 5
OP 10	Muške bokserice	-

1	2	3
OP 11	Muška potkošulja	-
OP 12	Muške čarape	-
OP 13	Muške traperice	-
OP 14	Muška košulja	-

Napomena: OP – odjevni predmet, D_k – duljina kroja, D_{kom} – konstrukcijski dodatak komocije

Tab. 14: *Prikaz muških odjevnih sustava (OS) namijenjenih za ispitivanje toplinskih svojstava odjeće pomoću termalnog manekena*

Odjevni sustav	**Konstrukcijski parametar**	**OP 10+ OP 11**	**OP 12**	**OP 13**	**OP 14**	**OP 1- OP 9**
OS 1	-	+	+	+	+	-
OS 2	D_{kom} 1	+	+	+	+	MJ 1
OS 3	D_{kom} 2	+	+	+	+	MJ 2
OS 4	D_{kom} 3	+	+	+	+	MJ 3
OS 5	D_{kom} 4	+	+	+	+	MJ 4
OS 6	D_k 1	+	+	+	+	MJ 5
OS 7	D_k 2	+	+	+	+	MJ 5 + N1
OS 8	D_k 3	+	+	+	+	MJ 5 + N1+ N2
OS 9	D_k 4	+	+	+	+	MJ 5 + N1 + N2+ N3
OS 10	D_k 5	+	+	+	+	MJ 5 + N1 + N2 + N3+ N4

Napomena: OP – odjevni predmet, OS – odjevni sustav, D_k – duljina kroja, D_{kom} – konstrukcijski dodatak komocije

3.1.1 Letačka vjetrovka

Ova muška jakna namijenjena je za uporabu pri avioaktivnostima (vojni i sportski piloti, te pomoćno letačko osoblje) u uvjetima umjerene klime i u prohladnim okolišima u kojima se temperatura okoliša spušta do -5 ℃. S obzirom kako je u višim slojevima atmosfere niža temperatura no uz zemlju, takve osobe su izložene naglim promjenama temperature pri svakom slijetanju i polijetanju. Od prosječnih temperatura pri boravku na kopnu ($20 - 22$ ℃), do sniženih temperatura (-5,35 ℃ na visini od 4000 m) pri letenju. Takve temperature okoliša karakteristične su za umjerena godišnja doba proljeća i jeseni. U troposferi, najnižem sloju

atmosfere od zemljine površine, stalan je vertikalni pad temperature s porastom visine od 0,65 °C za svakih 100 m visine (troposfera iznad umjerenih geografskih visina je debela 11-14 km). Sportske letjelice ne smiju letjeti na manje od 1000 stopa (0,3 km) pa u prosjeku lete na visini od 2000-3000 stopa (0,6-0,9 km), a vojni letovi nadzvučnim letjelicama izvode se na visinama od najmanje 33000 stopa (10 km) [148]. To znači da će svaki pilot doživjeti stanoviti pad temperature, od minimalno 4 stupnja za najniže visine leta. Svaka kabina stoga mora biti prikladno izolirana, ali i svaki odjevni sustav mora pružiti određenu toplinsku zaštitu.

Kratka muška zimska vodonepropusna, vjetroodbojna i paropropusna jakna sa stojećim ovratnikom od pletiva i sportskog kroja (eng. bomber jacket), Sl. 22 do 24. Izrađena je od troslojnog laminata s membranom u crnoj boji. Na prednjicama nema džepova. Rukav je sašiven iz dva dijela. Na duljini rukava je orukvica s pletivom širine 7,5 cm. Kopčanje je s prednje strane sa metalnim patentnim zatvaračem i letvicom koja se kopča sa drukerima. Na porubu na duljini jakne je također pletivo širine 7,5 cm, a uz patentni zatvarač ima završetke od osnovne tkanine. Unutrašnjost pilotske jakne je podstavljena podstavom od poliesterske tkanine. Model letačke vjetrovke konstruiran je u odjevnoj veličini 50, u skladu s tjelesnim mjerama termalnog manekena, s četiri različita dodatka na udobnost nošenja (varijanta 1-MJ 1 ima konstrukcijski dodatak komocije od 22 cm, varijanta 2-MJ 2 ima konstrukcijski dodatak komocije od 26 cm, varijanta 3-MJ 3 ima konstrukcijski dodatak komocije od 34 cm, varijanta 4-MJ 4 ima konstrukcijski dodatak komocije od 38 cm).

Sl. 22 *Modna skica modela letačke vjetrovke za ispitivanje utjecaja iznosa konstrukcijskog dodatka komocije na toplinska svojstva*

Sl. 23 *Tehnička skica modela 1 letačke vjetrovke*

Sl. 24 *Slika izrađenog modela letačke vjetrovke, simbol MJ 4*

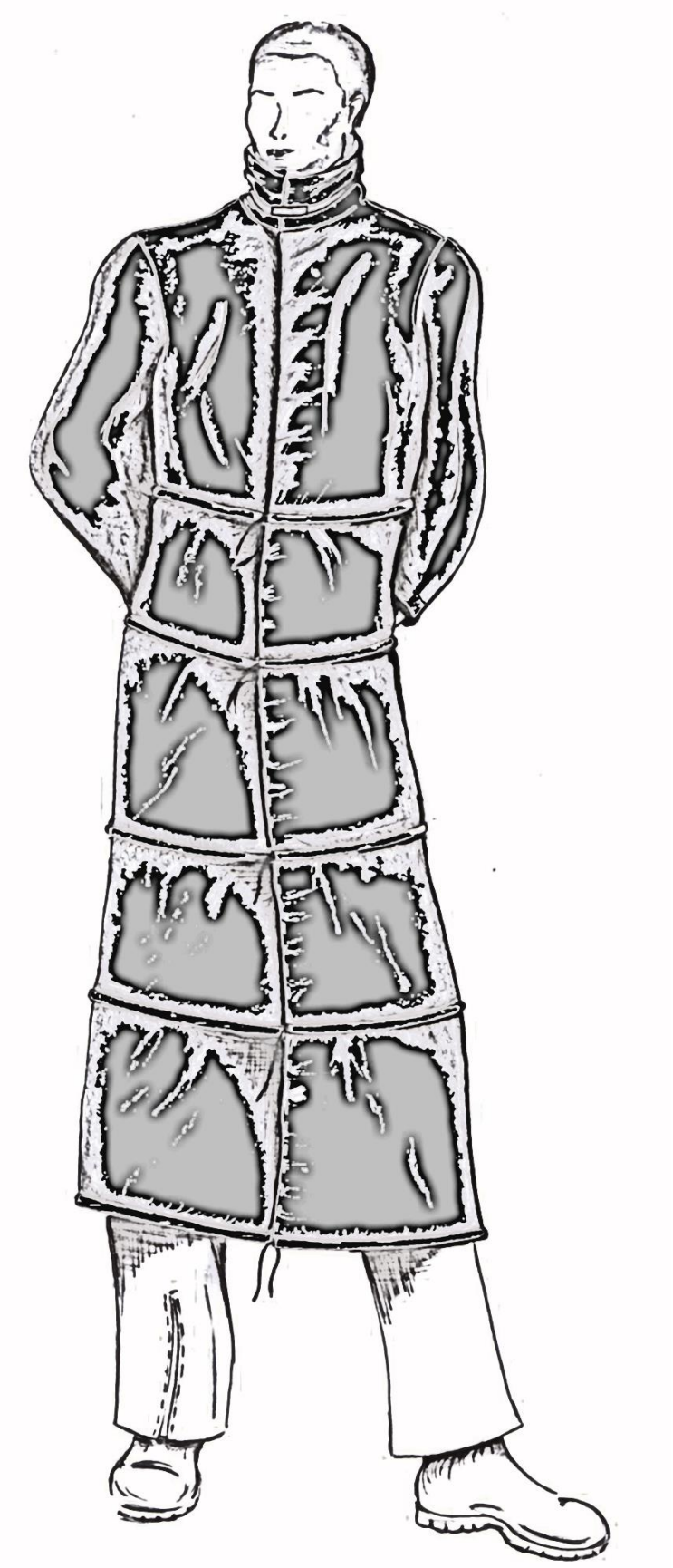
3.1.2 Nautičarska vjetrovka

Ova muška jakna namijenjena je za uporabu pri jedrenju i brodskim plovidbama (vojna obalna straža, policijska pomorska plovidba, sportski jedriličari te pomoćno mornaričko osoblje) u uvjetima umjerene klime i u prohladnim okolišima u kojima se temperatura okoliša spušta do -5 °C.

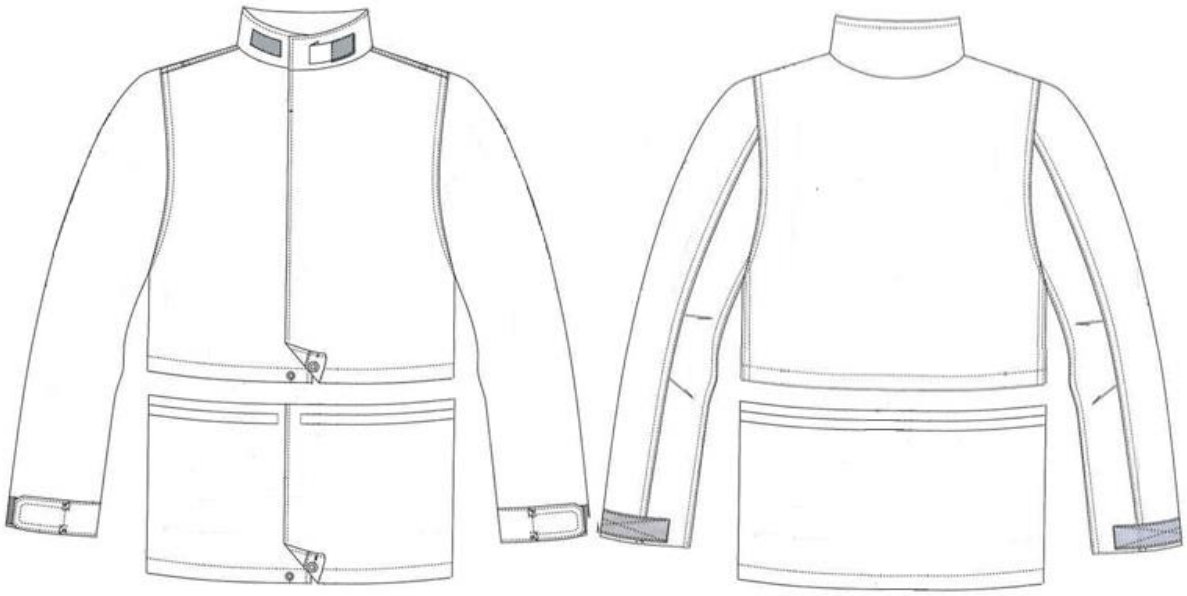
Takve temperature okoliša karakteristične su za umjerena godišnja doba proljeća i jeseni. Pri tome se u obzir uzima i utjecaj hladnoće vjetra kojemu su ovakvi korisnici izloženi.

Indeks pothlađenja vjetrom (eng. wind chill index-WCI) je empirijski indeks razvijen iz mjerenja hladnog okoliša Antartike pomoću cilindrične termos-boce djelomično napunjene vodom [56]. Indeks opisuje brzinu gubitka topline iz cilindra radijacijom i konvekcijom za temperaturu površine od 33°C, kao funkciju temperature okoliša i brzine vjetra. Drugim riječima, uslijed djelovanja vjetra na ljudsko tijelo, tijelo će percipirati okoliš mnogo hladnijim od stvarno izmjerene atmosferske temperature. Kao što je vidljivo u donjoj tablici pri temperaturi od 10 °C i brzini vjetra od 10 km/h, činit će se kao da je temperatura okoliša 8 °C. Pri toj temperaturi mala je vjerojatnost od ozeblina, ali je tijelo izloženo djelovanju hladnoće pa ga se mora toplinski zaštiti prikladnim termoizolacijskim odjevnim predmetima i sustavima.

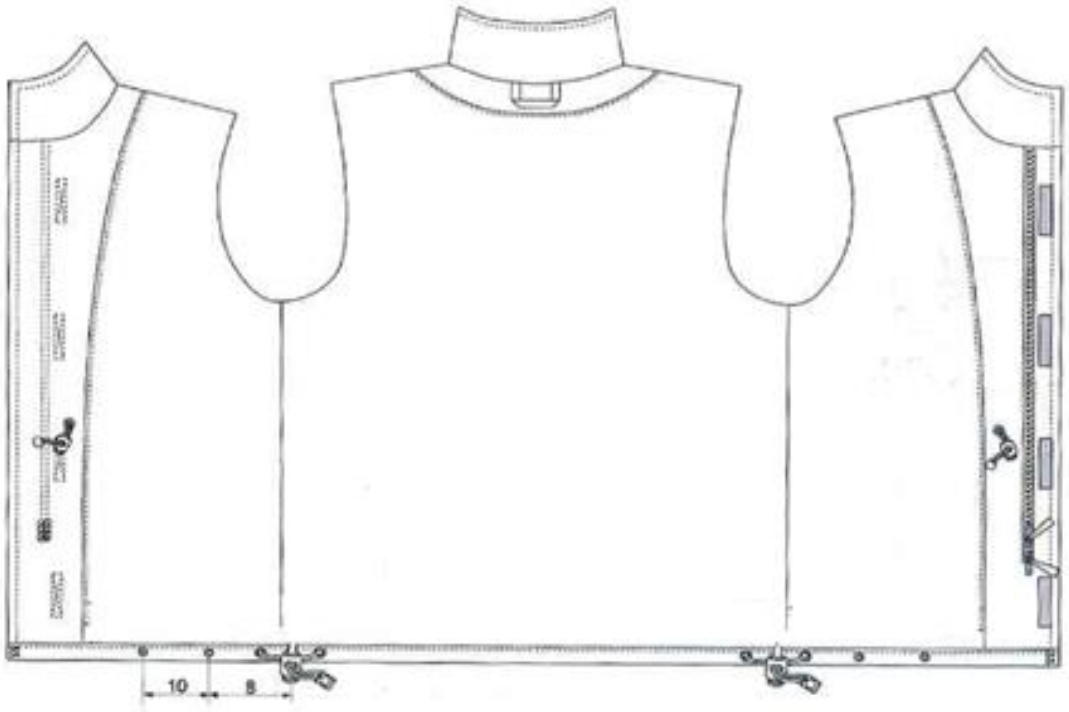
Jakna je vodonepropusna, vjetroodbojna i paropropusna, izrađena je od troslojnog laminata s membranom u crnoj boji, Sl. 25 do 29. Jakna se kopča na prednjoj strani patent zatvaračem i čičak trakom. Rukavi su iz dva dijela s našivenom orukvicom i trakom za regulaciju širine koja se kopča utisnutim gumbima (pritiskivačima). Traka na orukvici od osnovnog materijala i služi kao produžetak za regulaciju širine orukvice. U klasično izvedenom stojećem ovratniku sa stražnje strane je prorez koji se zatvara čičak trakom u koji je moguće spremiti kapuljaču. Kapuljača se pričvršćuje zatvaračem. Jakna je izrađena bez džepova s vanjske i unutarnje strane odjevnog predmeta. Na duljini jakne nalaze se čičak trake pomoću kojih se na osnovni modul jakne pričvršćuju aplikativni moduli (4 aplikativna modula), kako bi se mijenjala duljina ovog odjevnog predmeta. Izrađena je od istih materijala kao i prethodni model, Sl. 29.



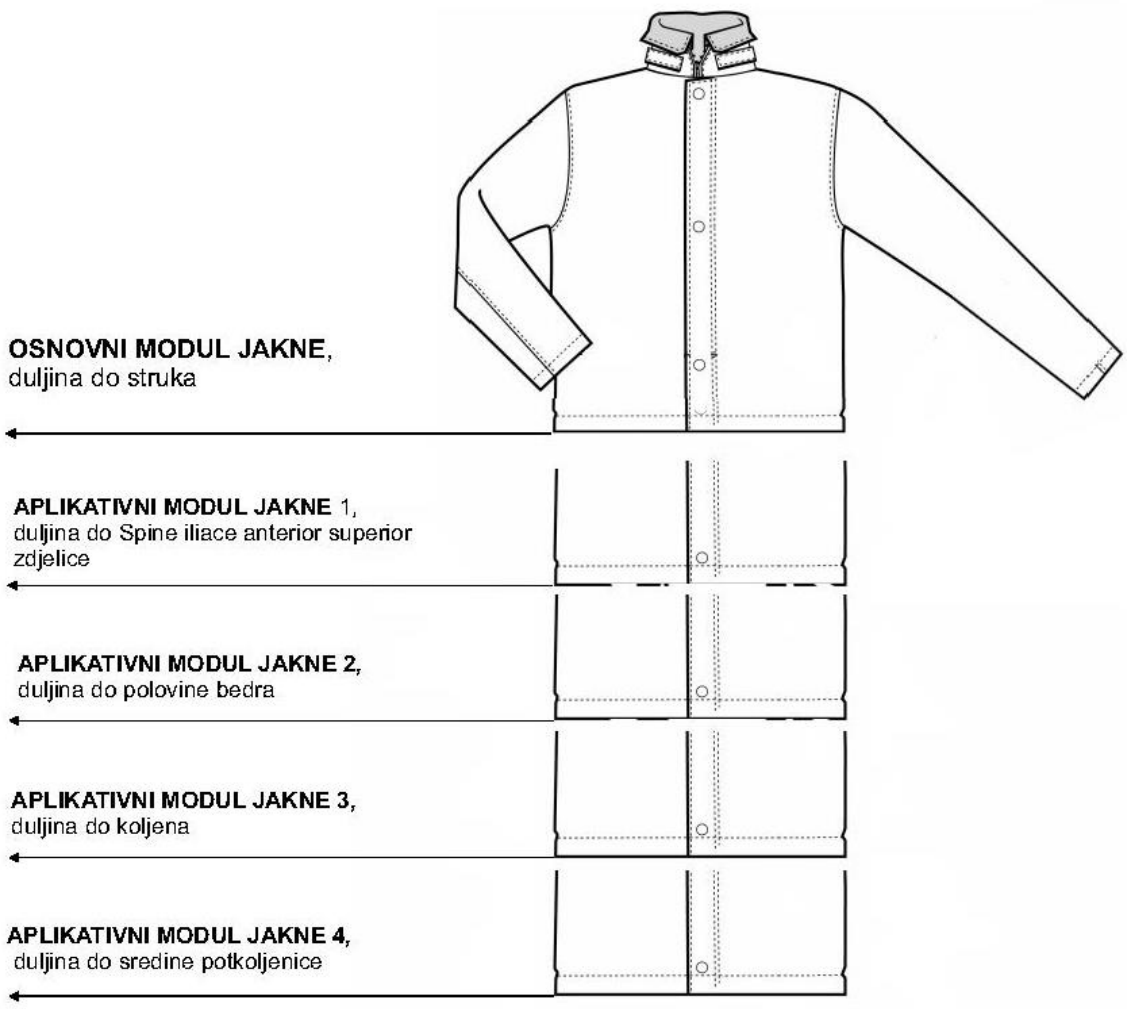
Sl. 25 *Modna skica modela nautičarske vjetrovke za ispitivanje utjecaja dodataka duljine na toplinska svojstva*



Sl. 26 *Tehnička skica modela nautičarske vjetrovke*



Sl. 27 *Tehnička skica rastvorene školjke nautičarske vjetrovke bez prikazanih rukava*



Sl. 28 *Primjer kombinacije osnovnog modula muške jakne i aplikativnih modula kojima se mijenja duljina jakne*

Model nautičarske vjetrovke konstruiran je s jednim baznim modulom duljine 48 cm i četiri aplikativna nastavka za povećanje duljine kroja (bazni modul + aplikativni nastavak 1=duljina kroja 68 cm, bazni modul + aplikativni nastavak 1 + aplikativni nastavak 2=duljina kroja 88 cm, bazni modul + aplikativni nastavak 1 + aplikativni nastavak 2 + aplikativni nastavak 3=duljina kroja 108 cm, bazni modul + aplikativni nastavak 1 + aplikativni nastavak 2 + aplikativni nastavak 3 + aplikativni nastavak 4=duljina kroja 128 cm). Međutim pri ispitivanjima se je u obzir uzeo i bazični odjevni sustav koji nije uključivao jaknu. Bazični odjevni sustav se sastoji od: 1. muške, 2. muške bokserice, 3. muška potkošulja, 4. muške traperice i 5. muška košulja. Svi pojedinačni odjevni predmeti izrađeni su od 100 % pamuka.

MJ 5

MJ 5+N1

MJ 5+N1+N2

MJ 5+N1+N2+N3

MJ 5+N1+N2+N3+N4

Sl. 29 *Fotografije kombinacije osnovnog modula muške jakne i aplikativnih modula kojima se mijenja duljina jakne*

3.2 Materijali

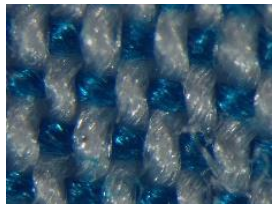
Za izradu vanjske školjke muških jakni odabran je troslojni laminat. Odabran je troslojni laminat tt. Čateks d.d. (lice 100 % PES, membrana (politetrafluoretilen) PTFE / (poliuretan) PU, 100 % PES (poliester). 2. sloj je laminirana membrana miješanog sirovinskog sastava PTFE i PU, i njene su pore tako male da ne dopušta prodiranje kapljica vode iz okoliša, ali dopušta prodiranje molekula vodene pare i znoja iz prostora mikroklime. PTFE membrane su osjetljive na ulja, znoj i kemikalije iz sredstava za održavanje higijene pa se na PTFE membranu nanosi tanak sloj PU. GORE-TEX membrane imaju bikomponentnu laminatnu strukturu i oleofobni premaz. Pri odabiru materijala od kojih su se izradile jakne, vodilo se, prije svega, računa o unaprijed definiranoj namjeni jakni. Svi materijali za izradu jakni morali su biti vjetroodbojni, paropropusni i vodonepropusni. Dvoslojni laminat (lice 100 % PES, membrana 100 % PTFE) pak s druge strane ima veću paropropusnost i dišljivost u odnosu na troslojni laminat, ali je PTFE membrana jako osjetljiva na abrazije i stoga bi senzori za mjerenje temperature i vlage mikroklimatskog pojasa, mehanički oštetili na naličju laminiranu PTFE membranu. Postoji i dvoslojni laminat lice 100 % PES, membrana 100 % PU. Taj laminat nije odabran jer poliuretanska membrana ima niži indeks permeabilnosti vodene pare pa takvi laminati imaju manje pogodnu fiziološku udobnost pri nošenju. Što je vrijednost ukupnog otpora isparavanja vodene pare (R_{et}) materijala bliža 0, to takav materijal pruža veći ukupni otpor isparavanja vodene pare. Stoga se biraju laminati sa što većom R_{et} vrijednošću (što bliže 1). Pri tome su laminati s ugrađenom PTFE membranom propusniji za prolazak molekula vodene pare i znoja, odnosno zasićenog zraka iz mikroklimatskog pojasa u okoliš. Time takvi laminati pružaju bolji osjećaj termofiziološke ugodnosti nositelju od laminata s PU membranom. S druge pak strane, moralo se voditi računa o toplinskim karakteristikama takvih laminata. Što je veća vrijednost otpora prolasku topline ispitivanog laminata, to su ti laminati veći toplinski izolatori. Međutim, kako je primarna namjena jakni da pružaju optimalan osjećaj topline u umjerenim klimatskim uvjetima, što znači da takve jakne ne moraju pružiti maksimalnu toplinsku zaštitu, birani su laminati s optimalnim stupnjem dišljivosti i toplinske zaštite. Manje vrijednosti otpora prolasku topline materijala (R_{ct}) će pokazivati laminati s licem i membranom sa 100 % PES sirovinskim sastavom i tanji materijali. Troslojni laminati su deblji pa imaju bolja izolacijska svojstva od dvoslojnih laminata, ali i manju dišljivost i paropropusnost (ali su stoga neugodniji za nošenje). PU membrana daje bolja izolacijska svojstva od PES i PTFE membrana, ali je PTFE membrana najugodnija za ispitanike jer ima najpogodnija fiziološka svojstva.

Za podstavni materijal se odabrala PES tkanina, kako bi se dobilo dva sloja mikroklimatskog pojasa jakne, i kako bi se povećao toplinski kapacitet jakne (jakna sa ugrađenim slojem PES klasične podstave je bolji toplinski izolator, od jakne sa ugrađenom mrežastom podstavom). S obzirom da je opći zahtjev na jakne bilo svojstvo vodonepropusnosti i vjetroodbojnosti, u skladu s time su se nadovezali zahtjevi na vrste šavova i način spajanja krojnih dijelova. Svi šavovi vanjske školjke moraju također biti vodonepropusni, pa su svi klasični šivani šavovi vareni PU vodonepropusnim trakama pomoću stroja za toplotno spajanje. Svi su šivani šavovi naslojeni PU trakom za toplotno/ultrazvučno spajanje, kako bi se osigurala vodonepropusnost šavova. Pri odabiru materijala od kojih su se izradile jakne, vodilo se računa o parametrima koji ti materijali moraju zadovoljiti, kako bi se u kasnijim fazama istraživanja moglo provesti skeniranje tih odjevnih predmeta pomoću 3D skenera. Najbolje rezultate kod skeniranja postiže svjetlo siva nijansa, crvene nijanse i svijetle boje. Što se tiče utjecaja površine, najpogodniji predmeti trebaju imati grubu zrnatu površinsku strukturu, odnosno matiranu površinu kako bi se smanjio utjecaj refleksije prilikom snimanja 3D skenerom. Što je tamnije obojena površina skeniranog objekta i što je površina glađa, to je veća refleksija i manja razlučivost skeniranog oblaka točaka (svjetlucave, metalizirane i staklene površine se teško skeniraju).

Provedena je analiza strukturnih parametara pri čemu se utvrdio vez i struktura pletiva, tkanina, laminata, debljina materijala, površinska masa, masa, sirovinski sastav te je provedena analiza zrakonepropusnosti. Strukturne i opće karakteristike odabranih materijala za izradu testnih uzoraka muških jakni prikazane su u Tab. 15.

Tab. 15: *Strukturne i opće karakteristika materijala za izradu muških jakni*

Oznaka tekstilnog materijala	**Mikroskopski prikaz* i vrsta veza**	g [g/m^2]	h_1 [mm]	h_2 [mm]	V_N [l/m^{2}s]
1	2	3	5	6	7
Osnovna tkanina	Keper vez	189,20	0,4463	0,3800	0
Podstava-PES	Platno vez	54,58	0,1113	0,0776	121,4
Pletivo za izradu potkošulja	Desno-lijevo kulirno pletivo	157,14	1,0737	0,8636	1895,2

1	2	3	5	6	7
Pletivo za izradu bokserica	Desno-lijevo kulirno pletivo	134,19	0,7347	0,5202	1121,2
Tkanina za izradu košulja	 Platno vez	121,28	0,4557	0,2774	331,8
Tkanina za izradu traperica	Keper vez	425,62	1,1287	0,9240	48,4

*snimljeno stereomikroskopskim sustavom Olympus SZX 12 Univerze v Mariboru, Fakultete za strojništvo [149]

Napomena: mjerenja su provedena u skladu s međunarodnim standardima [150-152]

Napomena: Površinska masa u skladu s ISO 3801 (g), debljina materijala (h_1) pri opterećenju od 0,49035 cN/cm^2utvrđena KES-Fb 3 uređajem, debljina materijala (h_2) prema ISO 5084, zrakonepropusnost u skladu s ISO 9237 (V_N)

3.3 Konstrukcija muških jakni

Konstrukcija odjevnih predmeta izvedena je primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris [153-155], Sl. 30 do 38. Računalno je također utvrđena površina svakog pojedinačnog krojnog dijela. Termalni maneken u Zavodu za odjevnu tehnologiju je realistični aluminijski odljev muškarca visokog 1,85 m s opsegom grudi 100 cm pa je prema standardima [156-159] temeljna konstrukcija muških jakni namijenjenih ispitivanju toplinskih svojstava izvedena u odjevnoj veličini 50 (Tab. 16 do 19). Prema tjelesnoj visini i opsegu grudi u skladu s ISO/TR 10652:1991 [159], utvrđeno je kako se treba izvesti konstrukcija za atletski tip građe muškarca.

Tab. 16: *Intervali tjelesnih visina muškaraca u skladu s ISO 13402-3*

Raspon intervala	T_v [cm]											
	156	***160***	***164***	***168***	***172***	***176***	***180***	***184***	***188***	***192***	***196***	***200***
8 cm	-	156-164	-	164-172	-	172-180	-	180-188	-	188-196	-	196-204

Napomena: T_v – tjelesna visina

Tab. 17: *Tjelesni tip građe i pripadajući raspon tjelesne visine i opsega grudi prema ISO/TR 10652:1991 kojim je determinirana konstrukcija muških jakni*

Tjelesni tip	Raspon T_v [cm]														
	164			**170**			**176**			**182**			**188**		
	O_g	O_s	O_b	O_g	O_s	O_b	O_g	O_s	O_b	O_g	O_s	O_b	O_g	O_s	O_b
Atletski	-	-	-	-	-	-	88	68	91	-	-		-	-	-
	-	-	-	92	72	92	92	72	95	92	72	95	-	-	-
	-	-	-	96	76	96	96	76	97	96	76	98	96	76	99
	-	-	-	100	82	100	100	82	101	**100 ***	**82***	**102 ***	**100 ***	**82***	**102 ***
	104	88	103	104	88	104	104	88	105	104	88	106	104	88	106
	-	-	-	108	92	106	108	92	108	108	92	109	108	92	109
	-	-	-	112	96	111	112	96	111	112	96	111	112	96	113
	-	-	-	116	102	114	116	102	114	116	102	115	116	102	118

Napomena: *odgovara tjelesnim mjerama termalnog manekena, T_v – tjelesna visina, O_g – opseg grudi, O_s – opseg struka, O_b – opseg bokova.

Tab. 18: *Osnovni izrazi za izračun konstrukcijskih parametara muških jakni*

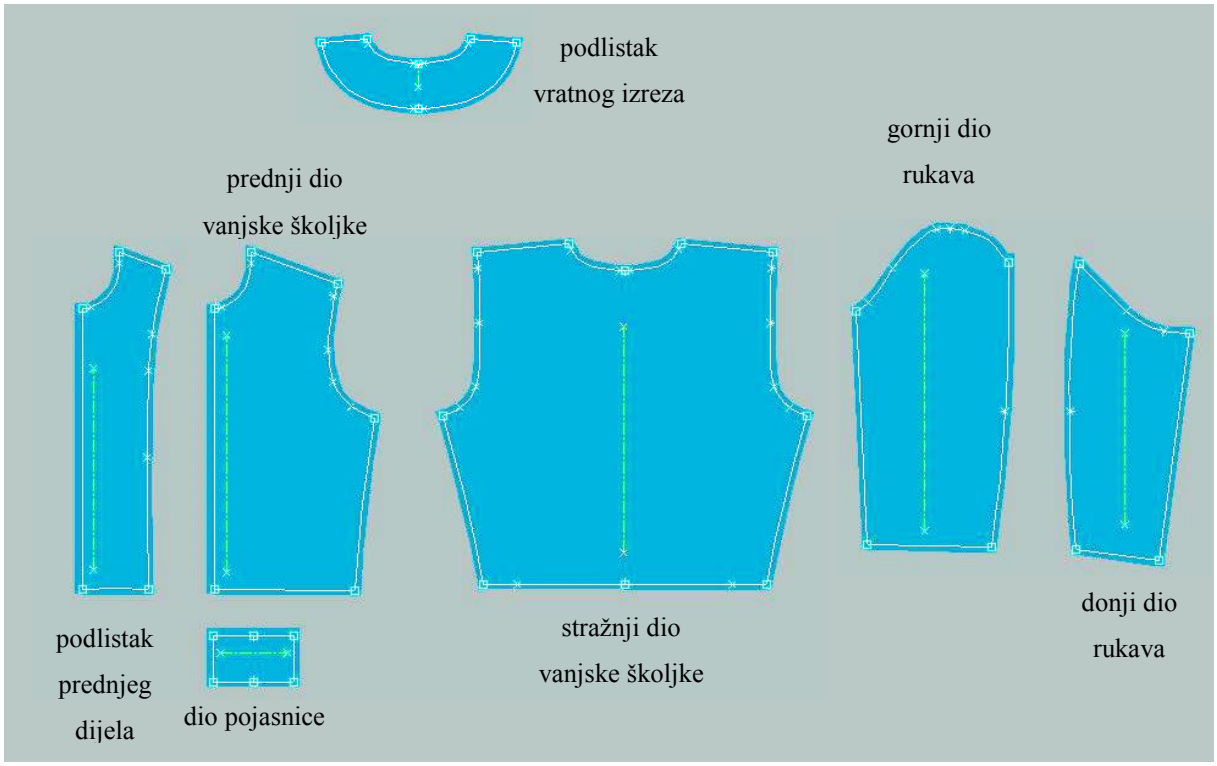
Vrsta odjevnog predmeta	Naziv konstrukcijskog parametra	Izračun konstrukcijskog parametra
JAKNA	Širina grudi, $Š_g$	2/10 Og+ 4 cm
	Širina orukavlja, $Š_o$	1/8 Og+ 7 cm
	Širina leđa, $Š_l$	2/10 Og+ 3 cm, za Og≤100 cm; 1/10 Og+13 do 14 cm, za Og>100 cm
	Širina struka, $Š_s$	1/4 Os+ 1 cm

Napomena: $Š_g$ – širina grudi, $Š_o$ – širina orukavlja, $Š_l$ – širina leđa, $Š_s$ – širina struka

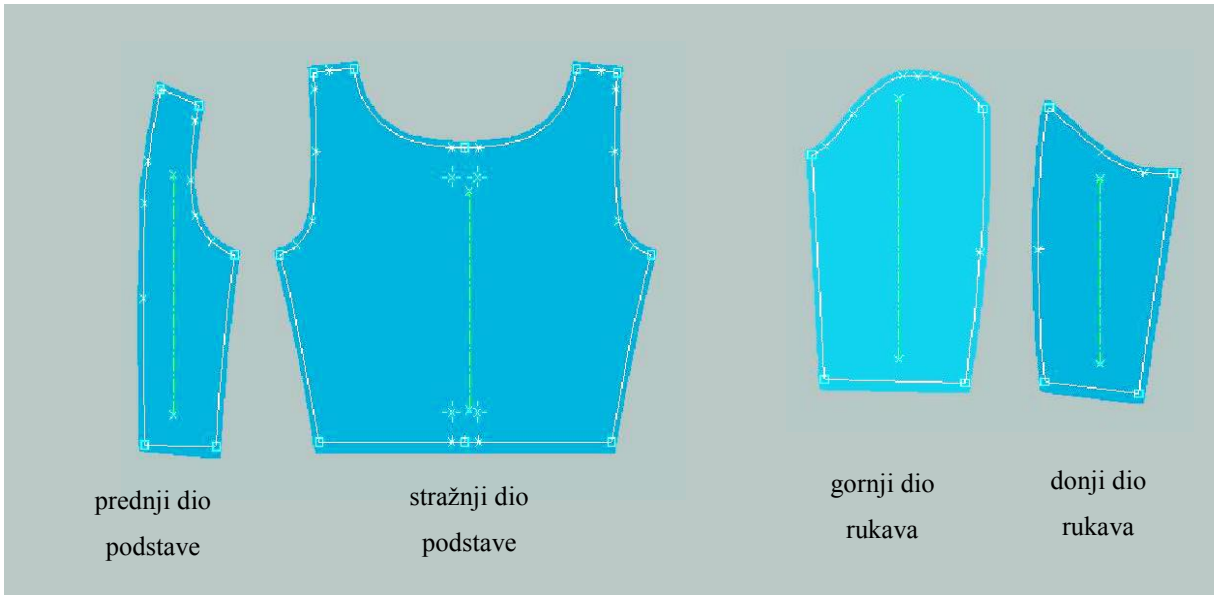
Tab. 19: *Mjere varijanti modela letačke vjetrovke u odjevnoj veličini 50*

Oznaka mjere	**Dimenzije** [cm]			
VARIJANTA MODELA	**1**	**2**	**3**	**4**
$O_{p.g.}$	122	126	134	138
$O_{p.s.}$	118	122	130	134
$O_{p.d.}$	104			

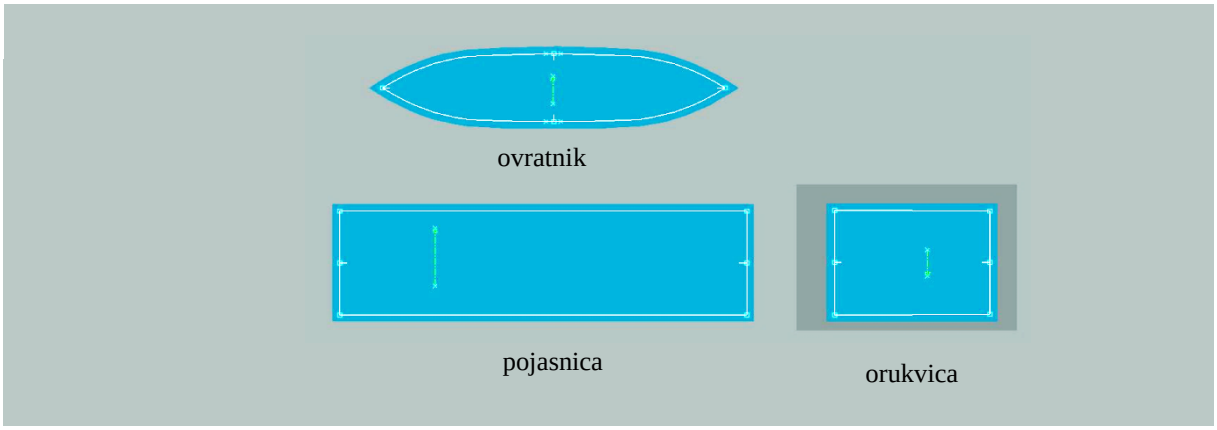
Napomena: $O_{p.g.}$ – opseg odjevnog predmeta na liniji opsega grudi, $O_{p.s.}$ – opseg odjevnog predmeta na liniji opsega struka, $O_{p.d.}$ – opseg odjevnog predmeta na duljini



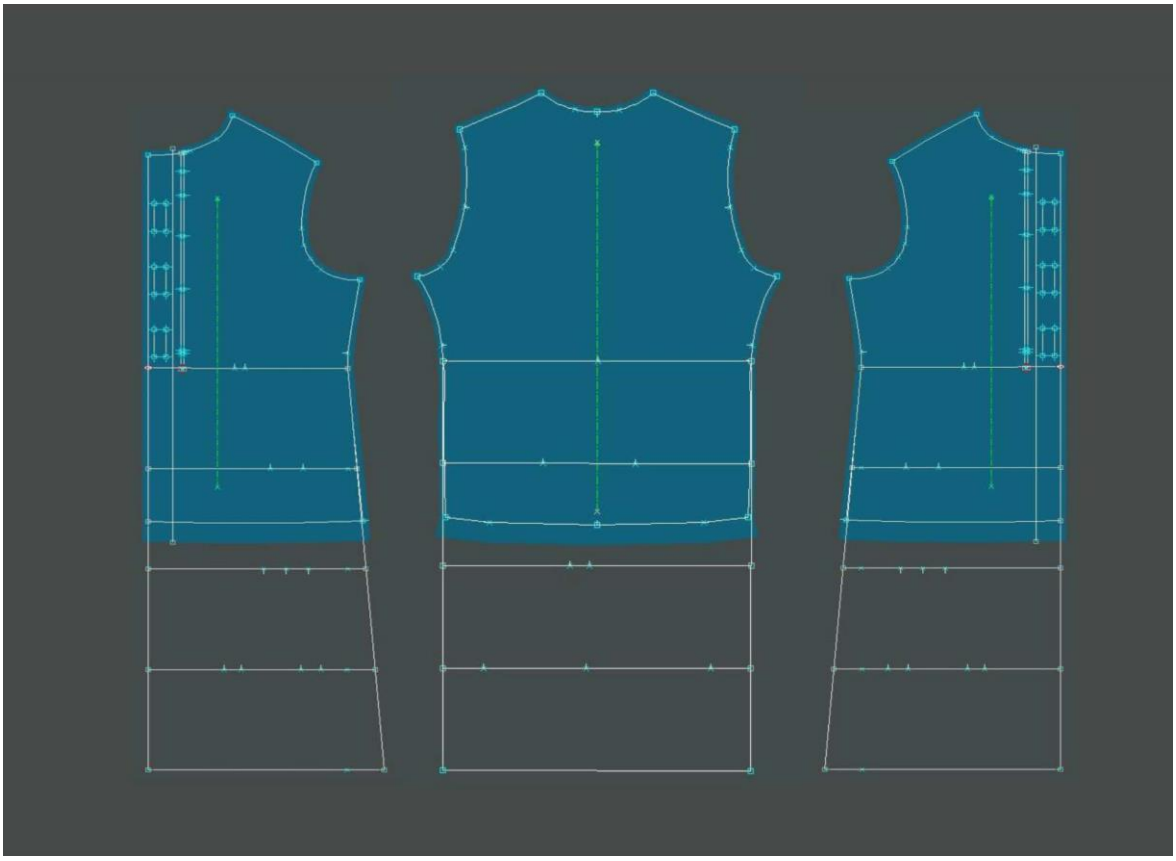
Sl. 30 *Prikaz modeliranih krojnih dijelova osnovne tkanine varijante modela letačke vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris*



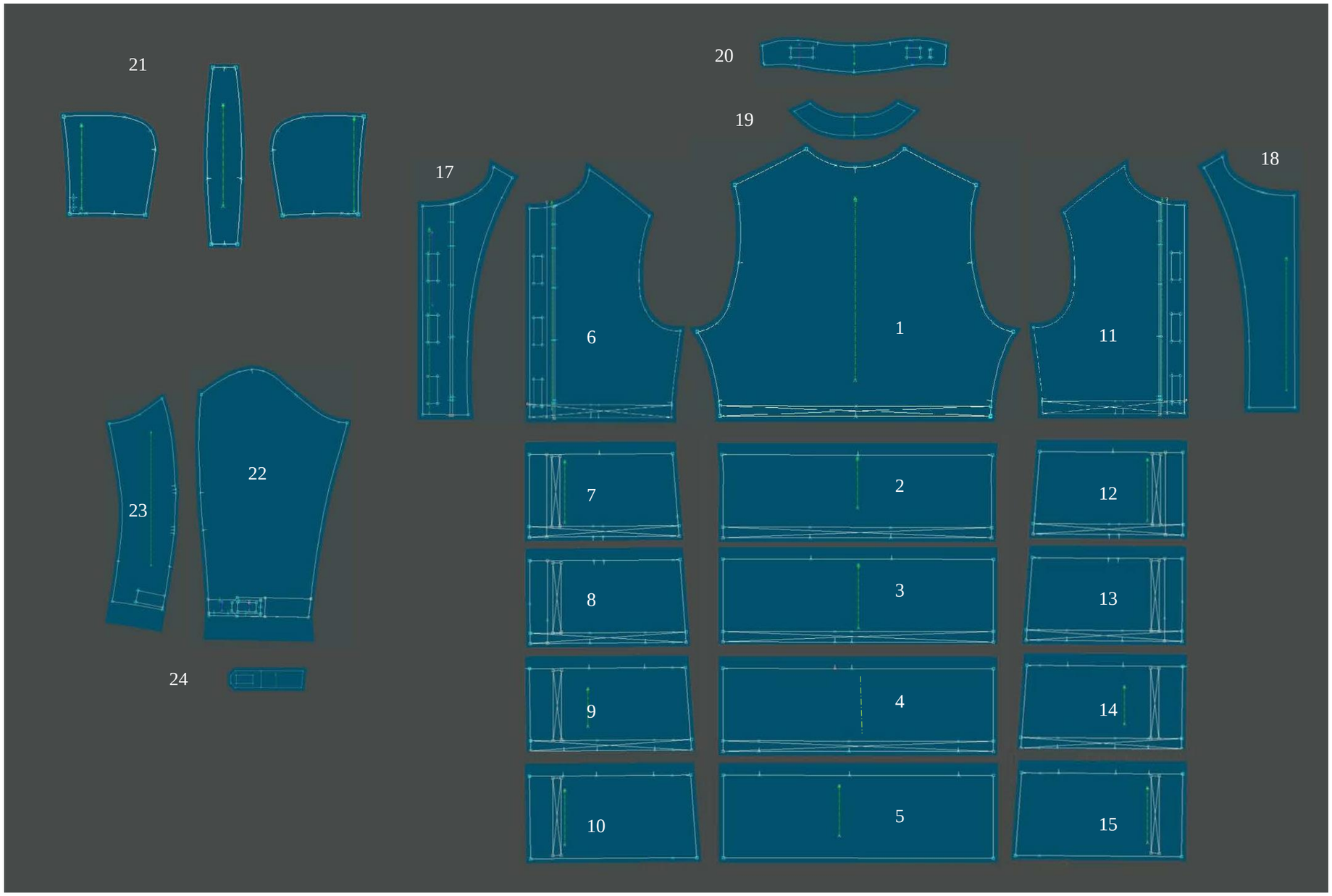
Sl. 31 *Prikaz modeliranih krojnih dijelova podstave varijante modela letačke vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris*



Sl. 32 *Prikaz modeliranih krojnih render pletiva varijante modela letačke vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris*

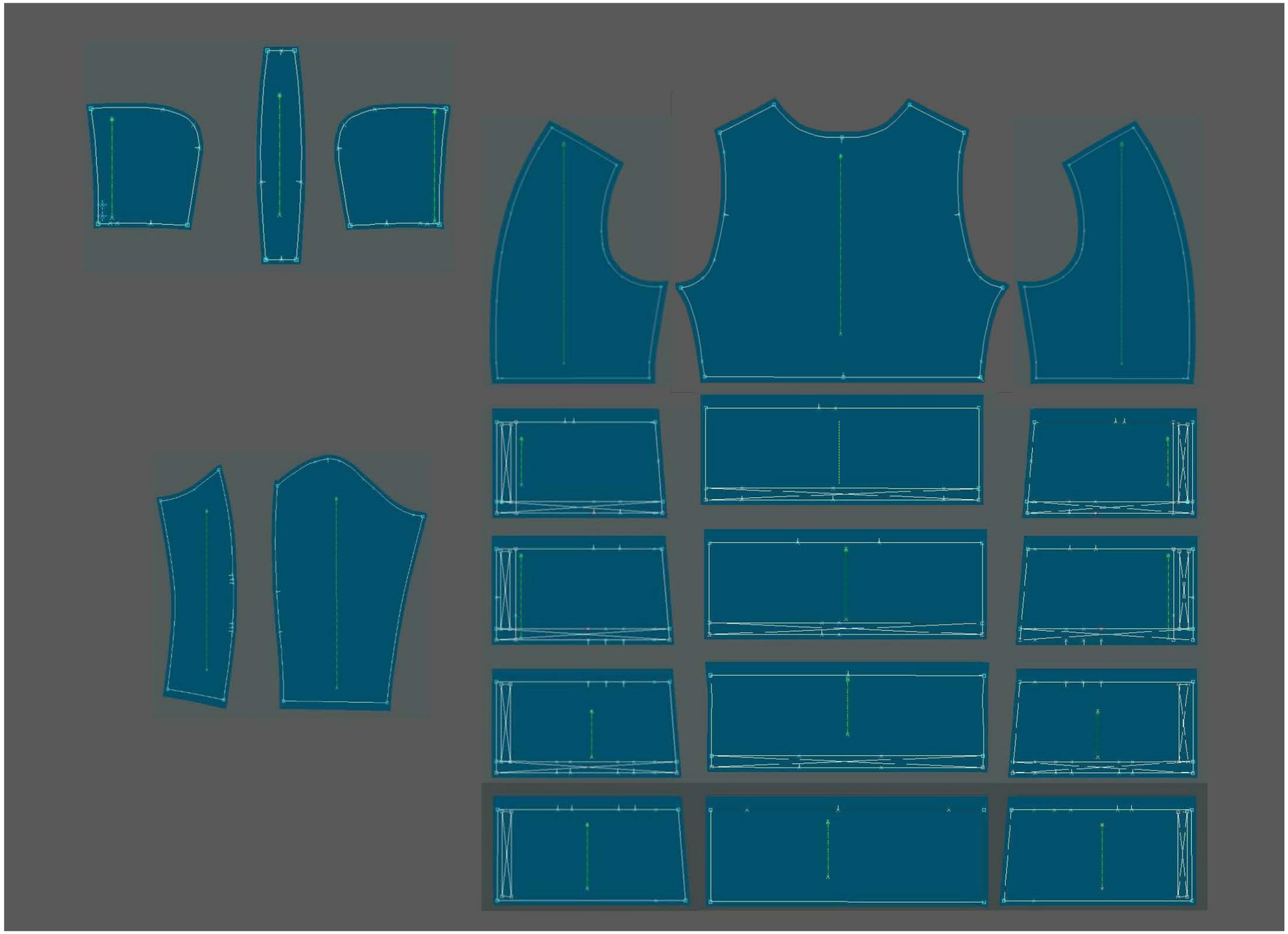


Sl. 33 *Prikaz određivanja pozicije spajanja modula nautičarske vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris*

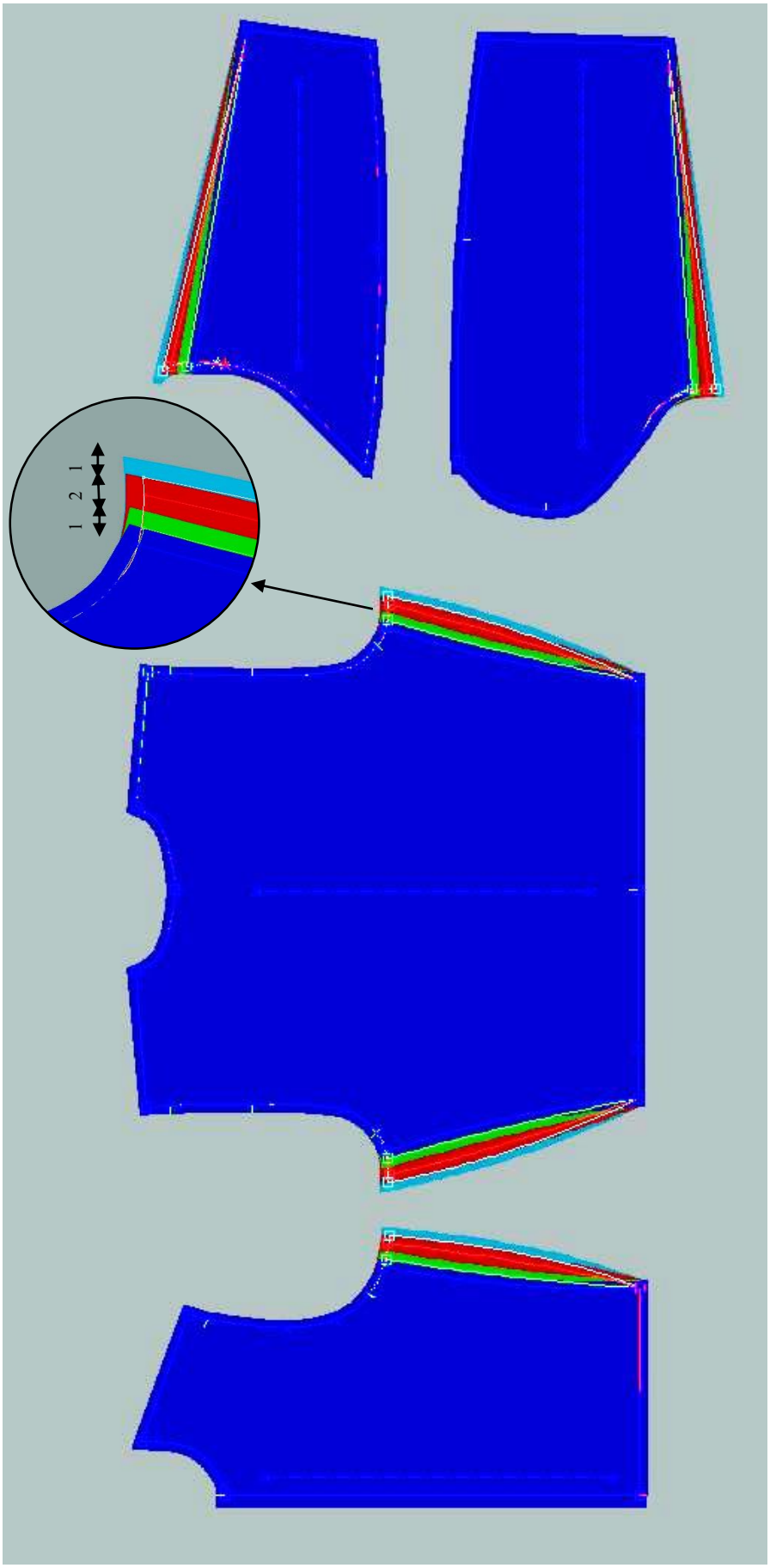


Popis krojnih dijelova:
1.stražnji dio
2. 1. aplikativni nastavak stražnjeg dijela
3. 2. aplikativni nastavak stražnjeg dijela
4. 3. aplikativni nastavak stražnjeg dijela
5. 4. aplikativni nastavak stražnjeg dijela
6. lijevi prednji dio
7. do 10. aplikativni nastavci lijevog prednjeg dijela
11. desni prednji dio prednji dio
12. do 15. aplikativni nastavci desnog prednjeg dijela
17. podlistak za kopčanje lijevog prednjeg dijela
18. podlistak desnog prednjeg dijela
19. podlistak vratnog izreza
20. ovratnika
21. krojni dijelovi kapuljače
22. gornji dio rukava
23. donji dio rukava
24. letvica za kopčanje

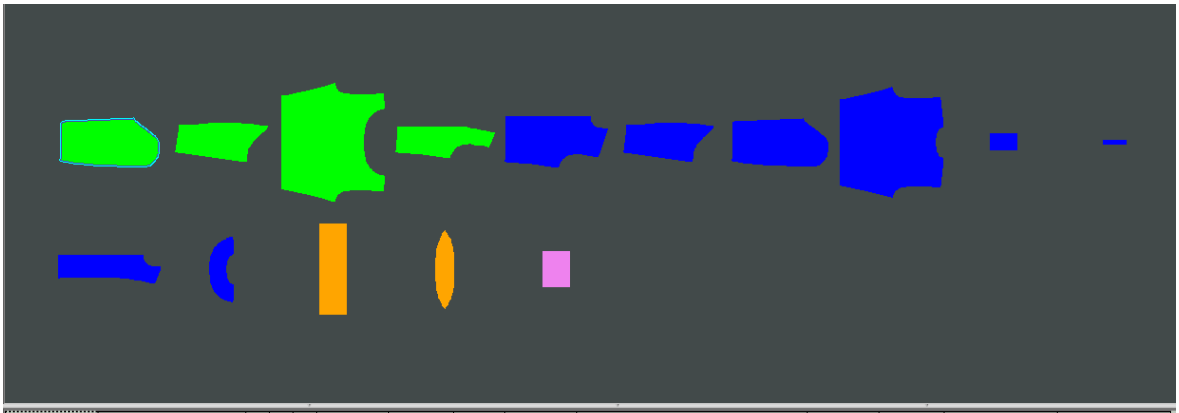
Sl. 34 *Prikaz modeliranih krojnih dijelova osnovne tkanine vanjske školjke modela nautičarske vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris*



Sl. 35 *Prikaz modeliranih krojnih dijelova podstave modela nautičarske vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris*

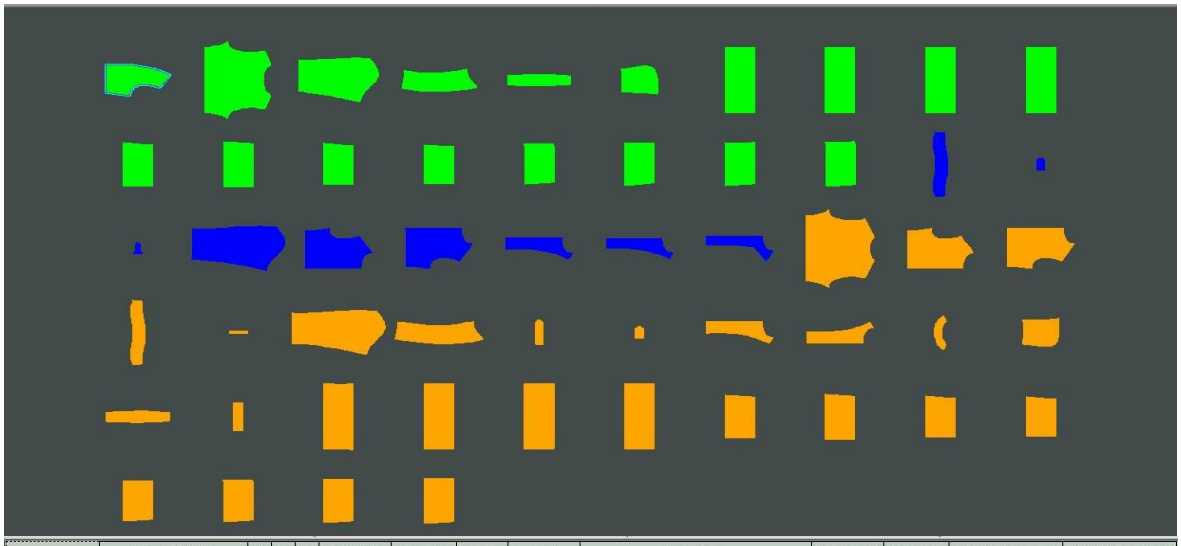


Sl. 36 *Prikaz razlika u opsegu grudi i struka varijanti modela letačke vjetrovke*



	Ime k.dijela	S	D	DV	materijal	Kat.mat.	Poruka	acd	komentar	simetrija	rotacija	skupljanje po X	skupljanje po Y
1	1R1P	0	1	0	P	1		2XPODSTAV	GORNJI RUKAV PODSTAVA	0	0.00	1	1
2	1R2P	0	1	0	P	1		2XPODSTAV	DONJI RUKAV PODSTAVA	0	0.00	1	1
3	1LEP	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	STRAZNJI DIO PODSTAVA	0	0.00	1	1
4	1PRP	0	1	0	P	1		2XPODSTAV	PREDNJI DIO PODSTAVA	0	0.00	1	1
5	1PRS	0	1	0	S	1		2XSUKNO	PREDNJI DIO SUKNO	0	0.00	1	1
6	1R2S	0	1	0	S	1		2XSUKNO	DONJI RUKAV SUKNO	0	0.00	1	1
7	1R1S	0	1	0	S	1		2XSUKNO	GORNJI RUKAV SUKNO	0	0.00	1	1
8	1LES	1	0	0	S	1		1XSUKNO	STRAZNJI DIO SUKNO 1X	0	0.00	1	1
9	1DPS	0	1	0	S	1		2XSUKNO	DONJI DIO PREDNJEG DIJELA SUKNO	0	0.00	1	1
10	1VSS	1	0	0	S	1		1XSUKNO	VJESALICA SUKNO 1X	0	0.00	1	1
11	1KBS	0	1	0	S	1		2XSUKNO	PODLISTAK PREDNJEG DIJELA SUKNO	0	0.00	1	1
12	1NKS	1	0	0	S	1		1XSUKNO	PODLISTAK VRATNOG IZREZA STR.D.	0	0.00	1	1
13	1REP	1	0	0	R	1		1XRENDER	RENDER POJASNICE 1X	0	0.00	1	1
14	1REK	1	0	0	R	1		1XRENDER	RENDER OVRATNIKA	0	0.00	1	1
15	1ROR	0	1	0	RE	1		2XRENDER	RENDER ORUKVICA	0	0.00	1	1

Sl. 37 *Prikaz varijante modela letačke vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris*



	Ime k.dijela	S	D	DV	materijal	Kat.mat.	Poruka	acd	komentar	simetrija	rotacija	skupljanje po X	skupljanje po Y
1	IVANAPRP	0	1	0	P	1		2XPODSTAV	PREDNJI PODSTAVA 2X	0	0.00	1	1
2	IVANALEP	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	STRAZNJI DIO PODSTAVA	0	0.00	1	1
3	IVANAR1P	0	1	0	P	1		2XPODSTAV	GORNJI RUKAV PODSTAVA	0	0.00	1	1
4	IVANAR2P	0	1	0	P	1		2XPODSTAV	DONJI RUKAV PODSTAVA	0	0.00	1	1
5	27670KPP	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	SREDINA KAPULJACE PODSTAVA 1X	0	0.00	1	1
6	27670KAP	0	1	0	P	1		2XPODSTAV	KAPULJACA PODSTAVA 2X	0	0.00	1	1
32	IVANA DP1	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	DIO STRAZNJEG DIJELA PODSTAVA	0	0.00	1	1
34	IVANA DP2	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	DIO STRAZNJEG DIJELA PODSTAVA	0	0.00	1	1
36	IVANA DP3	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	DIO STRAZNJEG DIJELA PODSTAVA	0	0.00	1	1
38	IVANADP4	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	DIO STRAZNJEG DIJELA PODSTAVA	0	0.00	1	1
40	IVANADPP	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	DIO LIJEVOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
42	IVANA PP1	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	DIO LIJEVOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
44	IVANA DPP	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	DIO LIJEVOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
46	IVANAPP4	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	DIO LIJEVOG PTREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
48	IVANA DDP	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	DIO DESNOG PREDNJEG DIJELA PODST	0	0.00	1	1
50	IVANA TDP	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	DIO DESNOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
52	IVANA DTS	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	DIO DESNOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
54	IVANA PDD	1	0	0	P	1		1XPODSTAV	DIO DESNOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
7	IVANAKRB	1	0	0	BI	1		BILJEZENJ	OVRATNIK BILJEZENJE	0	0.00	1	1
8	IVANADSB	1	0	0	BI	1		BILJEZENJ	REGULATOR SIRINE	0	0.00	1	1
9	IVANASRB	1	0	0	BI	1		BILJEZENJ	PODLISTAK REGULATORA SIRINE	0	0.00	1	1
10	IVANAR1B	1	0	0	BI	1		BILJEZENJ	GORNJI RUKAV BILJEZENJE	0	0.00	1	1
11	IVANALPB	1	0	0	BI	1		BILJEZNJE	LIJEVI PREDNJI DIO BILJEZENJE	0	0.00	1	1
12	IVANADPB	1	0	0	BI	1		BILJEZENJ	DESNI PREDNJI DIO BILJEZENJE	0	0.00	1	1
13	IVANALKB	1	0	0	BI	1		BILJEZENJ	LIJEVI PODLISTAK PR. D. BILJEZEN	0	0.00	1	1
14	IVANAZLB	1	0	0	BI	1		BILJEZENJ	BILJEZENJE ZATVRACA L.PR.D.	0	0.00	1	1
15	IVANADZB	1	0	0	BI	1		BILJEZNJE	BILJEZENJE ZATVARACA D.PR.D.	0	0.00	1	1
16	IVANALES	1	0	0	S	1		1XSUKNO	STRAZNJI DIO SUKNO 1X	0	0.00	1	1
17	IVANALPS	1	0	0	S	1		1XSUKNO	LIJEVI PREDNJI DIO SUKNO 1X	0	0.00	1	1
18	IVANADPS2	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DESNI PREDNJI DIO SUKNO	0	0.00	1	1
19	IVANAKRS	0	1	0	S	1		2XSUKNO	OVRATNIK SUKNO 2X	0	0.00	1	1
20	IVANAVSS	1	0	0	S	1		1XSUKNO	VJESALICA SUKNO	0	0.00	1	1
21	IVANAR1S	0	1	0	S	1		2XSUKNO	GORNJI RUKAV SUKNO	0	0.00	1	1
22	IVANAR2S	0	1	0	S	1		2XSUKNO	DONJI RUKAV SUKNO	0	0.00	1	1
23	IVANASDR	0	1	0	S	1		2XSUKNO	REGULATOR SIRINE NA DULJINI RUKA	0	0.00	1	1
24	IVANADSR	0	1	0	S	1		2XSUKNO	DIO REGULATORA SIRINE	0	0.00	1	1
25	IVANALKS	1	0	0	S	1		1XSUKNO	LIJEVI PODLISTAK SUKNO	0	0.00	1	1
26	IVANADKS	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DESNI PODLISTAK SUKNO	0	0.00	1	1
27	IVANANKL	1	0	0	S	1		1XSUKNO	PODLISTAK VRATNOG IZREZA ST.D.	0	0.00	1	1
28	27670KAS2	0	1	0	S	1		2XSUKNO	KAPULJACA SUKNO 2X	0	0.00	1	1
29	27670SKS2	1	0	0	S	1		1XSUKNO	SREDINA KAPULJACE SUKNO 1X	0	0.00	1	1
30	27670LPZ2	1	0	0	S	1		1XSUKNO	TRAKA PRIKRIVANJA ZATVARACA	0	0.00	1	1
31	IVANA DL1	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DIO STRAZNJEG DIJELA SUKNO	0	0.00	1	1
33	IVANA DL2	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DIO STRAZNJEG DIJELA SUKNO 1X	0	0.00	1	1
35	IVANA DL3	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DIO STRAZNJEG DIJELA SUKNO 1X	0	0.00	1	1
37	IVANADL4	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DIO STRAZNJEG DIJELA SUKNO 1X	0	0.00	1	1
39	IVANADLP	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DIO LIJEVOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
41	IVANA DP12	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DIO LIJEVOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
43	IVANA DP32	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DIO LIJEVOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
45	IVANADP42	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DIO LIJEVOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
47	IVANA DDS	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DIO DESNOG PREDNJEG DIJELA SUKNO	0	0.00	1	1
49	IVANA TDS	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DIO DESNOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
51	IVANA DTP	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DIO DESNOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1
53	IVANA SDD	1	0	0	S	1		1XSUKNO	DIO DESNOG PREDNJEG DIJELA	0	0.00	1	1

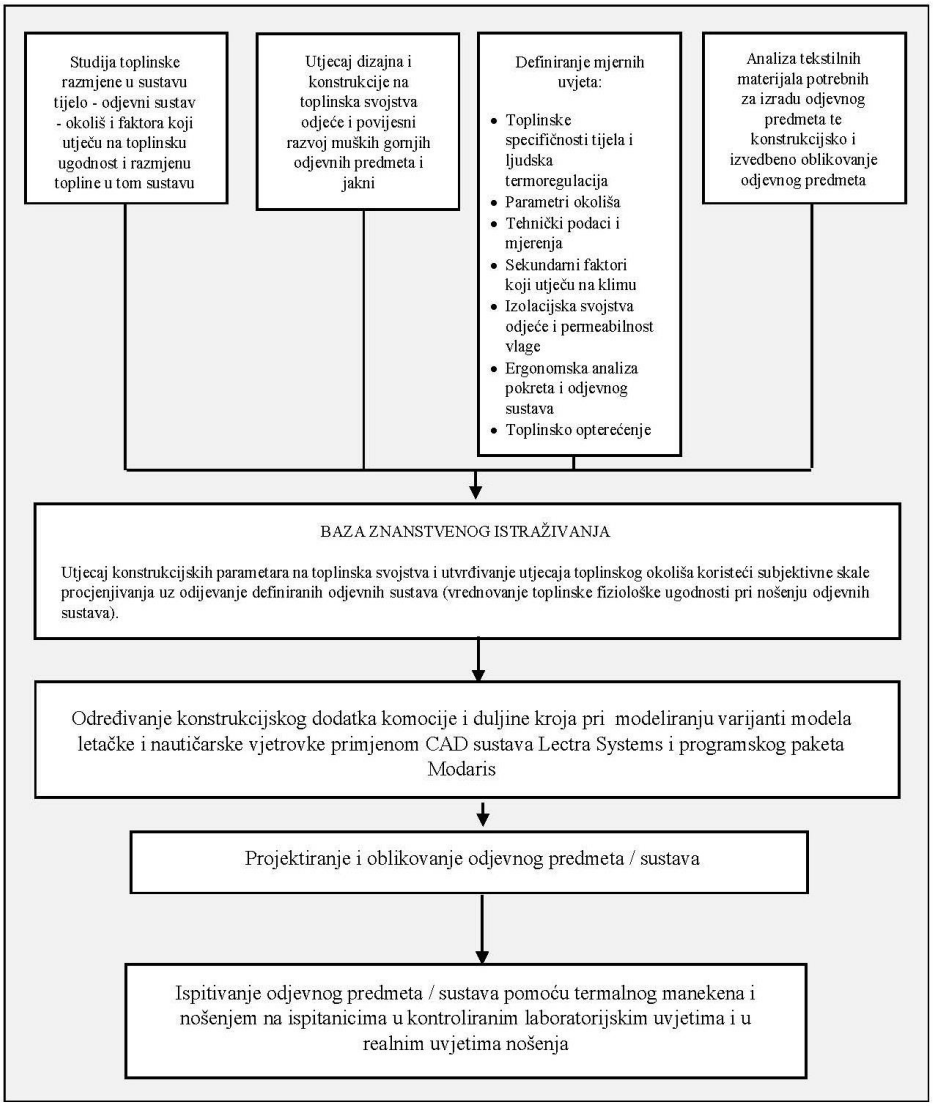
Sl. 38 *Prikaz varijante modela nautičarske vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris*

3.4 Nacrt istraživanja

Pri istraživanjima termofiziološke ugodnosti odjevnih predmeta ili odjevnih sustava valja sistematski istražiti sve utjecaje.

Pri tome su definirana 3 važna i jednakovrijedna utjecaja, Sl. 39:

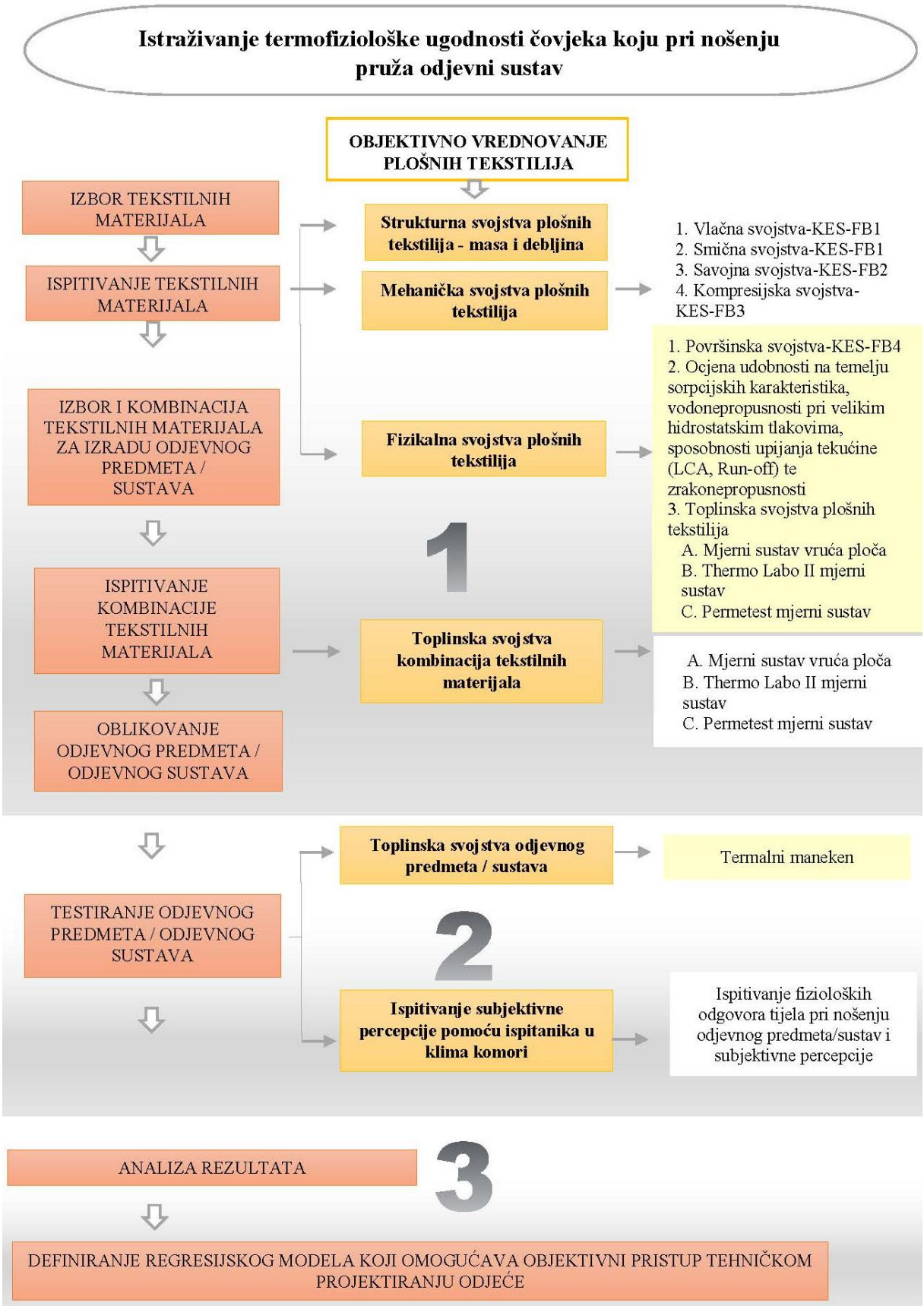
1. utjecaj mehaničkih, fizikalnih i toplinskih svojstava plošnih tekstilija i pomoćnih materijala namijenjenih za izradu konkretnog odjevnog predmeta,
2. utjecaj konstrukcijskog dodatka komocije ili duljine kroja na toplinska svojstva odjevnih predmeta i
3. utjecaj okoliša i odjeće na termofiziološku ugodnost.



Sl. 39 *Shematski prikaz baze istraživanja*

Istraživanja su se temeljila na, Sl. 40:

1. Istraživanjima razvoja muških gornjih odjevnih predmeta, odnosno jakni (dva specifična modela uobičajena u vojnoj primjeni, vojne pilotske jakne i vojne parke, odnosno letačke i nautičarske vjetrovke).
2. Kao nastavak istraživanja na planu razvoja muških jakni, provedena je studija odjevnih sustava i toplinske ugodnosti koju oni osiguravaju ljudskom tijelu u interakciji sa svojim okolišem i pri procesima razmjene topline. Kako bi se utvrdio utjecaj odjevnih sustava, odnosno predmeta na termofiziološku ugodnost proučena su osnovna fizikalna i toplinska svojstva gradbenih elemenata odjevnih predmeta, odnosno materijala, te osnovnih konstrukcijskih parametara i mikroklimatskog pojasa odjevnih predmeta.
3. Istraživanjima ljudske fiziologije s težištem na termofiziologiji ljudskog tijela.
4. Istraživanjima utjecaja svih segmenata u složenom međuzavisnom sustavu tijelo-odjeća-okoliš. S ciljem definiranja svakog pojedinog segmenta provedena su teorijska istraživanja okoliša u kojima se odvija razmjena topline, specifičnosti mikroklime ljudskog tijela koja se nalazi između tijela i odjevnog predmeta, odnosno sustava, utjecaja dizajna i konstrukcije na toplinska svojstva odjeće, te faktora koji utječu na toplinsku ugodnost.
5. Po završetku mjerenja toplinske izolacije muških jakni i odjevnih sustava termalnim manekenom pristupilo se utvrđivanju subjektivne percepcije i predviđanju termofiziološke ugodnosti stvarnih ljudskih ispitanika u laboratorijskim uvjetima nošenja izrađenih muških jakni.



Sl. 40 *Shematski prikaz plana istraživanja termofiziološke ugodnosti*

Istraživanje termofiziološke ugodnosti odjevnih sustava odvija se u tri međusobno povezana koraka:

1. Analiza toplinskih svojstava tkanina

U okviru prvog koraka istraživanja termofiziološke ugodnosti odjevnih sustava provedeno je utvrđivanje toplinskih svojstva plošnih tekstilija.

Utvrdila su se toplinska svojstva tkanina od kojih su izrađene muške jakne aparaturom KES-F7 Termo Labo II, kojom se mjeri konstanta toplinske provodnosti, otpor prolasku topline i ukupni otpor isparavanja vodene pare [160, 161]. Toplinska svojstva tekstilnih materijala koja se utvrđuju KES-F7 Thermo Labo II uređajem: toplo-hladni osjet, q_{max}, toplinska provodnost (konstantna toplinska vodljivost) s obzirom na koeficijent vodljivosti topline, λ, koeficijent sposobnosti očuvanja topline, α, specifična otpor prolasku topline materijala, specifičan otpor prolasku topline materijala, R_λ [m K/W], otpor prolasku topline materijala, R_{ct} $[m^2K/W]$ i ukupni otpor isparavanju vodene pare materijala, R_{et} $[m^2Pa/W]$.

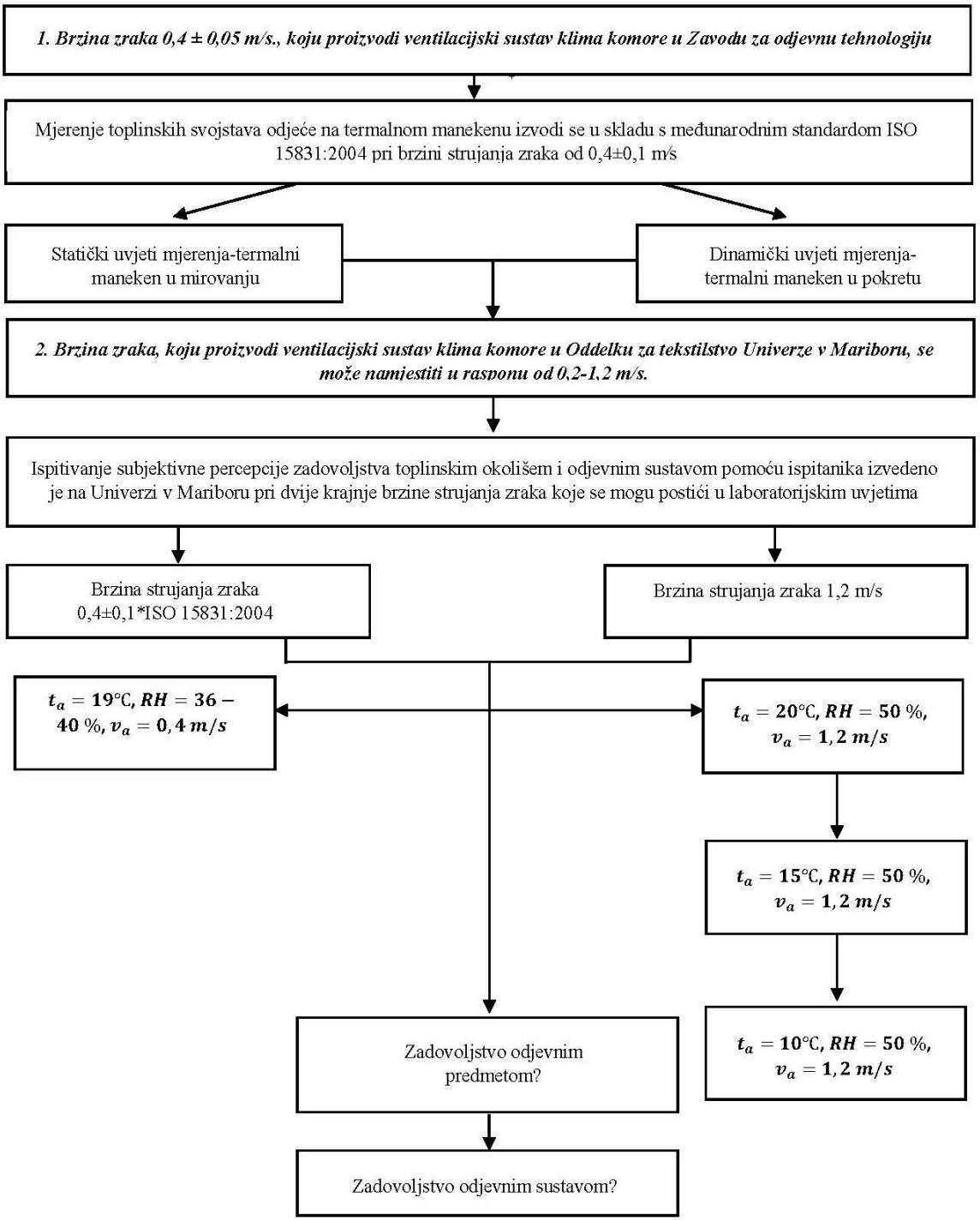
2. Analiza toplinskih svojstava odjevnih predmeta, odnosno odjevnih sustava

Analiza toplinskih svojstava odjevnih predmeta provedena je ispitivanjima suhog toplinskog toka na termalnom manekenu. Procedura ispitivanja toplinske izolacije odjevnih sustava pomoću termalnog manekena opisana je standardom ISO 15831:2004 [113]. Ispitivanja se provode s ciljem utvrđivanja efikasnosti toplinske izolacije odjeće. Toplinska izolacija odjeće se koristi kako bi se utvrdili fiziološki efekti djelovanja odjeće na nosioca u karakterističnim klimatskim uvjetima i pri specificiranima aktivnostima. Specifični odjevni predmeti, odnosno sustavi ispitani su termalnim manekenom u statičkim, odnosno dinamičkim uvjetima, kako bi se utvrdila vrijednost efektivne toplinske izolacije u skladu s uvjetima okoliša definiranim međunarodnim standardom ISO 15831:2004 ($t_a = 19$°C, $t_s = 34$°C, $v_a = 0{,}4\ m/s$).

3. Ispitivanje subjektivne percepcije zadovoljstva uvjetima okoliša i zadovoljstva nošenjem odjevnih sustava

Ispitivanje utjecaja odijevanja u specificirane odjevne predmete i odjevne sustave na zadovoljstvo ispitivanih ljudskih subjekata u zadanim uvjetima okoliša provedi se u kontroliranim uvjetima okoliša uporabom ljestvica (skala) subjektivnog ocjenjivanja [71, 162, 163]. Ovom se procjenom nadopunjavaju podaci izmjereni fizičkim i fiziološkim metodama procjene toplinskih opterećenja, Sl. 41. Mišljenja ispitanika se bilježe i na temelju njih se ocjenjuju uvjeti koji vladaju u njihovim radnim okolišima. Na početku svakog postupka

procjene trebaju se prvo sastaviti adekvatni upitnici. Važna je napomena da u svakom okolišu u kojemu bi se mogli primjenjivati upitnici, koji su sastavljeni u skladu s ovim standardom, okolišni uvjeti značajno odstupaju od toplinske neutralnosti. Pri svim ispitivanjima se u obzir mora uzeti prihvatljivo odstupanje od umjerene radne klime, kako se ne bi ugrožavalo ljudsko zdravlje. U određenom vremenskom trajanju ispitanici opetovano odgovaraju na ista postavljena pitanja kako bi se mogao utvrditi razvoj toplinskog napora, odnosno toplinske ugodnosti s vremenom pri stalnim uvjetima. Po završetku prikupljanja odgovora na postavljena pitanja postavljena u upitnicima vrši se statistička analiza rezultata. Većina radnih prostora pokazuje prostorne heterogenosti i mjestimične razlike klimatskih uvjeta. Nadalje, osobne preferencije svakog pojedinog ispitanika se razlikuju. Stoga je pri oblikovanju radnih mjesta i predlaganju optimalnih radnih uvjeta, potrebno u obzir uzeti i subjektivne preferencije ispitanika. Međutim ovakav se analitički pristup može primijeniti i pri ispitivanju ugodnosti nošenjem nekog odjevnog sustava.



Sl. 41 *Shematski prikaz plana istraživanja toplinskih svojstava odjevnih predmeta i odjevnih sustava i ispitivanja subjektivne percepcije*

3.5 Postavljanje hipoteza

Pri tehničkom projektiranju odjevnog predmeta mora se uzeti u obzir njegova specifična namjena. To uključuje specifične uvjete okoliša u kojemu će se taj predmet koristiti i aktivnosti koje će njegov nositelj izvoditi. Pri kreiranju odjevnog predmeta valja odrediti ciljnu skupinu i razmotriti sve funkcionalne i uporabne segmente odjevnog predmeta. Prvi cilj je utvrditi utjecaj iznosa konstrukcijskog dodatka komocije na toplinska svojstva odjeće. To se je postiglo promjenama opsega muške jakne u području grudi i struka u prvome modelu. Drugi je cilj utvrditi utjecaj promjene duljine jakne na toplinska svojstva odjeće. To se je postiglo dodavanjem aplikativnih nastavaka, pri čemu se svakim dodavanjem na bazu muške jakne, duljina povećavala za 20 cm.

1. hipoteza:

Prva hipoteza je da se prilagođavanjem konstrukcijskih parametra u procesu konstruiranja odjevnih predmeta (muških jakni) može utjecati na konačna toplinska svojstva odjevnih predmeta.

1a. podhipoteza:

Prva podhipoteza je da postoji povezanost između iznosa konstrukcijskog dodatka komocije i izmjerene vrijednosti efektivne toplinske izolacije muške jakne.

1b. podhipoteza:

Druga podhipoteza je da postoji povezanost između duljine muške jakne i izmjerene vrijednosti efektivne toplinske izolacije muške jakne.

Pristajalost odjevnog predmeta i volumen zarobljenog zraka u mikroklimatskom pojasu između tijela i odjevnog predmeta utječe na količinu topline koja se oslobađa s tijela u okoliš i brzinu njenog oslobađanja. Povećanjem iznosa konstrukcijskog dodatka komocije, povećat će se volumen mikroklimatskog pojasa ispunjenog zrakom i znojem koji se evaporira s ljudske kože. Pretpostavka je da se povećanjem volumena i debljine mikroklimatskog pojasa povećat će otpor zraka zarobljenog u tom pojasu i na taj način usporiti gubitak topline s tijela u okoliš. Povećanje površine odjevnog predmeta uslijed povećanja dodatka na komociju temeljnog kroja povećat će efektivnu površinu s koje se u okoliš oslobađaju toplinski gubici, ali će veći volumen zraka u mikroklimi pružati veći otpor prolasku topline sa tijela u okoliš. Pretpostavka je također kako

duljina kroja utječe na efektivnu razmjenu topline i njeno oslobađanje s tijela u okoliš. Povećavanjem dodatka na duljinu kroja, prekrit će se veća tjelesna površina, čime će se smanjiti količina izgubljene topline s tijela u okoliš i brzina njenog oslobađanja s tijela u okoliš.

2. hipoteza:

Druga hipoteza je da postoji korelacija između vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta i fizioloških varijabli tijela (vrijednost prosječne temperature kože tijela i relativne vlažnosti kože te gubitaka težine ispitanika), kojima se procjenjuje stupanj toplinske ugodnosti.

3. hipoteza:

Treća hipoteza je da postoji korelacija između efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava i ocjena ispitanika kojima se procjenjuje stupanj toplinske ugodnosti.

4. hipoteza:

Četvrta hipoteza je da kada je ljudsko tijelo u pokretu, zrak spontano prelazi iz jednog u drugi dio mikroklimatskog međuprostora, i stvara se efekt vertikalnog dizanja toplijeg zraka u viša područja mikroklime, tzv. chimney efekt ili efekt dimnjaka.

3.6 Metode ispitivanja

3.6.1 Analiza toplinskih svojstava materijala

Koraci analize materijala pomoću mjernih sustava za objektivno vrednovanje mehaničkih i fizikalnih svojstava tkanina:

1. analiza osnovne tkanine, obrade tkanina i njihov potencijalni utjecaj na izolacijska svojstva odjeće,
2. analiza podstave,
3. analiza svih tkanina odjevnih predmeta koji čine odjevne sustave za potrebe eksperimentalnih istraživanja u okviru doktorskoga rada

Analizirana svojstva materijala:

- vez i struktura upotrijebljenih materijala,
- debljina materijala,

- površinska masa,
- sirovinski sastav;
- analiza općih karakteristika: vodonepropusnost i zrakonepropusnost
- utvrđivanje toplinskih svojstva - mjerena aparaturom KES-F7 Thermo Labo II kojom se mjeri konstanta toplinske provodnosti, otpor prelasku topline i ukupni otpor isparavanja vodene pare).

3.6.1.1 Ispitivanje toplinskih svojstava materijala uporabom KES- F7 Thermo Labo II mjernog sustava

Za potrebe istraživanja ovog doktorskog rada provedeno je utvrđivanje toplinskih svojstva-mjerena aparaturom KES-F7 Thermo Labo II kojom se mjeri konstanta toplinske provodnosti, otpor prelasku topline i otpor prelaska vodene pare.
Provelo se je utvrđivanje toplinskih svojstva tkanina od kojih su izrađene muške jakne za potrebe utvrđivanja toplinskih svojstava gotovih odjevnih predmeta. Mjerenja toplinskih svojstva tkanina provedena su aparaturom KES-F7 Thermo Labo II, kojom se mjeri konstanta toplinske provodnosti, otpor prelasku topline i otpor prelaska vodene pare [164].

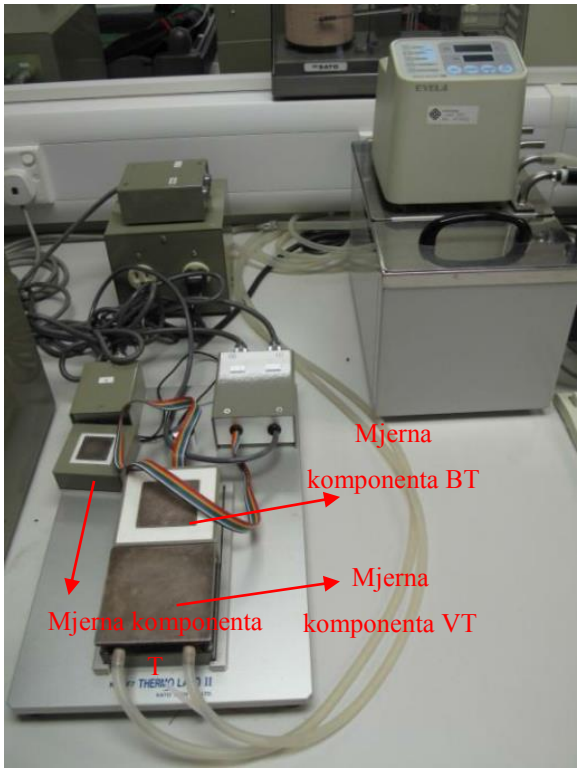
Toplinska svojstva materijala koja se utvrđuju KES-F7 Thermo Labo II uređajem:

- Toplo-hladni osjet, q_{max} $[J/cm^2\ s]$
- Konstanta vodljivosti topline, λ $[\mathrm{W/m\ K}]$
- Ukupni koeficijent prolaska topline, U $[\mathrm{W/m^2K}]$
- Specifičan otpor prolasku topline materijala, R_λ $[\mathrm{m\ K/W}]$, i otpor prolasku topline materijala, R_{ct} $[m^2K/W]$
- Ukupni otpor isparavanju vodene pare materijala, R_{et} $[m^2Pa/W]$

Komponente KES-F7 Thermo Labo II uređaja, Sl. 42:

1. Mjerna komponenta oznake *T* se koristi pri mjerenjima toplo-hladnog osjeta. Unutar bakrene ploče tijela T se nalazi precizni temperaturni senzor. Masa mjernog tijela T iznosi 9,79 g, a površina je 9 cm^2. Koeficijent prolaska topline α iznosi 4,186 $\mathrm{W/m^2K}$.
1. Mjerna komponenta, oznake *BT*, ima površinu od 25 cm^2 i debljinu od 1 mm. U njemu se nalazi toplinski izvor, a sastavljen je od BT ploče mase 150 g i kontrolne ploče. Koristimo ga za mjerenje koeficijenta vodljivosti topline λ.

2. Veća mjerna komponenta, oznake *BT*, ima površinu 100 cm^2 s toplinskim izvorom. Koristi se za mjerenje toplinskih gubitaka, izračunavanje otpora prolasku topline i otpora prolasku vodene pare.
3. Mjerna komponenta s tekućinom, oznake *VT*, služi za održavanje konstantne temperature pri mjerenju toplo-hladnog osjeta i koeficijenta vodljivosti topline λ. Voda konstantne temperature kruži unutar mjerne komponente VT.
4. Vjetrovnik.



Sl. 42 *Prikaz KES-F 7 Thermo Labo II mjernog uređaja*

3.6.1.2 Utvrđivanje toplo-hladnog osjeta

Pri utvrđivanju toplo-hladnog osjeta koristi se mjerne komponente BT, T i VT. Prvo se zagrije BT ploča na 35℃, kako bi se simulirala površinska temperatura kože ljudskog tijela. Ta se temperatura održava na konstantnoj vrijednosti (pri tome se namješta GUARD temperature na 35, 3 ℃. Potom se pritisne tipka T i na BT-ploču se položi komponentu T i ugrije se na 35℃. Kada je komponenta T ugrijana na željenu temperaturu, stisne se tipka q_{max} i položi se komponenta T na uzorak, koji je smješten na komponenti VT te se očitaju izmjerene vrijednosti.

3.6.1.3 Utvrđivanje specifičnog otpora prolasku topline materijala s obzirom na koeficijent vodljivosti topline

Pri mjerenju koeficijenta vodljivosti topline, λ, uoptrebljava se mjerna komponenta BT i mjerna komponenta s izvorom vode VT. Uzorak se položi na VT komponentu. Kada se temperatura mjernog tijela BT ustabili na 35℃, mjerno tijelo BT se položi na uzorak okrenut licem prema gore. Potom se pritisne tipku W i kada se vrijednosti ustabile, na zaslonu se očitaju vrijednosti toplinskog toka Q $[W]$ i prosječna vrijednost toplinskog toka $\bar{Q}$ $[W]$. Na temelju tih vrijednosti se izračuna koeficijent vodljivosti topline, λ:

$$\lambda = \frac{Qh}{A\,\Delta t}\,100\ [\mathrm{W}/m\ K] \qquad (63)$$

Pri čemu je:

- A je površina BT komponente, $A = 0{,}0025\ m^2$
- h je debljina tkanine koja se utvrđuje pri opterećenju od $F = 150\ gf/25\ cm^2 = 6\ gf/cm^2$ $[m]$
- Δt je temperaturna razlika između temperature BT ploče i temperature zraka $(t_{BT} - t_a)$ [℃]
- $\dot{Q}$ je toplinski tok $[W]$

Koeficijent vodljivosti topline je unutarnja konstanta tkanine određene debljine i to je koeficijent određen temperaturnom razlikom i toplinskim tokom.

Specifični otpor prolasku topline materijala, odnosno specifična toplinska otpornost materijala, R_λ [m K/W] definiran je izrazom:

$$R_\lambda = \frac{h}{\lambda} \qquad (64)$$

3.6.1.4 Ispitivanje toplinskog otpora i ukupnog otpora isparavanju vodene pare materijala

Mjerenja se provode u vjetrovniku u kojem je BT-ploča ugrijana na 35℃ Pri tome s mjeri gubitak toplinskog toka pri brzini strujanja zraka $v_a = 1\ m/s$ i temperaturi zraka $t_a = 20 \pm 2$℃.

Gubitak toplinskog toka se mjeri slijedećim metodama:

1. Suha kontaktna metoda
2. Suha beskontaktna metoda

3. Vlažna kontaktna metoda
4. Vlažna beskontaktna metoda.

Na ugrijanu mjernu komponentu BT se položi uzorak učvršćen na okvirima od polistirenske pjene, vanjskim okvirom i okvirom s mrežicom. Okvir s mrežicom se stavlja kada se mjeri suhom beskontaktnom metodom jer on onemogućava neposredni kontakt s grijaćom pločom i simulira sloj zraka. Princip mjerenja kod vlažnih metoda je jednak, ali pri tome se još koristi vlažni filtar papir kojim se simulira znojenje.

Toplinski otpor materijala, R_{ct} $[m^2K/W]$

$$R_{ct} = \frac{(\overline{T_s} - T_a)\,A}{H_C}\ [\,m^2K/W] \qquad (65)$$

Pri čemu je:

$\overline{T_s}$-prosječna temperatura kože, odnosno BT-ploče $[K]$

T_a-temperatura zraka $[K]$

H_C-suhi toplinski tok kroz tkaninu $[W]$

A-površina tijela, odnosno BT-ploče, $A = 0{,}01\ m^2$ $[m^2]$

Ukupni otpor isparavanju vodene pare materijala, R_{et} $[m^2Pa/W]$

$$R_{et} = \frac{(p_s - p_a)\,A}{H_{et}} \qquad (66)$$

Pri čemu je:

p_s je tlak na površini BT ploče $[mbar]$

p_a je tlak zraka u vjetrovniku $[mbar]$

H_{et}- toplinski tok isparavanja kroz tkaninu $[W]$

A-površina tijela, odnosno BT-ploče, $A = 0{,}01\ m^2$ $[m^2]$

3.6.2 Ispitivanje toplinskih svojstava odjevnih predmeta

Toplinska svojstva jakni ispitivala su se patentiranim mjernim sustavom za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava kompozita i odjeće, tzv. termalnim manekenom[1] u kontroliranoj klima komori. S obzirom na veliki broj muških jakni, čija su se svojstva željela

[1] Vidi poglavlje 3.1.2. Termalni maneken za ispitivanje toplinskog otpora gotovih odjevnih predmeta

ispitati, izradio se multifunkcionalni model muške jakni s modularnim aplikativnim elementima, kojima bi se predstavila svojstva većeg broja odjevnih predmeta, u ovom slučaju mijenjala se duljina kroja muške nautičarske jakne.

Ispitivanje toplinskih svojstava odjevnih predmeta (muške jakne) i odjevnih sustava (u kojima su muške jakne ključan član) provedeno je termalnim manekenom u skladu s međunarodnim standardom ISO 15831:2004 [113]. Svrha ovog dijela istraživanja bila je ispitati utjecaj odijevanja u specificirane odjevne predmete (muške jakne) i odjevne sustave (svaki se odjevni sustav sastoji od kombinacije odjevnih predmeta i to: muško donje rublje, muške čarape, muška košulja, muške traperice i jedna od varijanti muške jakne izrađena za ovu namjenu). Provedena su laboratorijska istraživanja pri čemu su se u klima komori postigli kontrolirani uvjeti okoliša. Parametri okoliša zadani prilikom mjerenja su kontrolirana ***temperatura okoliša***, zadana na vrijednost $t_{a1} = 20$°C i ***brzina strujanja zraka*** unutar klima komore, zadana na vrijednost $v_a = 0{,}4\ m/s$. Ispitivanja su se provodila u statičkim i dinamičkim uvjetima, dakle s termalnim manekenom u mirovanju i pokretu, Tab. 20 do 22.

Tab. 20: *Klimatski uvjeti pri laboratorijskim ispitivanjima toplinskih svojstava odjevnih sustava na termalnom manekenu*

Uvjeti	t_a [°C]	RH [%]	$v_a\ [ms^{-1}]$	$v_{tm}\ [ms^{-1}]$
1	19	36-40	0,4±0,1*ISO 15831:2004 (jednako brzini strujanja vjetra od 1,44 km/h)	45 dvostrukih koraka u minuti (jednako brzini od 90 koraka/min ili 0,95 m/s ili 3,4 km/h)
2	19	36-40	0,4±0,1*ISO 15831:2004 (jednako brzini strujanja vjetra od 1,44 km/h)	0 m/s

Napomena: t_a – temperatura zraka, RH – relativna vlažnost, v_a – brzina strujanja zraka, v_{tm} – brzina gibanja termalnog manekena

***Tab. 21**: Razrada ispitivanja toplinskih svojstava odjevnih predmeta i odjevnih sustava na termalnom manekenu*

Klimatski uvjeti	**Odjevni predmet**									$v_{tm}\ [ms^{-1}]$
	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	
$t_{a1} = 19$ °C, $R_H = 50$ %,	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0 m/s
$v_{a=}0{,}4 \pm 0{,}1\ ms^{-1}$	-	*	*	-	*	*	-	-	-	0,95 m/s

Napomena: OP – odjevni predmet, v_{tm} – brzina gibanja termalnog manekena

***Tab. 22**: Razrada ispitivanja toplinskih svojstava odjevnih sustava na termalnom manekenu*

Klimatski uvjeti	**Odjevni sustav**										$v_{tm}\ [ms^{-1}]$
	OS 1	OS 2	OS 3	OS 4	OS 5	OS 6	OS 7	OS 8	OS 9	OS 10	
$t_{a1} = 19$ °C, $R_H = 50$ %,	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0 m/s
$v_{a=}0{,}4 \pm 0{,}1\ ms^{-1}$	*	-	-	*	-	-	*	*	-	-	0,95 m/s

Napomena: OS – odjevni sustav, v_{tm} – brzina gibanja termalnog manekena

3.6.2.1 Ispitivanje toplinskih svojstava odjevnih predmeta termalnim manekenom

Mjerenja termalnim manekenom se mogu izvoditi u mirovanju ili pri pokretima ekstremiteta manekena kojima se simulira ljudski hod. Hod se izvodi kretnjama gornjih i donjih udova pri brzini od 45 ± 2 dvostruka koraka u minuti i pomicanjem ruku pri brzini od 45 ± 2 dvostruka pokreta ruku u minuti. Duljina koraka, odnosno pokreta ruku iznosi $63 \pm 10\ cm$ [113].

Mjerenja se izvode u intervalima od 20 minuta nakon postizanja stabilnih stacionarnih uvjeta i konstantne površinske temperature tijela manekena. Dimenzije klima komore u koju je smješten termalni maneken su $2 \times 2 \times 2\ m$ s brzinom strujanja zraka od $0{,}4 \pm 0{,}1\ m/s$ pri čemu su anemometri smješteni na različitim visinama i na udaljenosti od tijela manekena u iznosu od $0{,}5 \pm 0{,}1\ m$. Brzina zraka, koju proizvodi ventilacijski sustav klima komore, se može namjestiti u rasponu od 0-1 ± 0,05 m/s. Prije testiranja se svi odjevni predmeti moraju kondicionirati najmanje 12 h na temperaturu od $20{,}0 \pm 5$ °C i relativnu vlažnost od 50 ± 20 %.

Vrijednost relativne vlažnosti smije biti između 30 i 70 % (relativna vlažnost od 50 % je optimalna).

Temperaturni regulator na temelju podataka temperaturnih senzora održava temperaturu mjerne površine unutar granica od$\pm$ 0,1°C. Toplinska snaga koja se dovodi mjernom sustavu se mjeri unutar ±1 % od ukupnog raspona. Pri proučavanju rezultata mjerenja dobivenih mjerenjem vrijednosti toplinske otpornosti s napravom opisanom u ovom radu može se uočiti stalna ovisnost rezultata o radu mjerne opreme i dobra reproducibilnost [130].

Vrijednosti ukupne toplinske izolacije izračunale su se paralelnim modelom pri kojemu se ukupna toplinska izolacija aproksimira cijelom površinom tijela manekena:

a) pri mjerenjima u stacionarnim uvjetima

$$I_t = \frac{(T_s - T_a)\,A}{H_c} \qquad [m^2\,K/W] \qquad (67)$$

b) pri mjerenjima u dinamičkim uvjetima

$$I_{tr} = \frac{(T_s - T_a)\,A}{H_c} \qquad [m^2\,K/W] \qquad (68)$$

Pri čemu je:

I_t – ukupna toplinska izolacija mjerena u stacionarnim uvjetima,

I_{tr} – ukupna toplinska izolacija mjerena u dinamičkim uvjetima,

T_s – prosječna temperatura površine manekena

$$T_s = \sum_i f_i\ T_{si}\ [K] \qquad (69),$$

H_c – ukupna snaga potrebna za zagrijavanje manekena

$$H_c = \sum_i H_{ci} \quad [W] \qquad (70).$$

Prije početka utvrđivanja toplinske izolacije odjeće valja provesti ispitivanje neodjevenog manekena, kako bi se utvrdio toplinski otpor zračnog sloja, koji okružuje tijelo termalnog manekena (tzv. test neodjevenog manekena [113]). Testiranje neodjevenog manekena izvodi se pri standardnim uvjetima definiranim standardima [113, 165]. Razlika između standarda ASTM F 1291-99 je u toliko što preporuča utvrđivanje toplinskog otpora okolnog zraka prije početka svake serije mjerenja, a obavezno jednom u 60 dana, dok se prema ISO 15831:2004 takvo ispitivanje mora provesti obavezno prije svake serije ispitivanja toplinske izolacije odjeće.

Pri proučavanju vrijednosti dobivenih mjerenjem vrijednosti toplinske otpornosti i otpora vodene pare termalnim manekenom ne može se isključiti stalna ovisnost rezultata o radu aparature. Stoga je uvedena konstanta, koja uključuje otpor, koji pruža sama aparatura i rubni sloj zraka. Rubni sloj zraka se nalazi iznad površine testiranog odjevnog predmeta ili odjevnog sustava, a karakterizira ga određena brzina i stupanj turbulencije. Toplinski otpor zraka oko termalnog manekena (eng. thermal insulation of boundary air layer, I_a [m^2 K/W]) je svojstvo topline i mjeri se kao temperaturna razlika pri kojoj materijal pruža otpor toplinskom toku, u ovom slučaju aluminij od kojega je izrađen termalni maneken. Stoga vrijednost I_a, smatramo unutarnjom vrijednošću aparature, a ona se utvrđuje mjerenjima neodjevenog termalnog manekena.

Kako bismo odredili konstantu toplinskog otpora aparature, odnosno toplinski otpor zračnog sloja oko tijela termalnog manekena, I_a, moramo namjestiti temperaturu mjerene cjeline t_s na 34℃ i temperaturu zraka t_a na vrijednost koja je 12℃ niža od vrijednosti okolnog zraka u klima komori uz relativnu vlažnost od 30-70 % pri čemu je v_a- brzina zraka iznad površine testiranog uzorka 0, 4 m/s. Prije početka bilježenja rezultata važno je pričekati da sve veličine postignu konstante vrijednosti. Potrebno je izračunati vrijednost I_a prije početka svakog ispitivanja toplinskog otpora odjevnih predmeta, odnosno sustava.

Način izračunavanja toplinske izolacije graničnog sloja zraka na neodjevenom manekenu prema paralelnom modelu [113]:

a) pri mjerenjima u stacionarnim uvjetima

$$I_a = \frac{[(\sum_i f_i \cdot T_{si}) - T_a]\, A}{\sum_i H_{ci}} \qquad [m^2\ K/W] \qquad (71)$$

b) pri mjerenjima u dinamičkim uvjetima

c) $$I_{ar} = \frac{[(\sum_i f_i \cdot T_{si}) - T_a]\, A}{\sum_i H_{ci}} \qquad [m^2\ K/W] \qquad (72)$$

Toplinski otpor odjeće (ili toplinska izolacija) u ovome doktoratu utvrđuje se u skladu s paralelnim modelom [2] prema ISO 15831:2004. Mjerenjima uporabom termalnog manekena utvrđuje se vrijednost rezultantne ukupne toplinske izolacije odjevnog sustava, I_{cle}, odnosno odjevnog predmeta, I_{clu}, Sl. 43. Na temelju tih vrijednosti izračunata je vrijednost ukupne toplinske izolacije I_t.

[2] U skladu s međunarodnim standardom *ISO 15831:2004 Odjeća-Fiziološki efekti- Mjerenje toplinske izolacije pomoću termalnog manekena*, utvrđen je izračun toplinskog otpora odjeće serijskim (toplinska izolacija odjeće ponderirana površinom) ili paralelnim modelom (toplinska izolacija aproksimirana površinom).

Efektivna toplinska izolacija odjevnog predmeta se izračunava temeljem izraza [88]:

d) pri mjerenjima u stacionarnim uvjetima

$$I_{clu} = I_t - I_a \qquad [m^2\ K/W] \qquad (73)$$

e) pri mjerenjima u dinamičkim uvjetima

$$I_{clur} = I_{tr} - I_{ar} \qquad [m^2\ K/W] \qquad (74)$$

Efektivna toplinska izolacija odjevnog sustava se izračunava temeljem izraza [88]:

a) pri mjerenjima u stacionarnim uvjetima

$$I_{cle} = I_t - I_a \qquad [m^2\ K/W] \qquad (75)$$

b) pri mjerenjima u dinamičkim uvjetima

$$I_{cler} = I_{tr} - I_{ar} \qquad [m^2\ K/W] \qquad (76)$$

Izračun ukupne toplinske izolacije aproksimirane površinom prema paralelnom modelu:

a) pri mjerenjima u stacionarnim uvjetima

$$I_t = \frac{(T_s - T_a)\ A}{H_c} \qquad [m^2\ K/W] \qquad (77)$$

b) pri mjerenjima u dinamičkim uvjetima

$$I_{tr} = \frac{(T_s - T_a)\ A}{H_c} \qquad [m^2\ K/W] \qquad (78)$$

Primjer konverzije iz $m^2\ K/W$ u clo:

a) pri mjerenjima u stacionarnim uvjetima

$$I_t = 6{,}45\ \frac{(T_s - T_a)\ A}{H_c} \qquad [clo] \qquad (79)$$

b) pri mjerenjima u dinamičkim uvjetima

$$I_{tr} = 6{,}45\ \frac{(T_s - T_a)\ A}{H_c} \qquad [clo] \qquad (80)$$

K-konverzijski faktor, $K = 6{,}45\ clo\ W/m^2K$

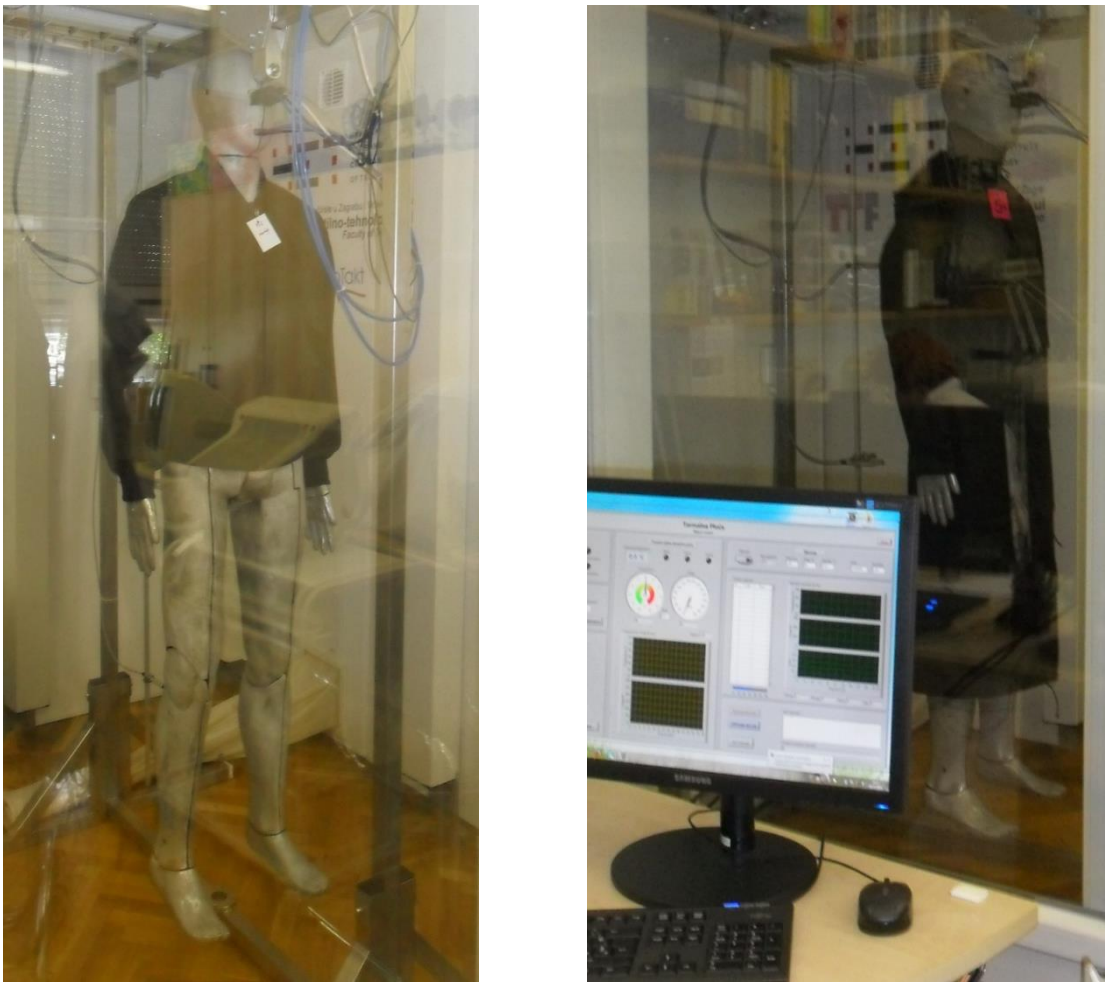
Bazična toplinska izolacija odjevnih sustava se izračunava temeljem izraza [88]:

a) pri mjerenjima u stacionarnim uvjetima

$$I_{cl} = I_t - \frac{I_a}{f_{cl}} \qquad [m^2\,K/W] \qquad (81)$$

b) pri mjerenjima u dinamičkim uvjetima

$$I_{clr} = I_{tr} - \frac{I_{ar}}{f_{cl}} \qquad [m^2\,K/W] \qquad (82)$$



a) b)

Sl. 43 a) i b) *Prikaz mjerenja izolacijske toplinske vrijednosti izrađenih modela muških jakni termalnim manekenom Zavoda za odjevnu tehnologiju*

Temperatura zraka unutar klima komore namještena je na konstantnu stabilnu vrijednost od 19 °C[3], temperatura površine termalnog manekena iznosila je 34 °C, relativna vlažnost RH 36-40 %[4], a brzina strujanja zraka v_a iznosila je 0,4 m/s [5].

3.6.2.2 Utvrđivanje faktora površine odjeće

Površina tijela neodjevenog manekena je manja od ukupne površine odjevenog manekena jer odjevni predmeti i sustavi povećavaju ukupnu površinu. To je važno pri razmatranju efektivne površine odjeće s koje se u okoliš oslobađa toplina u interakciji sustava tijelo-odjeća-okoliš. I_{cl} je određen izrazom:

$$I_{cl} = I_T - \frac{I_A}{f_{cl}} \qquad (83)$$

pri čemu je f_{cl} faktor odjevene površine i definiran je kao omjer površine neodjevenog tijela u odnosu na površinu odjevenog tijela [113, 3].

- Faktor površine odjeće (f_{cl}, eng. clothing area factor) je definiran kao omjer vanjske površine odjeće odjevene osobe i površine neodjevenog tijela [166, 167]

Matematički izraz kojim se izražava faktor površine odjeće [113]:

$$f_{cl} = \frac{A_{cl}}{A_{Du}} \qquad (84)$$

Izraz za procjenu faktora površine odjeće [88]:

$f_{cl} = 1.00 + 1.81 \cdot numerička\ vrijednost\ I_{cl}$, ako je I_{cl} izražena u $[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$ (85)

$f_{cl} = 1.00 + 0.28 \cdot numerička\ vrijednost\ I_{cl}$, ako je I_{cl} izražena u $[clo]$ (86)

Pri čemu je:

h_c – koeficijent prijelaza topline konvekcijom $[W/m^2 \cdot K]$

h_r – koeficijent prijelaza topline radijacijom $[W/m^2 \cdot K]$

[3] U skladu s međunarodnim standardom *ISO 15831:2004 Odjeća-Fiziološki efekti- Mjerenje toplinske izolacije pomoću termalnog manekena* temperatura okolišnog zraka unutar klima komore mora biti barem 12 °C niža od temperature tijela manekena koja iznosi $t_s = (34 \pm 0{,}2)$ °C.

[4] U skladu s međunarodnim standardom ISO 15831:2004 vrijednosti relativne vlažnosti mogu se kretati u dozvoljenom rasponu od 30 do 70 %.

[5] U skladu s međunarodnim standardom ISO 15831:2004 vrijednost brzine strujanja zraka mora imati konstantnu stabilnu vrijednost od $(0{,}4 \pm 0{,}1)\ m/s$.

Izraz I_A/f_{cl} označava otpor zračnog sloja oko odjevenog tijela. Njegova je vrijednost manja od otpora zračnog sloja neodjevenog tijela (I_A) stoga što odjeća povećava ukupnu površinu tijela s koje se vrši razmjena topline zrakom. To je i razlog zbog kojega je uporaba veličine I_{cl} opravdanija pri postupcima fizioloških modeliranja od veličine I_{cle}. Vrijednost faktor odjevene površine (f_{cl}) varira između 1.00 i 1.50 za većinu odjeće, koja se odijeva u zatvorenim prostorima, a teško je mjerljiv. Veličina I_{cl} se koristi za kvantificiranje izolacije odjeće [113], ali je važno zapamtiti kako ta veličina predstavlja poopćenu situaciju na razini cijeloga tijela i pomoću nje se često ne može izraziti izolacija odjeće u svakom okolišu. S obzirom da tijelo nije jednolično prekriveno odjećom, gustoća toplinskog toka varira na različitim dijelovima tijela. Dakle, ukupni toplinski gubitak s tijela se ne može izravno izračunati pomoću I_{cl}.

3.6.2.3 Programski paket Termalni maneken

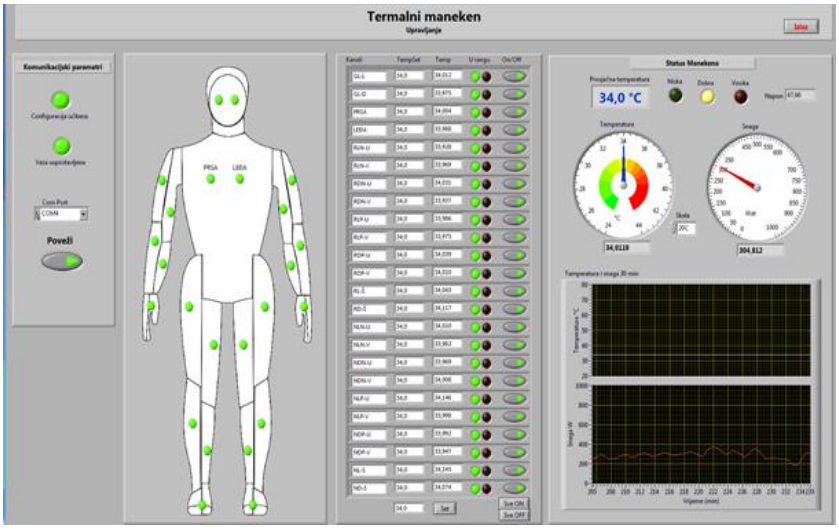
Programska podrška je, prema zamislima izumitelja, posebno izrađena za navedenu opremu u tt. Mikrotakt, Hrvatska. Tijek mjerenja se prati na zaslonu monitora te se mjerni rezultati pohranjuju u Excel modu. Na taj način se mogu pohraniti svi mjerni rezultati u bazu podataka te ih naknadno analizirati i statistički obraditi.

Mjerni sustav sadrži softver za:

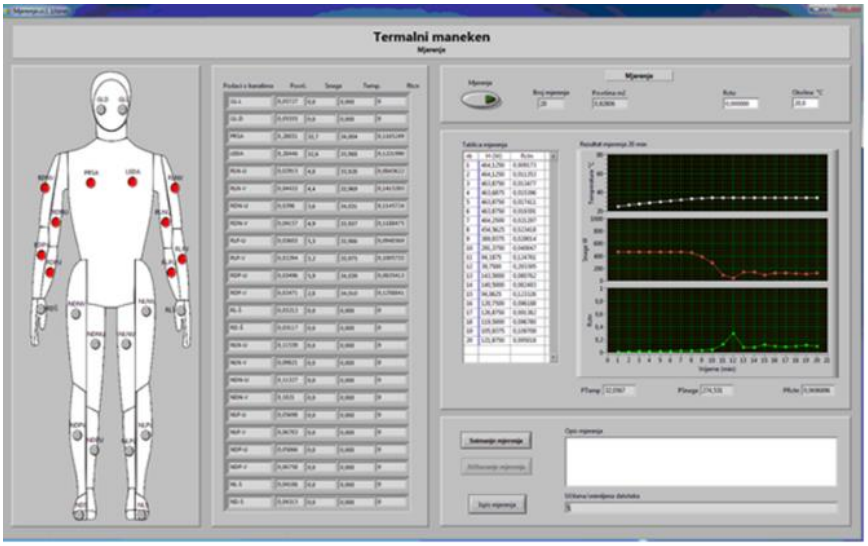
1) upravljanje metalnim modelom ljudskog tijela (izbor segmenata i određivanje temperature pojedinih segmenata modela), Sl. 44;
2) mjerenje toplinskih svojstava odjeće na modelu ljudskog tijela s dobivanjem rezultata u [m^2K/W] te u [clo], Sl. 45.

Zaslon za upravljanje termalnim manekenom, Sl. 44, ima više funkcionalnih cjelina. Razvijen je tako da se na lijevom dijelu nalaze komunikacijski parametri za uspostavljanje veze između termalnog manekena i računala. Na središnjem dijelu zaslona prikazan je termalni maneken s naznačenim segmentima. Za svaki segment prikazana je zadana temperatura. Ukoliko je trenutačna temperatura u području od $\pm\,0{,}2℃$ od zadane temperature uključena je zelena lampica, a ukoliko je van tog područja crvena lampica. Također je uključen/isključen gumb za svaki pojedini segment. Desni dio zaslona predstavlja mjerno područje u kojem su vidljivi mjereni parametri, odnosno prosječna temperatura i snaga grijača za sve uključene segmente. Na donjem dijelu zaslona iscrtavaju se dijagrami prosječnih vrijednosti. Zaslon za mjerenje na

termalnom manekenu, Sl. 45, se sastoji od dvije funkcionalne cjeline. Na lijevom dijelu je prikazan termalni maneken s naznačenim segmentima. Za svaki segment prikazana je površina (Tab. 23), trenutačna snaga koja je potrebna da se segment održava na zadanoj temperaturi, trenutačne temperature segmenata i toplinski otpor pojedinog segmenta. Desni dio zaslona predstavlja mjerno područje u kojem su vidljivi mjereni parametri, odnosno prosječna temperatura i snaga grijača mjerenih segmenata, te dijagrami prosječne izmjerene temperature, prosječna snage grijanja i prosječni toplinski otpor za mjerene segmente. Na donjem dijelu zaslona iscrtavaju se dijagrami na način da se svakih 5 s mjeri temperatura uključenih (grijanih) segmenata i snaga grijača te se svaku minutu iscrtavaju prosječne vrijednosti. Mjerenje traje 20 min što znači da se dobiju prosječne vrijednosti od 240 mjerenja. Ispod dijagrama se na kraju mjerenja automatski upisuje prosječna temperatura mjerenih segmenata, prosječna utrošena snaga te ukupni toplinski otpor. Na donjem dijelu zaslona moguće je upisati važne podatke mjerenja poput opisa mjerenja [130].



Sl. 44 *Izgled programskog sučelja za upravljanje termalnim manekenom*



Sl. 45 *Izgled programskog sučelja za mjerenje termalnim manekenom*

U Zavodu za odjevnu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta su razvijene sve hardverske komponente opisanog sustava kao i navedeni softveri. Sustav je patentno zaštićen jer ima niz originalnih elemenata. Softverski paketi su također originalno rješenje skupine autora, a koncipirani su tako da omogućavaju upravljanje mjernim sustavom, praćenje i kontrolu rada sustava, mjerenja i statističku obradu. Softver je zamišljen da može udovoljiti potrebama međunarodnih standarda, ali omogućava i podešavanje svih radnih parametara u širokom rasponu.

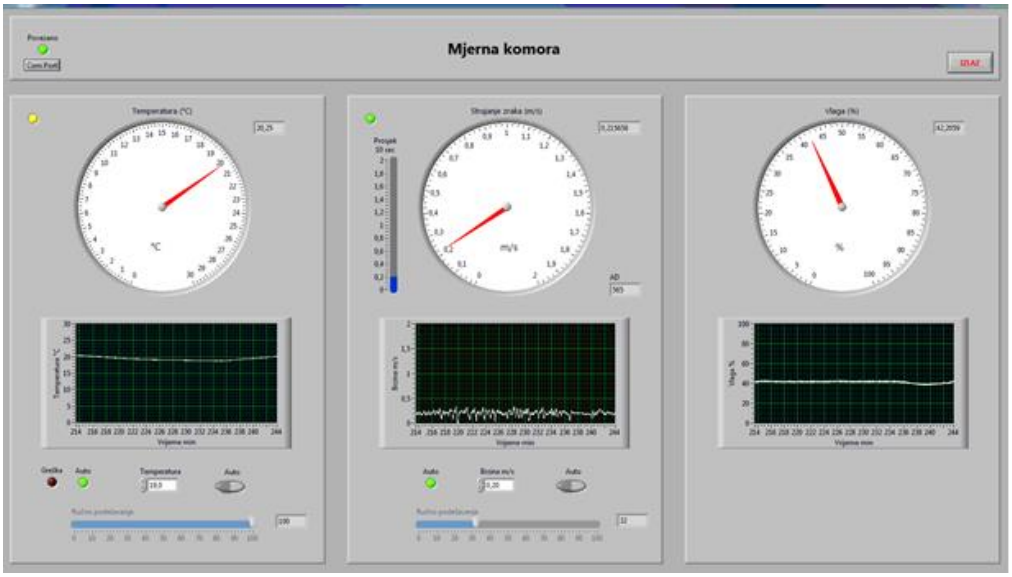
Tab. 23: *Površine segmenata termalnog manekena*

Red. br.	**Naziv segmenta**	**Oznaka segmenta**	**Površina, $A\ [m^2]$**
1	2	3	4
1.	Lijeva strana glave	GLD	0,05727
2.	Desna strana glave	GLL	0,05555
3.	Prsa	PRSA	0,28031
4.	Leđa	LEĐA	0,28446
5.	Unutarnja strana lijeve nadlaktice	RLN-U	0,02915
6.	Vanjska strana lijeve nadlaktice	RLN-V	0,04433
7.	Unutarnja strana desne nadlaktice	RDN-U	0,02960
8.	Vanjska strana desne nadlaktice	RDN-V	0,04157
9.	Unutarnja strana lijeve podlaktice	RLP-U	0,03603
10.	Vanjska strana lijeve podlaktice	RLP-V	0,02294
11.	Unutarnja strana desne podlaktice	RDP-U	0,03496

1	2	3	4
12.	Vanjska strana desne podlaktice	RDP-V	0,02471
13.	Lijeva šaka	RL-Š	0,03213
14.	Desna šaka	RD-Š	0,03117
15.	Unutarnja strana lijevog bedra	NLN-U	0,11539
16.	Vanjska strana lijevog bedra	NLN-V	0,09821
17.	Unutarnja strana desnog bedra	NDN-U	0,11327
18.	Vanjska strana desnog bedra	NDN-V	0,10210
19.	Unutarnja strana lijeve potkoljenice	NLP-U	0,05698
20.	Vanjska strana lijeve potkoljenice	NLP-V	0,06783
21.	Unutarnja strana desne potkoljenice	NDP-U	0,05866
22.	Vanjska strana desne potkoljenice	NDP-V	0,06758
23.	Lijevo stopalo	NL-S	0,04186
24.	Desno stopalo	ND-S	0,04315
Ukupna površina			1,76921

3.6.2.4 Klima komora

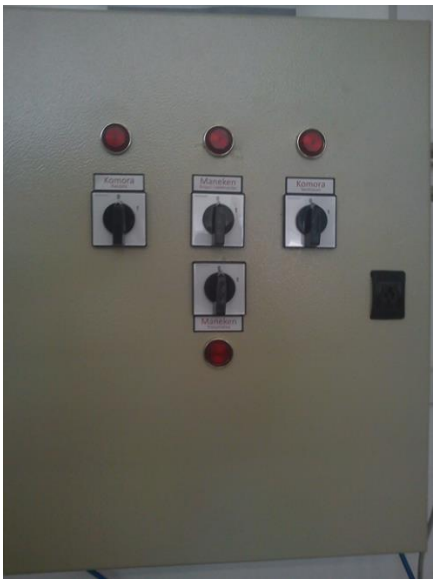
Vruća ploča za mjerenje toplinskih svojstava kompozita i termalni maneken za statička mjerenja i dinamička mjerenja pri simulaciji hodanja čovjeka se nalaze u zajedničkoj klima komori. Zaslon za upravljanje parametrima u klima komori, Sl. 46, se sastoji od tri temeljne funkcionalne cjeline. Na lijevom dijelu se nalazi segment za upravljanje temperaturom u klima komori, u središnjem dijelu je segment za upravljanje brzinom strujanja zraka, a u trećem segmentu se prati vlažnost zraka u klima komori.



Sl. 46 *Izgled grafičkog sučelja za upravljanje parametrima okoliša unutar klima komore*

3.6.2.5 Elementi sustava

Razvodna kutija ima četiri prekidača čijim se okretanjem iz položaja 0 u položaj 1 osigurava napajanje električnom energijom za odabrani uređaj, a uspješan početak napajanja signalizira svijetlo signalne lampice iznad pojedinog prekidača, Sl. 47. Prekidač 1-njegovim uključivanjem osigurava se napajanje električnom energijom rasvjete unutar klima komore. Prekidač 2-njegovim uključivanjem osigurava se napajanje električnom energijom grijača i elektronike unutar klima komore. Prekidač 3- njegovim uključivanjem osigurava se napajanje električnom energijom 8 ventilatora za cirkulaciju zraka unutar klima komore. Prekidač 4-njegovim uključivanjem osigurava se napajanje električnom energijom pneumatike unutar klima komore.



Sl. 47 *Razvodna kutija klima komore*

Klima komora sastoji se od dva segmenta, manje prostorije u kojoj se nalazi jedinica za ventilaciju, i veće, u kojoj se cirkulacija zraka postiže radom 8 ventilatora ugrađenih u bočne stupove. U većoj prostoriji su smješteni mjerni uređaji, termalni maneken i vruća ploča. Protok zraka između ta dva glavna segmenta klima komore osiguran je pomoću dva ventilatora u dnu pregradnog zida

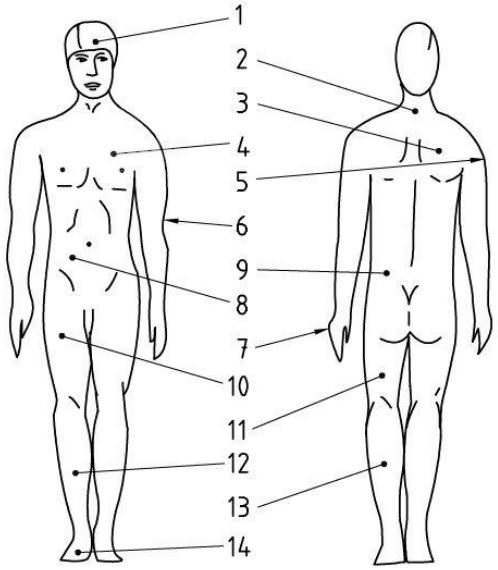
kojima se zrak upuhuje u veću prostoriju komore. Mjerni uređaji termalni maneken i vruća ploča smješteni su unutar klima komore.
Dinamičku razmjenu topline ispitujemo termalnim manekenom pri čemu vršimo ispitivanja na cijelom odjevnom predmetu, a ne samo segmentu njegove tvorbe, tkanini.
Računalima upravljamo radom klima komore i mjernih uređaja smještenih unutar nje. PC 1-računalo s instaliranim programskim paketom Termalna ploča za pokretanje i upravljanje mjernim uređajem vruća ploča. PC 2-računalo s instaliranim programskim paketom Mjerna komora za pokretanje i upravljanje klima komorom. Njime upravljamo trima osnovnim parametrima klima komore- postotkom vlage u zraku za vrijeme mjerenja, strujanjem zraka (8 ventilatora) te upuhivanjem zraka u mjerni dio klima komore (2 ventilatora). PC 3-računalo s instaliranim programskim paketom Termalni maneken za pokretanje i upravljanje mjernim uređajem termalnog manekena.

3.6.3 Ispitivanje fizioloških parametara

Fiziološki parametri ljudskog organizma ispitani u ovome radu su temperatura kože, vlažnost kože i frekvencija srca. Ispitivanje je vršeno pomoću mjernog sustava MSR 12 (Modular signal recorder).

3.6.3.1 Mjerenje temperature kože tijela

Mjerenja temperature kože tijela se provode na različitim dijelovima tijela jer temperatura kože nije jednolična na svim dijelovima tijela pomoću temperaturnih provodnika preciznosti ±0.1℃ koji mjere temperaturni raspon 25-40 ℃ [88], Tab. 24. Takva nehomogenost je prvenstveno posljedica ambijentalnih, odnosno okolišnih uvjeta [168, 169]. Mjeri se lokalizirana tjelesna temperatura (t_{sk}) na određenoj poziciji ljudskog tijela i prosječna kožna temperatura cjelokupne tjelesne površine [170]. Promjene kožne temperature su posljedica toplinske izmjene kondukcijom (vođenje), konvekcijom (strujanje, odnosno prenošenje), radijacijom (zračenje) i evaporacijom (isparavanje) na površini kože i promjenama u kožnom i arterijskom krvotoku, koji prokrvljuje određeni dio ljudskog tijela.
Uzeta je mjerna metoda utvrđivanja prosječne tjelesne kožne temperature u ovisnosti o 8 točaka (postoji opcija utvrđivanja na temelju 4 i 14 točaka), Sl. 48 [171].



Sl. 48 *Slikovni prikaz mjernih pozicija na ljudskom tijelu pri utvrđivanju prosječne tjelesne kožne temperature u skladu s ISO 9886:2004* [171]

Tab. 24: *Mjerne pozicije na ljudskom tijelu i pripadajući koeficijenti*

Mjerna metoda utvrđivanja prosječne tjelesne kožne temperature u ovisnosti o broju točaka				
1	2	3	4	5
Red. br.	**Pozicija**	**4 točke**	**8 točaka**	**14 točaka**
1.	***Čelo***		0.07	1/14
2.	***Stražnji dio vrata***	0.28		1/14
3.	***Desna lopatica***	0.28	0.175	1/14
4.	***Lijevi gornji dio prsa***		0.175	1/14
5.	***Gornji dio desne nadlaktice***		0.07	1/14
6.	***Donji dio lijeve nadlaktice***		0.07	1/14
7.	***Lijeva šaka***	0.16	0.05	1/14
8.	***Desni dio abdomena***			1/14
9.	***Lijevi donji dio leđa***			1/14
10.	***Prednja strana desnog bedra***		0.19	1/14
1	2	3	4	5
11.	***Stražnja strana lijevog bedra***			1/14
12.	***Desni prednji dio goljenice***	0.28		1/14
13.	***Lijevi list***		0.02	1/14
14.	***Gornji dio desnog stopala***			1/14

Izraz za izračunavanje prosječne temperature kože:

$$t_{sk} = \sum k_i \, t_{ski} \qquad (87)$$

Na temelju ovoga izraza i vrijednosti koeficijenata prilikom određivanja prosječne kožne temperature pomoću 14 točaka može se utvrditi vrijednost prosječne temperature kože [171, 172]:

$$t_{sk} = 0.07t_{sk-čelo} + 0.07t_{sk-vrat} + 0.07t_{sk-lopatica} + 0.07t_{sk-prsa} + \\ +0.07t_{sk-desna\ nadlaktice} + 0.07t_{sk-lijeva\ nadlaktice} + 0.07t_{sk-šaka} + 0.07t_{sk-abdomen} + \\ +0.07t_{sk-leđa} + 0.07t_{sk-desno\ bedro} + 0.07t_{sk-lijevo\ bedro} + 0.07t_{sk-goljenica} + \\ +0.07t_{sk-list} + 0.07t_{sk-stopalo} \qquad (88)$$

Rezultati mjerenje prosječne temperature kože se očitavaju svakih 30 sekundi, a prosječna temperatura kože se izračunava u skladu s izrazom i vrijednosti koeficijenata prilikom određivanja prosječne temperature kože pomoću 8 točaka u prvoj seriji mjerenja:

$$t_{sk\ (10/15/20℃)} = 0.07\ t_{sk-čelo} + 0.175\ t_{sk-desna\ lopatica} + 0.175\ t_{sk-prsa} + \\ +0.07\ t_{sk-desna\ nadlaktice} + 0.07\ t_{sk-lijeva\ nadlaktice} + 0.05\ t_{sk-lijeva\ šaka} + \\ +0.19\ t_{sk-desno\ bedro} + 0.20\ t_{sk-list} \qquad (89)$$

Na temelju 4 mjerne pozicije određuje se prosječna temperatura kože tijela u drugoj seriji ispitivanja:

$$t_{sk\ (19℃)} = 0.28\ t_{sk-vrat,straga} + 0.28\ t_{sk-desna\ lopatica} + 0.16\ t_{sk-lijeva\ šaka} + \\ +0.28\ t_{sk-desna\ goljenica} \qquad (90)$$

Na promjene kožne temperature utječe razmjena topline (kondukcijom, konvekcijom, radijacijom i evaporacijom) na površini kože i varijacije u kožnom krvotoku te temperatura arterijskog krvotoka koja opskrbljuje određeni dio ljudskog tijela. U suhim okolišima temperatura kože reagira na ambijentalne promjene u intervalima od svake 3 minute. Broj mjernih pozicija na tijelu na kojima se utvrđuje promjene temperature kože, ovisit će prije svega o željenoj preciznosti. U uvjetima blizu toplinske neutralnosti će temperatura površine kože biti heterogena na različitim pozicijama pa je potrebno mjeriti na više mjernih pozicija na tijelu. U vrućim i toplim okolišima će temperatura površine kože biti homogena na različitim pozicijama pa se ponderirana prosječna temperatura kože tijela može utvrđivati metodama sa manjim brojem mjernih pozicija [171].

3.6.3.2 MSR 12 mjerni sustav

Za mjerenje fizioloških parametara (prosječne ponderirane temperature kože tijela, relativne vlažnosti kože i srčane frekvencije) upotrebljavao se je prenosivi modularni mjerni sustav MSR 12 s baterijama s mogućnošću punjena tipa (NiMH) 880mAh [173], Sl. 49.

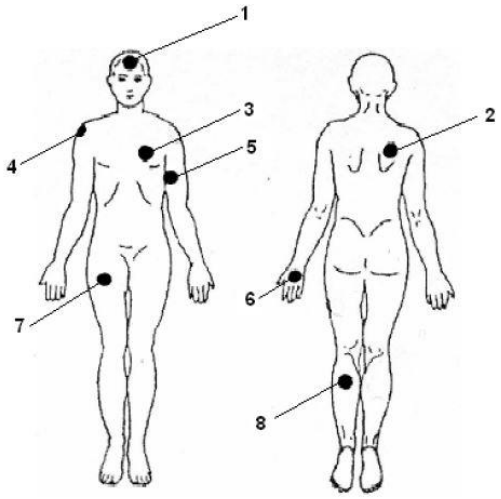
Sl. 49 *Slikovni prikaz uređaja MSR 12* [173]

Unutar glavnog kućišta prenosivog uređaja ugrađeni su osnovni moduli za mjerenje parametara okoliša: troosni akcelerometar (ACC3, s mogućnošću bilježenja podataka u x, y, i z osi), tlakomjer (PR3, P1) i termometar (PR3, T1). Ovisno o tipu senzora, ugrađenih i spojenih na osnovnu jedinicu i vrsti nadograđenih modula, ovaj uređaj može bilježiti: GPS poziciju (troosni akcelerometar), dinamiku i modalitet disanja, puls, krvni tlak, snagu, potrošnju kisika, EKG, jezgrenu temperaturu tijela, govor, uvjete okoliša (tlak, temperatura, vlažnost), itd.
Mjerni uređaj MSR 12 ima mogućnost priključivanja različitih modula. Na modul tipa T24HUM8 priključuju se senzori za mjerenja temperature, relativne vlažnosti i EKG elektrode, Sl. 50.

a. b. c.

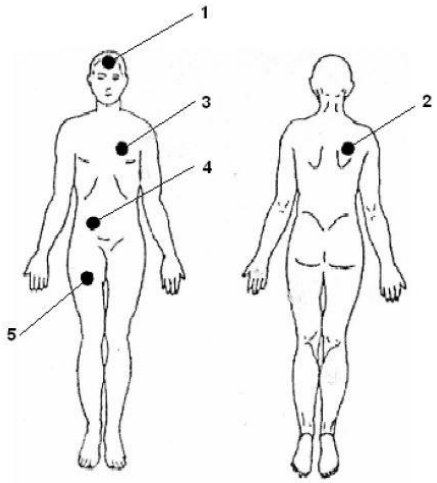
Sl. 50 *Izgled: a. EKG kabla za utvrđivanje pulsa sa 3 elektrode tipa B10126 uređaja MSR 12, b. kabla s 3 temperaturna senzora tipa DS18B20, c. kabla s tri senzora za utvrđivanje relativne vlažnosti tipa SHT15* [173]

Senzori za očitavanje temperature kože tijela numerirani su radi lakšeg snalaženja prilikom postavljanja: 6.1 za mjerenje temperature kože čela, 6.2 za očitavanje temperature kože desne lopatice, 6.3 za očitavanje temperature lijeve gornje strane prsa, 6.7 za mjerenje temperature kože gornjeg dijela desne nadlaktice, 6.8 za očitavanje temperature kože donjeg dijela lijeve nadlaktice, 6.9 za očitavanje temperature kože vanjskog dijela lijeve šake, 1.6.1 za mjerenje temperature kože leđa u predjelu donjeg lijevog dijela leđa, 1.6.2 za očitavanje temperature prednje strane desnog bedra, 1.6.3 za očitavanje temperature kože stražnjeg dijela lijevog lista), Sl. 51.



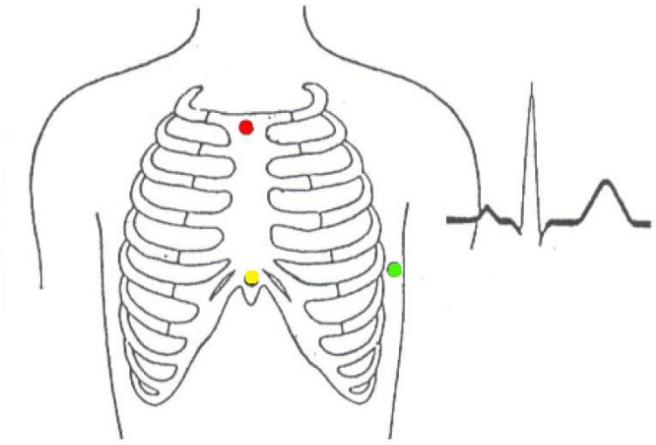
Sl. 51 *Slikovni prikaz mjernih pozicija na ljudskom tijelu pri utvrđivanju prosječne ponderirane tjelesne kožne temperature u skladu s metodom 8 mjernih pozicija prema* [171]

Senzori 1., 2., 3., 4. i 5. mjere relativnu vlažnost kože na određenim pozicijama na tijelu (1. čelo, 2. desna lopatice, 3. lijeva strana prsa, 4. donji desni dio trbuha, 5. prednja strana desnog bedra), Sl. 52.



Sl. 52 *Slikovni prikaz mjernih pozicija na ljudskom tijelu pri utvrđivanju relativne vlažnosti kože* [171]

Na taj se modul priključuju tri senzora za očitanje srčane frekvencije (crvena elektroda se pozicionira u gornji središnji dio prsa, žuta eletroda u donji središnji dio prsa, a zelena s lijeve bočne strane prsnog koša), Sl. 53, 54.



Sl. 53 *Slikovni prikaz senzorskih pozicija za mjerenje srčanog ritma na principu utvrđivanja EKG signala na ljudskom tijelu uređajem MSR 12*

Sl. 54 *Fotografski prikaz ispitanika sa učvršćenim senzorima za utvrđivanje fizioloških parametara MSR 12 mjernim uređajem*

S obzirom kako ovaj sustav generira prosječnu vrijednost temperature kože tijela na temelju podataka od osam priključenih senzora, ovaj uređaj radi na temelju mjerne metode utvrđivanja prosječne tjelesne kožne temperature u ovisnosti o 8 točaka. Senzori su promjera 3-6 mm,

umočeni u epoxy smolu i učvršćuju se na određene tjelesne pozicije (čelo, desna lopatica, lijevi gornji dio prsa, gornji dio desne nadlaktice, donji dio lijeve nadlaktice, lijeva šaka, prednja strana desnog bedra i lijevi list).

U skladu s ISO 9886:2004 [171] pretpostavljanje toplinskog stresa na temelju srčanog ritma se temelji na mjerenju udaraca po minuti u određenom intervalu vremena izraženom u minutama. Povećanje pulsa je najčešće povezano s povećanjem temperature tjelesne jezgre i osjećanjem toplinskog stresa u nekom okolišu. Povećanje srčanog ritma pri uvećanju temperature tjelesne jezgre za 1 stupanj se zove toplinska srčana reaktivnost i izražava se jedinicom [udarac/min· ℃, odnosno bmp/min· ℃].

Pri mjerenjima srčane frekvencije u stanju mirovanja nakon polusatne aklimatizacije u klima kori standardne klime, očitava se broj udaraca u minuti. Kardiovaskularni sustav utječe na granice tolerancije. Ako se normalna, zdrava osoba izloži ekstremnoj vrućini, dolazi do povećanja pulsa i srce počinje pumpati više krvi u organizam u pokušaju zadržavanja krvnog tlaka i opskrbe krvi u mozak. Pri pulsu od oko 180 ud/min (eng. beats per minute, bpm=otkucaja u minuti), kratko vrijeme između dva otkucaja, tj. srčanih kontrakcija, sprječava dovoljan priljev krvi u srčane komore. Kako puls nastavlja rasti, pada količina izlazne krvi iz srca što uzrokuje nedostatnu konvektivnu razmjenu krvi s kožom i, što je još važnije, nedostatni dotok krvi u mozak. Žrtve toplinske iscrpljenosti padaju u nesvijest. Ubrzani puls također može uzrokovati neadekvatni povratak venske krvi nazad u srce uzrokovan povlačenjem krvi u kožu i donje ekstremitete. U ovom slučaju, izlazak krvi iz srca je ograničen zbog nedovoljne količine krvi za punjenje srčanih klijetki između dva otkucaja. Takva se situacija najčešće događa kada radnik, koji je do tada radio teži fizički posao na suncu, prestane s radom. Mišići prestaju tjerati krvi preko venskih zalizaka prema srcu. Dehidracija također doprinosi problemu jer uslijed dehidracije dolazi do smanjivanja volumena tekućine u vaskularnom sustavu.

Uređaj ima ugrađen senzor za utvrđivanje srčanog pulsa. Na temelju vrijednosti srčanog ritma može se izračunati metabolička stopa [174]. Srčana frekvencija se utvrđuje na temelju vrijednosti dobivenih trima elektrodama na principu EKG signala priključenim na MSR 12 prenosivi mjerni sustav.

Izraz za izračunavanje metaboličke stope u skladu s srčanim ritmom [174]

$$HR = HR_0 + RM \cdot (M - M_0) \qquad (91)$$

Pri čemu je:

M-prosječna metabolička stopa radnog ciklusa $[W/m^2]$,

M_0-metabolička stopa u mirovanju $[W/m^2]$,

RM-povećanje srčanog pulsa po jedinici metaboličke proizvodnje,

HR_0-srčani puls u mirovanju u neutralnim okolišnim uvjetima.

Pretpostavljanje toplinskog stresa na temelju gubitka tjelesne mase znojenjem se utvrđuje mjerenjem gubitka tjelesne mase tijekom određenog vremenskog razdoblja. Pri tome se utvrđuje gubitak znoja i čista ravnoteža tjelesne vode. U toplim i vrućim uvjetima gubitak znoja je pokazatelj toplinskog stresa., i pri tome se ne razmatra samo znoj koji se sa površine kože oslobađa evaporacijom (isparavanjem) nego i znoj koji kaplje s kože i upija se u odjeću. Čista ravnoteža tjelesne vode je važna pri razmatranju rizika dehidracije. Doziranim unošenjem malih količina vode se može nadoknaditi oko 75 % gubitka vode iz organizma.

Količina isparenog znoja se je utvrđivala na način da se izračunavala razlika u masi ispitanika prije i nakon provođenja testiranja. Ispitanici su vagani prije početka ispitivanja bez odjeće i posebno je utvrđena masa same odjeće. Po završetku ispitivanja su prvo vagani odjeveni ispitanici, a potom je vagana sama odjeća. Pri trajanju ispitivanja subjektivne percepcije okoliša i odjeće ispitanici nisu konzumirali niti hranu niti tekućinu. Na temelju razlika u masi ispitanika je utvrđena količina znoja koji se je apsorbirao u odjevni sustav u koji su ispitanici bili odjeveni za vrijeme ispitivanja. Masa ispitanika je utvrđivana elektronskom vagom s točnošću od 0,005 kg, a masa odjeće je utvrđivana elektronskom vagom s točnošću $\pm$ 0,002 kg.

Ispitanici su bili podvrgnuti identičnoj tjelesnoj aktivnosti koju simulira termalni maneken pa su zamoljeni da hodaju po pokretnoj traci pri brzini hoda termalnog manekena od 45 dvostruka koraka u minuti (jednako brzini od 90 koraka/min ili 0,95 m/s ili 3,4 km/h). Pokretna traka JAEGER LE 2000, tt. Erich Jaeger GmbH & Co. KG se upravlja mikroprocesorom i smještena je unutar kontrolirane klima komore. Također ima mogućnost promjene nagiba hoda i regulaciju brzine hoda. Pokretanje pokretne trake izvodi se ručno ili automatizirano, a rezultati se prikazuju na četveroznamenkastom LCD prikazu.

3.6.3.3 Određivanje isparenog i upijenog znoja

Pretpostavljanje toplinskog stresa na temelju gubitka tjelesne mase znojenjem se utvrđuje mjerenjem gubitka tjelesne mase tijekom određenog vremenskog razdoblja. Pri tome se utvrđuje gubitak znoja i čista ravnoteža tjelesne vode. U toplim i vrućim uvjetima gubitak znoja je pokazatelj toplinskog stresa, i pri tome se ne razmatra samo znoj koji se sa površine kože oslobađa evaporacijom (isparavanjem) nego i znoj koji kaplje s kože i upija se u odjeću. Čista ravnoteža tjelesne vode je važna pri razmatranju rizika dehidracije. Doziranim unošenjem malih količina vode se može nadoknaditi oko 75 % gubitka vode iz organizma [167]. Prema standardu ISO 7933, brzina gubitka znoja treba biti ograničena na $1{,}00\ l/h$ za neaklimatizirane subjekte i $1{,}25\ l/h$ za aklimatizirane subjekte.

Na temelju razlika u masi ispitanika određuju se količine izlučenog znoja (do određenog trenutka znoj se evaporira s kože u mikroklimu tijela, a povećanjem zasićenosti zraka nastupa proces kondenzacije znoja na površini kože). Količina isparenog znoja utvrđuje se kao razlika neodjevene mase tijela prije i nakon ispitivanja. Potom se određuje količina znoja koja se za vrijeme ispitivanja upije u odjeću. Svaki odjevni predmet se važe prije i po završetku ispitivanja. Također je važno izmjeriti odjevenog ispitanika prije i nakon ispitivanja.

Masa neodjevenih i odjevenih ispitanika određuje se elektronskom vagom tt. Libela Celje oznake TPT3, uz točnost od 0,005 kg. Za određivanje mase odjevnih predmeta koristi se elektromehanička vaga istog proizvođača oznake E 2100/5 uz točnost od 0,002 kg.

Razlika tjelesne mase ispitanika:

$$\Delta m_g = m_{g1} - m_{g2} \quad [kg] \qquad (92)$$

Pri čemu je:

m_{g1}-masa neodjevenog ispitanika prije ispitivanja $[kg]$,

m_{g2}- masa neodjevenog ispitanika nakon ispitivanja $[kg]$.

Razlika u ukupne tjelesne mase ispitanika Δm_g je suma nekoliko komponenti, u skladu s ISO 9886:2004 [171]:

$$\Delta m_g = \Delta m_{sw} + \Delta m_{res} + \Delta m_o + \Delta m_{wat} + \Delta m_{sol} + \Delta m_{clo} \qquad [kg] \qquad (93)$$

Pri čemu je:

Δm_g-razlika tjelesne mase ispitanika $[kg]$,

Δm_{sw}-razlika u masi kao posljedica znojenja $[kg]$,

Δm_{res}-razlika u masi kao posljedica respiracije $[kg]$,
Δm_o-razlika u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izadhnutog ugljičnog dioksida $[kg]$,
Δm_{wat}-razlika u unosu tekućine i sekreciji urina $[kg]$,
Δm_{sol}-razlika u unosu krute hrane i njenoj sekreciji $[kg]$,
Δm_{clo}-razlika u masi znoja upijenog u odjeću $[kg]$.

Ako imamo kontrolirane uvjete ispitivanja, vrijednosti $\Delta m_{wat} = 0$ i $\Delta m_{sol} = 0$, a razliku u masi kao posljedicu respiracije izračunamo na temelju izraza:

$$\Delta m_{res} = 0{,}00075 \cdot A_{Du} \cdot M \cdot (5{,}624 - p_a) \cdot \Delta t_{time} \qquad [kg] \qquad (94)$$

Pri čemu je:
A_{Du}- površina tijela prema DuBoisu [m^2],
M-metabolizam tijela $[W/m^2]$,
p_a-parcijalni tlak vodene pare zraka $[kPa]$, Tab. 25,
Δt_{time}-vremensko razdoblje $[min]$.

Za ispitanika visokog 184 cm i mase 80 kg površina tijela prema DuBoisu, A_D [m^2] iznosi:

$$A_{Du} = 0{,}007184 \cdot m_T^{0{,}425} \cdot T_v^{0{,}725} \quad [m^2] \qquad (95)$$

$$A_{Du} = 0{,}007184 \cdot 80^{0{,}425} \cdot 184^{0{,}725} = 2{,}029\, m^2 \quad [m^2] \qquad (96)$$

Tab. 25: *Vrijednosti parcijalnog tlaka vodene pare u zraku na različitim temperaturama i relativnim vlažnostima*

t_a [°C]	**RH** [%]	p_a [kP]
10	50	1,27
15	50	1,761
20	50	2,411
19	40	2,253

Napomena: t_a – temperatura zraka, RH – relativna vlažnost, p_a – parcijalni tlak vodene pare

Također na temelju izraza možemo izračunati $\Delta m_{o,hod}$:

$$\Delta m_{o,hod} = 0{,}01 \cdot A_{Du} \cdot M \cdot (R - 0{,}73) \cdot \Delta time \quad [kg] \qquad (97)$$

Pri čemu je:

A_{Du}- površina tijela prema DuBoisu $[m^2]$,

M-metabolizam tijela $[W/m^2]$, a uzeta je vrijednost od $115\ W/m^2$, za hod brzinom od $0{,}9\ m/s$ i $60\ W/m^2$, za mirovanje,

R-respiratorni omjer, a uzeta je vrijednost $R = 0{,}80$ za respiratorni kvocijent razgradnje proteina (eng. Respiratory quotient),

Δt_{time}-vremensko razdoblje $[min]$.

Razlika u masi odjeće:

$$\Delta m_{clo} = m_{clo1} - m_{clo2} \qquad (98)$$

Pri čemu je:

m_{clo1}-masa odjeće prije ispitivanja $[kg]$,

m_{clo2}- masa odjeće nakon ispitivanja $[kg]$.

Stoga je razlika u masi kao posljedica znojenja:

$$\Delta m_{sw} = \Delta m_g - (\Delta m_{res} + \Delta m_o + \Delta m_{wat} + \Delta m_{sol} + \Delta m_{clo}) \qquad (99)$$

3.6.4 Ispitivanje subjektivne percepcije

Ispitivanje utjecaja odijevanja u specifične odjevne predmete (muške jakne) i odjevne sustave na zadovoljstvo ispitivanih ljudskih subjekata u zadanim uvjetima okoliša provedeno je u laboratoriju na Univerzi v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilstvo. Provedena su laboratorijska istraživanja pri čemu su se u klima komori postigli kontrolirani uvjeti okoliša, Tab. 26. Parametri okoliša zadani prilikom mjerenja su kontrolirana temperatura okoliša, zadana na jednu od tri vrijednosti temperature ($t_{a1} = 20$°C, $t_{a2} = 15$°C, $t_{a3} = 10$°C, $t_{a4} = 19$°C) koje odgovaraju uvjetima prohladnih i umjerenih okoliša (od -5°C $< t_a < 20$°C) i brzina strujanja zraka unutar klima komore, zadana na jednu od dvije vrijednosti ($v_{a1} = 1{,}2\ m/s$, $v_{a2} = 0{,}4\ m/s$), Tab. 27 i 28.

Tab. 26: *Klimatski uvjeti pri laboratorijskim ispitivanjima subjektivne percepcije zadovoljstva toplinskim okolišem i odjevnim sustavom pomoću ispitanika (klima komora na Univerzi v Mariboru ima mogućnost mijenjanja brzine strujanja zraka u rasponu od* $0{,}1 - 1{,}2\ ms^{-1}$*)*

Uvjeti okoliša	t_a [°C]	***RH*** [%]	$v_a\ [ms^{-1}]$	$v_i\ [ms^{-1}]$
A	20	50	1,2 m/s (jednako brzini strujanja vjetra od 4,32 km/h)	45 dvostruka koraka u minuti (jednako brzini od 90 koraka/min ili 0,95 m/s ili 3,4 km/h)
B	15	50	1,2 m/s (jednako brzini strujanja vjetra od 4,32 km/h)	45 dvostruka koraka u minuti (jednako brzini od 90 koraka/min ili 0,95 m/s ili 3,4 km/h)
C	10	50	1,2 m/s (jednako brzini strujanja vjetra od 4,32 km/h)	45 dvostruka koraka u minuti (jednako brzini od 90 koraka/min ili 0,95 m/s ili 3,4 km/h)
D	19	36-40	0,4±0,1*ISO 15831:2004 (jednako brzini strujanja vjetra od 1,44 km/h)	45 dvostruka koraka u minuti (jednako brzini od 90 koraka/min ili 0,95 m/s ili 3,4 km/h)

Napomena: t_a – temperatura zraka, RH – relativna vlažnost, v_a – brzina strujanja zraka, v_i – brzina gibanja ispitanika

Tab. 27*: Razrada ispitivanja subjektivnog vrednovanja odjevnih sustava - uvjeti A, B, C*

Klimatski uvjeti	**Odjevni sustav**					v_a
	OS 2	OS 3	OS 4	OS 5	OS 7	
$t_{a\,1-3} = 20\ /15/$ 10°C, $R_H = 50$ %, $v_a = 1{,}2\ m/s$	*	*	*	*	*	1,2 ms^{-1}

Napomena: t_a – temperatura zraka, RH – relativna vlažnost, OS - odjevni sustav, v_a – brzina strujanja zraka

Tab. 28*: Razrada ispitivanja subjektivnog vrednovanja odjevnih sustava - uvjeti D*

Klimatski uvjeti	**Odjevni sustav**				v_a
	OS 1	OS 4	OS 7	OS 8	
$t_{a4} = 19$ °C, $R_H = 36 - 40$ %, $v_a = 0{,}4\ m/s$	*	*	*	*	0,4 ms^{-1}

Napomena: t_a – temperatura zraka, RH – relativna vlažnost, OS - odjevni sustav, v_a – brzina strujanja zraka

S obzirom kako je termalni maneken u Zavodu za odjevnu tehnologiju realistični aluminijski odljev muškarca visokog 1,85 m s opsegom grudi 100 cm, prema standardima bi to bio muškarac vrlo visokog vitkog uzrasta, Tab. 29. Svi ispitanici za ispitivanje subjektivne percepcije i zadovoljstva okolišem i odjećom su birani kako bi njihove tjelesne mjere bile usklađene s tjelesnim mjerama termalnog manekena, Tab. 30.

Tab. 29: *Interval tjelesne visine ispitanika u skladu s ISO 13402-3 i glavne tjelesne mjere ispitanika u skladu s atletskim tipom stasa prema ISO/TR 10652:1991*

T_v $[cm]$	O_g $[cm]$	O_s $[cm]$	O_b $[cm]$
180-188	98-**100**-102	78-**82**-86	100-**102**-104

Napomena: T_v – tjelesna visina, O_g - opseg grudi, O_s - opseg struka, O_b - opseg bokova

Tab. 30*: Ispitanici i njihovi antropometrijski podaci*

Simbol ispitanika	**Starost** $[god]$	T_v $[cm]$	O_g $[cm]$	m_g $[kg]$
ISP 1	31	184	99	79
ISP 2	22	184	98	77
ISP 3	21	183	102	78

Napomena: T_v – tjelesna visina, O_g - opseg grudi, m_g – tjelesna masa

3.6.4.1 Ljestvice subjektivnog ocjenjivanja

Svrha istraživanja bila je ispitati utjecaj odijevanja u specificirane odjevne predmete (muške jakne) i odjevne sustave (svaki se odjevni sustav sastoji od kombinacije odjevnih predmeta i to: muško donje rublje, muške čarape, muška košulja, muške traperice i jedna od varijanti muške jakne izrađena za ovu namjenu) na zadovoljstvo ispitivanih ljudskih subjekata u zadanim uvjetima okoliša, koji su sudjelovali u provođenju ispitivanja.

Simulirao se prohladan okoliš u skladu s međunarodnim standardom ISO 14058:2004 [2]. U skladu s navedenim standardom prohladan okoliš (eng. cool environment) je okoliš kojeg karakteriziraju različite kombinacije vlažnosti i vjetra pri temperaturi okoliša od -5℃ na više. Relativna vlažnost zadana je na vrijednost $\mathrm{RH} = 50\ \%$. Ispitanici, odjeveni u za tu priliku određene odjevne sustave, su zamoljeni da ispunjavaju anketu, koja se sastoji od definiranih pitanja, za vrijeme izvođenja zadanih aktivnosti u klima komori, kako bi se ispitalo njihovo zadovoljstvo toplinskim stanjem i okolišem. Dio mjerenja se proveo na način da su postavljeni

isti uvjeti okoliša kao i pri mjerenjima izolacijskih vrijednosti jakni na termalnom manekenu. Ispitanici, njih ukupno 3, pojedinačno su ispitivani i za vrijeme ispitivanja su bili zamoljeni da ispunjavaju posebne ankete u skladu sa međunarodnim standardom ISO 10551:2001 [175]. Svaki od ispitanika je za vrijeme jednog ispitivanja u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije u laboratorijskim uvjetima nosio jednu varijantu jakne (ukupno 5 odjevnih sustava pri čemu su ispitane sve jakne modela letačke vjetrovke i jakna modela nautičarske vjetrovke s dva modularna nastavka za duljinu, koja odgovara uobičajenoj duljini jedriličarskih jakni pri zadanim uvjetima okoliša) i 3 puta ispunio upitnik. Svako ispitivanje trajalo je 80 min s aklimatizacijom (+3 minute za ulazak i izlazak iz klima komore i smještanje na pokretnu traku), Tab. 31. Vodilo se računa da ispitanici budu podvrgnuti istoj aktivnosti kao i pri mjerenjima na termalnom manekenu, uvjeti 1. Brzina hoda termalnog manekena je 45 dvostruka koraka u minuti što je jednako brzini od 90 koraka/min uz brzinu strujanja vjetra od 1,2 m/s. Upitnik ispunjava sam ispitanik prilikom boravka u klima komori. Komunikacija se vrši vizualnim znakovima i putem mikrofona (u klima komori se nalazi kamera za nadzor ispitanika, a pored trake se nalazi poratfon kojim se ispitanik može javiti ukoliko ima određena pitanja). Ispitivač prethodno uputi ispitanika u sva pitanja koja se nalaze u upitniku te s njime razradi proceduru ispitivanja. Potom se upitnik na vidljivo mjesto fiksira ispred ispitanika. Rezultati se bilježe u 20-toj, 50-oj, 70-oj minuti testiranja.

Subjektivne ocjene ispitivanja zadovoljstva toplinskim karakteristikama okoliša i odjevnih sustava su prosječne vrijednosti ocjena 3 ispitanika, koji sudjeluju u istraživanjima.

Također se je vodilo računa da ispitanici budu podvrgnuti uvjetima okoliša, koji se pojavljuju u stvarnim situacijama s obzirom na predviđene namjene jakne, uvjeti A, B i C, Tab. 31.

Tab. 31: *Procedura ispitivanja zadovoljstva ispitanika toplinskim okolišem i odjevnim sustavom primjenom skala procjene subjektivne percepcije u skladu s međunarodnim standardom ISO 10551:2001-serija 1, uvjeti A, B, C*

Faza ispitivanja	Δt_t $[min]$	**Opis**	**Uvjeti okoliša**
1.	20	Hodanje ispitanika po pokretnoj traci pri brzini hoda od 0,95 m/s ili 3,4 km/h pri zadanim uvjetima okoliša	A
			B
			C
2.	30	Sjedenje u prostoru klima komore	A
			B
			C
3.	20	Hodanje ispitanika po pokretnoj traci pri brzini hoda od 0,95 m/s ili 3,4 km/h pri zadanim uvjetima okoliša	A
			B
			C

Napomena: Δt_t – vremensko razdoblje

Tab. 32: *Razrada bilježenja odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije zadovoljstva toplinskim karakteristikama okoliša i odjevnih sustava-serija 1*

Procedura ispitivanja subjektivne percepcije zadovoljstva toplinskim karakteristikama okoliša i odjevnih sustava			
FAZA	**1. faza**	**2. faza**	**3. faza**
Δt_t $[min]$	1' do 20'	20' do 50'	50' do 70'
Dio faze	**Kraj**	**Kraj**	**Kraj**
t_t $[min]$	20.	50.	70.

Napomena: Δt_t – vremensko razdoblje, t_t – vremenski trenutak

Ispitanicima je u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima, postavljeno 10 pitanja čiji su odgovori ponuđeni u obliku neke od ljestvica prema standardu. ISO 10551:2001, Tab. 33.

Tab. 33: *Pitanja postavljena ispitanicima u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije*

Red. br.	**Pitanje**	**Vrsta ponuđene skale odgovora**	**Broj stupnjeva**
Ispitivanje toplinskog stanja ispitanika			
1.	Kako se sada osjećate?	SKALA TOPLINSKE PROCJENE	9
2.	Smatrate li svoje toplinsko stanje ugodnim ili neugodnim?	EVALUACIJSKA SKALA	5
3.	Kako biste se sada željeli osjećati?	SKALA TOPLINSKIH PREFERENCIJA	7
Ispitivanje zadovoljstva odjevnim sustavom i njegovim toplinskim karakteristikama			
4.	Smatrate li svoju odjeću prihvatljivom za nošenje s aspekta ugode?	SKALA OSOBNE PRIHVATLJIVOSTI	2
5.	Smatrate li da Vam odjeća pruža dovoljnu toplinsku zaštitu?	EVALUACIJSKA SKALA	5
6.	Kakvu biste sada odjeću željeli nositi?	SKALA TOPLINSKIH PREFERENCIJA	7
7.	Koji odjevni predmet smatrate suvišnim za nošenje u ovim uvjetima ili Vam nedostaje?	SLOBODNO OCJENJIVANJE	-
Ispitivanje zadovoljstva okolišem?			
8.	Kako ocjenjujete okoliš (prostor) u kojem se nalazite?	SKALA OSOBNE PRIHVATLJIVOSTI	2
9.	Uzimajući u obzir samo Vaše osobne sklonosti, biste li prihvatili ovakav okoliš?	SKALA TOLERANCIJE	2
10.	Je li Vam ovo prihvatljivo?	EVALUACIJSKA SKALA	5

Drugi dio mjerenja se proveo na način da su postavljeni isti uvjeti okoliša kao i pri mjerenjima izolacijskih vrijednosti jakni na termalnom manekenu. Ispitanici, njih ukupno 3, pojedinačno su ispitivani i za vrijeme ispitivanja su bili zamoljeni da ispunjavaju posebne ankete u skladu sa međunarodnim standardom ISO 10551:2001 [175]. Svaki od ispitanika je za vrijeme jednog ispitivanja subjektivne percepcije u laboratorijskim uvjetima nosio jednu varijantu jakne (ukupno jedan odjevni sustav bez jakne i 3 varijante odabranih jakni pri 1 zadanim uvjetima okoliša) i 2 puta ispunio anketu (u 15. minuti po završetku faze mirovanja i 40. toj minuti po

završetku faze hoda po pokretnoj traci), Tab. 34. Svako ispitivanje trajalo je 80 min s aklimatizacijom (+3 minute za ulazak i izlazak iz klima komore i smještanje na pokretnu traku). Vodilo se računa da ispitanici budu podvrgnuti istoj aktivnosti kao i pri mjerenjima na termalnom manekenu, uvjeti 1. Brzina hoda termalnog manekena je 45 dvostruka koraka u minuti što je jednako brzini od 90 koraka/min uz brzinu strujanja vjetra od 0,4 m/s. Upitnik se ispunjava komunikacijom između ispitanika, koji se nalazi u klima komori, i koordinatora-ispitivača, koji se nalazi izvan klima komore. U drugoj seriji ispitivanja, ispitanici su ispunjavali drugačiji upitnik jer je težište stavljeno ne toliko na ocjenjivanje vlastitog toplinskog stanja i procjenu zadovoljstva okolišem, već na ocjenjivanje odjevnih sustava u koje su bili odjeveni ispitanici (OS 1, OS 4, OS 7 i OS 8). Rezultati se bilježe u 15-toj i 40-oj minuti testiranja.

Tab. 34: *Procedura ispitivanja zadovoljstva ispitanika toplinskim okolišem i odjevnim sustavom primjenom skala procjene subjektivne percepcije u skladu s međunarodnim standardom ISO 10551:2001-serija 2, uvjeti D*

Faza ispitivanja	Δt_t $[min]$	**Opis**	**Uvjeti okoliša**
1.	15	Sjedenje u prostoru klima komore	D
2.	25	Hodanje ispitanika po pokretnoj traci pri brzini hoda od 0,95 m/s ili 3,4 km/h pri zadanim uvjetima okoliša	D

Napomena: Δt_t – vremensko razdoblje

Ispitanicima je u drugoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima, postavljeno 10 pitanja čiji su odgovori ponuđeni u obliku neke od ljestvica prema standardu ISO 10551:2001, Tab. 35.

Tab. 35: *Pitanja postavljena ispitanicima u drugoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije*

Red. br.	**Pitanje**	**Vrsta ponuđene skale odgovora**	**Broj stupnjeva skale**
Ispitivanje toplinskog stanja ispitanika			
1.	Kako se sada osjećate?	SKALA TOPLINSKE PROCJENE	9
2.	Smatrate li svoje toplinsko stanje ugodnim ili neugodnim?	EVALUACIJSKA SKALA	5
3.	Kako biste se sada željeli osjećati?	SKALA TOPLINSKIH PREFERENCIJA	7
Ispitivanje zadovoljstva odjevnim sustavom i njegovim toplinskim karakteristikama			
4.	Smatrate li svoju odjeću prihvatljivom za nošenje s aspekta ugode?	SKALA OSOBNE PRIHVATLJIVOSTI	2
5.	Smatrate li da Vam odjeća pruža dovoljnu toplinsku zaštitu?	EVALUACIJSKA SKALA	5
6.	Kakvu biste se sada odjeću željeli nositi?	SKALA TOPLINSKIH PREFERENCIJA	7
7.	Smatrate li svoju odjeću udobnom?	SKALA OSOBNE PRIHVATLJIVOSTI	2
8.	Procijenite udobnost svoje odjeće?	EVALUACIJSKA SKALA	5
9.	Koji odjevni predmet smatrate suvišnim za nošenje u ovim uvjetima?	-	-
Ispitivanje zadovoljstva okolišem?			
10.	Kako ocjenjujete okoliš (prostor) u kojem se nalazite?	SKALA OSOBNE PRIHVATLJIVOSTI	2

3.6.5 Ispitivanje vertikalnog strujanja zraka

Odjeća stvara zaštitni mikroklimatski sloj oko ljudskog tijela i tako otpušta ili zadržava toplinu koja je produkt metaboličkih procesa organizma ili njome na tijelo djeluje vanjski okoliš (zavisno o strukturi odjevnog predmeta i broju slojeva odjevnih predmeta, između pojedinih slojeva se stvaraju zračni jastuci, koji djeluju kao izolatori, regulatori mikroklime i zaštita od toplinskih utjecaja okoliša). U gornjem dijelu tijela odjevni predmeti čine logičnu granicu tri mikroklimatska pojasa. U prvom sloju mikroklime unutarnju granicu čini tijelo, a vanjsku granicu čini sloj donjeg rublja odjevenog na ispitanika. Drugi sloj mikroklime je naslojena na prvi sloj. Njegovu unutarnju granicu čini sloj donjeg rublja, a vanjsku košulja. Treći sloj mikroklime je najbliži okolišu, a najudaljeniji je od tijela. Njegovu unutarnju granicu čini muška košulja, a vanjsku granicu čini unutarnji sloj (podstava) muške jakne. Taj sloj graniči svojom vanjskom površinom (školjka muške jakne) s okolišem u kojemu se kreće ljudsko tijelo. Pod pretpostavkom da su svi parametri okoliša poznati, jer se provode laboratorijska ispitivanja u kontroliranim uvjetima okoliša, možemo pristupiti ispitivanja mikroklimatskog pojasa.

Prenosivi mjerni sustav MSR 12 [173], koji se koristi za mjerenje prosječne temperature kože tijela prenamijenio se je za ispitivanja temperaturnih promjena u mikroklimatskom području. Ispitivao se je treći sloj mikroklime, koji je najbliži okolišu. Senzori za mjerenje temperature kože lokaliziranog područja tijela, očitavaju električnu napetost koja se pohranjuje kao temperaturna razlika na računalu.

S obzirom kako ovaj sustav generira prosječnu vrijednost temperature kože tijela na temelju podataka od 8 priključenih senzora, a sveukupno ima 9 pripadajućih senzora za mjerenje temperature s velikom osjetljivošću, može se prenamijeniti za mjerenje temperaturnih oscilacija unutar mikroklimatskog pojasa.

Senzori se učvršćuju na određene pozicije s unutarnje strane odjevnog predmeta, u ovom slučaju na podstavu muške jakne ili na površinu donjeg sloja odjeće, koji se nalazi ispod jakne, Sl. 55.

Sl. 55 *Položaj i umetanje temperaturnih senzora kako bi se utvrdile temperaturne varijacije mikroklimatskog područja odjevnog predmeta*

Za utvrđivanje vertikalnih temperaturnih varijacija u mikroklimatskom pojasu, temperaturni senzori mjernog uređaja pričvrstit će se na strateška mjesta s unutarnje strane odjevnog predmeta, tako da budu priljubljeni uz tijelo kada se odjevni predmet odjene, Sl. 55. Istodobno se na 5 mjesta (vertikala u prednjem dijelu tijela, vertikala u stražnjem dijelu tijela) umetnu senzori za određivanje vlažnosti.

Frekvencija rada srca ili srčani ritam (HR) izražava se jedinicom bpm (broj otkucaja u minuti) i indikator je rada srca, ali i neki fizičkih promjena [176]. Maksimalan broj otkucaja srca se najčešće koristi u kliničkim ispitivanjima fizičke aktivnosti za opisivanje intenziteta fizičke aktivnosti pri treniranju i rehabilitaciji pacijenata. Ta vrijednost upućuje na najveći broj otkucaja srca, koji može postići organizam ispitanika pri treningu do iznemoglosti. Drugim riječima to je maksimalna vrijednost otkucaja srca koju neki organizam može postići pri maksimalnom opterećenju organizma.

Fizičke aktivnosti se kreću od normalnih opterećenja ($0{,}55 \times \text{maks. broj otkucaja srca}$) do velikih opterećenja ($0{,}85 \times \text{maks. broj otkucaja srca}$). Kako bi trening polučio rezultate neka fizička aktivnost se izvodi minimalno 20 do 30 minuta pri opterećenju od $0{,}55 \times \text{maks. broj otkucaja srca}$. Prosječno vrijeme zagrijavanja ljudskog organizma prije izvođenja nekog treninga iznosi 15-20 minuta. Stoga je kao indikacija početka mjerenja vertikalnih promjena strujanja zraka u mikroklimi odjevnih sustava za vrijeme izvođenja neke fizičke

aktivnosti uzeto vrijeme zagrijavanja ispitanika od 15 minuta i postizanje visine pulsa od 0,55 × maks. broj otkucaja srca.

Za potrebe utvrđivanja maksimalnog broja otkucaja srca u ovom doktorskom radu koristit ćemo izraz [177], Tab. 36:

$$MBO = 205 - 0{,}62 \cdot dob\ ispitanika \qquad (100)$$

Tab. 36: *Izračun potrebne vrijednosti frekvencije srca prema* ***H. Tanaka*** *i sur. te prema ISO 8996:2004 kao indikatora početka izvođenja mjerenja promjena unutar mikroklime odjevnih sustava*

Red. br.	**Ispitanik**	**Dob**	$\boldsymbol{HR_{max}}$ $[\boldsymbol{bpm}]$	$\boldsymbol{0,55 \times HR_{max}}$ $[\boldsymbol{bpm}]$
Izračun prema Nesu i sur.				
1.	1	31	191,16	105,138
2.	2	22	196,92	108,306
3.	3	21	197,56	108,658
Izračun prema ISO 8996:2004				
1.	1	31	185,78	102,179
2.	2	22	191,36	105,248
3.	3	21	191,98	105,589

Napomena: HR_{max} – maksimalni broj otkucaja srca

Nakon postizanja indikativne vrijednosti srčanog ritma, koja je izračunata zasebno za svakog ispitanika na temelju izraza **H. Tanaka** i suradnika, i nakon 15 minuta zagrijavanja izvođenjem odabrane fizičke aktivnosti (hodanje po pokretnoj traci pri brzini od 0,95 m/s ili 3,4 km/h), pristupa se mjerenju temperaturnih promjena i promjena vlažnosti očitanih senzorima MSR 12 mjernog sustava. Promjene se očitavaju pri izvođenju fizičke umjerene fizičke aktivnosti u trajanju od 25 minuta, Tab. 37.

Tab. 37: *Procedura ispitivanja mikroklimatskog pojasa odjevnih sustava primjenom MSR 12 mjernog sustava*

Faza ispitivanja	Δt_t $[min]$	**Opis**	**Uvjeti okoliša**
1.	15	Mirovanje u klima komori	D
2.	25	Hodanje ispitanika po pokretnoj traci pri brzini hoda od 0,95 m/s ili 3,4 km/h pri zadanim uvjetima okoliša i početak bilježenja temperaturnih promjena senzora n 10 pozicija u mikroklimi tijela	D

Napomena: Δt_t – vremensko razdoblje

Po završetku ispitivanja (za svakog ispitanika će se tri puta ponoviti ispitivanje pri istim uvjetima okoliša $t_a = 19℃$, $v_a = 0{,}4\ m/s$ i $RH = 36\%$), pristupa se obradi podataka i usporedbi dobivenih vrijednosti temperature, vlage i srčanog ritma s posebnim naglaskom na utvrđivanje vertikalnih promjene temperature zraka u 2 odabrane vertikala unutar mikroklime koja se stvara između slojeva odjeće (prednja sredina, stražnja sredina). Ispitivala su se samo strujanja zraka u trećem mikroklimatskom pojasu koji je s jedne strane omeđen košuljom, a s druge strane jaknom. Za usporedbu je prvo ispitan model jakne letačke vjetrovke pri čemu nisu bile stegnute orukvice i duljina jakne, a potom model nautičarske vjetrovke čije su orukvice, ovratnik i duljina stegnuti elastični renderi pa je za pretpostaviti da će kroz takve završetke odjevnog predmeta biti manje prodiranje topline iz unutrašnjosti mikroklime u okoliš.

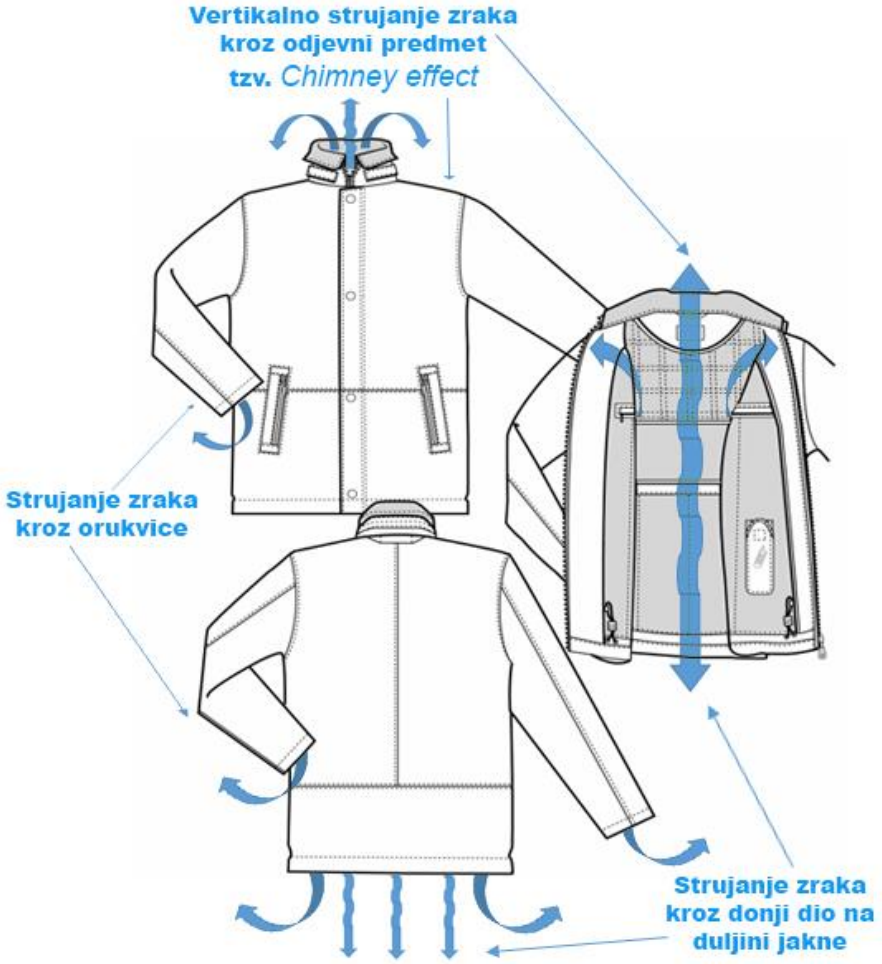
3.6.5.1 Utvrđivanje gubitka topline uslijed vertikalnog strujanja zraka

U ispitivanju toplinskih svojstava odjeće u ovome doktorskome radu se koristilo MSR 12 mjerni uređaj, kako bi se utvrdili toplinski gubici s ljudskog tijela u okoliš, kojim su okruženi, odnosno pri ispitivanju toplinskih gubitaka pri vertikalnom strujanju zraka kroz mikroklimu između odjeće i tijela. Kada je ljudsko tijelo u pokretu, dolazi do gibanja zraka u mikroklimi odjevnog predmeta, što između slojeva tkanina, što oko tijela. Volumen zračnih prostora se dinamički giba uslijed kompresije i dekompresije, koju pružaju pojedini dijelovi tijela u odnosu na odjeću. Kada se na jednom dijelu tlači dio odjevnog predmeta, zrak spontano prelazi u drugi dio mikroklimatskog međuprostora, Sl. 56.

Uzmimo za primjer odjevni predmet poput jakne, kojim se prekriva gornji dio tijela. Dio takvoga zraka će spontano izlaziti kroz otvore za ventilaciju, ukoliko su projektirani na

odjevnom predmetu, što je primjer otvora za ventilaciju u pazušnoj regiji jakni namijenjenih planinarima i jedriličarima, a drugi će dio toga zraka početi prodirati vertikalno kroz vratni izrez.

Jedan će manji segment prodirati kroz orukvice odjevnog predmeta, posebice ukoliko nisu stegnute oko zgloba ruke, a drugi je mogući primjer prodiranje toplog i vlažnog zraka iz mikroklime tijela kroz donji pojasni dio gornjih odjevnih predmeta. Da bi se spriječilo vertikalno prodiranje zraka kroz vratni izrez jakni, na jaknama se izrađuju kapuljače. Kapuljača odjevena preko glave ispitanika spriječit će vertikalno otjecanje toplog i vlažnog zraka iz mikroklime tijela u vanjski okoliš, što je od iznimne važnosti u jako hladnim okolišima gdje je velik toplinski gubitak kroz tkiva nezaštićene glave.



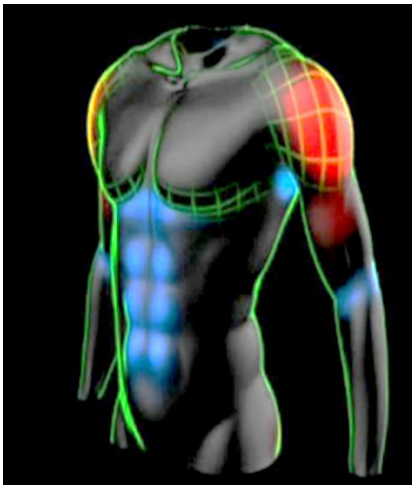
Sl. 56 *Strujanja zraka iz mikroklime u okoliš pri nošenju i pokretima*

MSR 12 mjernim sustavom po prvi se puta izvela sustavna analiza mikroklimatskog pojasa između tijela ispitanika i odjevnog predmeta, kako bi se utvrdila strujanja zagrijanog zraka, koji se emitira s površine ljudskog tijela u prostor mikroklime. U procesu projektiranja uređaja

dodano je više ulaznih priključaka za uključivanje u rad većeg broja senzora za mjerenje temperaturnih vrijednosti (mogućnost priključivanja 9 senzora za mjerenje temperature tijela), vrijednosti za utvrđivanje vlažnosti (mogućnost priključivanja 5 senzora za mjerenje vlažnosti tijela) i pulsomjer. Na taj se način isti uređaj može koristiti kao naprava za mjerenje važnih parametara kojima opisujemo mikroklimatski pojas koji se razvija između tijela i odjevnog predmeta.

U mikroklimu odjevnog sustava, u drugi mikroklimatski pojas, između potkošulje i košulje, te drugi mikroklimatski pojas, u zračni sloj između košulje i jakne, uvedeni su senzori za mjerenje temperaturnih varijacija kako bi se utvrdile temperaturne promjene u svim slojevima odjeće i u mikroklimi tijela.

Velika se pozornost obratila na efekt dimnjaka (eng. heat pipe, chimney effects), odnosno na vertikalno strujanje zraka unutar samog odjevnog predmeta [178]. Određene varijante muških jakni ispitivane su na ljudskim ispitanicima u klima komori. Ispitivanja su rađena sa ispitanicima u pokretu, kako bi se uslijed pomicanja ekstremiteta i trupa potaknulo strujanje zasićenog zraka u mikroklimatskom pojasu između bazičnog odjevnog sustava i jakne, te prodiranje tog zraka kroz otvore jakne (vratni izrez, orukvice i duljina jakne).



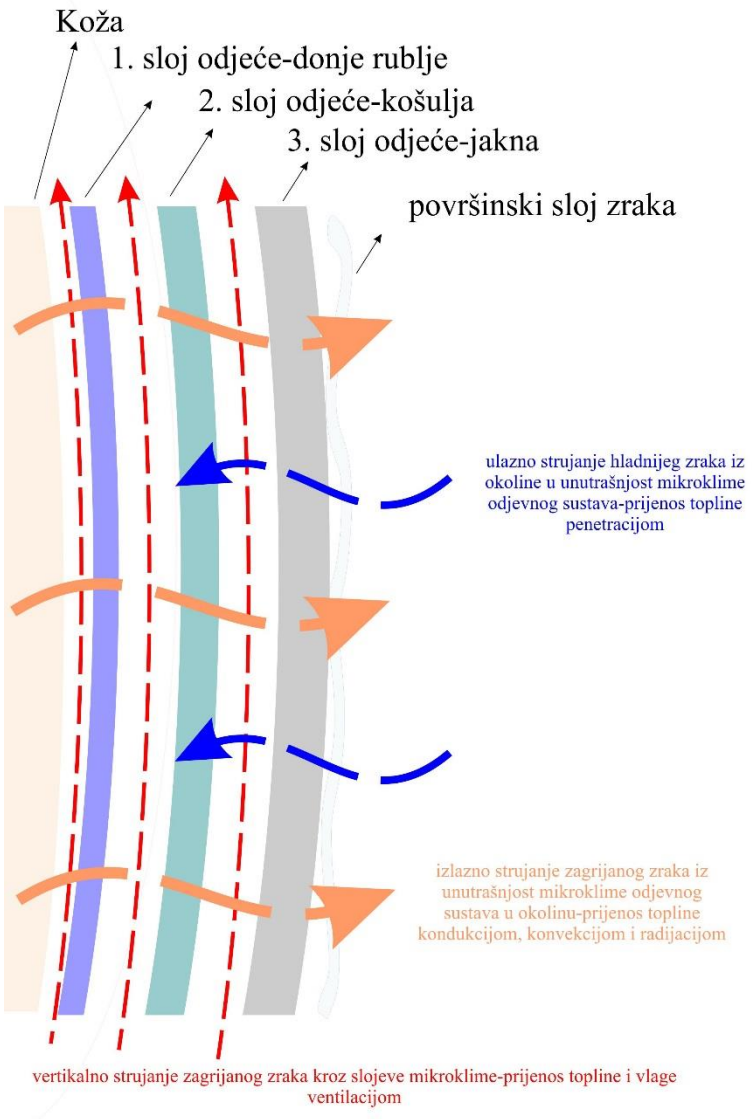
Sl. 57 *Područje zagrijavanja ljudskog torza-crveno područje označava mjesto najjačeg zagrijavanja kože, a plava područja najvećeg sakupljanja izlučenog znoja, IZVOR: Outlast Technology*

U procesu tehničkog projektiranja muških jakni, prvo su analizirane anatomske specifičnosti trupa ljudskog tijela. Uslijed procesa evaporacije, znoj i vlaga koji se razvijaju u mikroklimatskom području oko odjevenog tijela, se oslobađaju u okoliš.

Vlažnost u mikroklimatskom području raste do 100 %. Što je veće znojenje to je veća zasićenost zraka vlagom, a nakon nekog vremena dolazi do kondenzacije i znoj počinje kapati sa tijela i natapati unutrašnji dio jakne. Najviše znoja se akumulira u gornjem dijelu leđa između lopatice i uz područje kralježnice, na prijelazu kože iz prsa u abdomen, u pazušnim regijama (sadrži mnogo žlijezda znojnica) i bočnom dijelu tupa, Sl. 57. Osim toga se moraju predvidjeti područja koja su najpodložnija hlađenjima za vrijeme izvođenja aktivnosti u hladnim uvjetima. Na prednjoj strani bedara dolazi do brzog hlađenja pri izvođenu aktivnosti u hladnim uvjetima (npr. skijanje) zbog čega se smanjuje vrijeme mišićne reakcije i dolazi do povećanja broja ozljeda.

3.6.6 Primjena infracrvene termografije u ispitivanju toplinskih svojstava odjeće

U ispitivanju toplinskih svojstava odjeće u ovome doktorskome radu IC termografija se koristi kako bi se utvrdili toplinski gubici s ljudskog tijela u okoliš. Najznačajnija je primjena pri ispitivanju toplinskih gubitaka pri vertikalnom strujanju zraka kroz mikroklimu između odjeće i tijela te temperaturne promjene na površini muške jakne pri nalijeganju na tijelo, Sl. 58.



Sl. 58 *Prikaz strujanja zraka kroz slojeve odjevnog sustava i vertikalnog strujanja zraka u mikroklimi između odjevnih predmeta*

Kada je ljudsko tijelo u pokretu, dolazi do gibanja zraka u mikroklimi odjevnog predmeta, što između slojeva tkanina, što oko tijela. Volumen zračnih prostora se dinamički giba uslijed

kompresije i dekompresije, koju pružaju pojedini dijelovi tijela u odnosu na odjeću. Kada se na jednom dijelu, tlači dio odjevnog predmeta, zrak spontano prelazi u drugi dio mikroklimatskog međuprostora, kondukcijom se prenosi s tijela na slojeve odjeće i izlazi kroz vratni izrez.

Za potrebe tih ispitivanja upotrebljavan je mobilni termografski sustav FLIR ThermaCAM^{TM} P65. Termografski sustav FLIR ThermaCAM^{TM} P65 [179] je mobilni termografski sustav koji koristi dugovalni infracrveni dio spektra (eng. LWIR-long wave infrared spectral range) valnih duljina do 7,5 do 13 μm. Leće projiciraju sliku objekta na mikrobolometar pri rezoluciji od 640×480, 384×288 i 320×240 piksela. Električni signal sa detektora (mikrobolometar) se kasnije obrađuje u unutarnjoj elektronici sustava kamere.

ThermaCAM^{TM} P65 kamera ima nehlađeni mikrobolometarski FPA detektor (eng. uncooled focal plane array). Detektor je toplinski stabiliziran s visokom preciznošću korištenjem Peltierova elementa i stoga je neovisan o temperaturi okoline. Peltierov efekt spada u grupu termoelektričnih efekata, a očituje se u tome da će spojišta dvaju materijala spojenih u zatvorenu petlju poprimiti različite temperature ako kroz krug protiče električna struja. Jedno će se spojište ugrijati a drugo ohladiti. Koje od njih će imati višu, a koje nižu temperaturu, ovisi o smjeru struje, dok o jakosti struje ovisi ravnotežna razlika temperatura.

Kako bi se potvrdili toplinski gubici iz odjevnog predmeta u okoliš, koriste se sve prednosti termografije poput prikaza vidljive slike tako da se mogu usporediti temperature na velikoj površini, brza mjerenja i utvrđivanje gubitaka, relativno jednostavna interpretacija termograma, sposobnost hvatanja mete u kretanju u realnom vremenu, eliminiranje neplaniranih toplinskih gubitaka kroz odjevne predmete itd. Emisijski koeficijent potvrđen je istovremenim bilježenjem temperature kože pomoću MSR 12 sustav i paralelnim snimanjem promatrane površine termokamerom.

REZULTATI

4 Rezultati

U prvom djelu poglavlja rezultata dan je tablični prikaz rezultata ispitivanja toplinskih karakteristika tkanina korištenih za izradu muških jakni i tkanina koje sačinjavaju odjevne predmete u ispitivanim odjevnim sustavima. Potom su dani rezultati ispitivanja toplinskih svojstava muških jakni izmjerene termalnim manekenom u statičkim uvjetima. Rezultati ispitivanja toplinskih svojstava odjevnih sustava prikazani su kao rezultati mjerenje efektivne toplinske izolacije u statičkim i dinamičkim uvjetima. Na rezultatima efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta i odjevnih sustava provedena je korelacijska i regresijska analiza te t-test pri usporedbama vrijednosti. Na temelju površina krojnih dijelova muških jakni izračunat je faktor površine odjeće i izračunata bazična toplinska izolacija. Po završetku analize toplinskih svojstava odjevnih predmeta i odjevnih sustava, prikazani su rezultati ispitivanja subjektivne percepcije ispitanika odjevenih u odabrane odjevne sustave i dana je analiza njihovih ocjena te prikaz izmjerenih fizikalnih parametara. Rezultati ispitivanja vertikalnog strujanja zraka u mikroklimi koja je stvorena između drugog i trećeg sloja odjevnih predmeta dobiveni su prilagođavanjem mjernih pozicija i senzora MSR 12 mjernog sustava. Termogramima su prikazane karakteristične točke najviše i najniže izmjerene površinske temperature muških jakni. U završnom poglavlju rezultata dan je prikaz višefaktorske analize. Rezultati su prikazani tablično (Tab. 38 do 125) i grafički (Sl. 59 do 119)

4.1 Rezultati ispitivanja toplinskih karakteristika materijala

Utvrđivanje toplinskih karakteristika materijala provedeno je aparaturom KES-F7 Thermo Labo II kojom se mjeri konstanta toplinske provodnosti, otpor prolasku topline i ukupni otpor isparavanju vodene pare materijala, Tab. 38.

Tab. 38: *Rezultati izmjerenih i izračunatih vrijednosti toplinskih svojstava tkanina na KES-FB 7 Thermo Labo II sustavu*

Oznaka tekstilnog materijala	q_{max} $[J/cm^2\ s]$	$\dot{Q}$ $[W]$	$R_{et}\ [m^2Pa/W]$ ***pri RH =*** **60 %**	$\lambda\ [W/m\ K]$ ***pri*** $RH = 60\ \%$	U $[W/m^2K]$	$R_\lambda\ [m\ K/W]$	$R_{ct}\ [m^2K/W]$ ***pri RH =*** **60 %** **Suhi prijenos topline kondukcijom**
OT-3 laminat	0,189	2,52	9,3767	0,0402	0,0893	0,1567	0,0706
PO-PES	0,403	6,13	10,0148	0,0442	0,2155	0,3301	0,0677
Pletivo za izradu potkošulja	0,102	1,41	8,6573	0,0329	0,0493	0,1727	0,1151
Pletivo za izradu bokserica	0,132	2,08	7,9647	0,0403	0,0724	0,2019	0,1124
Tkanina za izradu košulja	0,154	2,46	7,3747	0,0408	0,0847	0,1743	0,0839
Tkanina za izradu traperica	0,118	1,02	11,1716	0,0247	0,0352	0,1407	0,0985

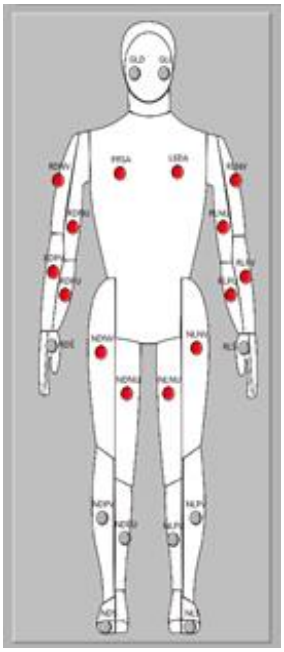
NAPOMENA: toplo-hladni osjet (q_{max}), toplinski tok BT-ploče ($\dot{Q}$), otpor prolasku vodene pare tekstilije (R_{et}), koeficijent vodljivosti topline, (λ), ukupni koeficijent prolaska topline (α), specifični otpor prolasku topline tekstilije (R_λ), otpor prolasku topline tekstilije (R_{ct})

4.2 Rezultati ispitivanja toplinskih svojstava odjevnih predmeta

Toplinska svojstva odjevnih predmeta utvrđivana su termalnim manekenom u statičkim i dinamičkim uvjetima. U poglavlju 4.2.1. prikazane su vrijednosti utvrđene efektivne toplinske izolacije ispitivanih muških jakni. Rezultati su potom statistički obrađeni.

4.2.1 Rezultati ispitivanja toplinskih svojstava muških jakni u statičkim uvjetima

Toplinska svojstva jakni ispitivala su se termalnim manekenom u kontroliranoj klima komori, Tab. 39 do 40. Rezultati utvrđenih vrijednosti prikazani su dijagramima, Sl. 59 do 63. U Tab. 41 do 45 prikazani su podaci na kojima se je provela statistička analiza i utvrđivanje korelacije i regresije, a rezultati su grafički prikazani dijagramima, Sl. 64 i 65. Potom je proveden t-test ispitivanja aritmetičkih sredina (Tab. 46 do 52).



Sl. 59 *Prikaz aktiviranih segmenata termalnog manekena prilikom mjerenja toplinskog otpora muških jakni u stacionarnim uvjetima*

Ispitivane su muške jakne prvog modela *letačke vjetrovke* i drugog modela *nautičarske vjetrovke*. Svaka jakna 1. modela razlikuje se u iznosu konstrukcijskog dodatka komocije, a svaka jakna drugog modela razlikuje se u iznosu duljine kroja. Jakne drugog modela ispitivane su na način da na duljini kroja nije bila stegnuta vrpca.

Tab. 39: *Rezultati toplinskog otpora zraka testom na neodjevenom manekenu (I_a) pri mjerenju toplinske izolacije odjevnih predmeta termalnim manekenom u mirovanju*

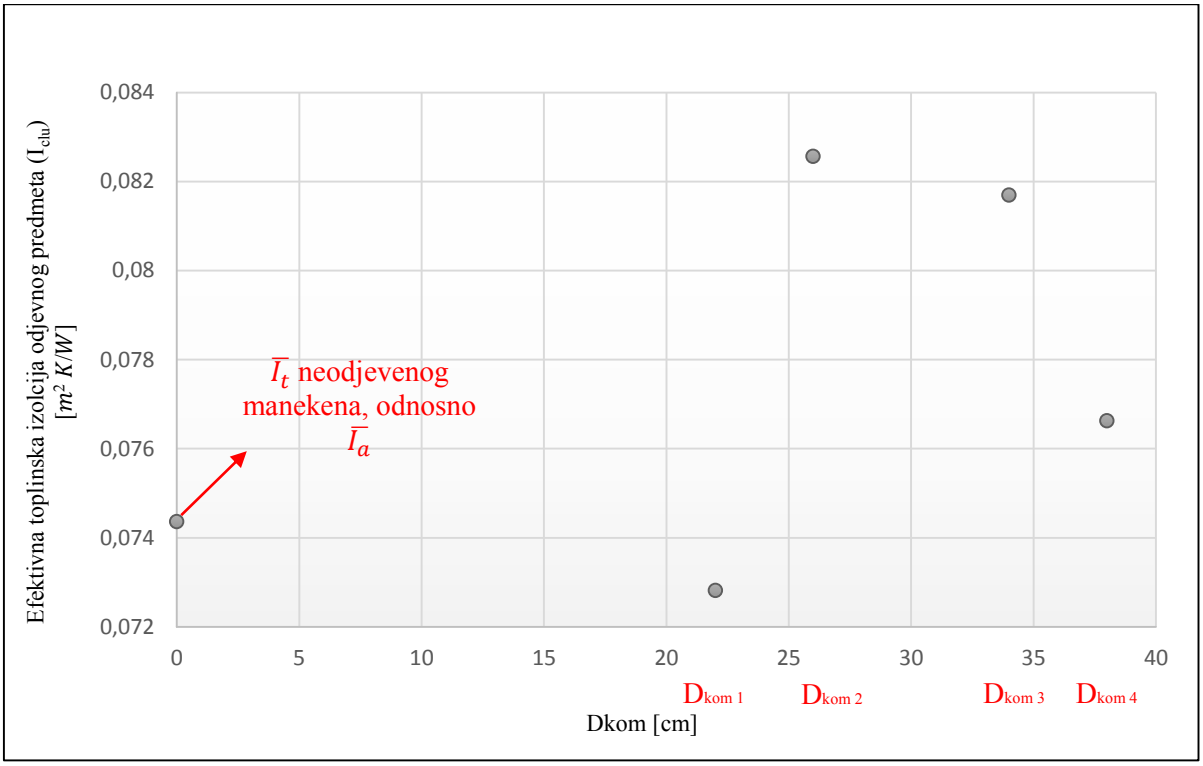
t_t $[min]$	t_s [℃]	H $[W]$	I_a $[m^2\ K/W]$
1.	34,0056	232,2969	0,0758
2.	34,0061	242,2812	0,0727
3.	33,9981	234,6406	0,0750
4.	34,0048	228,8177	0,0769
5.	34,0119	232,5365	0,0757
6.	33,9862	244,3750	0,0719
7.	34,0058	233,4375	0,0754
8.	34,0133	222,5729	0,0791
9.	33,9924	239,0052	0,0736
10.	33,9974	245,3646	0,0717
11.	34,0143	230,8594	0,0763
12.	33,9985	233,5208	0,0754
13.	34,0014	242,7760	0,0725
14.	34,0150	227,8750	0,0773
15.	33,9543	248,0573	0,0707
16.	33,9952	252,7969	0,0696
17.	34,0376	233,6146	0,0755
18.	33,9914	239,8021	0,0733
19.	33,9889	233,5156	0,0753
20.	34,0241	240,0417	0,0734
Zajednička aritmetička sredina	34,0021	236,9094	0,0744

Napomena: Toplinski otpor aparature I_a utvrđen je za 14 aktivnih segmenata termalnog manekena (prsa, leđa, unutarnji segmenti nadlaktica, vanjski segmenti nadlaktica, unutarnji segmenti podlaktica, vanjski segmenti podlaktica, unutarnji segmenti bedara i vanjski segmenti bedara), t_s – relativna vrijednost temperature mjerene cjeline termalnog manekena, H – snaga potrebna za zagrijavanje termalnog manekena, I_a – temperatura zraka ili toplinski otpor aparature u statičkim uvjetima, t_t - vrijeme

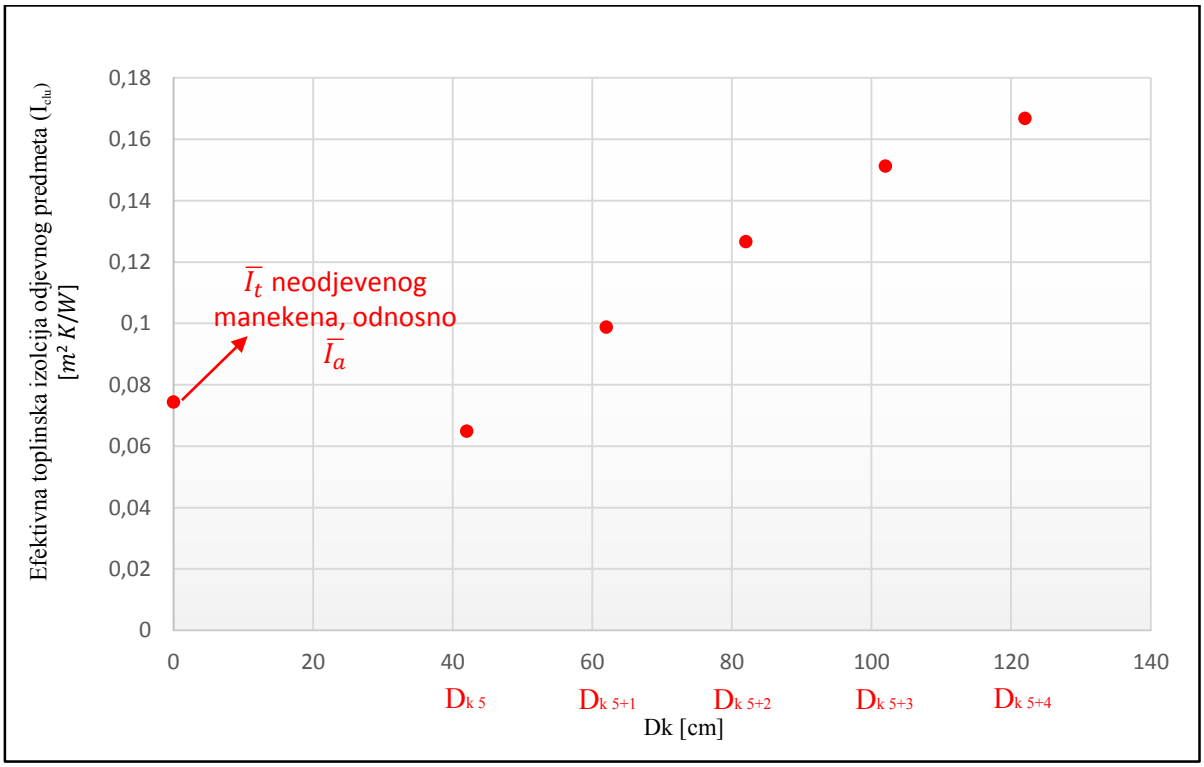
Tab. 40: *Skupna tablica aritmetičkih sredina vrijednosti mjerenih termalnim manekenom na izrađenim uzorcima muških jakni u statičkim uvjetima pri uvjetima okoliša definiranim standardom ISO 15831:2004 i izračun vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu})*

Mjerni uzorak	D_{kom}/D_k	t_s [°C]	H $[W]$	I_{clu} $[m^2\,K/W]$	I_t $[m^2\,K/W]$	I_{clu} $[clo]$	I_t $[clo]$
neodjeveni maneken	0	34,0021	236,9094	0	0,0744	0	0,4798
MJ 1	22	34,0036	128,4174	0,0728	0,1472	0,4698	0,9496
MJ 2	26	34,0040	120,5346	0,0826	0,1569	0,5327	1,0125
MJ 3	34	33,9785	120,8734	0,0817	0,1561	0,5271	1,0069
MJ 4	38	34,0043	125,0104	0,0766	0,1510	0,4944	0,9742
MJ 5	42	34,0073	135,8568	0,0649	0,1392	0,4185	0,8983
MJ 5 + N1	62	34,0038	109,4740	0,0988	0,1732	0,6376	1,1174
MJ 5 +N1/ N2	82	34,0117	94,1575	0,1267	0,2010	0,8173	1,2970
MJ 5 + N1/N2/N3	102	34,0022	84,1500	0,1512	0,2256	0,9758	1,4556
MJ 5 + N1/N2/N3/ N4	122	34,0034	78,6232	0,1668	0,2412	1,0762	1,5559

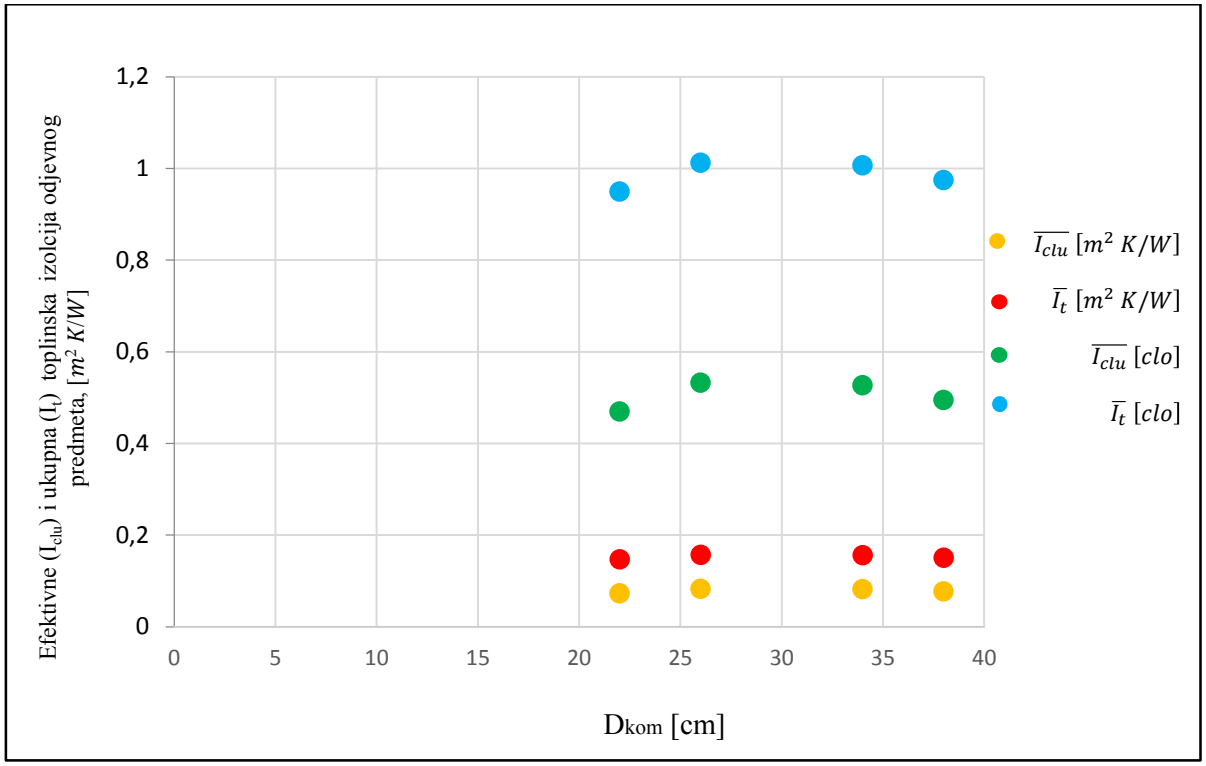
Napomena: D_{kom} – konstrukcijski dodatak komocije, t_s – relativna vrijednost temperature mjerene cjeline termalnog manekena, H – snaga potrebna za zagrijavanje termalnog manekena, I_t – ukupna toplinska izolacija odjevnog predmeta u statičkim uvjetima, I_{clu} – efektivna toplinska izolacija odjevnog predmeta u statičkim uvjetima



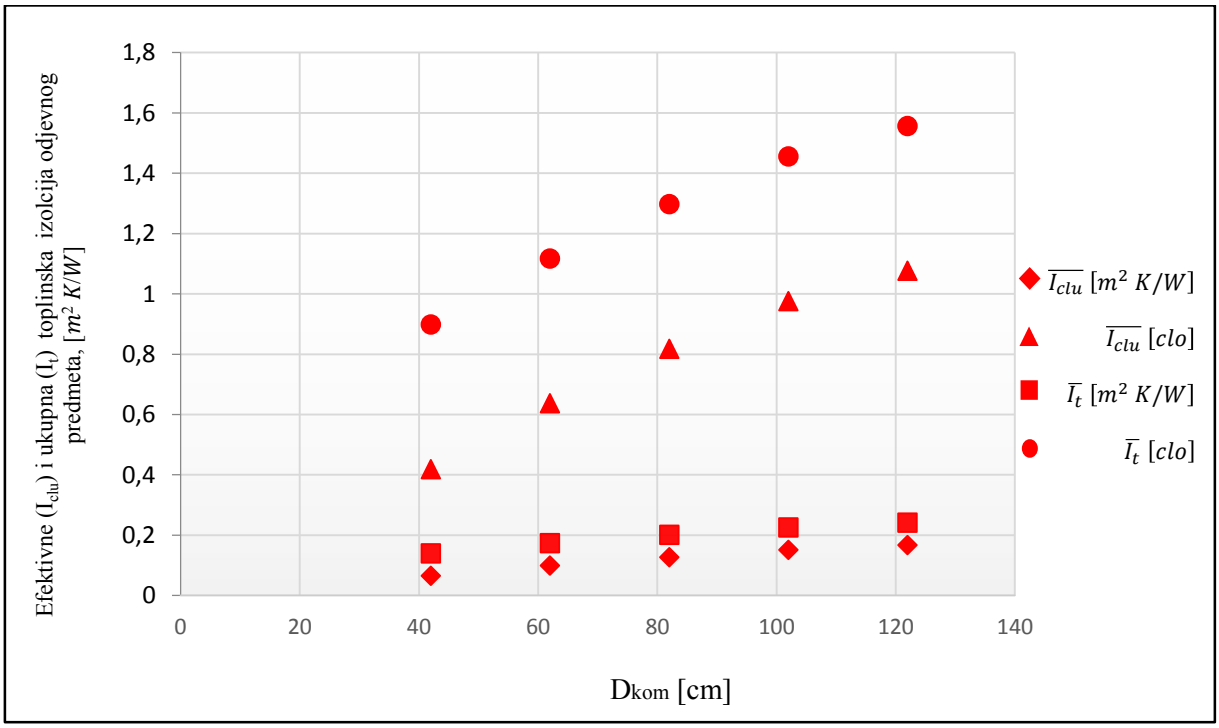
Sl. 60 *Vrijednosti efektivne toplinske izolacije* (I_{clu}) *letačkih vjetrovki u odnosu na konstrukcijski dodatak komocije* (D_{kom})



Sl. 61 *Vrijednosti efektivne toplinske izolacije* (I_{clu}) *nautičarskih vjetrovki u odnosu na duljinu kroja* (D_k)



Sl. 62 *Vrijednosti efektivne* (I_{clu}) *i ukupne toplinske izolacije* (I_t) *letačkih vjetrovki u odnosu na konstrukcijski dodatak komocije* (D_{kom})



Sl. 63 *Vrijednosti efektivne* (I_{clu}) *i ukupne toplinske izolacije* (I_t) *letačkih vjetrovki u odnosu na duljinu kroja* (D_k)

4.2.1.1 Rezultati korelacijske i regresijske analize podataka pri ispitivanju toplinskih svojstava odjevnih predmeta u statičkim uvjetima

U Tab. 41 do 45 prikazani su podaci na kojima se je provela statistička analiza i utvrđivanje korelacije i regresije, a rezultati su grafički prikazani dijagramima, Sl. 64 i 65.

Tab. 41: *Tablica podataka utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju pri ispitivanju toplinskih svojstava odjevnih predmeta, na temelju kojih je provedena korelacijska i regresijska analiza*

Mjerni uzorak	$H\ [W]$	$\overline{I_{clu}}\ [m^2\ K/W]$	$I_t\ [m^2\ K/W]$
neodjeveni maneken	236,9094	0,0744	0,0744
MJ 1	128,4174	0,0728	0,1472
MJ 2	120,5346	0,0818	0,1569
MJ 3	120,8734	0,0817	0,1561
MJ 4	125,0104	0,0766	0,1510
MJ 5	135,8568	0,0649	0,1392
MJ 5 + N1	109,4740	0,0988	0,1732
MJ 5 +N1+ N2	94,1575	0,1267	0,2010
MJ 5+N1+ N2 + N3	84,1500	0,1512	0,2256
MJ 5+N1+ N2 + N3 + N4	78,6232	0,1668	0,2412

Napomena: H – snaga potrebna za zagrijavanje termalnog manekena, $\overline{I_{clu}}$ – prosječna vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog predmeta u statičkim uvjetima, I_t - ukupna toplinska izolacija odjevnih predmeta u statičkim uvjetima

Tab. 42: *Tablica korelacijske analize vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_t) odjevnih predmeta utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)*

jaka korelacija		
	Ukupna toplinska izolacija	**Snaga**
Ukupna toplinska izolacija	1	
Snaga	-0,991541506	1

Tab. 43: *Tablica regresijske analize vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_t) odjevnih predmeta utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)*

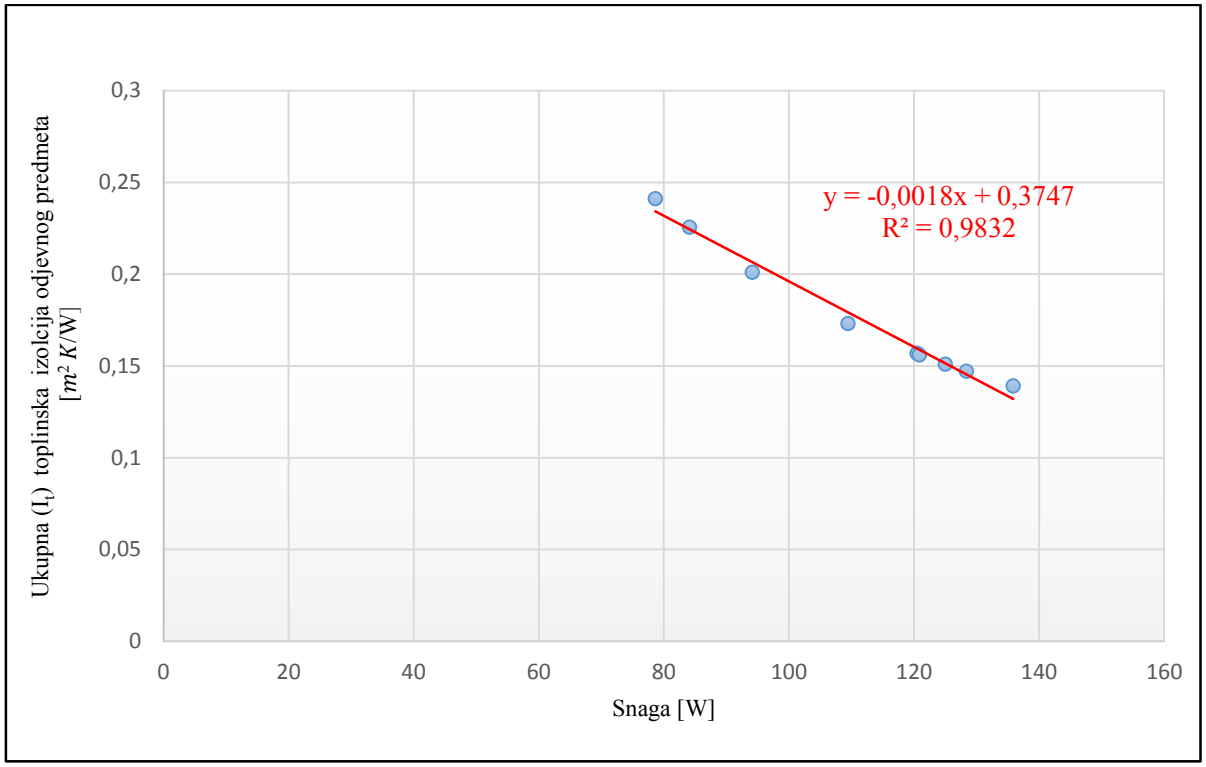
IZLAZNA TABLICA REGRESIJSKE ANALIZE	
Regresijska statistika	
Pearsonov koeficijent korelacije	0,991541506
Koeficijent determinacije	0,983154557
Prilagođeni koeficijent determinacije	0,980748065
Standardna pogreška	0,005122892
Broj promatranih varijabli	9

ANOVA

	Stupnjevi slobode	**Suma kvadrata**	**Sredina kvadrata**	**F omjer**	**Značajnost F omjera**
Regresija	1	0,010721801	0,010721801	408,5426539	$1{,}8176 \cdot 10^{-07}$
Ostatak	7	0,000183708	2,6244E-05		
Ukupno	8	0,010905509			

Koeficijenti		**Standardna pogreška**	**t vrijednost**	**P-vrijednost**	**Niže od 95%**	**Više od 95%**	**Niže od 95%**	**Više od 95%**
Konstantni član	0,3747	0,0099	37,7046	$2{,}4009 \cdot 10^{-09}$	0,3512	0,3982	0,3512	0,3982
X varijable 1	-0,0018	$8{,}8369 \cdot 10^{-05}$	-20,2125	$1{,}8176 \cdot 10^{-07}$	-0,0020	-0,0016	-0,0020	-0,0016

S obzirom da je značajnost koeficijenta korelacije manja od 0,05, možemo zaključiti kako je dobiveni Pearsonov koeficijent linearne korelacije značajan i da postoji statistički značajna povezanost između vrijednosti snage i dobivenih vrijednosti ukupne izolacije odjevnih sustava.



Sl. 64 *Odnos snage* (H) *i izmjerenih vrijednosti ukupne toplinske izolacije* (I_t) *odjevnih predmeta u statičkim uvjetima*

Tab. 44: *Tablica korelacijske analize vrijednosti efektivne toplinske izolacije* (I_{clu}) *odjevnih predmeta utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)*

srednje jaka korelacija		
	Efektivna toplinska izolacija odjeće	**Snaga**
Efektivna toplinska izolacija odjeće	1	
Snaga	-0,991541506	1

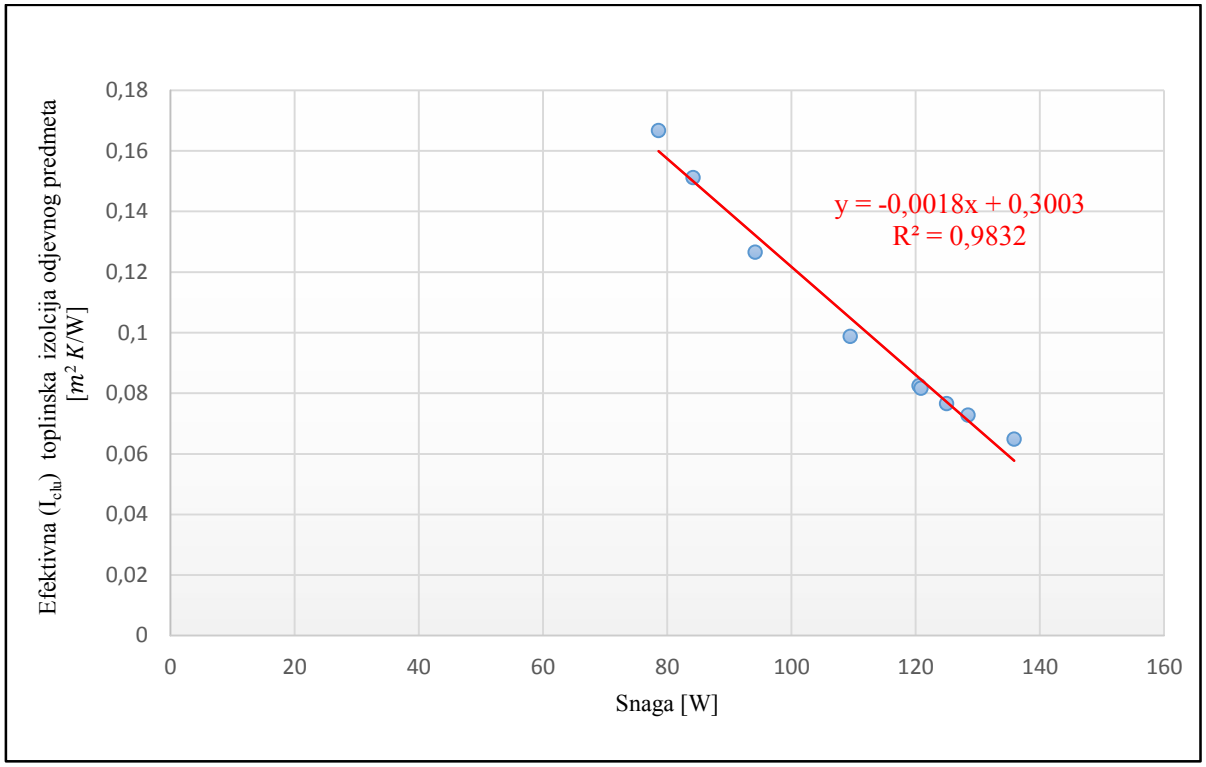
Tab. 45: *Tablica regresijske analize vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) odjevnih predmeta utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)*

IZLAZNA TABLICA REGRESIJSKE ANALIZE	
Regresijska statistika	
Pearsonov koeficijent korelacije	0,991541506
Koeficijent determinacije	0,983154557
Prilagođeni koeficijent determinacije	0,980748065
Standardna pogreška	0,005122892
Broj promatranih varijabli	9

ANOVA

	Stupnjevi slobode	**Suma kvadrata**	**Sredina kvadrata**	**F omjer**	**Značajnost F omjera**
Regresija	1	0,010721801	0,010721801	408,5426539	$1{,}8176 \cdot 10^{-07}$
Ostatak	7	0,000183708	$2{,}6244 \cdot 10^{-05}$		
Ukupno	8	0,031303724			

Koeficijenti		**Standardna pogreška**	**t vrijednost**	**P-vrijednost**	**Niže od 95%**	**Više od 95%**	**Niže od 95%**	**Više od 95%**
Konstantni član	0,3003	0,0010	30,2216	$1{,}1200 \cdot 10^{-08}$	0,2768	0,3238	0,2768	0,3238
X varijable 1	-0,0018	$8{,}8369 \cdot 10^{-05}$	-20,2124	$1{,}8176 \cdot 10^{-07}$	-0,0011	-0,0016	-0,0011	-0,0016



Sl. 65 *Odnos snage* (H) *i izmjerenih vrijednosti efektivne toplinske izolacije* (I_{clu}) *odjevnih predmeta u statičkim uvjetima*

4.2.1.2 Rezultati t-testa aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta u statičkim uvjetima

Rezultati t-test aritmetičkih sredina vrijednosti $\overline{I_{clu}}$ su prikazani u Tab. 46 do 52.

Tab. 46: *Tablica aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije* $(\overline{I_{clu}})$ *odjevnih predmeta utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju na temelju kojih je proveden t-test*

Model Letačka vjetrovka	I_{clu} $[m^2\ K/W]$	***Model Nautičarska vjetrovka***	I_{clu} $[clo]$
MJ 1	0,0728	MJ 5	0,0649
MJ 2	0,0826	MJ 5 + N 1	0,0988
MJ 3	0,0817	MJ 5 + N 2	0,1267
MJ 4	0,0766	MJ 5 + N 3	0,1512
		MJ 5 + N 4	0,1668

Napomena: I_{clu} – vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog predmeta utvrđena termalnim manekenom u mirovanju

Tab. 47: *Rezultati F-testa aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije ($\overline{I_{clu}}$) izmjerenih na modelu letačke vjetrovke pri ispitivanju utjecaja iznosa konstrukcijskog dodatka komocije kroja i vrijednosti efektivne toplinske izolacije ($\overline{I_{clu}}$) izmjerenih na modelu nautičarske vjetrovke pri ispitivanju utjecaja dodataka na duljinu kroja (utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju)*

F test	promatrana dva uzorka imaju različite varijance
0,004435011	
p vrijednost manja od 0,01	

Tab. 48: *Rezultati t-testa aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije ($\overline{I_{clu}}$) izmjerenih na modelu letačke vjetrovke pri ispitivanju utjecaja iznosa konstrukcijskog dodatka komocije kroja i vrijednosti efektivne toplinske izolacije ($\overline{I_{clu}}$) izmjerenih na modelu nautičarske vjetrovke pri ispitivanju utjecaja dodataka na duljinu kroja (utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju)*

Dvosmjerni t-test tipa 3	uzorci su nezavisni pa izvodimo dvosmjerni t-test
0,076733839	p-vrijednost je veća od 0,05 pa prihvaćamo nultu hipotezu i zaključujemo da testirana razlika nije statistički značajna

Tab. 49: *Tablica vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) izmjerenih na modelu letačke vjetrovke pri ispitivanju utjecaja iznosa konstrukcijskog dodatka komocije kroja na temelju kojih je proveden t-test (utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju)*

Red. br.	$\boldsymbol{I_{clu}\ [m^2\ K/W]}$			
1	2	3	4	5
Tip jakne	**MJ 1**	**MJ 2**	**MJ 3**	**MJ 4**
$\boldsymbol{D_{kom}}$ $[\boldsymbol{cm}]$	**22**	**26**	**34**	**38**
1.	0,0711	0,0872	0,0817	0,0745
2.	0,0694	0,0813	0,0831	0,0773
3.	0,0766	0,0754	0,0820	0,0750
4.	0,0717	0,0717	0,0799	0,0805
5.	0,0687	0,0907	0,0778	0,0820
6.	0,0676	0,0970	0,0723	0,0691
7.	0,0756	0,0754	0,0773	0,0779
8.	0,0631	0,0769	0,0842	0,0828
9.	0,0661	0,0846	0,0901	0,0791
10.	0,0779	0,0744	0,0895	0,0745
11.	0,0656	0,0755	0,0897	0,0719

1	2	3	4	5
12.	0,0725	0,0841	0,0951	0,0764
13.	0,0878	0,0702	0,0848	0,0870
14.	0,0761	0,0675	0,0802	0,0722
15.	0,0700	0,0733	0,0733	0,0717
16.	0,0846	0,0918	0,0766	0,0784
17.	0,0787	0,0909	0,0827	0,0760
18.	0,0591	0,0821	0,0786	0,0791
19.	0,0743	0,0883	0,0664	0,0723
20.	0,0799	0,0975	0,0886	0,0748

Napomena: I_{clu} – vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog predmeta utvrđena termalnim manekenom u mirovanju

Tab. 50: *Rezultati t-testa vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) izmjerenih na modelu letačke vjetrovke pri ispitivanju utjecaja iznosa konstrukcijskog dodatka komocije, skupna tablica (utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju)*

Red. br.	Usporedba	Vrijednost t-testa	Objašnjenje rezultata
1.	t-test MJ 1 i MJ 2	0,0012	Iz promatranog t - testa je vidljivo kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t - testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između $\overline{I_{clu}}$ MJ 1 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 2.
2.	t-test MJ 2 i MJ 3	0,9695	Iz promatranog t - testa je vidljivo kako je $p > 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake. t - testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između $\overline{I_{clu}}$ MJ 2 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 3.
3.	t-test MJ 3 i MJ 4	0,0094	Iz promatranog t - testa je vidljivo kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t - testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između $\overline{I_{clu}}$ MJ 3 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 4.
4.	t-test MJ 1 i MJ 4	0,0498	Iz promatranog t - testa je vidljivo kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t - testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između $\overline{I_{clu}}$ M 1 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 4.
5.	t-test MJ 2 i MJ 4	0,0287	Iz promatranog t - testa je vidljivo kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t - testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između $\overline{I_{clu}}$ M 2 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 4.
6.	t-test MJ 1 i MJ 3	0,0003	Iz promatranog t - testa je vidljivo kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t - testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između $\overline{I_{clu}}$ M 1 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 3.

Napomena: I_{clu} – vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog predmeta utvrđena termalnim manekenom u mirovanju

Tab. 51: *Tablica vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) izmjerenih na modelu nautičarske vjetrovke pri ispitivanju utjecaja dodataka na duljinu kroja na temelju kojih je proveden t-test (utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju)*

Red. br.	$I_{clu}\ [m^2\ K/W]$				
Tip jakne	**MJ 5**	**MJ 5+N1**	**MJ 5+N1+N2**	**MJ 5+N1+N2+N3**	**MJ 5+N1+N2+N3 +N4**
$D_k\ [cm]$	**42**	**62**	**82**	**102**	**122**
1.	0,0679	0,1082	0,1230	0,1726	0,1617
2.	0,0662	0,0763	0,1073	0,1499	0,1692
3.	0,0672	0,1032	0,1591	0,1358	0,1846
4.	0,0565	0,1194	0,1268	0,1589	0,1780
5.	0,0673	0,0943	0,1317	0,1550	0,1488
6.	0,0767	0,0841	0,1447	0,1281	0,1607
7.	0,0619	0,1135	0,1188	0,1538	0,1939
8.	0,0601	0,1011	0,1184	0,1662	0,1536
9.	0,0682	0,0878	0,1290	0,1354	0,1409
10.	0,0643	0,1094	0,1322	0,1274	0,1745
11.	0,0655	0,1120	0,1154	0,1236	0,1610
12.	0,0707	0,0935	0,1270	0,2047	0,1422
13.	0,0541	0,0813	0,1336	0,1590	0,1759
14.	0,0608	0,1131	0,1220	0,1394	0,1769
15.	0,0815	0,1086	0,1147	0,1644	0,1378
16.	0,0524	0,0926	0,1326	0,1396	0,1678
17.	0,0561	0,0871	0,1206	0,1545	0,2072
18.	0,0742	0,1135	0,1118	0,1710	0,1617
19.	0,0671	0,0932	0,1338	0,1529	0,1532
20.	0,0586	0,0843	0,1308	0,1327	0,1865

Napomena: I_{clu} – vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog predmeta utvrđena termalnim manekenom u mirovanju

Tab. 52: *Rezultati t-testa vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) izmjerenih na modelu nautičarske vjetrovke pri ispitivanju utjecaja dodataka na duljinu kroja, skupna tablica (utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju)*

Red. br.	Usporedba	Vrijednost t-testa	Objašnjenje rezultata
1.	t-test MJ 5 i MJ 5+N1	$2{,}2389 \cdot 10^{-11}$	Iz promatranog t-testa je vidljivo kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između $\overline{I_{clu}}$ M 5 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 5+N1.
2.	t-test MJ 5+N1 i MJ 5+N2	$1{,}7533 \cdot 10^{-08}$	Iz promatranog t-testa je vidljivo kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između $\overline{I_{clu}}$ M 5+N1 1 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 5+N2.
3.	t-test MJ 5+N2 i MJ 5+N3	$3{,}6145 \cdot 10^{-05}$	Iz promatranog t-testa je vidljivo kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između $\overline{I_{clu}}$ M 5+N2 1 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 5+N3.
4.	t-test MJ 5+N3 i MJ 5+N4	0,0132	Iz promatranog t-testa je vidljivo kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između $\overline{I_{clu}}$ M 5+N3 1 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 5+N4.

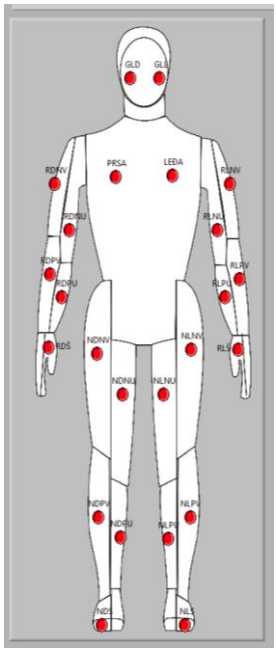
Napomena: I_{clu} – vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog predmeta utvrđena termalnim manekenom u mirovanju

4.3 Rezultati ispitivanja toplinskih svojstava odjevnih sustava

Rezultati toplinskih svojstava odjevnih sustava utvrđeni su termalnim manekenom u statičkim i dinamičkim uvjetima. U poglavlju 4.3.1. prikazane su vrijednosti utvrđene efektivne toplinske izolacije ispitivanih odjevnih sustava u statičkim uvjetima, a u poglavlju 4.3.3. prikazane su vrijednosti utvrđene efektivne toplinske izolacije ispitivanih odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima. Rezultati su potom statistički obrađeni.

4.3.1 Rezultati ispitivanja toplinskih svojstava odjevnih sustava u statičkim uvjetima

Ispitivani su odjevni sustavi OS 1 do 10. Odjevni sustav 1 se sastoji od muških čarapa, bokserica, potkošulje, košulje, traperica. U svaki slijedeći odjevni sustav je dodana po jedna vrsta muške jakne. Svaka jakna prvog modela razlikuje se u iznosu konstrukcijskog dodatka komocije, a svaka jakna drugog modela razlikuje se u iznosu duljine kroja. Jakne drugog modela ispitivane su na način da na duljini kroja nije bila stegnuta vrpca. Prikaz aktiviranih segmenata termalnog manekena prilikom mjerenja toplinskog otpora odjevnih sustava u stacionarnim uvjetima vidljiv je na Sl. 66. Toplinska svojstva odjevnih sustava u statičkim uvjetima izmjerena su termalnim manekenom u kontroliranoj klima komori, Tab. 53 i 54. Rezultati utvrđenih vrijednosti prikazani su dijagramima, Sl. 67 do 69. U Tab. 55 do 59 prikazani su podaci na kojima se je provela statistička analiza i utvrđivanje korelacije i regresije, a rezultati su grafički prikazani dijagramima, Sl. 70 i 71. Potom je proveden t-test ispitivanja aritmetičkih sredina (Tab. 60 i 61).



Sl. 66 *Prikaz aktiviranih segmenata termalnog manekena prilikom mjerenja toplinskog otpora odjevnih sustava u stacionarnim uvjetima*

Tab. 53: *Utvrđivanje toplinskog otpora zraka testom na neodjevenom manekenu (I_a) pri mjerenju toplinske izolacije odjevnih sustava termalnim manekenom u mirovanju*

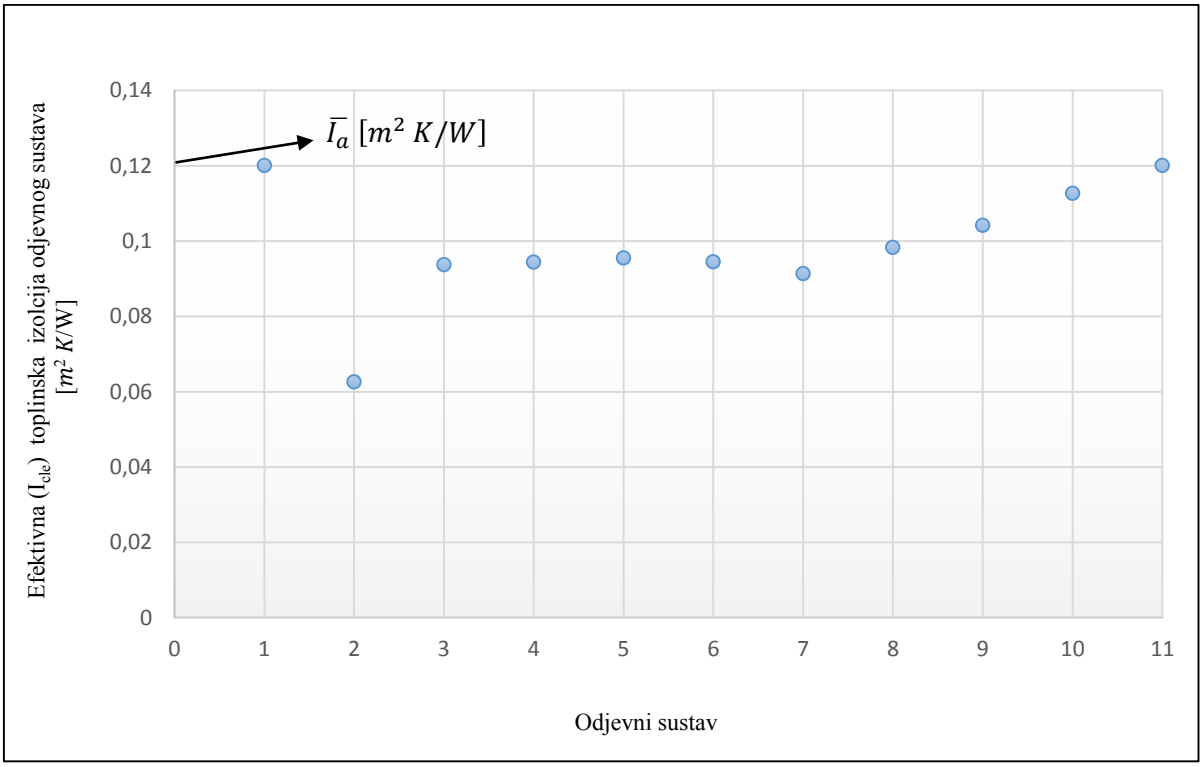
t_t [min]	t_s [°C]	H [W]	I_a [m^2 K/W]
1.	33,9797	365,3854	0,0725
2.	34,0178	356,1667	0,0746
3.	34,0039	334,2187	0,0794
4.	33,9948	359,2656	0,0738
5.	34,0049	356,5208	0,0745
6.	33,9981	348,0990	0,0762
7.	34,0209	348,9167	0,0762
8.	33,9953	344,8906	0,0769
9.	33,9841	375,8333	0,0705
10.	34,0283	348,3385	0,0763
11.	34,0019	336,1198	0,0790
12.	33,9838	368,5833	0,0719
13.	34,0218	357,0417	0,0744
14.	34,0079	333,0677	0,0797
15.	33,9829	361,4375	0,0733
16.	34,0061	372,1458	0,0713
17.	34,0247	340,4219	0,0781
18.	33,9931	337,8073	0,0785
19.	33,9857	377,7448	0,0702
20.	34,0371	347,2865	0,0766
Zajednička aritmetička sredina	34,0050	136,5307	0,1201

*NAPOMENA: Toplinski otpor aparature I_a utvrđen je za 24 aktivnih segmenata termalnog manekena (lijeva strana glave, desna strana glave, prsa, leđa, unutarnja strana lijeve nadlaktice, vanjska strana lijeve nadlaktice, unutarnja strana desne nadlaktice, vanjska strana desne nadlaktice, unutarnja strana lijeve podlaktice, vanjska strana lijeve podlaktice, unutarnja strana desne podlaktice, vanjska strana desne podlaktice, lijeva šaka, desna šaka, unutarnja strana lijevog bedra, vanjska strana lijevog bedra, unutarnja strana desnog bedra, vanjska strana desnog bedra, unutarnja strana lijeve potkoljenice, vanjska strana lijeve potkoljenice, unutarnja strana desne potkoljenice, vanjska strana desne potkoljenice, lijevo stopalo i desno stopalo), t_s – relativna vrijednost temperature mjerene cjeline termalnog manekena, H – snaga potrebna za zagrijavanje termalnog manekena, I_a – temperatura zraka ili toplinski otpor aparature, t_t - vrijeme

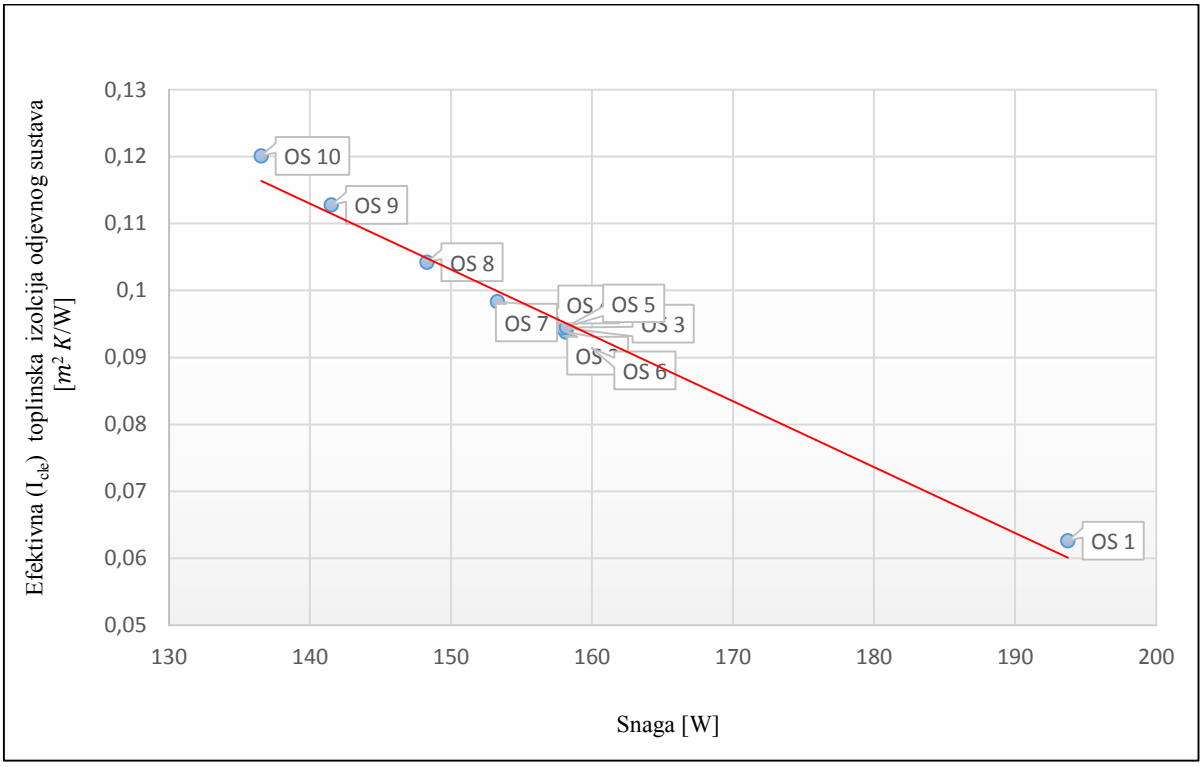
Tab. 54: *Skupna tablica aritmetičkih sredina vrijednosti mjerenih termalnim manekenom na odjevnim sustavima u stacionarnim uvjetima pri uvjetima okoliša definiranim standardom ISO 15831:2004 i izračun vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cle})*

Mjerni uzorak	t_s [°C]	H $[W]$	I_{cle} $[m^2\,K/W]$	I_t $[m^2\,K/W]$	I_{cle} $[clo]$	I_t $[clo]$
neodjeveni maneken	34,0050	136,5307	0,1201	-	-	-
OS 1	34,0047	193,7503	0,0627	0,4042	0,1828	1,1791
OS 2	34,0092	158,1570	0,0938	0,6052	0,2139	1,3801
OS 3	34,0123	157,8763	0,0945	0,6094	0,2146	1,3843
OS 4	34,0136	156,8451	0,0956	0,6165	0,2157	1,3915
OS 5	33,9965	158,2023	0,0945	0,6100	0,2147	1,3849
OS 6	34,0115	159,9591	0,0914	0,5898	0,2115	1,3648
OS 7	34,0080	153,3016	0,0984	0,6346	0,2185	1,4096
OS 8	34,0056	148,2898	0,1042	0,6724	0,2243	1,4473
OS 9	34,0062	141,5193	0,1128	0,7276	0,2329	1,5025
OS 10	34,0050	136,5307	0,1201	0,7749	0,2402	1,5499

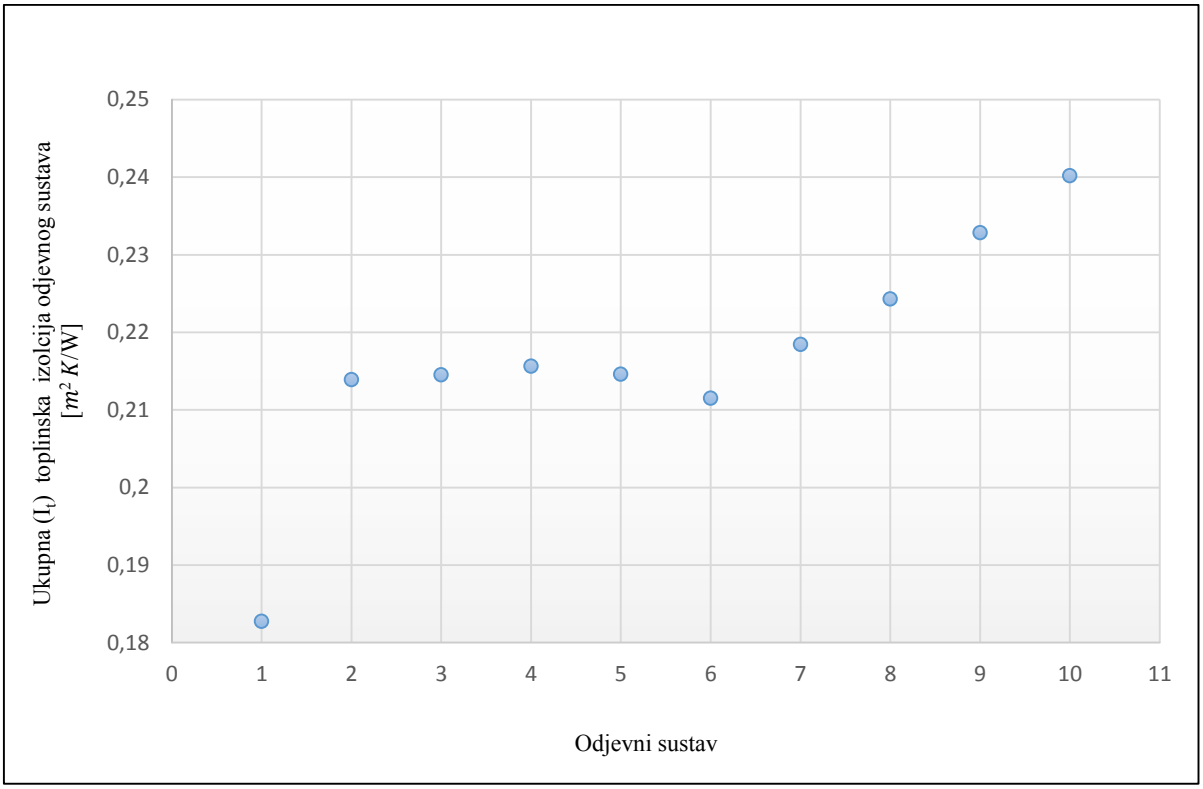
Napomena: t_s – relativna vrijednost temperature mjerene cjeline termalnog manekena, H – snaga potrebna za zagrijavanje termalnog manekena, I_t – ukupna toplinska izolacija odjevnog sustava utvrđena termalnim manekenom u mirovanju, I_{cle} – efektivna toplinska izolacija odjevnog sustava utvrđena termalnim manekenom u mirovanju



Sl. 67 *Efektivna toplinska izolacija odjevnih sustava* (I_{cle}) *u statičkim uvjetima*



Sl. 68 *Odnos snage* (H) *i efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava* (I_{cle}) *u statičkim uvjetima*



Sl. 69 *Ukupna toplinska izolacija odjevnih sustava* (I_t) *u statičkim uvjetima*

4.3.1.1 Rezultati korelacijske i regresijske analize podataka pri ispitivanju toplinskih svojstava odjevnih sustava u statičkim uvjetima

Rezultati korelacijske i regresijske analize međuodnosa vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_t), efektivne toplinske izolacije $(\overline{I_{cle}})$ i snage (H) odjevnih predmeta utvrđene termalnim manekenom u mirovanju prikazani su u Tab. 55 do 59, a rezultati su grafički prikazani dijagramima, Sl. 70 i 71.

Tab. 55: *Tablica podataka utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju pri ispitivanju toplinskih svojstava odjevnih sustava na temelju kojih je provedena korelacijska i regresijska analiza*

Mjerni uzorak	$H\ [W]$	$\overline{I_{cle}}\ [m^2\ K/W]$	$I_t\ [m^2\ K/W]$
1	2	3	4
neodjeveni maneken	136,5307	0,1201	0,1201
OS 1	193,7503	0,0627	0,1828
OS 2	158,1570	0,0938	0,2139
OS 3	157,8763	0,0945	0,2146
OS 4	156,8451	0,0956	0,2157

1	2	3	4
OS 5	158,2023	0,0945	0,2147
OS 6	159,9591	0,0914	0,2115
OS 7	153,3016	0,0984	0,2185
OS 8	148,2898	0,1042	0,2243
OS 9	141,5193	0,1128	0,2329
OS 10	141,5193	0,1201	0,2412

Napomena: H – snaga potrebna za zagrijavanje termalnog manekena, $\overline{I_{cle}}$ – prosječna vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog sustava u statičkim uvjetima, I_t – ukupna toplinska izolacija odjevnog sustava u statičkim uvjetima

Tab. 56: *Tablica korelacijske analize vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_t) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)*

jaka korelacija		
	Ukupna toplinska izolacija	**Snaga**
Ukupna toplinska izolacija	1	
Snaga	-0,991541506	1

Tab. 57: *Tablica regresijske analize vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_t) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)*

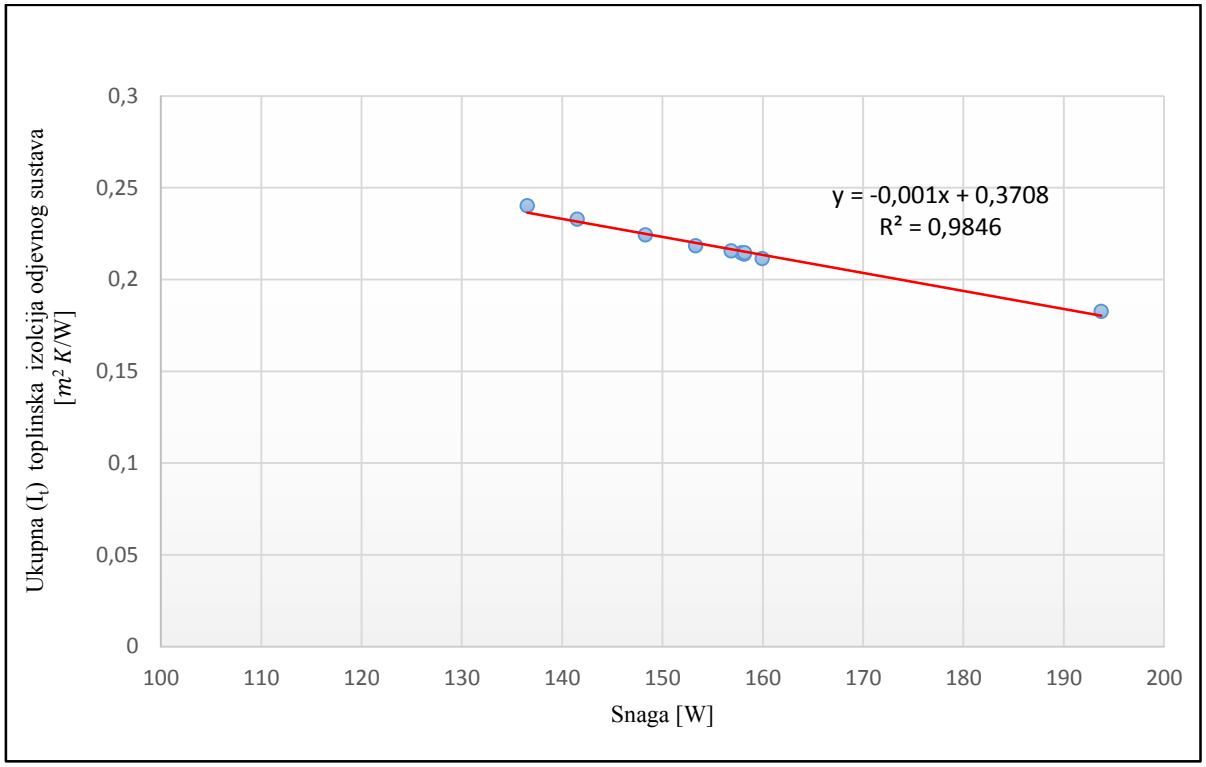
IZLAZNA TABLICA REGRESIJSKE ANALIZE	
Regresijska statistika	
Pearsonov koeficijent korelacije	0,992247626
Koeficijent determinacije	0,984555351
Prilagođeni koeficijent determinacije	0,98262477
Standardna pogreška	0,002000035
Broj promatranih varijabli	10

ANOVA

	Stupnjevi slobode	**Suma kvadrata**	**Sredina kvadrata**	**F omjer**	**Značajnost F omjera**
Regresija	1	0,002039985	0,002039985	509,9787492	$1{,}5656 \cdot 10^{-08}$
Ostatak	8	$3{,}2001 \cdot 10^{-05}$	$4{,}0001 \cdot 10^{-06}$		
Ukupno	9	0,002071986			

Koeficijenti		**Standardna pogreška**	**t vrijednost**	**P-vrijednost**	**Niže od 95%**	**Više od 95%**	**Niže od 95%**	**Više od 95%**
Konstantni član	0,3708	0,0068	54,1781	$1{,}4941 \cdot 10^{-11}$	0,3550	0,3866	0,3550	0,3866
X varijable 1	-0,0010	$4{,}3561, \cdot 10^{-05}$	-22,5827	$1{,}5656 \cdot 10^{-08}$	-0,0011	-0,0009	-0,0011	-0,0009

S obzirom da je značajnost koeficijenta korelacije manja od 0,05, možemo zaključiti kako je dobiveni Pearsonov koeficijent linearne korelacije značajan i da postoji statistički značajna povezanost između vrijednosti snage i dobivenih vrijednosti ukupne izolacije odjevnih sustava.



Sl. 70 *Odnos snage* (H) *i izmjerenih vrijednosti ukupne toplinske izolacije* (I_{cle}) *odjevnih sustava u statičkim uvjetima*

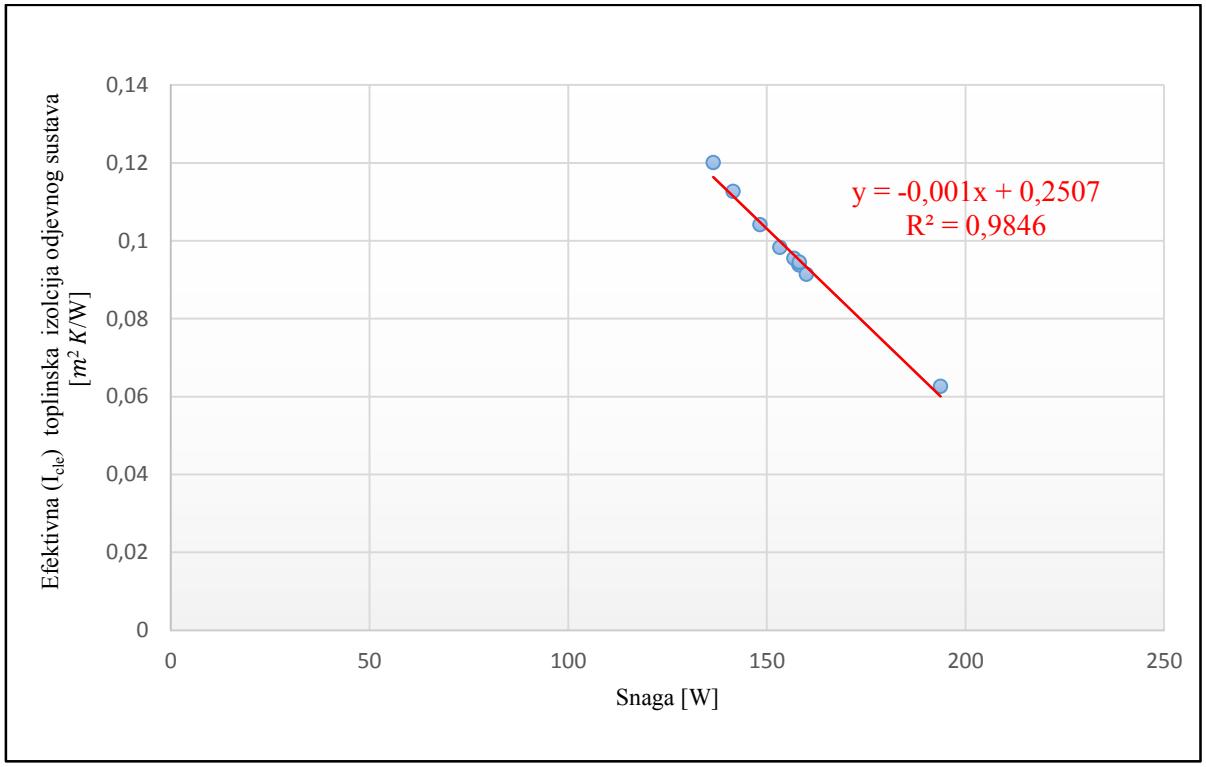
Tab. 58: *Tablica korelacijske analize vrijednosti efektivne toplinske izolacije* (I_{cle}) *odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)*

srednje jaka korelacija		
	Efektivna toplinska izolacija odjeće	**Snaga**
Efektivna toplinska izolacija odjeće	1	
Snaga	-0,991541506	1

Tab. 59: *Tablica regresijske analize vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cle}) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o (H)*

IZLAZNA TABLICA REGRESIJSKE ANALIZE								
Regresijska statistika								
Pearsonov koeficijent korelacije					0,992247626			
Koeficijent determinacije					0,984555351			
Prilagođeni koeficijent determinacije					0,98262477			
Standardna pogreška					0,002000035			
Broj promatranih varijabli					10			
ANOVA								
	Stupnjevi slobode	**Suma kvadrata**	**Sredina kvadrata**	**F omjer**	**Značajnost F omjera**			
Regresija	1	0,002039985	0,002039985	509,9787492	1,56556E-08			
Ostatak	8	3,20011E-05	4,00014E-06					
Ukupno	9	0,002071986						
Koeficijenti		**Standardna pogreška**	**t vrijednost**	**P-vrijednost**	**Niže od 95%**	**Više od 95%**	**Niže od 95%**	**Više od 95%**
Konstantni član	0,2507	0,0068	36,6282	3,3837E-10	0,2349	0,2665	0,2349	0,2665
X varijable 1	-0,0010	4,3561E-05	-22,5827	1,5656E-08	-0,0011	-0,0009	-0,0011	-0,0009

S obzirom da je značajnost koeficijenta korelacije manja od 0,05, možemo zaključiti kako je dobiveni Pearsonov koeficijent linearne korelacije značajan i da postoji statistički značajna povezanost između vrijednosti snage i dobivenih vrijednosti ukupne izolacije odjevnih sustava.



Sl. 71 *Odnos snage* (H) *i izmjerenih vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava* (I_{cle}) *u statičkim uvjetima*

4.3.1.2 Rezultati t-testa aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkim uvjetima

Rezultati t-test aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava utvrđene termalnim manekenom u mirovanju (I_{cle}) su prikazani u Tab. 60 i 61.

Tab. 60: *Tablica vrijednosti efektivne toplinske izolacije* (I_{cle}) *odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju na temelju kojih je proveden t-test*

Red. br.	I_{cle} $[m^2\ K/W]$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Odj. sustav	**OS 1**	**OS 2**	**OS 3**	**OS 4**	**OS 5**	**OS 6**	**OS 7**	**OS 8**	**OS 9**	**OS 10**
1.	0,0510	0,1046	0,0734	0,1174	0,1010	0,0916	0,1010	0,0998	0,1236	0,1509
2.	0,0650	0,0829	0,1203	0,0931	0,1082	0,0852	0,1129	0,0936	0,1170	0,1094
3.	0,0738	0,0696	0,1056	0,0624	0,0780	0,0856	0,1103	0,0992	0,1084	0,0931

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4.	0,0539	0,0918	0,0814	0,0958	0,0811	0,1021	0,0888	0,1084	0,1093	0,1274
5.	0,0680	0,1055	0,1041	0,1191	0,1203	0,0873	0,1001	0,1028	0,1023	0,1279
6.	0,0801	0,0798	0,1158	0,0797	0,0882	0,0891	0,1112	0,1113	0,1218	0,1030
7.	0,0498	0,0846	0,0807	0,0811	0,0802	0,1066	0,0935	0,1062	0,1110	0,1145
8.	0,0685	0,1110	0,0928	0,1166	0,1226	0,0909	0,0881	0,0958	0,1077	0,1445
9.	0,0781	0,0937	0,1206	0,0947	0,0994	0,0837	0,0917	0,1093	0,1146	0,1223
10.	0,0526	0,0867	0,0880	0,0872	0,0737	0,1032	0,1021	0,1250	0,1040	0,1061
11.	0,0604	0,1106	0,0802	0,1118	0,1195	0,1045	0,0857	0,1041	0,1029	0,1323
12.	0,0747	0,0878	0,0857	0,0904	0,1154	0,0830	0,0878	0,1045	0,1181	0,1183
13.	0,0516	0,0819	0,0922	0,0764	0,0693	0,0913	0,0967	0,1092	0,1020	0,1173
14.	0,0569	0,1191	0,0827	0,1065	0,0942	0,1072	0,0940	0,1158	0,1043	0,1299
15.	0,0749	0,0995	0,1161	0,1178	0,1167	0,0909	0,0967	0,1031	0,1239	0,1226
16.	0,0539	0,0806	0,0870	0,0951	0,0799	0,0738	0,0962	0,0978	0,1205	0,1099
17.	0,0484	0,1118	0,0669	0,1020	0,0740	0,0968	0,0987	0,1074	0,1044	0,1256
18.	0,0783	0,1095	0,0984	0,0982	0,1161	0,0953	0,0986	0,1099	0,1082	0,1195
19.	0,0637	0,0750	0,1110	0,0815	0,0872	0,0693	0,1007	0,0858	0,1316	0,1173
20.	0,0493	0,0902	0,0861	0,0845	0,0663	0,0911	0,1125	0,0953	0,1198	0,1106

Napomena: I_{cle} – efektivna toplinska izolacija odjevnih sustava u statičkim uvjetima

Tab. 61: *Rezultati t-testa efektivne toplinske izolacije (I_{cle}) izmjerenih termalnim manekenom u mirovanju na odjevnim sustavima*

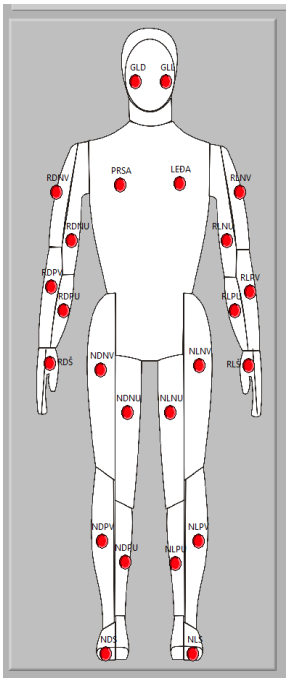
Red. br.	Usporedba	Vrijednost t-testa	Objašnjenje rezultata
1	2	3	4
1.	t-test OS 1 i OS 2	$2{,}7503 \cdot 10^{-09}$	t-testom je pokazao kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika p<0,05 možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 1 i I_{cle} OS 2.
2.	t-test OS 2 i OS 3	0,8940	t-testom je pokazao kako je $p > 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika p<0,05 možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 2 i I_{cle} OS 3.
3.	t-test OS 3 i OS 4	0,8268	t-testom je pokazao kako je $p > 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika p<0,05 možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 3 i I_{cle} OS 4.
4.	t-test OS 4 i OS 5	0,8552	t-testom je pokazao kako je $p > 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika p<0,05 možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 4 i I_{cle} OS 5.
5.	t-test OS 5 i OS 6	0,5253	t-testom je pokazao kako je $p > 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika p<0,05 možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 5 i I_{cle} OS 6.
6.	t-test OS 6 i OS 7	0,0235	t-testom je pokazao kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika p<0,05 možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 6 i I_{cle} OS 7.

1	2	3	4
7.	t-test OS 7 i OS 8	0,0357	t-testom je pokazao kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika p<0,05 možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 7 i I_{cle} OS 8.
8.	t-test OS 8 i OS 9	0,0036	t-testom je pokazao kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika p<0,05 možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 8 i I_{cle} OS 9.
9.	t-test OS 9 i OS 10	0,0494	t-testom je pokazao kako je $p < 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika p<0,05 možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 9 i I_{cle} OS 10.

Napomena: I_{cle} – vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog sustava utvrđena termalnim manekenom u mirovanju

4.3.2 Rezultati ispitivanja toplinskih svojstva odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima

Ispitivani su odjevni sustavi OS 1 do 5 te 7 i 8. Odjevni sustav 1 se sastoji od muških čarapa, bokserica, potkošulje, košulje, traperica. U svaki slijedeći odjevni sustav je dodana po jedna vrsta muške jakne. Svaka jakna prvog modela razlikuje se u iznosu iznosa konstrukcijskog dodatka komocije, a svaka jakna drugog modela razlikuje se u iznosu duljine kroja. Jakne drugog modela ispitivane su na način da na duljini kroja nije bila stegnuta vrpca. Toplinska svojstva odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima izmjerena su termalnim manekenom u kontroliranoj klima komori, Tab. 62 i 63. Rezultati utvrđenih vrijednosti prikazani su dijagramima, Sl. 73 do 75. U Tab. 64 do 68 prikazani su podaci na kojima se je provela statistička analiza i utvrđivanje korelacije i regresije, a rezultati su grafički prikazani dijagramima, Sl. 76 i 77. Potom je proveden t-test ispitivanja aritmetičkih sredina (Tab. 69 i 70). Dijagram usporedbe vrijednosti efektivne toplinske izolacije muške jakne od prvog do četvrtog modela letačke vjetrovke s vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u kojim su glavna komponenta te jakne, u statičkim i dinamičkim uvjetima mjereno na termalnom manekenu, prikazan je na Sl. 78.



Sl. 72 *Prikaz aktiviranih segmenata termalnog manekena prilikom mjerenja toplinskog otpora odjevnih sustava u stacionarnim uvjetima*

Tab. 62: *Utvrđivanje toplinskog otpora zraka testom na neodjevenom manekenu (I_{ar}) pri mjerenju toplinske izolacije odjevnih sustava termalnim manekenom u gibanju*

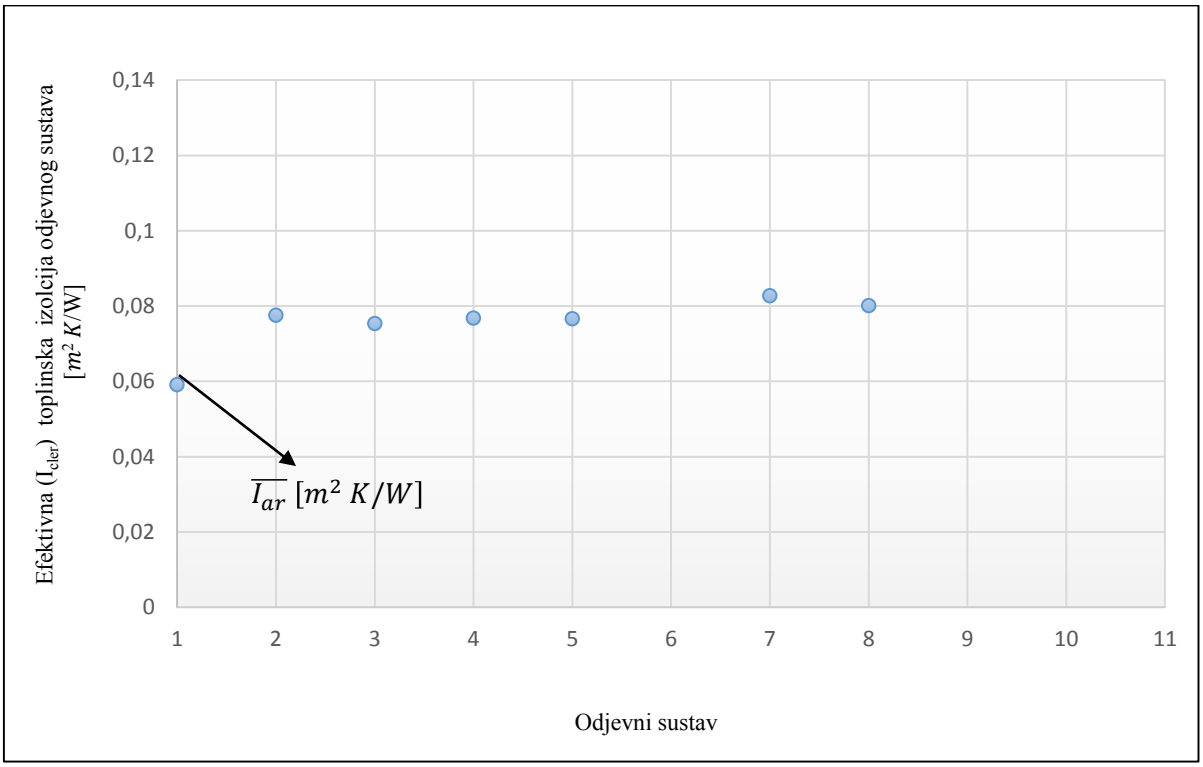
t_t $[min]$	t_s [°C]	H $[W]$	I_{ar} $[m^2\,K/W]$
1.	33,9665	446,9479	0,0592
2.	34,0176	457,0312	0,0581
3.	34,0165	407,5729	0,0652
4.	33,9844	411,1094	0,0645
5.	33,9836	454,9479	0,0583
6.	34,0206	442,5729	0,0600
7.	34,0073	403,4427	0,0658
8.	33,9725	444,0052	0,0597
9.	34,0169	439,7812	0,0604
10.	34,0085	409,0417	0,0649
11.	33,9767	442,7708	0,0598
12.	34,0142	434,4687	0,0611
13.	33,9954	420,2344	0,0631
14.	33,9916	438,8750	0,0604
15.	34,0068	430,2396	0,0617
16.	33,9865	436,0312	0,0608
17.	34,0080	431,3802	0,0616
18.	33,9989	415,9062	0,0638
19.	33,9800	452,2500	0,0586
20.	34,0208	433,4427	0,0613
Zajednička aritmetička sredina	33,9987	432,6026	0,0614

*NAPOMENA: Toplinski otpor aparature I_{ar} utvrđen je za 24 aktivnih segmenata termalnog manekena, t_s – relativna vrijednost temperature mjerene cjeline termalnog manekena, H – snaga potrebna za zagrijavanje termalnog manekena, I_{ar} – temperatura zraka ili toplinski otpor aparature mjereno termalnim manekenom u gibanju, t_t - vrijeme

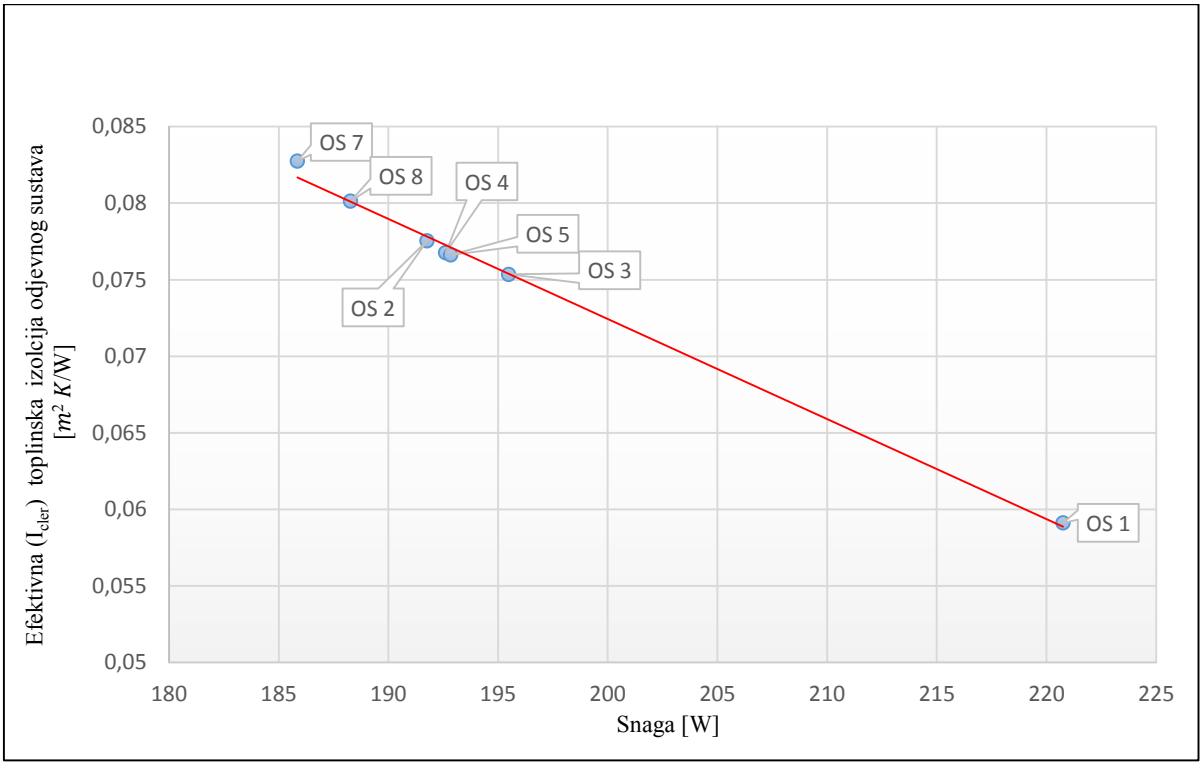
Tab. 63: *Skupna tablica aritmetičkih sredina vrijednosti mjerenih termalnim manekenom na odjevnim u dinamičkim uvjetima pri uvjetima okoliša definiranim standardom ISO 15831:2004 i izračun vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cler})*

Mjerni uzorak	t_s [°C]	H $[W]$	I_{ar} ili I_{cler} $[m^2\ K/W]$	I_{tr} $[m^2\ K/W]$	I_{cler} $[clo]$	I_{tr} $[clo]$
neodjeveni	33,9987	432,6026	0,0614	-	-	-
OS 1	34,0044	220,7560	0,0591	0,3814	0,1205	0,7777
OS 2	34,0040	191,7635	0,0775	0,5002	0,1390	0,8965
OS 3	34,0221	195,4844	0,0754	0,4862	0,1368	0,8825
OS 4	34,0032	192,6172	0,0768	0,4953	0,1382	0,8916
OS 5	34,0071	192,8398	0,0766	0,4943	0,1380	0,8906
OS 7	33,9774	185,8607	0,0827	0,5338	0,1442	0,9301
OS 8	34,0035	188,2820	0,0801	0,5170	0,1416	0,9133

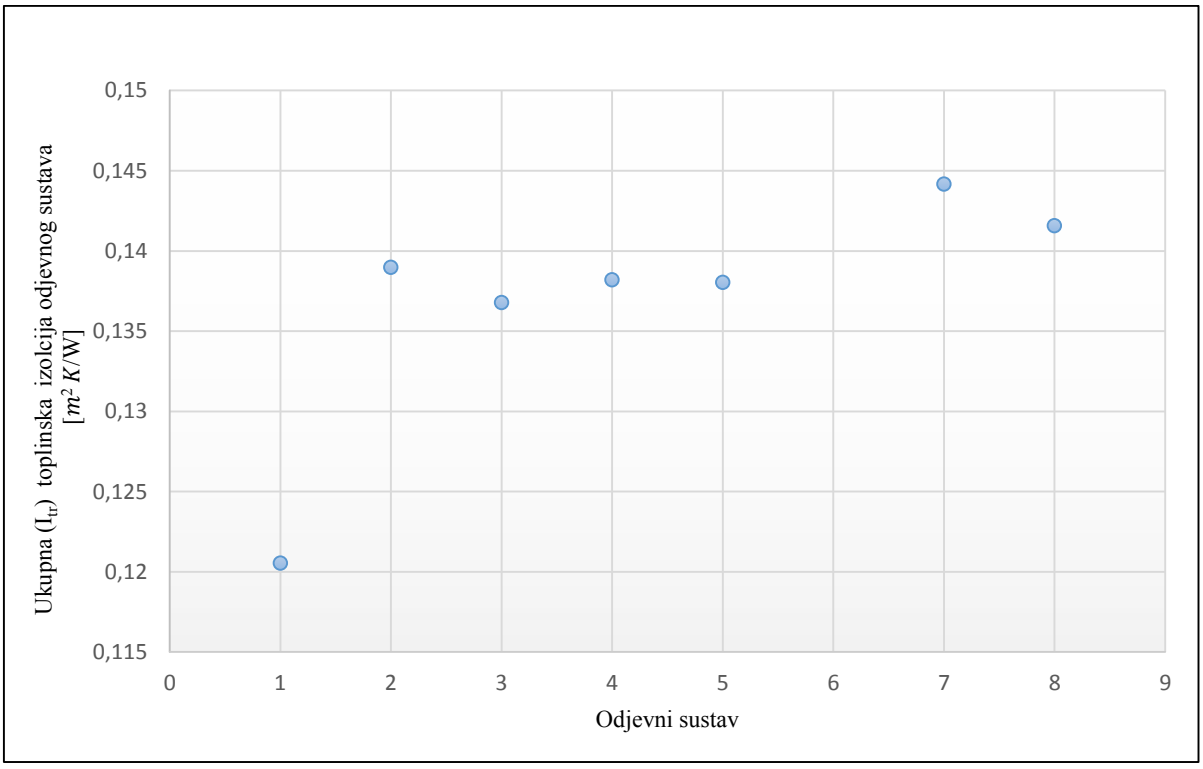
Napomena: t_s - relativna vrijednost temperature mjerene cjeline termalnog manekena, H – snaga potrebna za zagrijavanje termalnog manekena, I_{cler} – prosječna vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog sustava u dinamičkim uvjetima, I_{tr} – ukupna toplinska izolacija odjevnog sustava u dinamičkim uvjetima, I_{ar} – toplinska izolacija graničnog sloja zraka u dinamičkim uvjetima



Sl. 73 *Efektivna toplinska izolacija odjevnih sustava (I_{cler}) u dinamičkim uvjetima*



Sl. 74 *Odnos snage(H) i efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava (I_{cler}) u dinamičkim uvjetima*



Sl. 75 *Ukupna toplinska izolacija odjevnih sustava (I_{tr}) u dinamičkim uvjetima, prikaz odjevne sustave 1, 2, 3, 4, 7, 8*

4.3.2.1 Rezultati korelacijske i regresijske analize pri ispitivanju toplinskih svojstava odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima

U Tab. 64 do 68 prikazani su podaci na kojima se je provela statistička analiza i utvrđivanje korelacije i regresije, a rezultati su grafički prikazani dijagramima, Sl. 76 i 77.

Tab. 64: *Tablica podataka utvrđenih termalnim manekenom u gibanju pri ispitivanju toplinskih svojstava odjevnih sustava, na temelju kojih je provedena korelacijska i regresijska analiza*

Mjerni uzorak	$\boldsymbol{H}$ $[\boldsymbol{W}]$	$\overline{\boldsymbol{I_{cler}}}$ $[\boldsymbol{m^2\ K/W}]$	$\boldsymbol{I_{tr}}$ $[\boldsymbol{m^2\ K/W}]$
OS 2	191,76354	0,07753805	0,500245484
OS 3	195,484365	0,0753549	0,486160645
OS 4	192,61719	0,07677055	0,495293871
OS 5	192,839835	0,0766125	0,494274194

Napomena: H – snaga potrebna za zagrijavanje termalnog manekena, $\overline{I_{cler}}$ – prosječna vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog sustava u dinamičkim uvjetima, I_{tr} – ukupna toplinska izolacija odjevnog sustava u dinamičkim uvjetima

Tab. 65: *Tablica korelacijske analize vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_{tr}) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u gibanju o snazi (H)*

jaka korelacija		
	Ukupna toplinska izolacija	**Snaga**
Ukupna toplinska izolacija	1	
Snaga	-0,985431058	1

Tab. 66: *Tablica regresijske analize vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_{tr}) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u gibanju o snazi (H)*

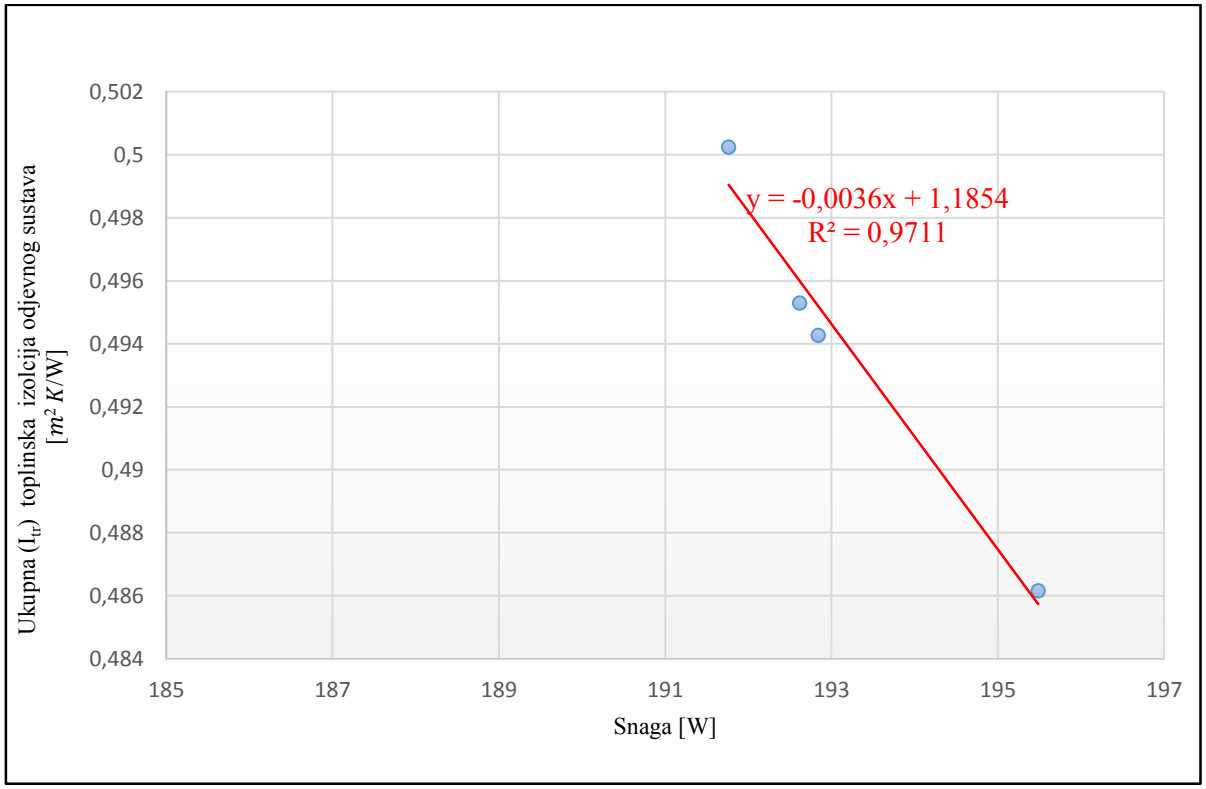
IZLAZNA TABLICA REGRESIJSKE ANALIZE	
Regresijska statistika	
Pearsonov koeficijent korelacije	0,985431058
Koeficijent determinacije	0,97107437
Prilagođeni koeficijent determinacije	0,956611555
Standardna pogreška	0,001215835
Broj promatranih varijabli	4

ANOVA

	Stupnjevi slobode	**Suma kvadrata**	**Sredina kvadrata**	**F omjer**	**Značajnost F omjera**
Regresija	1	9,92542E-05	9,92542E-05	67,14283239	0,014568942
Ostatak	2	2,95651E-06	1,47825E-06		
Ukupno	3	0,000102211			

Koeficijenti		**Standardna pogreška**	**t vrijednost**	**P-vrijednost**	**Niže od 95%**	**Više od 95%**	**Niže od 95%**	**Više od 95%**
Konstantni član	1,1854	0,0844	14,0485	0,0050	0,8223	1,5484	0,8223	1,5484
X varijable 1	-0,0036	0,0004	-8,1941	0,0146	-0,0055	-0,0017	-0,0055	-0,0017

S obzirom da je značajnost koeficijenta korelacije manja od 0,05, možemo zaključiti kako je dobiveni Pearsonov koeficijent linearne korelacije značajan i da postoji statistički značajna povezanost između vrijednosti snage i dobivenih vrijednosti ukupne izolacije odjevnih sustava.



Sl. 76 *Odnos snage* (H) *i izmjerenih vrijednosti ukupne toplinske izolacije* (I_{tr}) *odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima*

Tab. 67: *Tablica korelacijske analize vrijednosti efektivne toplinske izolacije* (I_{cler}) *odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u gibanju o snazi (H)*

srednje jaka korelacija		
	Efektivna toplinska izolacija odjeće	**Snaga**
Efektivna toplinska izolacija odjeće	1	
Snaga	-0,985431054	1

***Tab. 68**: Tablica regresijske analize vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cler}) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u gibanju o (H)*

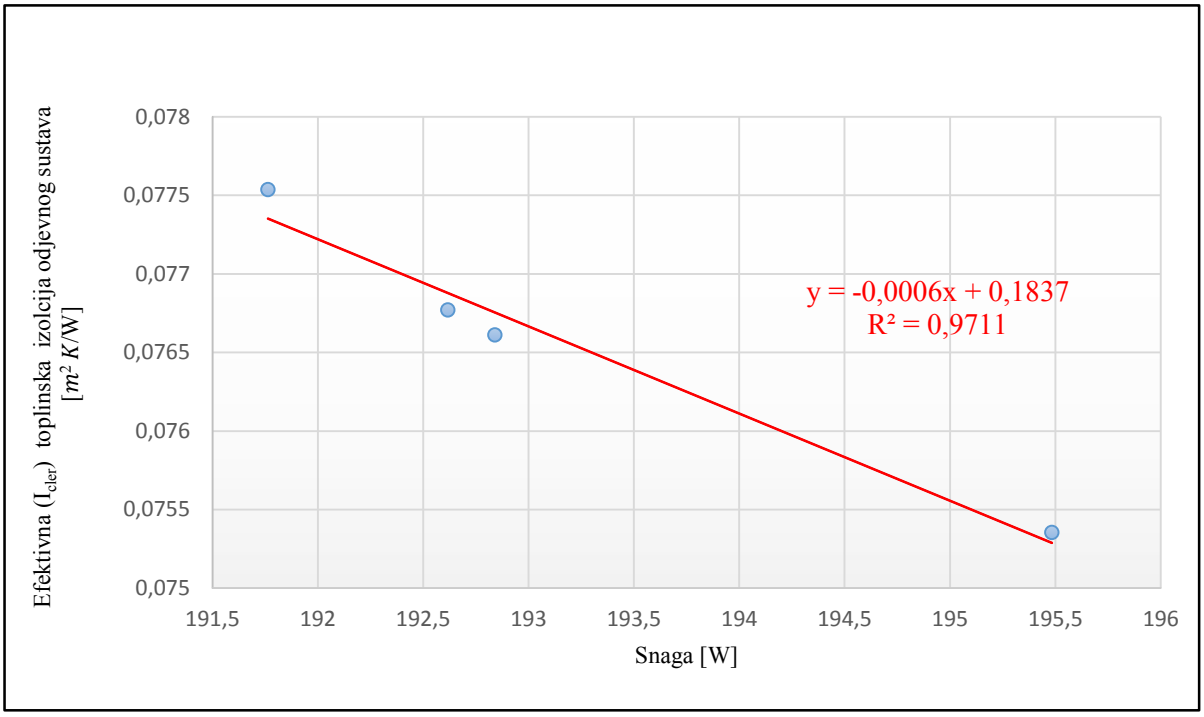
IZLAZNA TABLICA REGRESIJSKE ANALIZE	
Regresijska statistika	
Pearsonov koeficijent korelacije	0,985431054
Koeficijent determinacije	0,971074362
Prilagođeni koeficijent determinacije	0,956611542
Standardna pogreška	0,000188454
Broj promatranih varijabli	4

ANOVA

	Stupnjevi slobode	**Suma kvadrata**	**Sredina kvadrata**	**F omjer**	**Značajnost F omjera**
Regresija	1	2,38458E-06	2,38458E-06	67,14281279	0,014568946
Ostatak	2	7,10301E-08	3,55151E-08		
Ukupno	3	2,45561E-06			

Koeficijenti		**Standardna pogreška**	**t vrijednost**	**P-vrijednost**	**Niže od 95%**	**Više od 95%**	**Niže od 95%**	**Više od 95%**
Konstantni član	0,1838	0,0131	14,0485	0,0050	0,1275	0,2400	0,1275	0,2400
X varijable 1	-0,0006	$6{,}7699 \cdot 10^{-05}$	-8,1941	0,0146	-0,0008	-0,0003	-0,0008	-0,0003

S obzirom da je značajnost koeficijenta korelacije manja od 0,05, možemo zaključiti kako je dobiveni Pearsonov koeficijent linearne korelacije značajan i da postoji statistički značajna povezanost između vrijednosti snage i dobivenih vrijednosti ukupne izolacije odjevnih sustava.



Sl. 77 *Odnos snage* (H) *i izmjerenih vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava* (I_{cler}) *u dinamičkim uvjetima*

4.3.2.2 Rezultati t-testa aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima

Rezultati t-test aritmetičkih sredina vrijednosti I_{cle} su prikazani u Tab. 69 i 70.

Tab. 69: *Tablica vrijednosti efektivne toplinske izolacije* (I_{cler}) *odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u gibanju na temelju kojih je proveden t-test*

Red. br.	I_{cler} $[m^2 K/W]$					
1	2	3	4	5	6	7
Odjevni sustav	**OS 2**	**OS 3**	**OS 4**	**OS 5**	**OS 7**	**OS 8**
1	2	3	4	5	6	7
1.	0,0845	0,0906	0,0711	0,0764	0,0685	0,0720
2.	0,0745	0,0578	0,0622	0,0638	0,0619	0,1150
3.	0,0658	0,0757	0,0776	0,0737	0,1013	0,0811

1	2	3	4	5	6	7
4.	0,0899	0,1061	0,0900	0,0812	0,0917	0,0682
5.	0,0773	0,0734	0,0662	0,0847	0,0628	0,0852
6.	0,0690	0,0705	0,0670	0,0710	0,0905	0,0879
7.	0,0881	0,0882	0,0897	0,0825	0,1048	0,0787
8.	0,0794	0,0758	0,0774	0,0866	0,0668	0,0769
9.	0,0688	0,0668	0,0768	0,0686	0,0796	0,0756
10.	0,0940	0,0759	0,0822	0,0756	0,1154	0,0797
11.	0,0774	0,0802	0,0805	0,0897	0,0668	0,0705
12.	0,0665	0,0658	0,0855	0,0741	0,0764	0,0775
13.	0,0894	0,0658	0,0798	0,0757	0,1113	0,0769
14.	0,0871	0,0870	0,0706	0,0871	0,0776	0,0742
15.	0,0666	0,0700	0,0825	0,0785	0,0701	0,0843
16.	0,0783	0,0654	0,0818	0,0664	0,0928	0,0726
17.	0,0788	0,0756	0,0703	0,0788	0,0865	0,0807
18.	0,0658	0,0816	0,0746	0,0784	0,0693	0,0873
19.	0,0749	0,0717	0,0756	0,0689	0,0785	0,0742
20.	0,0747	0,0634	0,0739	0,0706	0,0822	0,0842

Napomena: $\overline{I_{cler}}$ – prosječna vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog sustava u gibanju

Tab. 70: *Rezultati t-testa vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cler}) izmjerenih termalnim manekenom u gibanju na odjevnim sustavima*

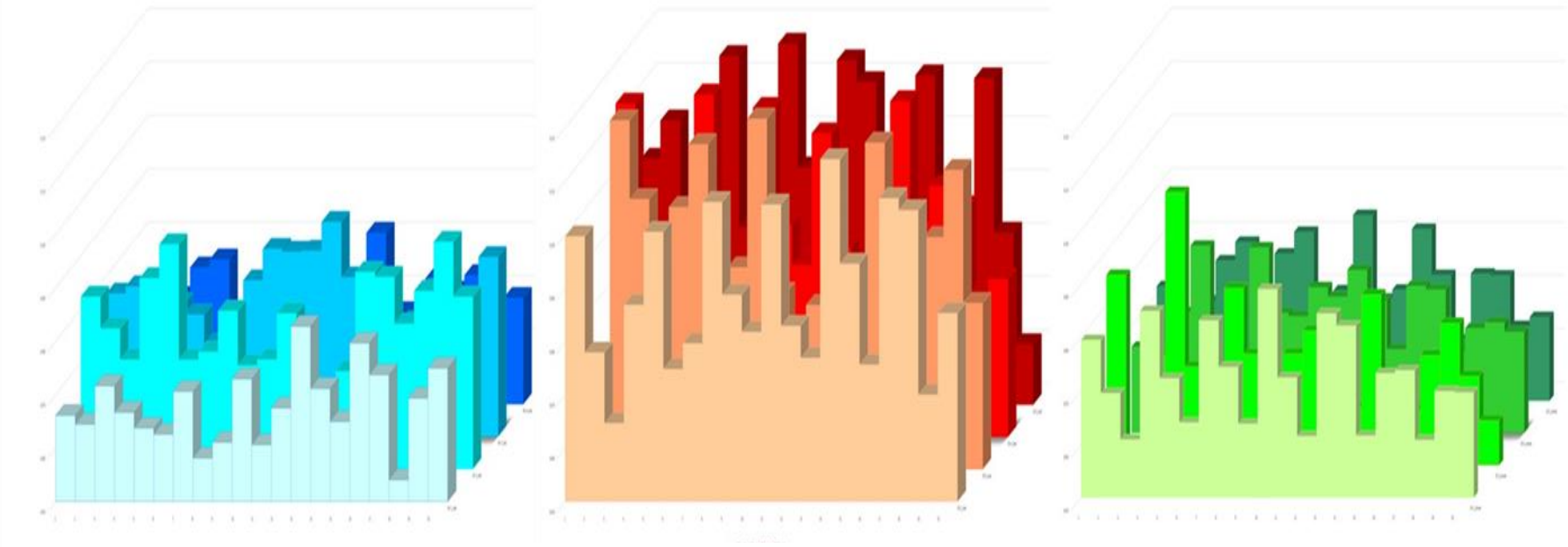
Red. br.	Usporedba	Vrijednost t-testa	Objašnjenje rezultata
1.	t-test OS 2 i OS 3	0,5015	t-testom je pokazao kako je $p > 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između I_{cler} OS 2 i I_{cler} OS 3.
2.	t-test OS 3 i OS 4	0,6436	t-testom je pokazao kako je $p > 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između I_{cler} OS 3 i I_{cler} OS 4.
3.	t-test OS 4 i OS 5	0,9463	t-testom je pokazao kako je $p > 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između I_{cler} OS 4 i I_{cler} OS 5.
4.	t-test OS 5 i OS 7	0,1333	t-testom je pokazao kako je $p > 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između I_{cler} OS 5 i I_{cler} OS 7.
5.	t-test OS 7 i OS 8	0,5432	t-testom je pokazao kako je $p > 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake. t-testom je pokazano kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između I_{cler} OS 7 i I_{cler} OS 8.

Napomena: $\overline{I_{cler}}$ – prosječna vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog sustava u gibanju

Odjevni predmet, muška jakna model *letačka vjetrovka*, iznos konstrukcijskog dodatka komocije 1-4

Odjevni sustav 2-5, s muškom jaknom model *letačka vjetrovka*, mjereno termalnim manekenom u mirovanju

Odjevni sustav 2-5, s muškom jaknom model *letačka vjetrovka*, mjereno termalnim manekenom u pokretu



Sl. 78 *Usporedbe vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta (I_{clu}) o vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkim (I_{cle}) i dinamičkim uvjetima (I_{cler}) mjereno na termalnom manekenu*

4.4 Rezultati izračuna faktora površine odjeće i bazične toplinske izolacije

Površina tijela neodjevenog manekena je manja od ukupne površine odjevenog manekena jer odjevni predmeti i sustavi povećavaju ukupnu površinu. Stoga je utvrđen faktor površine odjeće, odnosno odjevene površine tijela manekena koji služi za utvrđivanje efektivne površine odjeće s koje se u okoliš oslobađa toplina. Rezultati i način utvrđivanja su prikazani u Tab. 72 i 73, a potom su prikazani rezultati izračuna bazične toplinske izolacije, Tab. 74.

Tab. 71: *Popis krojnih dijelova*

1.	Stražnji dio
2.	Donji dio rukava
3.	Gornji dio rukava
4.	Prednji dio
5.	Prednji lijevi dio
6.	Prednji desni dio
7.	Ovratnik

Tab. 72: *Utvrđene površine krojnih dijelova bez šavnih dodataka primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programa Modaris na modelu letačke vjetrovke, simbol MJ 1-MJ 4 te na modelu nautičarske vjetrovke, simbol MJ 5-MJ 5+N4*

$P_{kr,d}\,[cm^2]$				
Krojni dio	**MJ 1**	**MJ 2**	**MJ 3**	**MJ 4**
Stražnji dio	3410	3463	3563	3619
Donji dio rukava	874	874	953	991
Gornji dio rukava	1428	1428	1428	1428
Prednji dio	1419	1444	1494	1523
Ukupna površina odjevnog predmeta	10852	10955	11313	11503

$P_{kr,d}\,[cm^2]$				$A_{cl}\,[cm^2]$	
Krojni dio				**MJ 5**	11979
Stražnji dio	2809				
Prednji lijevi dio	1384				
Prednji desni dio	1392				
Donji dio rukava	925				$A_{cl}\,[cm^2]$
Gornji dio rukava	2036				
Ovratnik	472				
Modularni nastavak	**Prednji lijevi dio**	**Stražnji dio**	**Prednji desni dio**		
Modularni nastavak 1	705	1197	710	**MJ 5+N1**	14591
Modularni nastavak 2	737	1205	741	**MJ 5+N2**	17274
Modularni nastavak 3	769	1205	768	**MJ 5+N3**	20016
Modularni nastavak 4	801	1205	794	**MJ5+ N4**	22816

Napomena: $P_{kr,d}$ – površina krojnog dijela, A_{cl} - ukupna površina odjevnog predmeta,

Utvrđena je površina muških jakni i površina ispitanika odjevenog u bazični odjevni sustav. Na temelju tih podataka izračunat je faktor površine odjeće (f_{cl}) i postotak tijela manekena, odnosno ispitanika prekrivenog odjećom, s koje se u okoliš oslobađaju toplinski gubici s tijela manekena.

Tab. 73: *Utvrđivanje faktora površine muških jakni* (f_{clu})

Model jakne	**Simbol jakne**	$A_{Du}\,[cm^2]$	$A_{clu}\,[cm^2]$	$f_{clu} = \frac{A_{clu}}{A_{Du}}$ *
Letačka vjetrovka	*MJ 1*	17692	10852	0,613
	MJ 2		10955	0,619
	MJ 3		11313	0,639
	MJ 4		11503	0,651
Nautičarska vjetrovka	*MJ 5+N 1*		11979	0,677
	MJ 5+N 2		14591	0,825
	MJ 5+N 3		17274	0,976
	MJ 5+N 4		20016	1,131
	MJ 5+N 5		22816	1,289

NAPOMENA: odjevni predmet je zapravo skenirana muška jakna

*Utvrđeni faktor površine odjeće u odnosu na površinu tijela termalnog manekena pri čemu su uključeni svi segmenti, A_{Du} – površina tijela termalnog manekena, A_{clu} – ukupna površina odjevnog predmeta, f_{clu} - faktor površine odjevnog predmeta

Tab. 74: *Izračun bazične toplinske izolacije muških jakni (I_{cl}) u odnosu na faktor površine odjevnog predmeta (f_{clu})*

Model jakne	**Simbol jakne**	$\boldsymbol{I_{clu} = I_T - I_a}$ $\boldsymbol{[m^2\ K/W]}$	$\boldsymbol{I_T = I_{clu} + I_a}$ $\boldsymbol{[m^2\ K/W]}$	$\boldsymbol{f_{clu} = \frac{A_{clu}}{A_{Du}}}$	$\boldsymbol{I_{cl} = I_T - \frac{I_a}{f_{cl}}}$ $\boldsymbol{[m^2\ K/W]}$
letačka vjetrovka	*MJ 1*	0,0728	0,1472	0,6134	0,1351
	MJ 2	0,0826	0,1569	0,6192	0,1449
	MJ 3	0,0817	0,1561	0,6394	0,1444
	MJ 4	0,0766	0,1510	0,6502	0,1396
nautičarska vjetrovka	*MJ 5+N 1*	0,0649	0,1392	0,6771	0,1283
	MJ 5+N 2	0,0988	0,1732	0,8247	0,1642
	MJ 5+N 3	0,1267	0,2010	0,9764	0,1934
	MJ 5+N 4	0,1512	0,2256	1,1314	0,2190
	MJ 5+N 5	0,1668	0,2412	1,2896	0,2354

Napomena: I_{clu} – efektivna toplinska izolacija odjevnog predmeta u statičkim uvjetima, I_t – ukupna toplinska izolacija odjevnog predmeta u statičkim uvjetima, f_{clu} - faktor površine odjevnog predmeta, I_{cl} – bazična toplinska izolacija odjevnog predmeta

4.5 Rezultati ocjenjivanja toplinske ugodnosti

Rezultati ispitivanja utjecaja odijevanja u specificirane odjevne predmete (muške jakne) i odjevne sustave na zadovoljstvo ispitanika u zadanim uvjetima okoliša, prikazani su Tab. 75 do 80 za prvu seriju i u Tab. 81 do 84 za drugu seriju seriju, a usporedbe ocjena po pojedinim pitanjima u prvoj seriji su grafički prikazane, Sl. 79 do 86.

4.5.1 Rezultati ocjenjivanja toplinske ugodnosti u seriji 1

Ocjene ispitanika u prvu seriji ispitivanja subjektivne percepcije pri t_a 10℃, 15℃ i 20℃ prikazane su tablično, Tab. 75 do 80.

Tab. 75: *Tablica ukupnih ocjena odjevnih sustava na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima-odgovori na pitanja 1-10*

Klim. uvjeti	Odj. sust.	Broj pitanja								
		1	2	3	4	5	6	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	OS 2	0,67	0,00	-0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B		0,00	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33
C		-1,33	1,00	0,67	0,67	1,00	0,67	0,33	0,33	1,00
Ukupna ocjena		-0,22	0,44	-0,22	0,22	0,44	0,22	0,11	0,11	0,44
A	OS 3	0,67	0,00	-0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B		0,00	0,67	0,33	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	1,00
C		-1,33	0,67	1,00	0,00	0,67	0,67	0,33	0,33	1,00
Ukupna ocjena		-0,22	0,44	0,22	0,00	0,33	0,22	0,22	0,11	0,67
A	OS 4	0,33	0,00	-0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B		-0,33	0,33	0,33	0,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
C		-1,67	1,00	1,33	0,00	1,33	1,00	0,00	1,00	1,00
Ukupna ocjena		-0,56	0,44	0,44	0,00	0,56	0,44	0,11	0,44	0,44
A	OS 5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B		-0,33	0,00	0,33	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C	OS 5	-0,67	0,67	0,33	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	0,67
Ukupna ocjena		-0,33	0,22	0,22	0,00	0,22	0,22	0,00	0,00	0,22
A	OS 7	0,67	0,67	-0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B		-0,33	0,33	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33
C		-0,67	0,67	0,67	0,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Ukupna ocjena		-0,11	0,56	0,11	0,00	0,33	0,22	0,22	0,22	0,33

Tab. 76: *Statistička obrada podataka ocjena po fazama na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 1*

Klim. uvj.	1				
	Odjevni sustav	Ispitanik / Pitanje i faza	Ocjena odgovora ispitanika pri ispitivanja subjektivne percepcije zadovoljstva toplinskim karakteristikama okoliša i odjevnih sustava		
			Skala toplinske procjene		
			20'	50'	70'
A	OS 2	GN	1	0	1
		PP	1	0	0
		MB	1	0	1
	PROSJEČNA OCJENA		1,00	0,00	0,67
	Centralna tendencija - aritmetička sredina		1,00	0,00	0,67
	Standardna devijacija		0,00	0,00	0,58
	t-test		-	-	0,09
	OS 3	GN	1	0	1
		PP	1	0	1
		MB	2	1	2
	PROSJEČNA OCJENA		1,33	0,33	1,33
	Centralna tendencija - aritmetička sredina		1,33	0,33	1,33
	Standardna devijacija		0,58	0,58	0,58
	t-test		0,03	0,21	0,03
	OS 4	GN	1	0	0
		PP	1	0	0

		MB	1	0	0
	PROSJEČNA OCJENA		1,00	0,00	0,00
	Centralna tendencija - aritmetička sredina		1,00	0,00	0,00
	Standardna devijacija		0,00	0,00	0,00
	t-test		-	-	-
	OS 5	GN	1	0	0
		PP	0	0	0
		MB	0	0	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,33	0,00	0,33
	Centralna tendencija - aritmetička sredina		0,33	0,00	0,33
	Standardna devijacija		0,58	0,00	0,58
	t-test		0,21	-	0,21
	OS 7	GN	0	0	0
		PP	1	0	1
		MB	1	0	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,67	0,00	0,67
	Centralna tendencija - aritmetička sredina		0,67	0,00	0,67
	Standardna devijacija		0,58	0,00	0,58
	t-test		0,09	-	0,09
B	OS 2	GN	0	0	0
		PP	0	-1	-1
		MB	1	0	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,33	-0,33	-0,33

Centralna tendencija - aritmetička sredina			0,33	-0,33	-0,33
Standardna devijacija			0,58	0,58	0,58
t-test			0,21	0,21	0,21
OS 3	GN		1	-1	0
	PP		0	-1	0
	MB		1	-1	-1
PROSJEČNA OCJENA			0,67	-1,00	-0,33
Centralna tendencija - aritmetička sredina			0,67	-1,00	-0,33
Standardna devijacija			0,58	0,00	0,58
t-test			0,09	-	0,21
OS 4	GN		0	0	0
	PP		1	-2	1
	MB		0	-2	0
PROSJEČNA OCJENA			0,33	-1,33	0,33
Centralna tendencija - aritmetička sredina			0,33	-1,33	0,33
Standardna devijacija			0,58	1,15	0,58
t-test			0,21	0,09	0,21
OS 5	GN		1	-1	0
	PP		0	-1	0
	MB		0	-1	0
PROSJEČNA OCJENA			0,33	-1,00	0,00
Centralna tendencija - aritmetička sredina			0,33	-1,00	0,00
Standardna devijacija			0,58	0,00	0,00

	t-test		0,21	-	-
	OS 7	GN	0	0	0
		PP	-1	-2	-1
		MB	1	0	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	-0,67	-0,33
	Centralna tendencija - aritmetička sredina		0,00	-0,67	-0,33
	Standardna devijacija		1,00	1,15	0,58
	t-test		0,50	0,21	0,21
C	OS 2	GN	-1	-2	-1
		PP	-1	-3	-1
		MB	0	-2	-1
	PROSJEČNA OCJENA		-0,67	-2,33	-1,00
	Centralna tendencija - aritmetička sredina		-0,67	-2,33	-1,00
	Standardna devijacija		0,58	0,58	0,00
	t-test		0,09	0,01	-
	OS 3	GN	-1	0	-1
		PP	-1	-3	-1
		MB	-1	-2	-1
	PROSJEČNA OCJENA		-1,00	-1,67	-1,00
	Centralna tendencija - aritmetička sredina		-1,00	-1,67	-1,00
	Standardna devijacija		0,00	1,53	0,00
	t-test		-	0,10	-
	OS 4	GN	-1	-1	-1

	PP	-2	-3	-3		
	MB	-1	-3	-2		
OS 5	PROSJEČNA OCJENA	-1,33	-2,33	-2,00		
	Centralna tendencija - aritmetička sredina	-1,33	-2,33	-2,00		
	Standardna devijacija	0,58	1,15	1,00		
	t-test	0,03	0,04	0,04		
	GN	0	0	0		
	PP	0	-1	0		
	MB	0	-2	-2		
	PROSJEČNA OCJENA	0,00	-1,00	-0,67		
	Centralna tendencija - aritmetička sredina	0,00	-1,00	-0,67		
	Standardna devijacija	0,00	1,00	1,15		
	t-test	-	0,11	0,21		
OS 7	GN	0	0	0		
	PP	-1	-2	-2		
	MB	0	-1	-1		
	PROSJEČNA OCJENA	-0,33	-1,00	-1,00		
	Centralna tendencija - aritmetička sredina	-0,33	-1,00	-1,00		
	Standardna devijacija	0,58	1,00	1,00		
	t-test	0,21	0,11	0,11		

Tab. 77: *Statistička obrada podataka ocjena po fazama na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 2, 5,10*

Klim. uvj.	Odjevni sustav	Ispitanik / Pitanje i faza	Ocjena odgovora ispitanika pri ispitivanja subjektivne percepcije zadovoljstva toplinskim karakteristikama okoliša i odjevnih sustava								
			Evaluacijske skale								
			Smatrate li svoje toplinsko stanje ugodnim ili neugodnim?			Smatrate li da Vam odjeća pruža dovoljnu toplinsku zaštitu?			Je li Vam ovo prihvatljivo?		
			2			5			10		
			20'	50'	70'	20'	50'	70'	20'	50'	70'
A	OS 2	GN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		PP	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		MB	1	0	1	0	0	1	1	0	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,33	0,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,33
	Centralna tendencija - medijan		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Ugoda	Ugoda	Ugoda	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Posve prihvatljivo	Posve prihvatljivo	Posve prihvatljivo
	Aritmetička sredina (PMV)		0,33	0,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,33
	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		33,33	33,33	33,33	0,00	0,00	33,33	33,33	0,00	33,33

	Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		1	1	1	0	0	1	1	0	1
	PPD		7	7	7	5	5	7	7	5	7
	OS 3	GN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		PP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		MB	1	0	1	0	0	0	1	0	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33
	Centralna tendencija - medijan		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Ugoda	Ugoda	Ugoda	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Posve prihvatljivo	Posve prihvatljivo	Posve prihvatljivo
	Aritmetička sredina (PMV)		0,33	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33
	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		33,33	0,00	33,33	0,00	0,00	0,00	33,33	0,00	33,33
	Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		1	0	1	0	0	0	1	0	1
	PPD		7	7	7	5	5	5	7	5	7
	OS 4	GN	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		PP	0	1	0	0	1	0	0	0	0
		MB	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00
	Centralna tendencija - medijan		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Ugoda	Ugoda	Ugoda	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Posve prihvatljivo	Posve prihvatljivo	Posve prihvatljivo
	Aritmetička sredina (PMV)		0,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,00
	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		33,33	33,33	0,00	0,00	33,33	0,00	33,33	0,00	0,00
	Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		1	1	0	0	1	0	1	0	0
	PPD		7	7	5	5	7	5	7	5	5
	OS 5	GN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		PP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		MB	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	Centralna tendencija - medijan	Ugoda	Ugoda	Ugoda	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Posve prihvatljivo	Posve prihvatljivo	Posve prihvatljivo
	Aritmetička sredina (PMV)	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo	0,00	0,00	33,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,33
	Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	PPD	5	5	7	5	5	5	5	5	7
OS 7	GN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PP	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	MB	1	0	1	0	0	0	1	0	1
	PROSJEČNA OCJENA	0,67	0,33	0,67	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33
	Centralna tendencija - medijan	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Blago neugodnim	Ugoda	Blago neugodnim	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Posve prihvatljivo	Posve prihvatljivo	Posve prihvatljivo
	Aritmetička sredina (PMV)	0,67	0,33	0,67	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33

	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		66,67	33,33	66,67	0,00	0,00	0,00	33,33	0,00	33,33
	Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		2	1	2	0	0	0	1	0	1
	PPD		16	7	16	5	5	5	7	5	7
B	OS 2	GN	0	0	0	0	1	0	0	1	0
		PP	0	1	1	0	1	0	0	1	0
		MB	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,67	0,33	0,00	0,67	0,00	0,00	1,00	0,00
	Centralna tendencija - medijan		0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
			Ugoda	Blago neugodnim	Ugoda	Potpunu toplinsku zaštitu	Skoro potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Posve prihvatljivo	Malo neprihva-tljivo	Posve prihvatljivo
	Aritmetička sredina (PMV)		0,00	0,67	0,33	0,00	0,67	0,00	0,00	1,00	0,00
	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0,00	66,67	33,33	0,00	66,67	0,00	0,00	100,00	0,00

	Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0	2	1	0	2	0	0	3	0
	PPD		5	15	7	5	16	5	5	25	5
	OS 3	GN	1	1	0	0	1	0	1	1	1
		PP	0	1	0	0	0	0	0	1	1
		MB	1	2	1	0	2	0	1	2	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,67	1,33	0,33	0,00	1,00	0,00	0,67	1,33	1,00
	Centralna tendencija - medijan		1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
			Ugoda	Blago neugodnim	Ugoda	Potpunu toplinsku zaštitu	Skoro potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Malo neprihva-tljivo	Malo neprihva-tljivo	Malo neprihva-tljivo
	Aritmetička sredina (PMV)		0,67	1,33	0,33	0,00	1,00	0,00	0,67	1,33	1,00
	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		66,67	100,00	33,33	0,00	66,67	0,00	66,67	100,00	100,00
	Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		2	3	1	0	2	0	2	3	3
	PPD		16	38	7	5	25	5	16	38	25

	OS 4	GN	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		PP	0	2	0	1	2	0	1	2	1
		MB	0	2	1	0	1	0	0	1	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	1,33	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	1,00	0,33
	Centralna tendencija - medijan		0,00	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
			Ugoda	Neugodnim	Ugoda	Potpunu toplinsku zaštitu	Skoro potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Posve prihvatljivo	Malo neprihva-tljivo	Malo neprihva-tljivo
	Aritmetička sredina (PMV)		0,00	1,33	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	1,00	0,33
	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0,00	66,67	33,33	33,33	66,67	33,33	33,33	66,67	33,33
	Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0	2	1	1	2	1	1	2	1
	PPD		5	38	7	7	25	7	7	25	7
	OS 5	GN	0	0	0	1	1	1	0	0	0
		PP	0	1	0	0	1	0	0	1	0
		MB	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PROSJEČNA OCJENA	0,00	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33	0,00	0,33	0,00			
Centralna tendencija - medijan	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	Ugoda	Ugoda	Ugoda	Potpunu toplinsku zaštitu	Skoro potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Posve prihvatljivo	Posve prihvatljivo	Posve prihvatljivo			
Aritmetička sredina (PMV)	0,00	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33	0,00	0,33	0,00			
Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo	0,00	33,33	0,00	33,33	66,67	33,33	0,00	33,33	0,00			
Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo	0	1	0	1	2	1	0	1	0			
PPD	5	7	5	7	16	7	5	7	5			
OS 7	GN	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	PP	1	2	1	1	2	1	0	1	0		
	MB	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
PROSJEČNA OCJENA	0,33	0,67	0,33	0,33	0,67	0,33	0,00	0,67	0,00			
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00			

	Centralna tendencija - medijan		Ugoda	Ugoda	Ugoda	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Posve prihvatljivo	Malo neprihva-tljivo	Posve prihvatljivo
	Aritmetička sredina (PMV)		0,33	0,67	0,33	0,33	0,67	0,33	0,00	0,67	0,00
	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	0,00	66,67	0,00
	Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		1	1	1	1	1	1	0	2	0
	PPD		7	16	7	7	16	7	5	16	5
C	OS 2	GN	0	1	0	0	1	1	0	0	0
		PP	1	3	1	1	2	1	1	2	1
		MB	0	2	1	0	2	1	1	2	2
	PROSJEČNA OCJENA		0,33	2,00	0,67	0,33	1,67	1,00	0,67	1,33	1,00
	Centralna tendencija - medijan		0,00	2,00	1,00	0,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00
			Ugoda	Neugodnim	Blago neugodnim	Potpunu toplinsku zaštitu	Polovičnu toplinsku zaštitu	Skoro potpunu toplinsku zaštitu	Malo neprihva-tljivo	Dosta neprihva-tljivo	Malo neprihva-tljivo

	Aritmetička sredina (PMV)		0,33	2,00	0,67	0,33	1,67	1,00	0,67	1,33	1,00
	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		33,33	100,00	66,67	33,33	100,00	100,00	66,67	66,67	66,67
	Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		1	3	2	1	3	3	2	2	2
	PPD		7	75	16	7	55	25	16	38	25
	OS 3	GN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		PP	1	3	2	1	3	2	1	2	1
		MB	0	1	0	0	1	1	1	1	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,33	1,33	0,67	0,33	1,33	1,00	0,67	1,00	0,67
	Centralna tendencija - medijan		0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
			Ugoda	Blago neugodnim	Ugoda	Potpunu toplinsku zaštitu	Skoro potpunu toplinsku zaštitu	Skoro potpunu toplinsku zaštitu	Malo neprihva-tljivo	Malo neprihva-tljivo	Malo neprihva-tljivo
	Aritmetička sredina (PMV)		0,33	1,33	0,67	0,33	1,33	1,00	0,67	1,00	0,67

	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		33,33	66,67	33,33	33,33	66,67	66,67	66,67	66,67	66,67
	Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		1	2	1	1	2	2	2	2	2
	PPD		7	38	16	7	38	25	16	25	16
	OS 4	GN	0	0	0	0	1	1	0	0	0
		PP	1	2	2	2	3	2	1	2	2
		MB	1	2	1	1	2	1	1	2	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,67	1,33	1,00	1,00	2,00	1,33	0,67	1,33	1,00
	Centralna tendencija - medijan		1,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00
			Blago neugodnim	Neugodnim	Blago neugodnim	Skoro potpunu toplinsku zaštitu	Polovičnu toplinsku zaštitu	Skoro potpunu toplinsku zaštitu	Malo neprihva-tljivo	Dosta neprihva-tljivo	Malo neprihva-tljivo
	Aritmetička sredina (PMV)		0,67	1,33	1,00	1,00	2,00	1,33	0,67	1,33	1,00
	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		66,67	66,67	66,67	66,67	100,00	100,00	66,67	66,67	66,67

Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		2	2	2	2	3	3	2	2	2	2
PPD		16	38	25	25	75	38	16	38	25	25
OS 5	GN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PP	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	MB	0	2	2	0	1	1	1	2	2	2
PROSJEČNA OCJENA		0,00	1,00	0,67	0,00	0,67	0,33	0,33	1,00	0,67	0,67
Centralna tendencija - medijan		0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
	Ugoda	0,00	Blago neugodnim	Ugoda	Potpunu toplinsku zaštitu a	Skoro potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu a	Posve prihvatljivo	Malo neprihva-tljivo	Posve prihvatljivo	
Aritmetička sredina (PMV)		0,00	1,00	0,67	0,00	0,67	0,33	0,33	1,00	0,67	
Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0,00	66,67	33,33	0,00	66,67	33,33	33,33	66,67	33,33	
Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0	2	1	0	2	1	1	2	1	
PPD		5	25	16	5	16	7	7	25	16	

	OS 7	GN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		PP	1	2	2	1	2	2	0	1	1
		MB	0	1	1	0	1	1	0	1	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,33	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00	0,00	0,67	0,67
	Centralna tendencija - medijan		0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
			Ugoda	Blago neugodnim	Blago neugodnim	Potpunu toplinsku zaštitu a	Skoro potpunu toplinsku zaštitu	Skoro potpunu toplinsku zaštitu	Posve prihvatljivo	Malo neprihva-tljivo	Malo neprihva-tljivo
	Aritmetička sredina (PMV)		0,33	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00	0,00	0,67	0,67
	Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		33,33	66,67	66,67	33,33	66,67	66,67	0,00	66,67	66,67
	Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		1	2	2	1	2	2	0	2	2
	PPD		7	25	25	7	25	25	5	16	16

Tab. 78: *Statistička obrada podataka ocjena po fazama na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 3, 6*

Klim. uvj.	Odjevni sustav	Ispitanik / Pitanje i faza	Ocjena odgovora ispitanika pri ispitivanja subjektivne percepcije zadovoljstva toplinskim karakteristikama okoliša i odjevnih sustava					
			Skale toplinskih preferencija					
			Kako biste se sada željeli osjećati?			Kakvu biste sada odjeću željeli nositi?		
			3			6		
			20'	50'	70'	20'	50'	70'
A	OS 2	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	-1	0	0	0	0	0
		MB	-1	0	-1	-1	0	-1
	PROSJEČNA OCJENA		-0,67	0,00	-0,33	-0,33	0,00	-0,33
	Centralna tendencija - medijan		-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Malo hladnije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		66,67	0,00	33,33	33,33	0,00	33,33
	OS 3	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	-1	0	-1	0	0	0
		MB	-1	0	-1	-1	0	-1
	PROSJEČNA OCJENA		-0,67	0,00	-0,67	-0,33	0,00	-0,33

	Centralna tendencija - medijan		-1,00	0,00	-1,00	-0,33	0,00	-0,33
			Malo hladnije	Niti toplije niti hladnije	Malo hladnije	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		66,67	0,00	66,67	33,33	0,00	33,33
	OS 4	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	-1	0	0	0	0	0
		MB	-1	0	0	-1	0	0
	PROSJEČNA OCJENA		-0,67	0,00	0,00	-0,33	0,00	0,00
	Centralna tendencija - medijan		-1,00	0,00	0,00	-0,33	0,00	0,00
			Malo hladnije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		66,67	0,00	0,00	33,33	0,00	0,00
	OS 5	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	-1	0	0	0	0	0
		MB	0	0	-1	0	0	-1
	PROSJEČNA OCJENA		-0,33	0,00	-0,33	0,00	0,00	-0,33
	Centralna tendencija - medijan		-0,33	0,00	-0,33	0,00	0,00	-0,33
			Niti toplije niti hladnije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija

	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		33,33	0,00	33,33	0,00	0,00	33,33
	OS 7	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	-1	0	-1	0	0	0
		MB	-1	0	-1	-1	0	-1
	PROSJEČNA OCJENA		-0,67	0,00	-0,67	-0,33	0,00	-0,33
	Centralna tendencija - medijan		-1,00	0,00	-1,00	-0,33	0,00	-0,33
			Malo hladnije	Niti toplije niti hladnije	Malo hladnije	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		66,67	0,00	66,67	33,33	0,00	33,33
B	OS 2	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	0	1	1	0	1	1
		MB	0	0	0	0	0	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,33	0,33	0,00	0,33	0,33
	Centralna tendencija - medijan		0,00	0,33	0,33	0,00	0,33	0,33
			Niti toplije niti hladnije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		0,00	33,33	33,33	0,00	33,33	33,33
	OS 3	GN	-1	1	0	0	0	1
		PP	0	1	0	0	0	0

		MB	0	1	0	0	1	0
	PROSJEČNA OCJENA		-0,33	1,00	0,00	0,00	0,33	0,33
	Centralna tendencija - medijan		0,00	1,00	0,00	0,00	0,33	0,00
			Niti toplije niti hladnije	Malo toplije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		33,33	100,00	0,00	0,00	33,33	33,33
	OS 4	GN	0	0	1	0	0	0
		PP	0	2	0	0	2	0
		MB	0	1	0	0	0	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	1,00	0,33	0,00	0,67	0,00
	Centralna tendencija - medijan		0,00	1,00	0,00	0,00	0,67	0,00
			Niti toplije niti hladnije	Malo toplije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplija niti hladnija	Malo toplija	Niti toplija niti hladnija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		0,00	66,67	33,33	0,00	33,33	0,00
	OS 5	GN	-1	1	0	0	0	0
		PP	0	1	0	0	1	0
		MB	0	1	0	0	1	0
	PROSJEČNA OCJENA		-0,33	1,00	0,00	0,00	0,67	0,00
			0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00

	Centralna tendencija - medijan		Niti toplije niti hladnije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		33,33	100,00	0,00	0,00	66,67	0,00
	OS 7	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	1	1	1	1	1	1
		MB	0	1	0	0	0	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,33	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33
	Centralna tendencija - medijan		0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33
			Niti toplije niti hladnije	Malo toplije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		33,33	66,67	33,33	33,33	33,33	33,33
C	OS 2	GN	0	1	0	0	0	0
		PP	1	2	1	1	2	1
		MB	0	1	1	0	2	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,33	1,33	0,67	0,33	1,33	0,67
	Centralna tendencija - medijan		0,33	1,33	1,00	0,33	2,00	1,00
			Niti toplije niti hladnije	Malo toplije	Malo toplije	Niti toplija niti hladnija	Toplija	Malo toplija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		33,33	100,00	66,67	33,33	66,67	66,67

	OS 3	GN	1	0	0	0	0	0
		PP	1	2	2	1	2	2
		MB	0	1	0	0	1	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,67	1,00	0,67	0,33	1,00	1,00
	Centralna tendencija - medijan		0,67	1,00	0,67	0,33	1,00	1,00
			Niti toplije niti hladnije	Malo toplije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplija niti hladnija	Malo toplija	Malo toplija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		66,67	66,67	33,33	33,33	66,67	66,67
	OS 4	GN	0	1	1	0	0	0
		PP	2	2	2	2	2	2
		MB	1	2	1	1	2	1
	PROSJEČNA OCJENA		1,00	1,67	1,33	1,00	1,33	1,00
	Centralna tendencija - medijan		1,00	2,00	1,33	1,00	2,00	1,00
			Malo toplije	Toplije	Malo toplije	Malo toplija	Toplija	Malo toplija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		66,67	100,00	100,00	66,67	66,67	66,67
	OS 5	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	0	1	0	0	1	0
		MB	0	1	1	0	1	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,67	0,33	0,00	0,67	0,33

	Centralna tendencija - medijan		0,00	1,00	0,33	0,00	1,00	0,33
			Niti toplije niti hladnije	Malo toplije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplija niti hladnija	Malo toplija	Niti toplija niti hladnija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		0,00	66,67	33,33	0,00	66,67	33,33
	OS 7	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	1	1	1	1	1	1
		MB	0	1	1	0	1	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,33	0,67	0,67	0,33	0,67	0,67
	Centralna tendencija - medijan		0,33	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00
			Niti toplije niti hladnije	Malo toplije	Malo toplije	Niti toplija niti hladnija	Malo toplija	Malo toplija
	Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		33,33	66,67	66,67	33,33	66,67	66,67

Tab. 79: *Statistička obrada podataka ocjena po fazama na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 4, 8*

Klim. uvje.	Odjevni sustav	Ispitanik / Pitanje i faza	Ocjena odgovora ispitanika pri ispitivanja subjektivne percepcije zadovoljstva toplinskim karakteristikama okoliša i odjevnih sustava					
			Skala osobne prihvatljivosti					
			Smatrate li svoju odjeću prihvatljivom za nošenje sa aspekta ugode?			Kako ocjenjujete okoliš u kojem se nalazite?		
			4			8		
			20'	50'	70'	20'	50'	70'
A	OS 2	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	0	0	0	0	0	0
		MB	0	0	0	1	0	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33
			Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
	Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	33,33	0,00	33,33
	OS 3	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	0	0	0	0	0	0
		MB	0	0	0	1	1	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33

			Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
	Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	33,33	33,33	33,33
	OS 4	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	0	0	0	0	0	0
		MB	0	0	0	0	0	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
	Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	OS 5	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	0	0	0	0	0	0
		MB	0	0	0	0	0	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
	Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	OS 7	GN	0	0	0	0	0	0	0
		PP	0	0	0	0	0	0	0
		MB	0	0	0	0	0	0	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	0,00	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
B	OS 2	GN	0	0	0	0	0	0	0
		PP	0	0	0	0	0	0	0
		MB	0	0	0	0	0	1	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
	Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	0,00	33,33	0,00
	OS 3	GN	0	0	0	0	0	0	0
		PP	0	0	0	0	0	1	1
		MB	0	0	0	0	0	1	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,33

			Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više neprihvatljiv no prihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
	Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	0,00	66,67	33,33
	OS 4	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	0	1	0	0	1	0
		MB	0	0	0	0	1	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,33	0,00	0,00	0,67	0,00
			Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više neprihvatljiv no prihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
	Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	33,33	0,00	0,00	66,67	0,00
	OS 5	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	0	0	0	0	0	0
		MB	0	0	0	0	0	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
	Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	OS 7	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	0	0	0	0	0	0
		MB	0	0	0	0	1	0
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
			Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
	Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	0,00	33,33	0,00
C	OS 2	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	0	1	0	0	1	0
		MB	0	0	0	1	1	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,33	0,00	0,33	0,67	0,33
			Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više neprihvatljiv no prihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
	Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	33,33	0,00	33,33	66,67	33,33
	OS 3	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	0	0	0	0	1	0
		MB	0	0	0	1	1	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,33	0,67	0,33

		Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više neprihvatljiv no prihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	33,33	66,67	33,33
OS 4	GN	0	0	0	0	0	0
	PP	0	0	0	0	0	0
	MB	0	0	0	1	1	1
PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33
		Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	33,33	33,33	33,33
OS 5	GN	0	0	0	0	0	0
	PP	0	0	0	0	0	0
	MB	0	0	0	0	1	1
PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33
		Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	0,00	33,33	33,33

	OS 7	GN	0	0	0	0	0	0
		PP	0	1	1	0	1	1
		MB	0	1	1	0	1	1
	PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,33	0,33	0,00	0,67	0,67
			Ugodnom	Ugodnom	Ugodnom	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više neprihvatljiv no prihvatljiv	Više neprihvatljiv no prihvatljiv
	Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	66,67	66,67	0,00	66,67	66,67

Tab. 80: *Statistička obrada podataka ocjena odjevnih sustava na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 9*

Klim. uvjeti	Odjevni sustav	Broj pitanja
		SKALA OSOBNE PRIHVATLJIVOSTI
		Uzimajući u obzir samo Vaše osobne sklonosti, biste li prihvatili ovakav okoliš?
		9
A	OS 2	DA
B		DA
C		NE
Centralna tendencija -medijan		Prihvatljivo
Indeks boli		0
A	OS 3	DA
B		DA
C		DA
Centralna tendencija -medijan		Prihvatljivo
Indeks boli		0
A	OS 4	DA
B		DA
C		DA
Centralna tendencija -medijan		Prihvatljivo
Indeks boli		0
A	OS 5	DA
B		DA
C		DA
Centralna tendencija -medijan		Prihvatljivo
Indeks boli		0
A	OS 7	DA
B		DA
C		DA
Centralna tendencija -medijan		Prihvatljivo
Indeks boli		0

4.5.2 Rezultati ocjenjivanja toplinske ugodnosti u seriji 2

Ocjene ispitanika u drugoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije pri t_a 19°C prikazane su tablično, Tab. 81 do 84.

Tab. 81: *Statistička obrada podataka ocjena odjevnih sustava na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 1*

Ispitanik	Odj. sust. / Pitanje	Broj pitanja	
		SKALA TOPLINSKE PROCJENE	
		Kako se sada osjećate?	
		1, 15'	1, 40'
ISP 1	OS 1	0	0
ISP 2		0	0
ISP 3		0	0
Centralna tendencija - aritmetička sredina		0,000	0,000
Standardna devijacija		0,000	0,000
t-test		-	-
ISP 1	OS 4	0	1
ISP 2		0	1
ISP 3		0	2
Centralna tendencija - aritmetička sredina		0,00	1,33
Standardna devijacija		0,00	0,58
t-test		-	0,03
ISP 1	OS 7	0	0
ISP 2		0	1
ISP 3		0	1
Centralna tendencija - aritmetička sredina		0,00	0,67
Standardna devijacija		0,00	0,58
t-test		-	0,09
ISP 1	OS 8	0	1
ISP 2		0	1
ISP 3		0	2
Centralna tendencija - aritmetička sredina		0,00	1,33
Standardna devijacija		0,00	0,58
t-test		-	0,03

Tab. 82: *Statistička obrada podataka ocjena odjevnih sustava na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 2, 5, 8*

Ispitanik	Odj. sust. / Pitanje	Broj pitanja					
		EVALUACIJSKA SKALA					
		Smatrate li svoje toplinsko stanje ugodnim ili neugodnim?		Smatrate li da Vam odjeća pruža dovoljnu toplinsku zaštitu?		Procijenite udobnost svoje odjeće?	
		2, 15'	2, 40'	5, 15'	5, 40'	8, 15'	8, 40'
ISP 1	OS 1	0	0	0	0	0	0
ISP 2		0	0	0	0	0	0
ISP 3		0	0	0	0	0	0
Centralna tendencija - medijan		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Ugodnim	Ugodnim	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpuno udobna	Potpuno udobna
Aritmetička sredina (PMV)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0	0	0	0	0	0
PPD		5	5	5	5	5	5
ISP 1	OS 4	0	0	0	0	0	0

ISP 2		0	1	0	0	0	1
ISP 3		0	1	0	0	0	3
Centralna tendencija - medijan		0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
		Ugodnim	Blago neugodnim	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpuno udobna	Udobna
Aritmetička sredina (PMV)		0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	1,33
Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0,00	66,67	0,00	0,00	0,00	66,67
Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0	2	0	0	0	2
PPD		5	16	5	5	5	38
ISP 1	OS 7	0	0	0	0	0	0
ISP 2		0	0	0	0	0	1
ISP 3		0	1	0	0	1	2
Centralna tendencija - medijan		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
		Ugodnim	Ugodnim	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpuno udobna	Udobna
Centralna tendencija - aritmetička sredina (PMV)		0,00	0,33	0,00	0,00	0,33	1,00

Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0,00	33,33	0,00	0,00	33,33	66,67
Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0	1	0	0	1	2
PPD		5	7	5	5	7	25
ISP 1	OS 8	0	0	0	0	0	0
ISP 2		0	0	0	0	0	1
ISP 3		0	1	0	0	0	3
Centralna tendencija - medijan		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
		Ugodnim	Ugodnim	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpunu toplinsku zaštitu	Potpuno udobna	Udobna
Aritmetička sredina (PMV)		0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	1,33
Postotak odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0,00	33,33	0,00	0,00	0,00	66,67
Broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo		0	1	0	0	0	2
PPD		5	7	5	5	5	38

Tab. 83: *Statistička obrada podataka ocjena odjevnih sustava na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 3, 6*

Ispitanik	Odj. sust. / Pitanje	Broj pitanja			
		SKALA TOPLINSKIH PREFERENCIJA			
		Kako biste se sada željeli osjećati?		Kakvu biste sada odjeću željeli nositi?	
		3, 15'	3, 40'	6, 15'	6, 40'
ISP 1	OS 1	0	0	0	0
ISP 2		0	0	0	0
ISP 3		0	0	0	0
Centralna tendencija - medijan		0,00	0,00	0,00	0,00
		Niti toplije niti hladnije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplija niti hladnija	Niti toplija niti hladnija
Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		0,00	0,00	0,00	0,00
ISP 1	OS 4	0	0	0	0
ISP 2		0	1	0	0
ISP 3		0	-1	0	-1
Centralna tendencija - medijan		0,00	0,00	0,00	-0,50
		Niti toplije niti hladnije	Niti toplije niti hladnije	Niti toplija niti hladnija	Malo hladnija
Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		0,00	66,67	0,00	33,33
ISP 1	OS 7	0	0	0	0

ISP 2		0	-1	0	0
ISP 3		0	-1	0	-1
Centralna tendencija - medijan		0,000	-1,000	0,000	-0,500
		Niti toplije niti hladnije	Malo hladnije	Niti toplija niti hladnija	Malo hladnija
Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		0,00	66,67	0,00	33,33
ISP 1	OS 8	-1	0	0	0
ISP 2		0	-1	0	0
ISP 3		0	-1	0	-1
Centralna tendencija - medijan		0,000	-1,000	0,000	-0,500
		Niti toplije niti hladnije	Malo hladnije	Niti toplija niti hladnija	Malo hladnija
Postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom		33,33	66,67	0,00	33,33

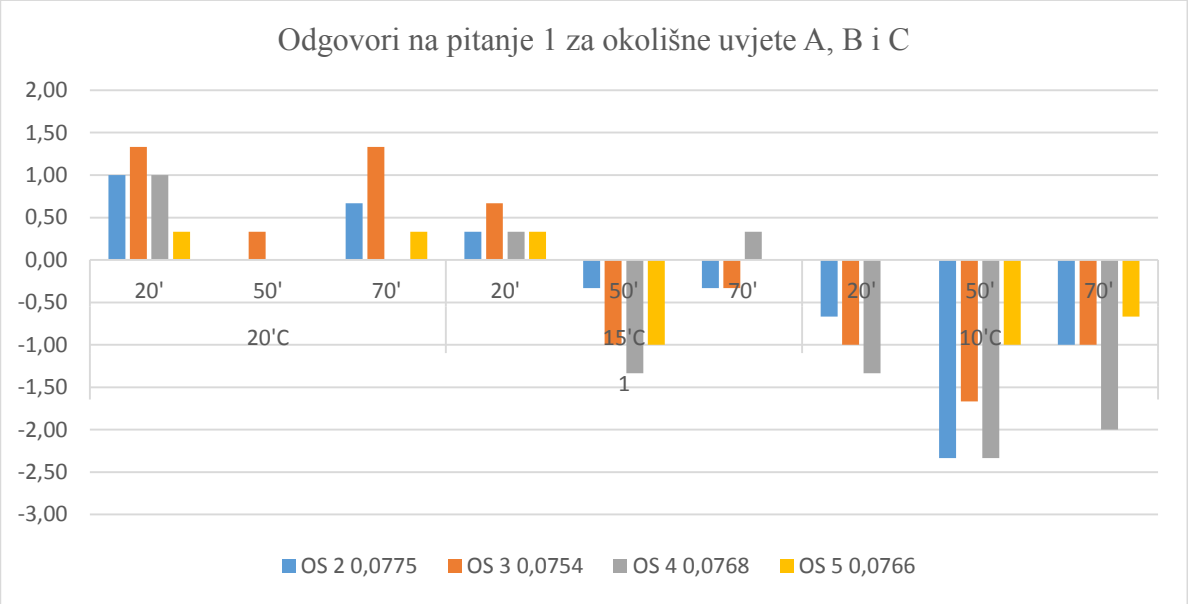
Tab. 84: *Statistička obrada podataka ocjena odjevnih sustava na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanja 4, 7, 10*

Ispitanik	Odj. sust. / Pitanje	Broj pitanja					
		SKALA OSOBNE PRIHVATLJIVOSTI					
		Smatrate li svoju odjeću prihvatljivom za nošenje sa aspekta ugode?		Smatrate li svoju odjeću udobnom?		Kako ocjenjujete okoliš u kojem se nalazite?	
		4, 15'	4, 40'	7, 15'	7, 40'	10, 15'	10, 40'
ISP 1	OS 1	0	0	0	0	0	0
ISP 2		0	0	0	0	0	0
ISP 3		0	0	0	0	0	0
PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Ugodna	Ugodna	Udobna	Udobna	Više prihvatljivno neprihvatljiv	Više prihvatljivno neprihvatljiv
Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ISP 1	OS 4	0	0	0	0	0	0
ISP 2		0	0	0	0	0	0
ISP 3		0	0	0	0	0	0
PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Ugodna	Ugodna	Udobna	Udobna	Više prihvatljivno neprihvatljiv	Više prihvatljivno neprihvatljiv

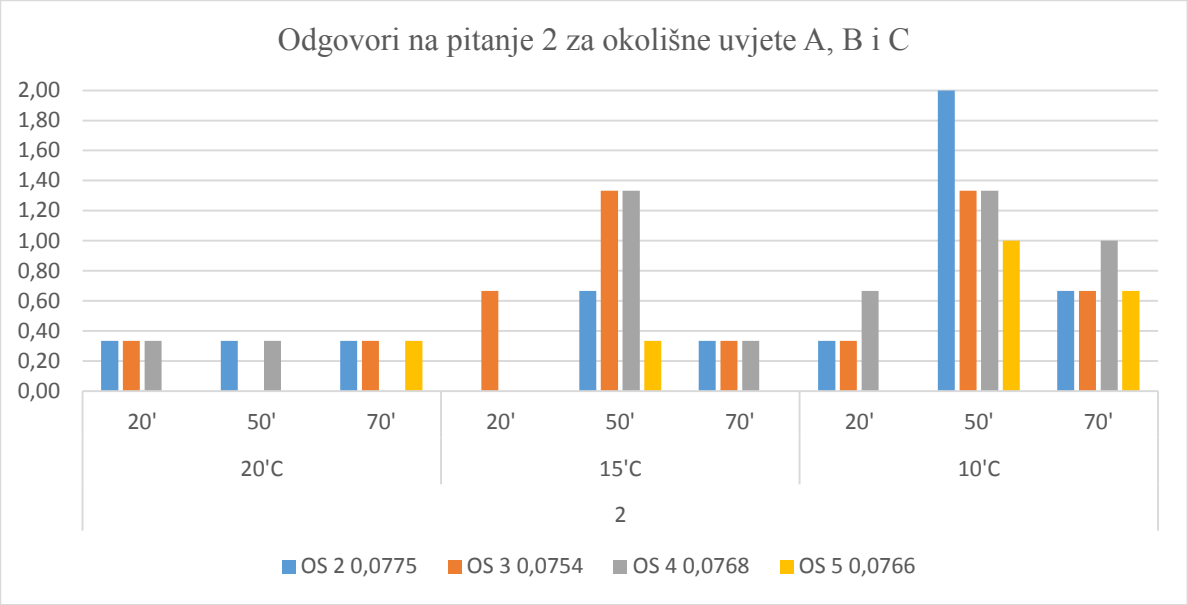
Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ISP 1	OS 7	0	0	0	0	0	0
ISP 2		0	0	0	0	0	0
ISP 3		0	0	0	0	0	0
PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Ugodna	Ugodna	Udobna	Udobna	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ISP 1	OS 8	0	0	0	0	0	0
ISP 2		0	0	0	0	0	0
ISP 3		0	1	0	1	0	1
PROSJEČNA OCJENA		0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,33
		Ugodna	Ugodna	Udobna.	Udobna	Više prihvatljiv no neprihvatljiv	Više prihvatljiv no neprihvatljiv
Postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje		0,00	33,33	0,00	33,33	0,00	33,33

4.5.3 Usporedba ocjena ispitanika

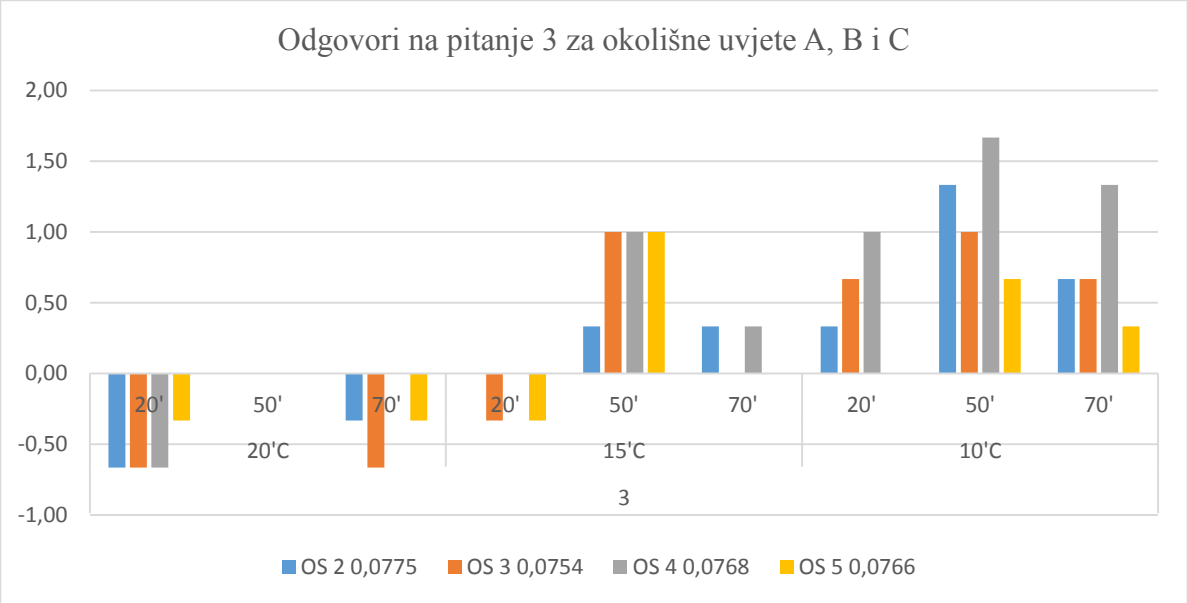
Grafička usporedba ocjena zadovoljstva ispitanika na postavljena pitanja za prvu seriju ispitivanja pri t_a 10°C, 15°C i 20°C prikazana je slikama, Sl. 79 do 86. Potom su prikazane grafičke usporedbe ocjena ispitanika za drugu seriju ispitivanja, Sl. 87 i 88. Na Sl. 87 je prikazana usporedba ocjena toplinske zaštite i udobnosti odabranih odjevnih sustava, a na Sl. 88 je prikazana usporedba ocjena kojima se izražava želja za promjenom toplinskog stanja i želja za promjenom toplinskih svojstava odjeće.



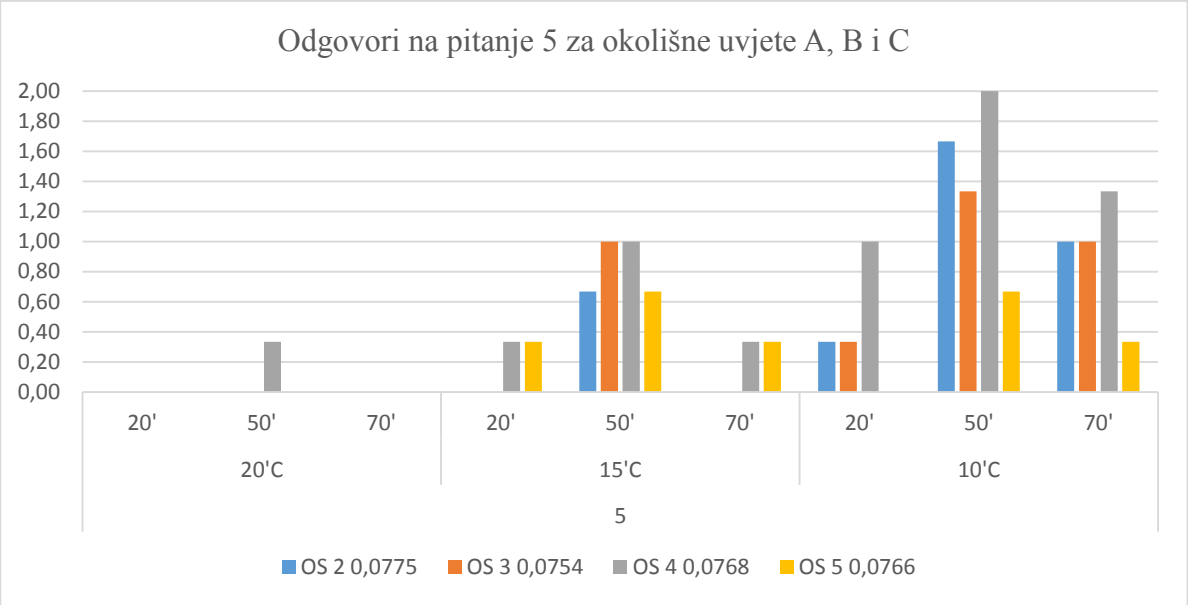
Sl. 79 *Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje* ***Kako se sada osjećate?****, OS 2-5*



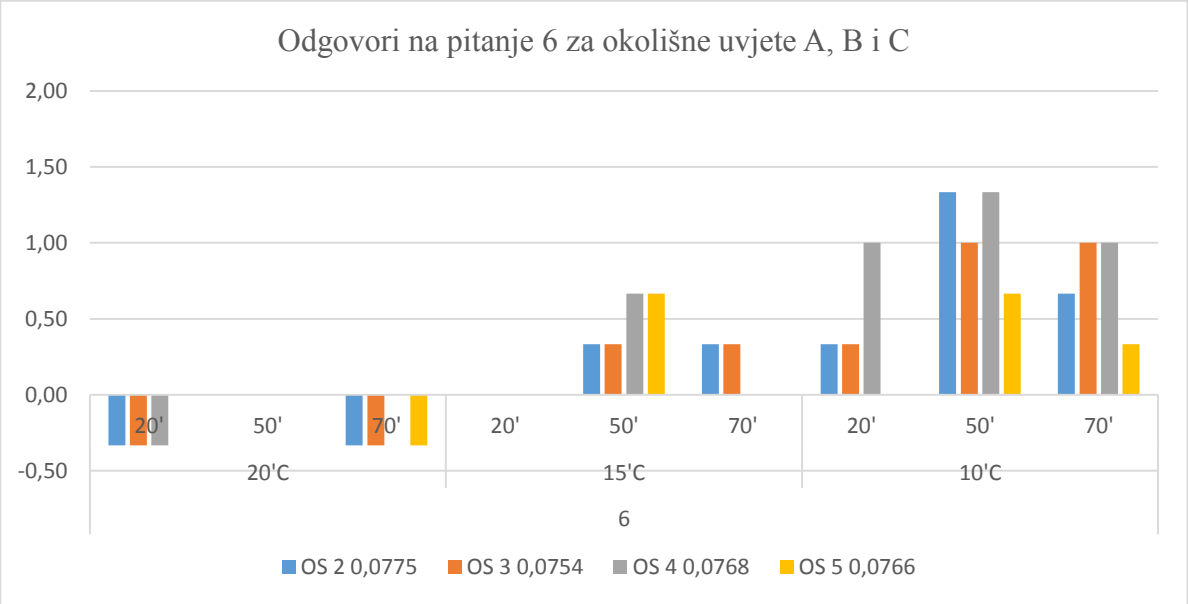
Sl. 80 *Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje* ***Smatrate li svoje toplinsko stanje ugodnim ili neugodnim?,*** *OS 2-5*



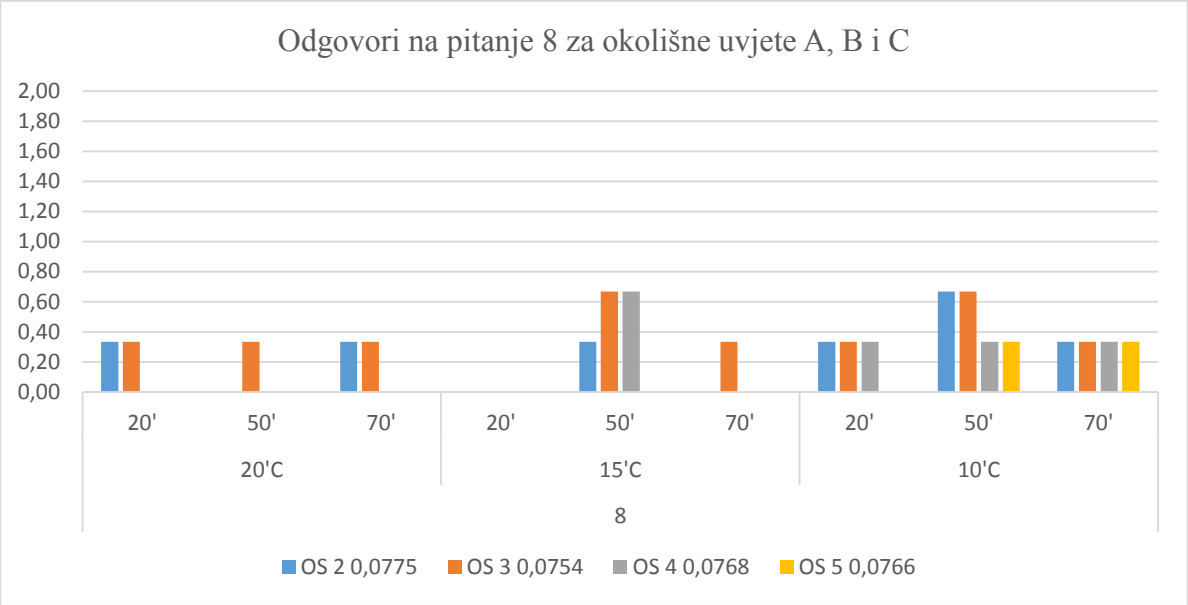
Sl. 81 *Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje* ***Kako biste se sada željeli osjećati?,*** *OS 2-5*



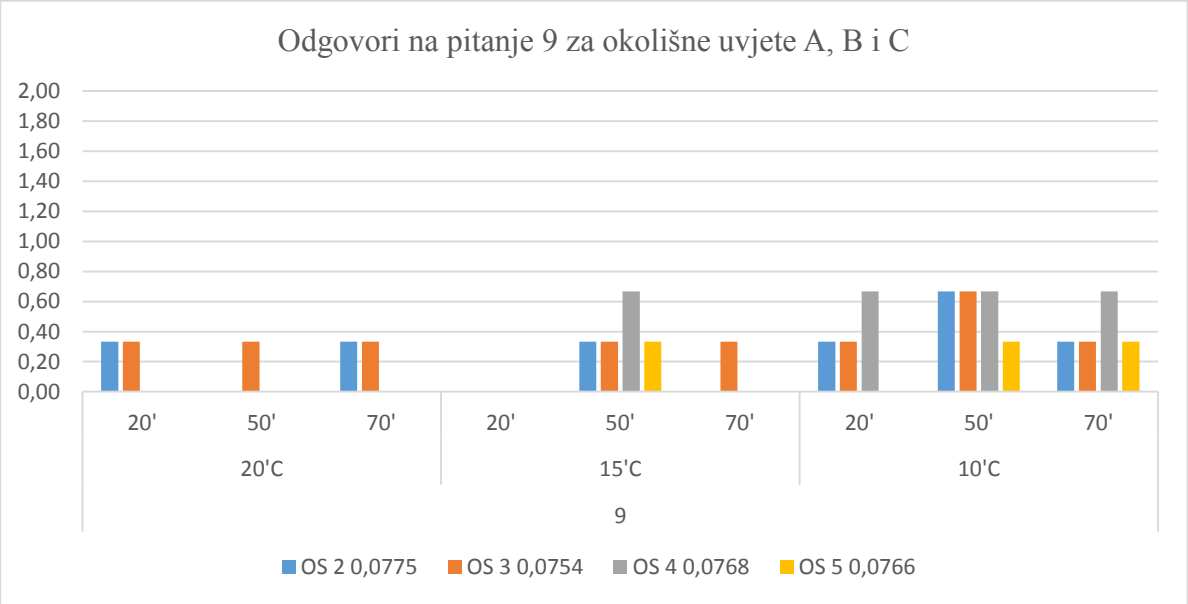
Sl. 82 *Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje* ***Smatrate li da Vam odjeća pruža dovoljnu toplinsku zaštitu?****, OS 2-5*



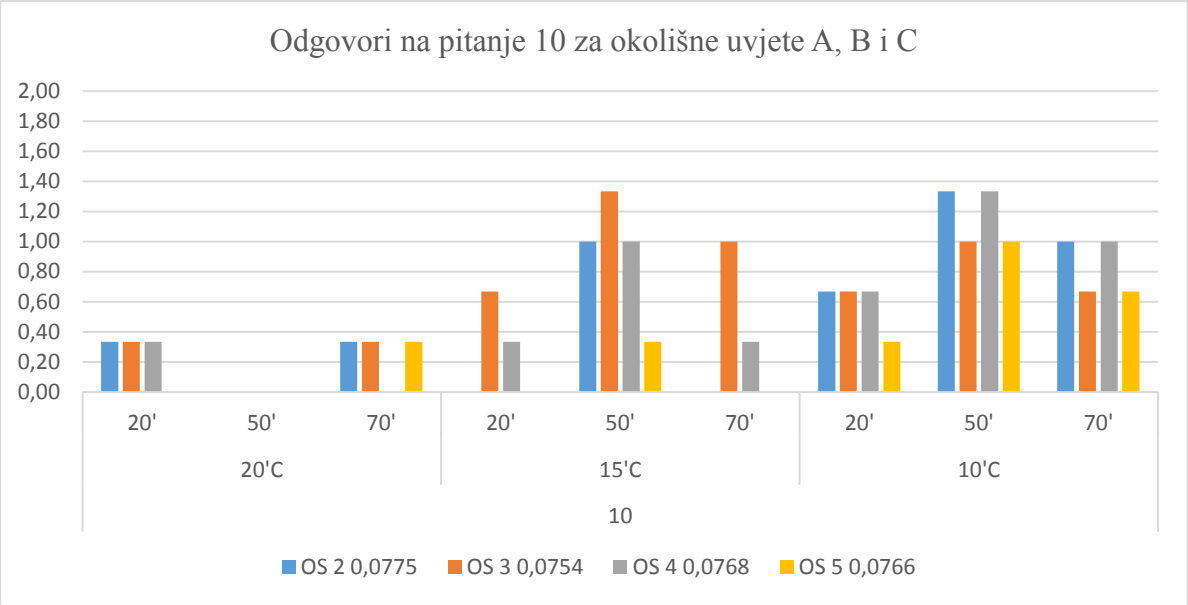
Sl. 83 *Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje* ***Kakvu biste se sada odjeću željeli nositi?****, OS 2-5*



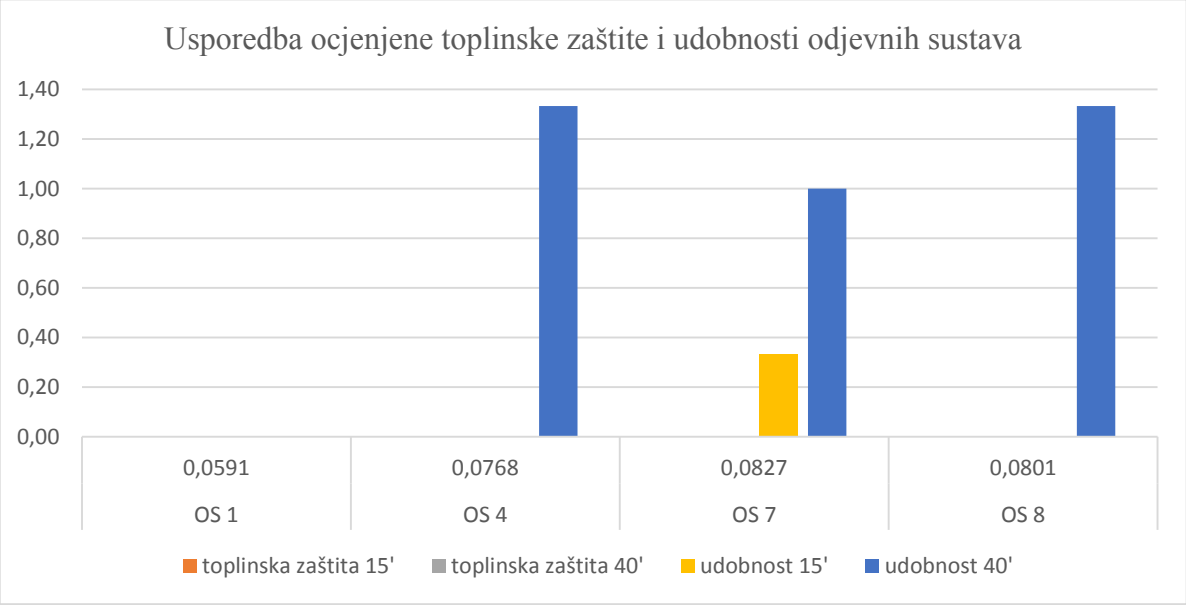
Sl. 84 *Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje* ***Kako ocjenjujete okoliš (prostor) u kojem se nalazite?****, OS 2-5*



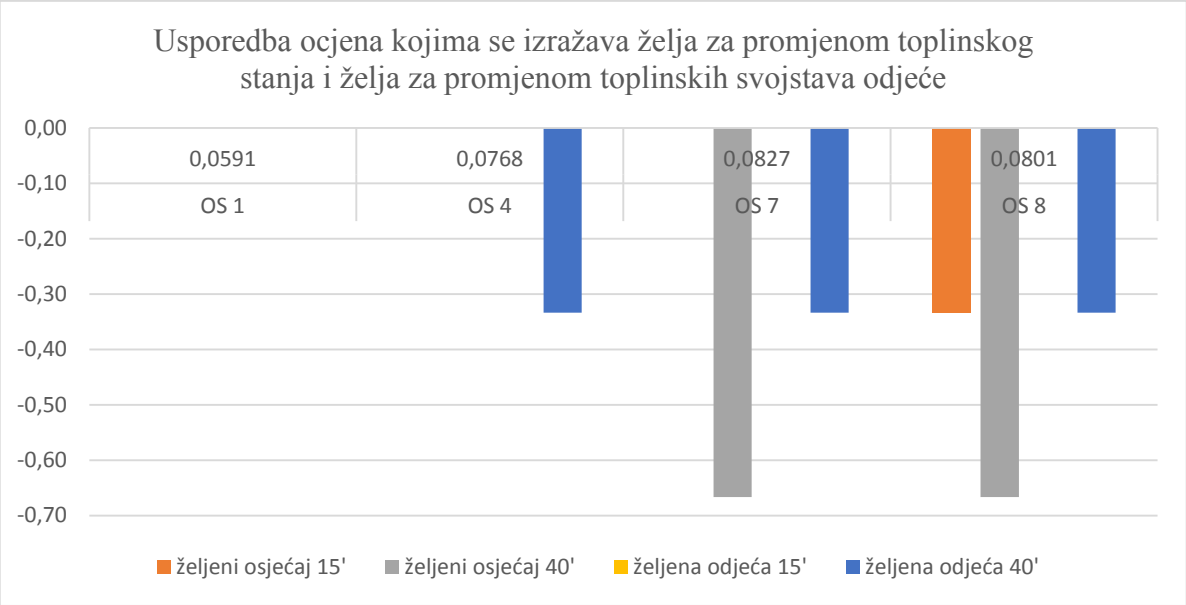
Sl. 85 *Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje* ***Kako ocjenjujete okoliš (prostor) u kojem se nalazite?****, OS 2-5*



Sl. 86 *Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje* ***Je li Vam ovo prihvatljivo?****, OS 2-5*



Sl. 87 *Usporedba vrijednosti ocjena toplinske zaštite i udobnosti odabranih odjevnih sustava u 2. seriji ispitivanja*



Sl. 88 *Usporedba vrijednosti ocjena kojima se izražava želja za promjenom toplinskog stanja i želja za promjenom toplinskih svojstava odjeće u 2. seriji ispitivanja*

4.6 Rezultati mjerenja fizioloških parametara ispitanika

Za vrijeme ispitivanja odjevni predmeta nošenjem odjevnih sustava u kontroliranim uvjetima okoliša u klima komori, uz bilježenje ocjena ispitanika, istovremeno su se bilježile fiziološke varijable tijela. Mjerena je prosječna temperatura kože ispitanika i relativna vlažnost kože. Rezultati su prikazani u podpoglavljima 4.6.1. u kojemu su prikazane vrijednosti prosječne ponderirane temperature kože i 4.6.2. u kojemu su prikazane vrijednosti relativne vlažnosti kože.

4.6.1 Rezultati utvrđivanja prosječne ponderirane temperature kože

Za mjerenje prosječne ponderirane temperature kože tijela upotrebljavao se je prenosivi modularni mjerni sustav MSR 12, a utvrđene vrijednosti prikazane su u Tab. 85 do 92.

Tab. 85: *Rezultati izračuna prosječne ponderirane temperature kože* $(\overline{t_{sk}})$ *na temelju 8 mjernih pozicija pri* $t_a = 20$℃, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

$\overline{t_{sk}}$ [℃]					
Faza	**Odjevni sustav**				
	OS 2	**OS 3**	**OS 4**	**OS 5**	**OS 7**
1-hod	31,9608	32,3352	32,3199	32,4816	32,6806
2-mirovanje	31,9495	32,1900	32,0507	32,4637	32,3819
3-hod	31,6498	31,9103	31,7108	32,1627	32,2879

Napomena: $\overline{t_{sk}}$ - prosječna ponderirana temperatura kože ispitanika, relativna vrijednost

Tab. 86: *Rezultati izračuna prosječne ponderirane temperature kože* $(\overline{t_{sk}})$ *na temelju 8 mjernih pozicija pri* $t_a = 15$℃, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

$\overline{t_{sk}}$ [℃]					
Faza	**Odjevni sustav**				
	OS 2	**OS 3**	**OS 4**	**OS 5**	**OS 7**
1	31,0011	31,3339	31,3629	31,4099	31,8890
2	31,3369	30,8350	30,6575	30,9937	31,6228
3	30,3026	30,0699	30,3089	30,1959	31,0781

Napomena: $\overline{t_{sk}}$ - prosječna ponderirana temperatura kože ispitanika, relativna vrijednost

Tab. 87: *Rezultati izračuna prosječne ponderirane temperature kože* $(\overline{t_{sk}})$ *na temelju 8 mjernih pozicija pri* $t_a = 10$℃, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

$\overline{t_{sk}}$ [℃]					
Faza	**Odjevni sustav**				
	OS 2	**OS 3**	**OS 4**	**OS 5**	**OS 7**
1	31,5140	30,6031	30,8219	31,1232	31,0711
2	30,7892	29,9692	30,2219	30,2499	30,2234
3	29,4789	28,9895	29,1935	29,3154	29,3074

Napomena: $\overline{t_{sk}}$ - prosječna ponderirana temperatura kože ispitanika, relativna vrijednost

Tab. 88: *Rezultati izračuna prosječne ponderirane temperature kože* $(\overline{t_{sk}})$ *na temelju 4 mjerne pozicije pri* $t_a = 19$℃, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

$\overline{t_{sk}}$ [℃]				
Faza	**Odjevni sustav**			
	OS 1	**OS 4**	**OS 7**	**OS 8**
1	33,2373	33,5796	34,0214	34,2464
2	32,5521	33,0828	34,0867	33,7095

Napomena: $\overline{t_{sk}}$ - prosječna ponderirana temperatura kože ispitanika, relativna vrijednost

Tab. 89: *Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature t_{sk} pomoću mjernog sustava MSR 12 pri određivanju srednje ponderirane temperature kože ($\overline{t_{sk}}$) na temelju 8 mjernih pozicija pri $t_a = 10$℃*

t_{sk} [℃]										
Odjevni sustav	**Faza**	**T61**	**T62**	**T63**	**T67**	**T68**	**T69**	**T162**	**T163**	t_{sk} [℃]
OS 2	faza 1	30,14	31,94	32,44	32,55	31,61	27,02	30,11	29,72	31,51
	faza 1	31,80	31,73	34,29	34,00	32,93	26,45	30,72	30,77	
	faza 1	31,80	31,73	34,29	34,00	32,93	26,45	30,72	30,77	
	$\overline{t_{sk}}$ [℃]	31,25	31,80	33,67	33,52	32,49	26,64	30,52	30,42	
	faza 2	29,20	30,64	32,17	32,47	31,23	21,03	28,27	31,50	30,79
	faza 2	32,76	31,82	33,93	33,04	33,64	26,06	30,82	27,00	
	faza 2	32,76	31,82	33,93	33,04	33,64	26,06	30,82	27,00	
	$\overline{t_{sk}}$ [℃]	31,57	31,42	33,34	32,85	32,84	24,38	29,97	28,50	
	faza 3	27,84	30,85	32,43	31,47	30,59	18,24	27,42	28,71	29,48
	faza 3	30,54	29,88	33,46	32,60	32,71	23,16	30,10	24,41	
	faza 3	30,54	29,88	33,46	32,60	32,71	23,16	30,10	24,41	
	$\overline{t_{sk}}$ [℃]	29,64	30,21	33,12	32,22	32,00	21,52	29,21	25,84	
OS 3	faza 1	29,41	32,13	31,89	32,67	30,32	23,63	26,84	30,12	30,60
	faza 1	26,75	33,24	32,93	33,58	31,76	26,52	27,88	28,69	
	faza 1	29,75	32,29	33,79	32,08	32,64	28,97	32,99	27,26	
	$\overline{t_{sk}}$ [℃]	28,64	32,55	32,87	32,78	31,57	26,37	29,24	28,69	
	faza 2	31,38	30,76	31,70	31,83	29,27	18,16	26,76	29,03	29,97

	faza 2	27,24	31,90	33,00	33,14	31,32	21,92	27,08	28,54	
	faza 2	29,75	31,95	33,33	30,97	31,71	27,91	33,09	26,52	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	29,46	31,54	32,68	31,98	30,76	22,66	28,98	28,03	
	faza 3	28,32	30,62	32,21	31,85	28,91	16,61	25,63	27,95	28,99
	faza 3	26,76	31,66	32,74	32,16	30,14	20,43	25,14	27,29	
	faza 3	27,92	30,95	33,33	29,23	30,84	24,72	32,30	24,04	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	27,66	31,08	32,76	31,08	29,97	20,59	27,69	26,43	
OS 4	faza 1	30,33	32,96	32,60	33,02	31,11	24,24	28,28	29,84	30,82
	faza 1	27,01	32,88	32,71	33,19	31,61	28,02	28,85	28,69	
	faza 1	30,81	32,63	33,21	34,07	32,08	28,77	30,12	28,65	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	29,38	32,82	32,84	33,43	31,60	27,01	29,08	29,06	
	faza 2	31,67	31,38	32,70	32,31	30,28	18,72	26,84	30,51	30,22
	faza 2	27,18	32,08	32,40	32,48	30,94	22,49	27,85	29,00	
	faza 2	32,17	33,11	32,11	33,73	31,63	29,28	29,67	27,19	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	30,34	32,19	32,40	32,84	30,95	23,50	28,12	28,90	
	faza 3	30,21	31,08	32,58	31,61	29,59	16,74	25,68	28,18	29,19
	faza 3	25,27	31,37	31,99	32,28	30,17	22,05	26,41	27,53	
	faza 3	30,78	32,07	33,04	33,10	31,68	27,90	28,30	24,42	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	28,75	31,51	32,53	32,33	30,48	22,23	26,80	26,71	
OS 5	faza 1	29,14	32,18	31,60	32,22	29,06	26,03	28,70	30,76	31,12
	faza 1	31,08	32,63	34,10	33,80	32,30	27,83	32,24	29,24	
	faza 1	26,19	32,79	33,98	32,96	32,60	28,85	30,27	28,64	

	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	28,80	32,53	33,23	32,99	31,32	27,57	30,40	29,55	
	faza 2	30,32	31,45	31,94	32,32	28,65	22,89	27,61	28,40	30,25
	faza 2	30,99	31,74	33,96	33,71	31,43	25,36	29,89	29,46	
	faza 2	25,96	31,49	33,55	32,02	32,02	28,67	29,07	26,96	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	29,09	31,56	33,15	32,69	30,70	25,64	28,86	28,27	
	faza 3	28,15	31,82	32,04	31,93	28,00	19,74	26,32	28,20	29,32
	faza 3	30,71	31,11	33,79	33,07	31,58	23,11	28,56	27,26	
	faza 3	24,34	30,37	32,90	30,83	31,49	26,30	28,22	24,99	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	27,73	31,10	32,91	31,94	30,35	23,05	27,70	26,82	
OS 7	faza 1	29,96	31,89	31,70	31,09	29,47	22,47	28,83	30,06	31,07
	faza 1	31,08	32,63	34,10	33,80	32,30	27,83	32,24	29,24	
	faza 1	32,22	32,19	33,50	32,27	31,52	29,25	30,53	28,55	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	31,09	32,24	33,10	32,39	31,09	26,52	30,53	29,28	
	faza 2	31,03	30,76	31,93	30,58	29,57	19,19	27,42	29,31	30,22
	faza 2	30,99	31,74	33,96	33,71	31,43	25,36	29,89	29,46	
	faza 2	32,12	31,25	32,88	31,28	30,39	25,71	29,64	27,06	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	31,38	31,25	32,92	31,86	30,46	23,42	28,99	28,61	
	faza 3	29,15	30,61	31,77	30,00	28,61	18,41	26,93	28,03	29,31
	faza 3	30,71	31,11	33,79	33,07	31,58	23,11	28,56	27,26	
	faza 3	31,21	30,08	32,73	30,88	29,97	24,61	28,84	24,52	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	30,36	30,60	32,77	31,32	30,05	22,04	28,11	26,61	

Napomena: t_{sk} - relativna vrijednost lokalne kožne temperature, $\overline{t_{sk}}$ - prosječna ponderirana temperatura kože ispitanika, relativna vrijednost

Tab. 90: *Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature t_{sk} pomoću mjernog sustava MSR 12 pri određivanju srednje ponderirane temperature kože ($\overline{t_{sk}}$) na temelju 8 mjernih pozicija pri $t_a = 15℃$*

t_{sk} [°C]										
Odjevni sustav	**Faza**	**T61**	**T62**	**T63**	**T67**	**T68**	**T69**	**T162**	**T163**	t_{sk} [°C]
OS 2	faza 1	28,28	33,49	33,34	33,38	32,30	28,46	31,37	30,82	31,00
	faza 1	24,79	32,32	33,44	32,69	27,91	32,51	28,63	27,31	
	faza 1	30,09	33,14	34,30	34,41	32,56	27,05	29,67	27,41	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	27,72	32,98	33,70	33,49	30,92	29,34	29,89	28,52	
	faza 2	29,19	33,12	33,16	32,80	31,67	29,07	30,54	30,97	31,34
	faza 2	26,84	33,62	33,46	34,08	25,02	31,58	28,74	29,49	
	faza 2	31,10	33,96	34,04	39,90	32,05	28,09	29,47	27,48	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	29,04	33,56	33,55	35,59	29,58	29,58	29,58	29,31	
	faza 3	28,12	32,86	33,09	31,78	31,30	25,42	29,97	30,15	30,30
	faza 3	24,06	32,40	33,43	33,41	22,84	31,30	27,16	27,04	
	faza 3	29,45	33,29	34,32	34,40	31,63	25,85	30,05	25,50	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	27,21	32,85	33,61	33,20	28,59	27,52	29,06	27,56	
OS 3	faza 1	28,03	32,15	32,81	32,18	31,59	29,47	29,73	30,33	31,33
	faza 1	27,94	33,19	33,81	33,65	32,55	26,10	33,05	30,51	
	faza 1	29,74	32,89	33,26	32,85	32,29	27,38	30,14	28,01	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	28,57	32,74	33,30	32,89	32,14	27,65	30,97	29,62	
	faza 2	28,13	31,37	31,70	31,73	31,58	28,27	28,93	29,10	30,84

	faza 2	29,23	33,58	33,98	33,98	33,65	28,30	32,78	30,24	30,07
	faza 2	29,30	31,69	32,51	32,29	31,28	28,12	29,46	26,02	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	28,89	32,22	32,73	32,66	32,17	28,23	30,39	28,45	
	faza 3	27,30	31,03	32,52	30,91	30,45	24,62	27,78	29,37	
	faza 3	27,59	32,55	34,14	32,85	32,36	24,62	33,09	30,39	
	faza 3	27,81	31,57	32,67	32,21	31,46	25,75	29,60	20,41	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	27,57	31,72	33,11	31,99	31,42	25,00	30,16	26,72	
OS 4	faza 1	28,14	32,49	32,41	40,00	32,13	27,01	29,21	29,83	31,36
	faza 1	27,55	33,16	33,20	32,35	33,65	29,65	28,54	32,64	
	faza 1	29,35	33,04	34,49	33,90	32,53	26,83	29,79	28,14	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	28,35	32,90	33,37	35,42	32,77	27,83	29,18	30,20	
	faza 2	29,19	32,04	32,00	32,68	31,96	26,35	28,48	30,34	30,66
	faza 2	27,57	32,65	33,43	33,03	32,82	26,37	27,33	31,57	
	faza 2	29,57	32,30	34,22	33,92	32,13	24,78	29,38	26,09	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	28,78	32,33	33,21	33,21	32,30	25,83	28,40	29,33	
	faza 3	27,84	32,20	32,07	31,66	31,50	24,14	27,88	29,51	30,31
	faza 3	26,41	32,17	32,70	33,26	33,14	24,20	27,26	31,75	
	faza 3	29,10	32,37	35,03	33,09	33,08	22,86	29,11	25,39	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	27,79	32,25	33,27	32,67	32,57	23,73	28,08	28,88	
OS 5	faza 1	29,68	32,81	33,22	32,93	32,10	29,30	30,73	31,52	31,41
	faza 1	30,68	33,74	33,71	33,83	33,15	30,57	30,47	29,04	
	faza 1	25,69	33,18	33,05	33,84	32,30	26,90	29,05	28,43	

	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	28,68	33,25	33,33	33,53	32,52	28,92	30,08	29,66	
	faza 2	29,93	32,07	33,12	32,79	31,16	26,72	30,52	31,02	30,99
	faza 2	29,68	33,03	33,11	33,54	32,25	26,09	28,33	27,71	
	faza 2	28,34	32,75	33,58	33,95	32,41	26,78	28,71	30,25	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	29,32	32,62	33,27	33,42	31,94	26,53	29,18	29,66	
	faza 3	28,45	31,59	32,93	31,93	30,55	23,46	29,76	30,09	30,20
	faza 3	28,67	32,77	32,64	33,22	32,28	23,85	27,71	27,35	
	faza 3	25,31	32,17	33,66	33,55	32,45	24,82	27,49	28,24	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	27,48	32,17	33,07	32,90	31,76	24,05	28,32	28,56	
OS 7	faza 1	30,46	33,63	32,50	32,91	31,53	29,63	30,64	31,37	31,89
	faza 1	29,91	34,82	33,94	34,46	33,14	30,95	30,98	30,94	
	faza 1	26,52	33,67	33,74	32,74	32,48	30,08	31,01	28,39	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	28,96	34,04	33,39	33,37	32,38	30,22	30,88	30,24	
	faza 2	30,67	32,50	32,22	31,97	32,25	29,98	28,66	30,50	31,62
	faza 2	29,94	34,32	33,77	33,83	33,11	30,35	30,37	30,09	
	faza 2	32,98	34,22	33,81	32,78	32,49	30,61	30,46	28,25	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	31,20	33,68	33,27	32,86	32,62	30,32	29,83	29,61	
	faza 3	29,24	31,51	32,57	31,56	30,83	27,44	27,95	30,05	31,08
	faza 3	29,61	34,31	34,05	33,90	32,91	29,50	30,17	30,18	
	faza 3	32,34	33,38	33,72	32,30	31,21	27,71	30,15	26,46	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	30,40	33,07	33,45	32,59	31,65	28,22	29,42	28,90	

Napomena: t_{sk} - relativna vrijednost lokalne kožne temperature, $\overline{t_{sk}}$ - prosječna ponderirana temperatura kože ispitanika, relativna vrijednost

Tab. 91: *Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature t_{sk} pomoću mjernog sustava MSR 12 pri određivanju srednje ponderirane temperature kože ($\overline{t_{sk}}$) na temelju 8 mjernih pozicija pri $t_a = 20$°C*

t_{sk} [°C]										
Odjevni sustav	**Faza**	**T61**	**T62**	**T63**	**T67**	**T68**	**T69**	**T162**	**T163**	t_{sk} [°C]
OS 2	faza 1	29,40	33,65	33,96	33,12	33,67	30,28	31,85	31,83	31,96
	faza 1	28,83	32,82	32,16	33,88	31,89	28,60	30,69	30,56	
	faza 1	31,13	33,11	33,58	33,87	31,89	28,45	32,02	29,80	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	29,79	33,19	33,24	33,62	32,48	29,11	31,52	30,73	
	faza 2	31,27	33,54	33,41	33,10	33,97	30,67	31,56	32,39	31,95
	faza 2	29,58	33,17	32,90	33,76	32,40	29,06	29,92	30,20	
	faza 2	31,38	32,79	33,49	33,50	32,54	29,47	31,27	29,33	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	30,75	33,17	33,27	33,45	32,97	29,73	30,92	30,64	
	faza 3	29,37	33,13	34,04	32,98	32,68	28,67	31,08	31,66	31,65
	faza 3	28,74	33,04	33,33	33,56	31,77	27,82	29,36	30,03	
	faza 3	30,59	32,67	34,11	34,11	32,17	28,91	31,14	28,82	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	29,57	32,95	33,83	33,55	32,21	28,47	30,53	30,17	
OS 3	faza 1	30,68	33,89	32,80	33,23	33,06	30,88	32,68	32,27	32,34
	faza 1	27,96	34,31	33,62	34,56	32,71	31,06	31,91	30,82	
	faza 1	32,09	33,22	33,97	34,34	32,95	28,94	30,15	30,09	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	30,24	33,80	33,46	34,05	32,91	30,29	31,58	31,06	
	faza 2	31,79	34,09	33,32	32,65	33,93	30,98	32,64	31,97	32,19

	faza 2	27,66	33,96	34,12	34,96	32,55	31,45	31,50	30,16	
	faza 2	30,79	33,21	33,07	33,64	32,30	29,08	30,07	29,68	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	30,08	33,76	33,51	33,75	32,93	30,50	31,40	30,60	31,91
	faza 3	30,87	33,65	33,80	32,59	32,87	28,83	32,70	32,02	
	faza 3	26,97	33,76	33,90	34,41	32,20	29,22	30,87	29,96	
	faza 3	31,45	32,82	33,33	33,83	32,60	27,59	29,87	29,15	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	29,76	33,41	33,68	33,61	32,56	28,55	31,15	30,38	
OS 4	faza 1	30,81	33,64	33,87	33,96	32,87	29,58	31,77	32,51	32,32
	faza 1	30,24	33,49	33,23	35,04	33,29	31,08	31,13	30,87	
	faza 1	33,63	33,82	33,94	32,84	27,75	33,82	30,98	29,72	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	31,56	33,65	33,68	33,94	31,30	31,49	31,29	31,03	
	faza 2	31,39	32,57	32,98	33,16	32,50	28,97	31,67	31,96	32,05
	faza 2	30,38	33,32	33,87	35,06	33,20	30,83	30,46	29,90	
	faza 2	33,08	33,12	33,98	32,90	30,93	34,03	30,61	29,58	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	31,62	33,00	33,61	33,70	32,21	31,28	30,91	30,48	
	faza 3	30,43	32,20	33,70	33,19	33,00	27,08	31,26	31,93	31,71
	faza 3	29,47	32,92	33,75	34,51	32,88	27,84	29,55	29,59	
	faza 3	32,99	33,88	33,72	33,00	28,47	32,82	30,55	28,99	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	30,96	33,00	33,72	33,56	31,45	29,25	30,45	30,17	
OS 5	faza 1	30,76	32,80	31,42	32,68	31,01	28,61	30,34	31,61	32,48
	faza 1	31,36	33,86	34,45	34,76	33,31	30,42	32,09	31,55	
	faza 1	31,17	33,84	34,53	34,90	33,40	29,59	33,18	32,12	

	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	31,10	33,50	33,47	34,12	32,57	29,54	31,87	31,76	
	faza 2	31,52	32,60	32,16	33,34	31,13	30,11	30,10	31,25	32,46
	faza 2	31,52	34,05	34,71	34,35	33,32	31,39	31,71	30,27	
	faza 2	30,82	33,56	34,57	34,61	33,22	30,48	33,80	31,81	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	31,29	33,40	33,82	34,10	32,56	30,66	31,87	31,11	
	faza 3	30,47	32,38	32,73	32,81	31,63	28,26	30,52	31,10	32,16
	faza 3	30,45	34,32	34,37	34,03	33,05	28,87	30,48	29,70	
	faza 3	30,86	32,78	34,70	34,62	33,75	28,42	34,13	31,17	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	30,60	33,16	33,93	33,82	32,81	28,52	31,71	30,66	
OS 7	faza 1	30,68	33,64	33,23	33,07	32,24	30,33	31,39	32,48	32,68
	faza 1	29,91	34,82	33,94	34,46	33,14	30,95	30,98	30,94	
	faza 1	31,14	34,28	34,95	34,48	33,11	31,32	32,41	31,55	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	30,58	34,25	34,04	34,00	32,83	30,87	31,59	31,66	
	faza 2	30,46	33,89	33,31	33,17	32,08	31,87	31,09	32,34	32,38
	faza 2	29,94	34,32	33,77	33,83	33,11	30,35	30,37	30,09	
	faza 2	30,39	34,45	34,40	34,35	33,46	31,63	31,52	30,59	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	30,26	34,22	33,83	33,78	32,88	31,28	31,00	31,01	
	faza 3	30,01	33,88	33,46	33,07	32,23	30,06	30,74	32,37	32,29
	faza 3	29,61	34,31	34,05	33,90	32,91	29,50	30,17	30,18	
	faza 3	30,60	34,12	34,78	33,91	33,23	30,56	31,93	30,19	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	30,07	34,10	34,10	33,63	32,79	30,04	30,94	30,91	

Napomena: t_{sk} - relativna vrijednost lokalne kožne temperature, $\overline{t_{sk}}$ - prosječna ponderirana temperatura kože ispitanika, relativna vrijednost

Tab. 92: *Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature t_{sk} pomoću mjernog sustava MSR 12 pri određivanju srednje ponderirane temperature kože ($\overline{t_{sk}}$) na temelju 4 mjerne pozicije pri $t_a = 19°C$*

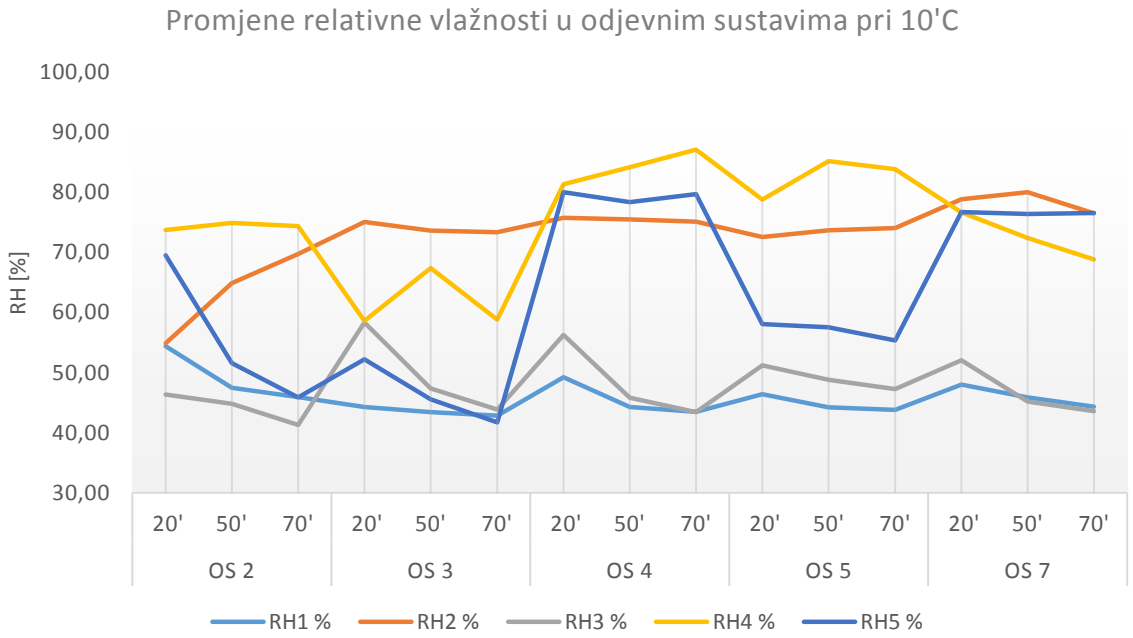
t_{sk} [°C]						
Odjevni sustav	**Faza**	Oznaka i pozicija senzora za mjerenje temperaturnih promjena				t_{sk} [°C]
		T61	**T62**	**T63**	**T161**	
		U visini vrata	**U visini desne lopatice**	**Lijeva šaka**	**Prednji dio desne potkoljenice**	
OS 1	faza 1	32,74	33,61	31,60	32,58	33,24
	faza 1	33,36	33,83	31,22	33,70	
	faza 1	34,40	34,69	31,31	33,42	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	33,50	34,04	31,38	33,23	
	faza 2	31,84	33,47	29,77	32,50	32,55
	faza 2	32,62	33,17	27,83	33,48	
	faza 2	34,01	34,49	29,89	33,19	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	32,82	33,71	29,16	33,06	
OS 4	faza 1	34,19	34,50	32,01	32,29	33,58
	faza 1	34,03	33,98	32,06	32,59	
	faza 1	34,92	35,11	32,49	33,00	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	34,38	34,53	32,19	32,63	
	faza 2	33,33	34,37	30,41	32,57	33,08
	faza 2	33,78	33,83	28,95	32,07	
	faza 2	34,67	34,84	31,39	33,15	

	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	33,93	34,35	30,25	32,60	
OS 7	faza 1	34,43	34,40	31,92	33,14	34,02
	faza 1	34,68	35,05	33,33	33,48	
	faza 1	34,98	35,59	31,25	33,63	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	34,69	35,01	32,16	33,42	
	faza 2	35,07	34,66	31,52	33,05	34,09
	faza 2	35,83	34,92	32,58	33,38	
	faza 2	35,16	35,72	30,08	33,59	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	35,35	35,10	31,39	33,34	
OS 8	faza 1	34,89	35,07	32,01	32,93	34,25
	faza 1	34,60	35,37	33,54	33,40	
	faza 1	35,11	35,36	33,52	33,57	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	34,87	35,27	33,02	33,30	
	faza 2	34,29	34,70	30,60	32,58	33,71
	faza 2	34,22	35,35	31,87	33,23	
	faza 2	34,79	35,51	30,90	33,15	
	$\overline{t_{sk}}$ [°C]	34,43	35,19	31,12	32,99	

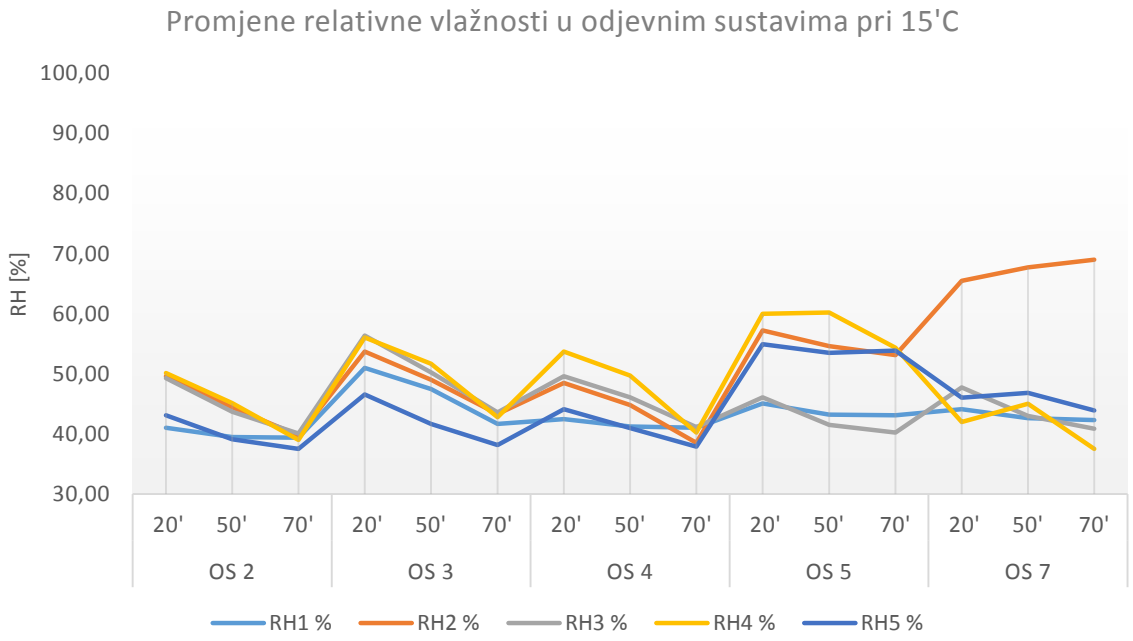
Napomena: t_{sk} - relativna vrijednost lokalne kožne temperature, $\overline{t_{sk}}$ - prosječna ponderirana temperatura kože ispitanika, relativna vrijednost

4.6.2 Rezultati utvrđivanja relativne vlažnosti kože

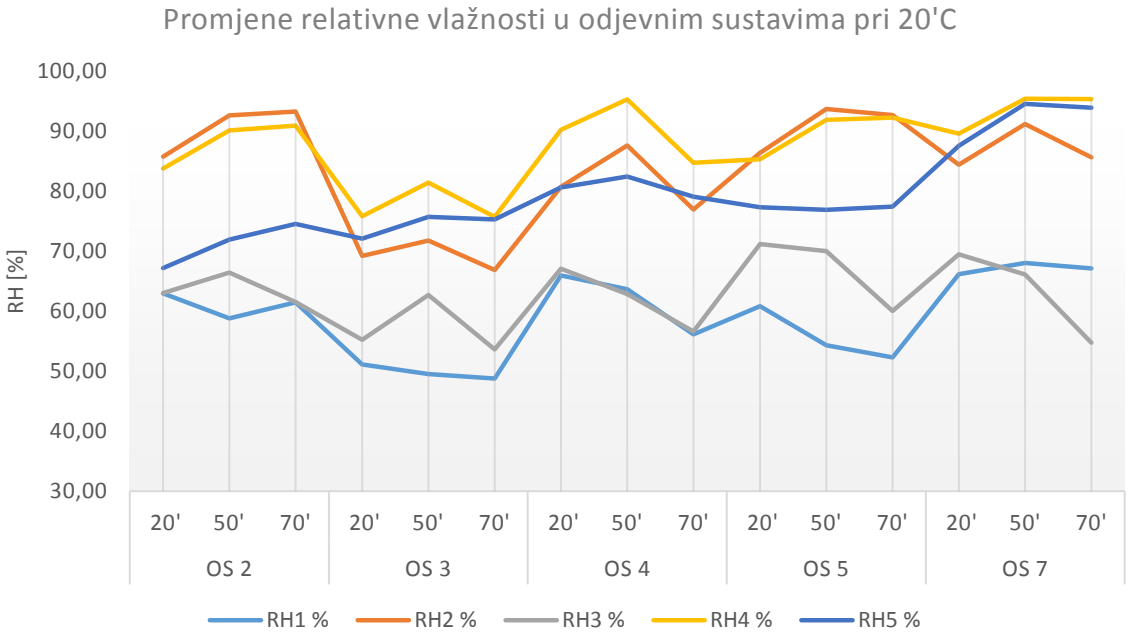
Za mjerenje relativne vlažnosti kože upotrebljavao se je prenosivi modularni mjerni sustav MSR 12. Senzori RH 1., 2., 3., 4. i 5. mjere relativnu vlažnost kože na određenim pozicijama na tijelu (1. čelo, 2. desna lopatica, 3. lijeva strana prsa, 4. donji desni dio trbuha, 5. prednja strana desnog bedra). Rezultati utvrđenih vrijednosti relativne vlažnosti kože po fazama ispitivanja za sve uvjete okoliša prikazane su grafički, Sl. 89 do 92.



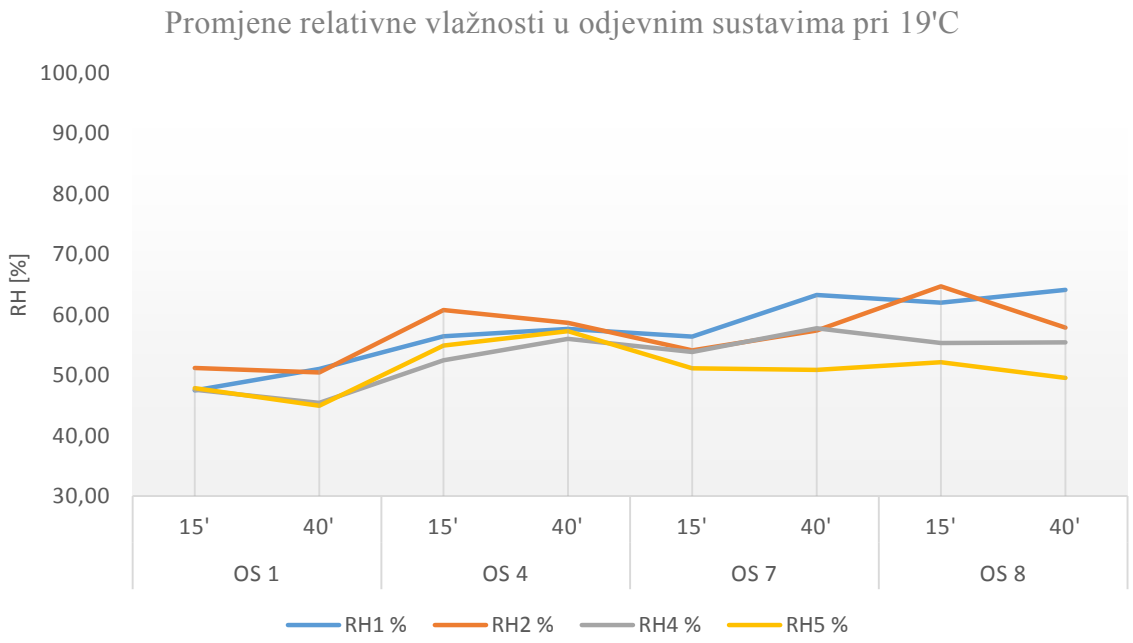
Sl. 89 *Promjene relativne vlažnosti kože kroz tri faze ispitivanja pri* $t_a = 10°C$



Sl. 90 *Promjene relativne vlažnosti kože kroz tri faze ispitivanja pri* $t_a = 15°C$



Sl. 91 *Promjene relativne vlažnosti kože kroz tri faze ispitivanja pri* $t_a = 20°C$



Sl. 92 *Promjene relativne vlažnosti kože kroz dvije faze ispitivanja pri* $t_a = 19℃$

4.7 Rezultati utvrđivanja vertikalnog strujanja zraka

U ispitivanju vertikalnog strujanja zraka unutar odjeće prenamijenio se je položaj senzora za mjerenje temperature MSR 12 mjernog uređaja, kako bi se utvrdile promjene temperature u prednjoj i stražnjoj vertikalnoj osi duže tijela ispitanika u drugom, donosno trećem sloju mikroklime. Rezultati temperaturnih promjena prikazani su u Tab. 93 do 98 i Sl. 93 i 94.

Tab. 93: *Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature pomoću mjernog sustava MSR 12 pri određivanju stražnjih vertikalnih temperaturnih promjena u mikroklimi odjevnih sustava u gornjem dijelu tijela*

Odjevni sustav	**Ispitanik**	**Faza**	$t_{vt,s}$ [°C]		
			Oznaka i pozicija senzora za mjerenje temperaturnih promjena u mikroklimi uz kralježnicu		
			T67	**T68**	**T69**
			U visini skapula, interskapularno	**U visini donjih torakalnih kralježaka**	**U visini gornjih trtičnih kralježaka**
OS 1	**1**	**faza 1**	28,72	27,90	28,54
		faza 2	27,76	27,55	26,32
		prosječna vrijednost	28,13	27,69	27,17
	2	**faza 1**	30,74	31,95	31,53
		faza 2	30,20	29,29	29,15
		prosječna vrijednost	30,41	30,31	30,06
	3	**faza 1**	30,45	28,31	27,78
		faza 2	29,52	28,04	26,16
		prosječna vrijednost	29,88	28,14	26,78
OS 4	**1**	**faza 1**	30,97	30,43	29,20
		faza 2	31,76	27,74	26,63
		prosječna vrijednost	31,46	28,77	27,61
	2	**faza 1**	28,58	30,26	27,69
		faza 2	30,00	28,21	27,69

		prosječna vrijednost	29,46	28,99	27,69
	3	**faza 1**	29,47	30,63	29,53
		faza 2	31,21	29,95	29,50
		prosječna vrijednost	30,55	30,21	29,51
OS 7	**1**	**faza 1**	29,78	29,59	27,08
		faza 2	29,27	25,75	23,81
		prosječna vrijednost	29,47	27,22	25,06
	2	**faza 1**	31,65	30,01	30,04
		faza 2	33,44	30,02	26,26
		prosječna vrijednost	32,75	30,02	27,71
	3	**faza 1**	31,19	30,56	28,60
		faza 2	32,86	27,85	25,40
		prosječna vrijednost	32,22	28,88	26,62
OS 8	**1**	**faza 1**	31,38	30,19	30,60
		faza 2	32,76	27,45	27,04
		prosječna vrijednost	32,23	28,50	28,41
	2	**faza 1**	32,01	31,22	31,47
		faza 2	33,95	28,37	28,67
		prosječna vrijednost	33,21	29,46	29,74
	3	**faza 1**	31,19	31,58	28,04
		faza 2	31,64	27,90	26,71
		prosječna vrijednost	31,47	29,31	27,22

Napomena: $t_{vt,s}$ - temperatura očitana u stražnjoj vertikali, relativna vrijednost

Tab. 94: *Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature pomoću mjernog sustava MSR 12 pri određivanju prednjih vertikalnih temperaturnih promjena u mikroklimi odjevnih sustava u gornjem dijelu tijela*

Odjevni sustav	**Ispitanik**	**Faza**	$t_{vt,p}$ [°C]	
			Oznaka i pozicija senzora za mjerenje temperaturnih promjena u mikroklimi uz kralježnicu	
			T162	**T163**
			U visini interamamilarne linije	**U visini struka**
OS 1	**1**	**faza 1**	29,47	29,54
		faza 2	28,84	26,73
		prosječna vrijednost	29,08	27,81
	2	**faza 1**	29,88	27,89
		faza 2	29,23	27,33
		prosječna vrijednost	29,48	27,54
	3	**faza 1**	29,90	27,77
		faza 2	31,02	29,63
		prosječna vrijednost	30,59	28,92
OS 4	**1**	**faza 1**	28,33	29,70
		faza 2	27,94	26,98
		prosječna vrijednost	28,09	28,02
	2	**faza 1**	29,19	29,31
		faza 2	28,50	27,73
		prosječna vrijednost	28,76	28,34
	3	**faza 1**	29,13	26,85
		faza 2	32,15	27,81
		prosječna vrijednost	31,00	27,44
OS 7	**1**	**faza 1**	28,44	28,88
		faza 2	28,63	26,57
		prosječna vrijednost	28,56	27,45

	2	**faza 1**	29,89	29,98
		faza 2	31,15	27,35
		prosječna vrijednost	30,67	28,36
	3	**faza 1**	30,54	28,76
		faza 2	33,35	29,37
		prosječna vrijednost	32,28	29,14
OS 8	**1**	**faza 1**	31,34	28,01
		faza 2	28,49	25,80
		prosječna vrijednost	29,58	26,64
	2	**faza 1**	30,07	30,73
		faza 2	29,95	30,32
		prosječna vrijednost	30,00	30,47
	3	**faza 1**	30,33	29,00
		faza 2	31,67	27,58
		prosječna vrijednost	31,16	28,12

Napomena: $t_{vt,p}$ - temperatura očitana u prednjoj vertikali, relativna vrijednost

U drugoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije promijenjen je položaj senzora. Na temelju četiri senzora izračunata je vrijednost prosječne ponderirane temperature kože. Preostalih pet senzora postavljeno je u dvije logičke vertikale na tijelu kako bi se utvrdila vertikalna strujanja zraka unutar mikroklime gornjeg dijela odjevnih sustava-tri senzora postavljena su vertikalu na prednjem dijelu tijela (uz vratni dio kralježnice, između lopatica uz prsni dio kralješnice, uz križnu kost) i dva u stražnju vertikalu (u visini interamamilarne linije na prsima, u visini struka s prednje strane).

Tab. 95: *Prosječne vrijednosti temperatura i vlažnosti izmjerenih prilikom ispitivanja efekta dimnjaka u 2. sloju mikroklime za sve tri ispitanika, OS 1*

Mikroklimatski sloj	**Položaj senzora na ljudskom tijelu**	$\overline{t_{vt}}$ [°C]		$\overline{RH}$ [%]
		Mirovanje 15'	Gibanje 25'	
3. sloj mikroklime: Košulja-jakna	Uz vratni dio kralježnice	29,97	29,16	49,27
	Između lopatica uz prsni dio kralješnice	29,39	28,29	50,84
	Uz križnu kost	29,29	27,21	47,81
	U visini interamamilarne linije na prsima	29,75	29,69	46,51
	U visini struka s prednje strane	28,40	27,90	46,40

Napomena: $\overline{t_{vt}}$ – prosječna vrijednost temperature očitane u vertikali, relativna vrijednost

Tab. 96: *Prosječne vrijednosti temperatura i vlažnosti izmjerenih prilikom ispitivanja efekta dimnjaka u 3. sloju mikroklime za sve tri ispitanika, OS 4*

Mikroklimatski sloj	**Položaj senzora na ljudskom tijelu**	$\overline{t_{vt}}$ [°C]		$\overline{RH}$ [%]
		Mirovanje 15'	Gibanje 25'	
3. sloj mikroklime: Košulja-jakna	Uz vratni dio kralježnice	29,67	30,99	57,03
	Između lopatica uz prsni dio kralješnice	30,44	28,63	59,74
	Uz križnu kost	28,81	27,94	59,53
	U visini interamamilarne linije na prsima	28,89	29,53	54,24
	U visini struka s prednje strane	28,62	27,51	56,12

Napomena: $\overline{t_{vt}}$ – prosječna vrijednost temperature očitane u vertikali, relativna vrijednost

Tab. 97: *Prosječne vrijednosti temperatura i vlažnosti izmjerenih prilikom ispitivanja efekta dimnjaka u 3. sloju mikroklime za sve tri ispitanika, OS 7*

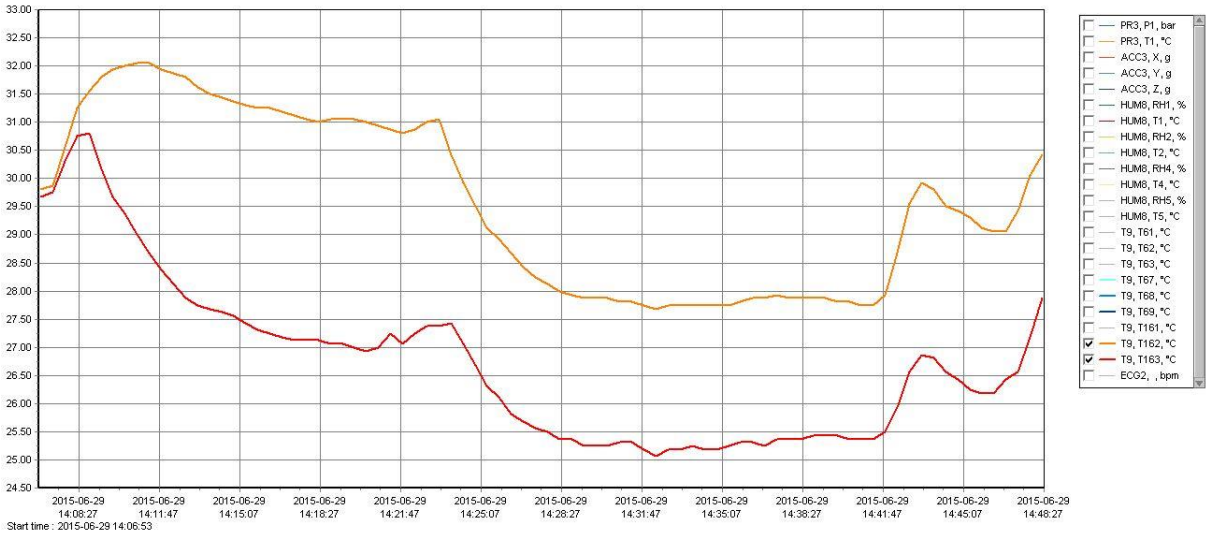
Mikroklimatski sloj	**Položaj senzora na ljudskom tijelu**	$\overline{t_{vt}}$ [°C]		$\overline{RH}$ [%]
		Mirovanje 15'	Gibanje 25'	
3. sloj mikroklime: Košulja-jakna	Uz vratni dio kralježnice	30,87	31,86	59,84
	Između lopatica uz prsni dio kralješnice	30,06	27,87	55,74
	Uz križnu kost	28,57	25,16	59,20
	U visini interamamilarne linije na prsima	29,63	31,04	55,80
	U visini struka s prednje strane	29,21	27,76	51,01

Napomena: $\overline{t_{vt}}$ – prosječna vrijednost temperature očitane u vertikali, relativna vrijednost

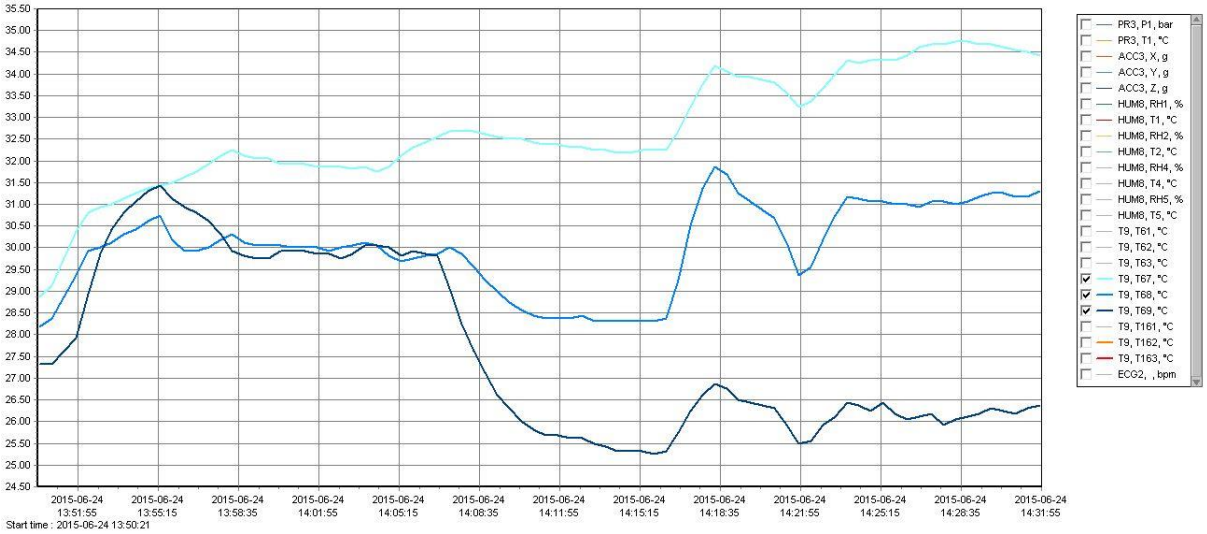
Tab. 98: *Prosječne vrijednosti temperatura i vlažnosti izmjerenih prilikom ispitivanja efekta dimnjaka u 3. sloju mikroklime za sve tri ispitanika, OS 8*

Mikroklimatski sloj	**Položaj senzora na ljudskom tijelu**	$\overline{t_{vt}}$ [°C]		$\overline{RH}$ [%]
		Mirovanje 15'	Gibanje 25'	
3. sloj mikroklime: Košulja-jakna	Uz vratni dio kralježnice	31,53	32,78	63,07
	Između lopatica uz prsni dio kralješnice	30,99	27,91	61,30
	Uz križnu kost	30,04	27,48	56,16
	U visini interamamilarne linije na prsima	30,58	30,04	55,39
	U visini struka s prednje strane	29,24	27,90	50,87

Napomena: $\overline{t_{vt}}$ – prosječna vrijednost temperature očitane u vertikali, relativna vrijednost



Sl. 93 *Primjer temperaturnih promjena pri vertikalnom strujanju zraka u prednjoj središnjoj osi tijela*



Sl. 94 *Primjer temperaturnih promjena pri vertikalnom strujanju zraka u stražnjoj središnjoj osi tijela*

4.8 Rezultati utvrđivanja mase odjevnih predmeta i tjelesne mase ispitanika

Razlike u masi odjeće utvrđene su pomoću elektromehaničke vage E2100/5 tt. Libela s točnošću mjerenja ± 0,002 kg, a razlike u masi ispitanika utvrđene su pomoću elektronske vage TPT3 tt. Libela s točnošću mjerenja ± 0,005 kg. Ispitanici su vagani prije početka ispitivanja bez odjeće, a potom odjeveni. Obrnuti postupak je primijenjen nakon provođenja tjelesnih aktivnosti kada su ispitanici prvo vagani odjeveni, a potom bez odjeće. Svaki odjevni predmet je vagan prije početka izvođenja tjelesnih aktivnosti u klima komori, te nakon završetka ispitivanja.

Tab. 99: *Rezultati mjerenja količine ishlapljenog ili kondenziranog znoja pri* $t_a = 20℃$, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

Količina ishlapljenog/kondenziranog znoja									
Odjevni sustav	**Ispitanik**	$\boldsymbol{m_{cl,p}\ [kg]}$						$\boldsymbol{m_g[kg]}$	
		Bokserice	**Potkošulja**	**Košulja**	**Traperice**	**Čarape**	**Jakna**	$\boldsymbol{m_{g,p} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
OS 2	ISP 1	0,082	0,084	0,214	0,648	0,042	0,512	84,475	81,360
	ISP 2	0,088	0,086	0,214	0,656	0,042	0,512	78,230	75,285
	ISP 3	0,074	0,096	0,218	0,580	0,044	0,512	82,595	79,695
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\ [kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,082	0,086	0,214	0,650	0,046	0,512	84,400	81,170
	ISP 2	0,088	0,086	0,212	0,650	0,044	0,512	78,130	75,180
	ISP 3	0,074	0,098	0,220	0,582	0,044	0,514	82,450	79,540
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
	Razlika masa	0,000	-0,002	0,000	-0,002	-0,004	-	0,075	0,190
		0,000	0,000	0,002	0,006	-0,002	-	0,100	0,105
		0,000	-0,002	-0,002	-0,002	0,000	-	0,145	0,155
	Aritmetička sredina razlika	0,000	-0,001	0,000	0,001	-0,002	-	0,107	0,150
OS 3		$\boldsymbol{m_{cl,p}\ [kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,p} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
	ISP 1	0,082	0,086	0,216	0,652	0,044	0,520	83,470	80,255
	ISP 2	0,088	0,086	0,214	0,644	0,044	0,520	78,835	75,780

	ISP 3	0,078	0,094	0,214	0,646	0,040	0,520	82,840	79,850
	$\boldsymbol{m_{cl,n}\,[kg]}$							$\boldsymbol{m_{g,n} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,082	0,086	0,216	0,650	0,046	0,520	83,370	80,130
	ISP 2	0,088	0,086	0,214	0,644	0,044	0,520	78,680	75,650
	ISP 3	0,080	0,100	0,218	0,650	0,042	0,520	82,590	79,515
	$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$							$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
	Razlika masa	0,000	0,000	0,000	0,002	-0,002	0,000	0,100	0,125
		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,155	0,130
		-0,002	-0,006	-0,004	-0,004	-0,002	0,000	0,250	0,335
	Aritmetička sredina razlika	-0,001	-0,002	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	0,168	0,197
OS 4	$\boldsymbol{m_{cl,p}\,[kg]}$							$\boldsymbol{m_{g,p} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
	ISP 1	0,082	0,084	0,214	0,648	0,042	0,526	84,055	80,830
	ISP 2	0,084	0,094	0,216	0,654	0,040	0,530	77,055	74,030
	ISP 3	0,074	0,096	0,216	0,588	0,042	0,528	82,560	79,655
	$\boldsymbol{m_{cl,n}\,[kg]}$							$\boldsymbol{m_{g,n} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,082	0,086	0,214	0,648	0,046	0,526	83,955	80,730
	ISP 2	0,084	0,094	0,214	0,652	0,042	0,526	76,965	73,880
	ISP 3	0,076	0,098	0,220	0,584	0,044	0,528	82,460	79,440
	$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$							$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
		0,000	-0,002	0,000	0,000	-0,004	0,000	0,100	0,100

	Razlika masa	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,002	0,004	0,090	0,150
		-0,002	-0,002	-0,004	0,004	-0,002	0,000	0,100	0,215
	Aritmetička sredina razlika	-0,001	-0,001	-0,001	0,002	-0,003	0,001	0,097	0,155
OS 5	$\boldsymbol{m_{cl,p}\,[kg]}$							$\boldsymbol{m_{g,p}+m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
	ISP 1	0,074	0,096	0,218	0,582	0,044	0,530	82,985	81,050
	ISP 2	0,088	0,090	0,218	0,652	0,040	0,530	79,210	74,320
	ISP 3	0,082	0,086	0,218	0,650	0,044	0,530	82,455	80,520
	$\boldsymbol{m_{cl,n}\,[kg]}$							$\boldsymbol{m_{g,n}+m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,076	0,098	0,222	0,584	0,046	0,530	83,635	80,705
	ISP 2	0,086	0,090	0,218	0,650	0,042	0,530	76,990	74,013
	ISP 3	0,082	0,086	0,214	0,650	0,046	0,530	83,645	80,440
	$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$							$\boldsymbol{\Delta m_{g}[kg]}$	
	Razlika masa	-0,002	-0,002	-0,004	-0,002	-0,002	0,000	-0,650	0,345
		0,002	0,000	0,000	0,002	-0,002	0,000	2,220	0,307
		0,000	0,000	0,004	0,000	-0,002	0,000	-1,190	0,080
	Aritmetička sredina razlika	0,000	-0,001	0,000	0,000	-0,002	0,000	0,127	0,244
OS 7	$\boldsymbol{m_{cl,p}\,[kg]}$							$\boldsymbol{m_{g,p}+m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
	ISP 1	0,082	0,086	0,214	0,652	0,042	0,616	83,525	80,190

	ISP 2	0,088	0,086	0,214	0,642	0,042	0,616	79,350	76,460
	ISP 3	0,076	0,092	0,214	0,668	0,040	0,546	82,860	79,675
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n}+m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,080	0,086	0,214	0,650	0,044	0,620	83,415	80,135
	ISP 2	0,088	0,086	0,214	0,640	0,044	0,616	79,230	76,305
	ISP 3	0,076	0,096	0,214	0,672	0,042	0,616	82,660	79,395
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
	Razlika masa	0,002	0,000	0,000	0,002	-0,002	-0,004	0,110	0,055
		0,000	0,000	0,000	0,002	-0,002	0,000	0,120	0,155
		0,000	-0,004	0,000	-0,004	-0,002	-0,070	0,200	0,280
	Aritmetička sredina razlika	0,001	-0,001	0,000	0,000	-0,002	-0,025	0,143	0,163

Napomena: $m_{cl,p}$ - masa odjevnog predmeta prije ispitivanja, $m_{cl,n}$ - masa odjevnog predmeta nakon ispitivanja, $m_{clu,p}$ - masa odjeće prije ispitivanja, $m_{clu,n}$ - masa odjeće nakon ispitivanja, Δm_{cl} - razlika u masi odjevnih predmeta, Δm_{clu} - razlika u masi odjeće, m_g - tjelesna masa ispitanika, $m_{g,p}$ - tjelesna masa ispitanika prije ispitivanja, $m_{g,n}$ - tjelesna masa ispitanika nakon ispitivanja, m_{g1} - masa neodjevenog ispitanika prije ispitivanja, m_{g2} - masa neodjevenog ispitanika nakon ispitivanja, Δm_g - razlika u masi tijela ispitanika, m_{os} - masa odjevnog sustava

Tab. 100: *Rezultati mjerenja količine ishlapljenog ili kondenziranog znoja pri* $t_a = 15℃$, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

Količina ishlapljenog/kondenziranog znoja									
Odjevni sustav	**Ispitanik**	$\boldsymbol{m_{cl,p}\ [kg]}$						**Tjelesna masa ispitanika** $\boldsymbol{[kg]}$	
		Bokserice	**Potkošulja**	**Košulja**	**Traperice**	**Čarape**	**Jakna**	$\boldsymbol{m_{g,p} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
OS 2	ISP 1	0,084	0,090	0,214	0,654	0,044	0,512	84,33	81,14
	ISP 2	0,080	0,094	0,220	0,656	0,040	0,514	78,105	75,17
	ISP 3	0,076	0,090	0,216	0,584	0,040	0,514	82,17	79,335
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\ [kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,084	0,090	0,021	0,654	0,044	0,518	84,205	80,98
	ISP 2	0,078	0,092	0,218	0,654	0,042	0,512	77,97	74,98
	ISP 3	0,078	0,090	0,216	0,584	0,042	0,512	81,985	79,105
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
	Razlika masa	0,000	0,000	0,193	0,000	0,000	-	0,125	0,160
		0,002	0,002	0,002	0,002	-0,002	-	0,135	0,190
		-0,002	0,000	0,000	0,000	-0,002	-	0,185	0,230
	Aritmetička sredina razlika	0,000	0,001	0,065	0,001	-0,001	-	0,148	0,193
OS 3		$\boldsymbol{m_{cl,p}\ [kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,p} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
	ISP 1	0,076	0,094	0,216	0,646	0,040	0,520	83,575	80,33
	ISP 2	0,084	0,098	0,220	0,654	0,042	0,530	78,14	75,215

	ISP 3	0,076	0,084	0,214	0,654	0,044	0,518	81,43	78,16
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,074	0,092	0,214	0,644	0,040	0,520	80,33	80,265
	ISP 2	0,084	0,096	0,218	0,654	0,044	0,530	75,215	74,945
	ISP 3	0,076	0,086	0,218	0,658	0,044	0,520	78,16	77,83
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
	Razlika masa	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000	0,000	3,245	0,065
		0,000	0,002	0,002	0,000	-0,002	0,000	2,925	0,270
		0,000	-0,002	-0,004	-0,004	0,000	-0,002	3,270	0,330
	Aritmetička sredina razlika	0,001	0,001	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	3,147	0,222
OS 4		$\boldsymbol{m_{cl,p}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,p} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
	ISP 1	0,076	0,084	0,216	0,656	0,044	0,526	83,595	80,445
	ISP 2	0,074	0,078	0,200	0,608	0,036	0,480	76,67	73,9
	ISP 3	0,076	0,096	0,218	0,646	0,040	0,526	81,215	78,16
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,076	0,084	0,214	0,652	0,044	0,526	83,465	80,245
	ISP 2	0,082	0,080	0,212	0,656	0,042	0,528	76,525	73,83
	ISP 3	0,076	0,096	0,220	0,648	0,042	0,528	81,06	77,935
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
		0,000	0,000	0,002	0,004	0,000	0,000	0,130	0,200

	Razlika masa	-0,008	-0,002	-0,012	-0,048	-0,006	-0,048	0,145	0,070
		0,000	0,000	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	0,155	0,225
	Aritmetička sredina razlika	-0,003	-0,001	-0,004	-0,015	-0,003	-0,017	0,143	0,165
OS 5		$m_{cl,p}\,[kg]$						$m_{g,p} + m_{clu}$	$m_{g,p}$
	ISP 1	0,084	0,088	0,214	0,648	0,040	0,530	84,735	81,52
	ISP 2	0,084	0,094	0,214	0,656	0,044	0,530	77,28	74,36
	ISP 3	0,088	0,078	0,216	0,646	0,042	0,520	82,505	79,65
		$m_{cl,n}\,[kg]$						$m_{g,n} + m_{clu}$	$m_{g,n}$
	ISP 1	0,078	0,086	0,216	0,648	0,046	0,530	84,675	81,36
	ISP 2	0,084	0,094	0,240	0,656	0,044	0,530	77,370	74,22
	ISP 3	0,088	0,078	0,216	0,646	0,044	0,520	82,325	79,34
		$\Delta m_{cl}[kg]$						$\Delta m_g\,[kg]$	
	Razlika masa	0,006	0,002	-0,002	0,000	-0,006	0,000	0,060	0,160
		0,000	0,000	-0,026	0,000	0,000	0,000	-0,090	0,140
		0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002	0,000	0,180	0,310
	Aritmetička sredina razlika	0,002	0,001	-0,009	0,000	-0,003	0,000	0,050	0,203
OS 7		$m_{cl,p}\,[kg]$						$m_{g,p} + m_{clu}$	$m_{g,p}$
	ISP 1	0,074	0,088	0,214	0,584	0,042	0,618	82,055	79,155

	ISP 2	0,074	0,084	0,214	0,582	0,042	0,616	77,88	74,98
	ISP 3	0,078	0,086	0,216	0,656	0,044	0,626	84,545	81,29
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n}+m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,074	0,088	0,214	0,582	0,044	0,616	81,86	78,905
	ISP 2	0,076	0,082	0,212	0,578	0,042	0,616	77,76	74,78
	ISP 3	0,088	0,076	0,212	0,652	0,040	0,626	84,47	81,205
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
	Razlika masa	0,000	0,000	0,000	0,002	-0,002	0,002	0,195	0,250
		-0,002	0,002	0,002	0,004	0,000	0,000	0,120	0,200
		-0,010	0,010	0,004	0,004	0,004	0,000	0,075	0,085
	Aritmetička sredina razlika	-0,004	0,004	0,002	0,003	0,001	0,001	0,130	0,178

Napomena: $m_{cl,p}$ - masa odjevnog predmeta prije ispitivanja, $m_{cl,n}$ - masa odjevnog predmeta nakon ispitivanja, $m_{clu,p}$ - masa odjeće prije ispitivanja, $m_{clu,n}$ - masa odjeće nakon ispitivanja, Δm_{cl} - razlika u masi odjevnih predmeta, Δm_{clu} - razlika u masi odjeće, m_g - tjelesna masa ispitanika, $m_{g,p}$ - tjelesna masa ispitanika prije ispitivanja, $m_{g,n}$ - tjelesna masa ispitanika nakon ispitivanja, m_{g1} - masa neodjevenog ispitanika prije ispitivanja, m_{g2} - masa neodjevenog ispitanika nakon ispitivanja, Δm_g - razlika u masi tijela ispitanika, m_{os} - masa odjevnog sustava

Tab. 101: *Rezultati mjerenja količine ishlapljenog znoja pri* $t_a = 10℃$, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

Količina ishlapljenog/kondenziranog znoja									
Odjevni sustav	**Ispitanik**	$\boldsymbol{m_{cl,p}\ [kg]}$						**Masa ispitanika** $\boldsymbol{[kg]}$	
		Bokserice	**Potkošulja**	**Košulja**	**Traperice**	**Čarape**	**Jakna**	$\boldsymbol{m_{g,p} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
OS 2	ISP 1	0,082	0,086	0,216	0,652	0,042	0,514	83,075	79,915
	ISP 2	0,088	0,086	0,214	0,666	0,042	0,512	77,92	74,91
	ISP 3	0,088	0,078	0,214	0,654	0,044	0,512	83,125	80,02
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\ [kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,080	0,084	0,214	0,648	0,044	0,514	83,04	79,785
	ISP 2	0,086	0,086	0,212	0,666	0,044	0,512	77,84	74,77
	ISP 3	0,088	0,078	0,214	0,065	0,044	0,512	82,95	79,865
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
	Razlika masa	0,002	0,002	0,002	0,004	-0,002	-	0,035	0,130
		0,002	0,000	0,002	0,000	-0,002	-	0,080	0,140
		0,000	0,000	0,000	0,589	0,000	-	0,175	0,155
	Aritmetička sredina razlika	0,001	0,001	0,001	0,198	-0,001	-	0,097	0,142
OS 3		$\boldsymbol{m_{cl,p}\ [kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,p} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
	ISP 1	0,088	0,088	0,214	0,650	0,040	0,520	83,475	80,275
	ISP 2	0,086	0,092	0,216	0,654	0,042	0,518	77,79	74,72

	ISP 3	0,074	0,092	0,214	0,654	0,040	0,518	83,625	80,555
		$m_{cl,n}$ [kg]						$m_{g,n} + m_{clu}$	$m_{g,n}$
	ISP 1	0,088	0,800	0,212	0,650	0,040	0,518	83,455	80,18
	ISP 2	0,086	0,092	0,216	0,654	0,044	0,520	77,685	74,63
	ISP 3	0,074	0,092	0,214	0,654	0,042	0,518	83,435	80,33
		Δm_{cl}[kg]						Δm_g [kg]	
	Razlika masa	0,000	-0,712	0,002	0,000	0,000	0,002	0,020	0,095
		0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002	-0,002	0,105	0,090
		0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002	0,000	0,190	0,225
	Aritmetička sredina razlika	0,000	-0,237	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,105	0,137
OS 4		$m_{cl,p}$ [kg]						$m_{g,p} + m_{clu}$	$m_{g,p}$
	ISP 1	0,080	0,084	0,214	0,648	0,044	0,526	82,995	79,795
	ISP 2	0,080	0,088	0,214	0,670	0,040	0,526	79	75,84
	ISP 3	0,076	0,086	0,216	0,065	0,042	0,526	83,34	80,27
		$m_{cl,n}$ [kg]						$m_{g,n} + m_{clu}$	$m_{g,n}$
	ISP 1	0,080	0,084	0,214	0,646	0,044	0,526	82,955	79,705
	ISP 2	0,080	0,088	0,214	0,668	0,042	0,528	78,895	75,725
	ISP 3	0,076	0,086	0,216	0,650	0,042	0,528	83,065	80,055
		Δm_{cl}[kg]						Δm_g [kg]	
		0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,040	0,090

	Razlika masa	0,000	0,000	0,000	0,002	-0,002	-0,002	0,105	0,115
		0,000	0,000	0,000	-0,585	0,000	-0,002	0,275	0,215
	Aritmetička sredina razlika	0,000	0,000	0,000	-0,194	-0,001	-0,001	0,140	0,140
OS 5		$\boldsymbol{m_{cl,p}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,p}+m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
	ISP 1	0,088	0,090	0,216	0,654	0,040	0,532	83,62	80,04
	ISP 2	0,074	0,086	0,214	0,580	0,044	0,530	77,96	75,01
	ISP 3	0,082	0,096	0,216	0,648	0,044	0,530	83,05	80,06
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n}+m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,088	0,090	0,214	0,650	0,042	0,530	83,555	79,925
	ISP 2	0,074	0,086	0,212	0,582	0,044	0,530	77,470	74,62
	ISP 3	0,084	0,094	0,216	0,650	0,046	0,534	82,970	79,825
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_{g}[kg]}$	
	Razlika masa	0,000	0,000	0,002	0,004	-0,002	0,002	0,065	0,115
		0,000	0,000	0,002	-0,002	0,000	0,000	0,490	0,390
		-0,002	0,002	0,000	-0,002	-0,002	-0,004	0,080	0,235
	Aritmetička sredina razlika	-0,001	0,001	0,001	0,000	-0,001	-0,001	0,212	0,247
OS 7		$\boldsymbol{m_{cl,p}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,p}+m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
	ISP 1	0,088	0,088	0,214	0,650	0,040	0,616	83,225	79,885

	ISP 2	0,078	0,084	0,214	0,644	0,040	0,546	78,27	75,18
	ISP 3	0,076	0,086	0,021	0,580	0,044	0,548	82,8	79,665
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\ [kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,088	0,088	0,214	0,648	0,042	0,616	83,15	79,83
	ISP 2	0,078	0,084	0,214	0,644	0,040	0,622	77,97	74,97
	ISP 3	0,076	0,086	0,214	0,582	0,044	0,546	82,66	79,48
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
	Razlika masa	0,000	0,000	0,000	0,002	-0,002	0,000	0,075	0,055
		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,076	0,300	0,210
		0,000	0,000	-0,193	-0,002	0,000	0,002	0,140	0,185
	Aritmetička sredina razlika	0,000	0,000	-0,064	0,000	-0,001	-0,025	0,172	0,150

Napomena: $m_{cl,p}$ - masa odjevnog predmeta prije ispitivanja, $m_{cl,n}$ - masa odjevnog predmeta nakon ispitivanja, $m_{clu,p}$ - masa odjeće prije ispitivanja, $m_{clu,n}$ - masa odjeće nakon ispitivanja, Δm_{cl} - razlika u masi odjevnih predmeta, Δm_{clu} - razlika u masi odjeće, m_g - tjelesna masa ispitanika, $m_{g,p}$ - tjelesna masa ispitanika prije ispitivanja, $m_{g,n}$ - tjelesna masa ispitanika nakon ispitivanja, m_{g1} - masa neodjevenog ispitanika prije ispitivanja, m_{g2} - masa neodjevenog ispitanika nakon ispitivanja, Δm_g - razlika u masi tijela ispitanika, m_{os} - masa odjevnog sustava

Tab. 102: *Rezultati mjerenja količine ishlapljenog znoja pri* $t_a = 19℃$, $v_a = 0{,}4\ m/s$, $RH = 36\ \%$

Količina ishlapljenog/kondenziranog znoja									
Odjevni sustav	**Ispitanik**	$\boldsymbol{m_{cl,p}\ [kg]}$						**Tjelesna masa ispitanika** $\boldsymbol{[kg]}$	
		Bokserice	**Potkošulja**	**Košulja**	**Traperice**	**Čarape**	**Jakna**	$\boldsymbol{m_{g,p} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
OS 1	ISP 1	0,076	0,088	0,214	0,666	0,040	-	83,515	80,960
	ISP 2	0,084	0,094	0,218	0,658	0,040	-	83,485	79,785
	ISP 3	0,088	0,088	0,214	0,642	0,044	-	77,680	75,550
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\ [kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,076	0,088	0,214	0,666	0,042	-	83,445	80,880
	ISP 2	0,084	0,092	0,216	0,654	0,042	-	83,450	79,735
	ISP 3	0,088	0,088	0,214	0,644	0,046	-	77,655	75,175
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
	Razlika masa	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002	-	0,070	0,080
		0,000	0,002	0,002	0,004	-0,002	-	0,035	0,050
		0,000	0,000	0,000	-0,002	-0,002	-	0,025	0,375
	Aritmetička sredina razlika	0,000	0,001	0,001	0,001	-0,002	-	0,043	0,168
OS 4		$\boldsymbol{m_{cl,p}\ [kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,p} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
	ISP 1	0,078	0,092	0,214	0,652	0,040	0,526	82,870	79,680
	ISP 2	0,082	0,094	0,214	0,644	0,042	0,528	78,085	75,235

	ISP 3	0,076	0,086	0,212	0,668	0,040	0,528	83,200	80,185
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,078	0,092	0,214	0,650	0,042	0,526	82,855	79,575
	ISP 2	0,084	0,094	0,214	0,644	0,046	0,528	78,000	75,150
	ISP 3	0,078	0,092	0,218	0,668	0,042	0,528	83,000	80,070
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
	Razlika masa	0,000	0,000	0,000	0,002	-0,002	0,000	0,015	0,105
		-0,002	0,000	0,000	0,000	-0,004	0,000	0,085	0,085
		-0,002	-0,006	-0,006	0,000	-0,002	0,000	0,200	0,115
	Aritmetička sredina razlika	-0,001	-0,002	-0,002	0,001	-0,003	0,000	0,100	0,102
OS 7		$\boldsymbol{m_{cl,p}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,p} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
	ISP 1	0,088	0,080	0,214	0,650	0,040	0,616	84,000	80,675
	ISP 2	0,076	0,084	0,214	0,662	0,044	0,616	78,360	75,300
	ISP 3	0,074	0,096	0,218	0,582	0,044	0,616	82,902	80,080
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n} + m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,088	0,090	0,214	0,648	0,042	0,616	83,945	80,655
	ISP 2	0,076	0,086	0,216	0,658	0,044	0,616	78,340	75,105
	ISP 3	0,076	0,098	0,220	0,582	0,046	0,616	82,870	79,850
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
		0,000	-0,010	0,000	0,002	-0,002	0,000	0,055	0,020

	Razlika masa	0,000	-0,002	-0,002	0,004	0,000	0,000	0,020	0,195
		-0,002	-0,002	-0,002	0,000	-0,002	0,000	0,032	0,230
	Aritmetička sredina razlika	-0,001	-0,005	-0,001	0,002	-0,001	0,000	0,036	0,148
OS 8		$\boldsymbol{m_{cl,p}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,p}+m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,p}}$
	ISP 1	0,086	0,086	0,214	0,648	0,044	0,722	82,985	79,515
	ISP 2	0,078	0,084	0,218	0,658	0,044	0,738	79,210	75,910
	ISP 3	0,078	0,078	0,200	0,582	0,042	0,722	82,455	79,600
		$\boldsymbol{m_{cl,n}\,[kg]}$						$\boldsymbol{m_{g,n}+m_{clu}}$	$\boldsymbol{m_{g,n}}$
	ISP 1	0,086	0,088	0,214	0,648	0,046	0,722	82,905	79,430
	ISP 2	0,076	0,086	0,216	0,656	0,046	0,738	79,075	75,720
	ISP 3	0,078	0,080	0,220	0,584	0,044	0,722	82,300	79,430
		$\boldsymbol{\Delta m_{cl}[kg]}$						$\boldsymbol{\Delta m_g[kg]}$	
	Razlika masa	0,000	-0,002	0,000	0,000	-0,002	0,000	0,080	0,085
		0,002	-0,002	0,002	0,002	-0,002	0,000	0,135	0,190
		0,000	-0,002	-0,020	-0,002	-0,002	0,000	0,155	0,170
	Aritmetička sredina razlika	0,001	-0,002	-0,006	0,000	-0,002	0,000	0,123	0,148

Napomena: $m_{cl,p}$ - masa odjevnog predmeta prije ispitivanja, $m_{cl,n}$ - masa odjevnog predmeta nakon ispitivanja, $m_{clu,p}$ - masa odjeće prije ispitivanja, $m_{clu,n}$ - masa odjeće nakon ispitivanja, Δm_{cl} - razlika u masi odjevnih predmeta, Δm_{clu} - razlika u masi odjeće, m_g - tjelesna masa ispitanika, $m_{g,p}$ - tjelesna masa ispitanika prije ispitivanja, $m_{g,n}$ - tjelesna masa ispitanika nakon ispitivanja, m_{g1} - masa neodjevenog ispitanika prije ispitivanja, m_{g2} - masa neodjevenog ispitanika nakon ispitivanja, Δm_g - razlika u masi tijela ispitanika, m_{os} - masa odjevnog sustava

4.8.1 Rezultati izračuna prosječne razlike u masi kao posljedice znojenja

Rezultati izračuna prosječne razlike u masi kao posljedice znojenja prikazan je u Tab. 107 do 111.

Tab. 103: *Prosječna razlika ukupne mase odjevnih predmeta koji sačinjavaju odjevni sustav prije i nakon ispitivanja pri* $t_a = 10℃$

Odjevni sustav	**Ispitanik**	$\boldsymbol{m_{clu,p}}$ $\boldsymbol{[kg]}$	$\boldsymbol{m_{clu,n}}$ $\boldsymbol{[kg]}$	$\boldsymbol{\Delta m_{clu}[kg]}$
OS 2	ISP 1	1,592	1,584	0,008
	ISP 2	1,608	1,606	0,002
	ISP 3	1,59	1,0014	0,5886
Prosječna vrijednost		1,597	1,397	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		0,200		
OS 3	ISP 1	1,600	2,308	-0,708
	ISP 2	1,608	1,612	-0,004
	ISP 3	1,592	1,594	-0,002
Prosječna vrijednost		1,600	1,838	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,238		
OS 4	ISP 1	1,596	1,594	0,002
	ISP 2	1,618	1,620	-0,002
	ISP 3	1,011	1,598	-0,587
Prosječna vrijednost		1,408	1,604	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,196		
OS 5	ISP 1	1,620	1,614	0,006
	ISP 2	1,528	1,528	0,000
	ISP 3	1,616	1,624	-0,008
Prosječna vrijednost		1,588	1,589	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,001		
OS 7	ISP 1	1,696	1,696	0,000
	ISP 2	1,606	1,682	-0,076
	ISP 3	1,3554	1,548	-0,1926
Prosječna vrijednost		1,552	1,642	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,090		

Napomena: m_{clu} - masa odjeće, $m_{clu,p}$ - masa odjeće prije ispitivanja, $m_{clu,n}$ - masa odjeće nakon ispitivanja

Tab. 104: *Prosječna razlika ukupne mase odjevnih predmeta koji sačinjavaju odjevni sustav prije i nakon ispitivanja pri* $t_a = 15℃$

Odjevni sustav	**Ispitanik**	$\boldsymbol{m_{clu,p}\ [kg]}$	$\boldsymbol{m_{clu,n}\ [kg]}$	$\boldsymbol{\Delta m_{clu}[kg]}$
OS 2	ISP 1	1,598	1,411	0,1866
	ISP 2	1,604	1,596	0,008
	ISP 3	1,52	1,522	-0,002
Prosječna vrijednost		1,574	1,510	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		0,064		
OS 3	ISP 1	1,592	1,584	0,008
	ISP 2	1,628	1,626	0,002
	ISP 3	1,590	1,602	-0,012
Prosječna vrijednost		1,603	1,604	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,001		
OS 4	ISP 1	1,602	1,596	0,006
	ISP 2	1,476	1,600	-0,124
	ISP 3	1,602	1,610	-0,008
Prosječna vrijednost		1,560	1,602	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,042		
OS 5	ISP 1	1,604	1,604	0,000
	ISP 2	1,622	1,648	-0,026
	ISP 3	1,59	1,592	-0,002
Prosječna vrijednost		1,605	1,615	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,009		
OS 7	ISP 1	1,620	1,618	0,002
	ISP 2	1,612	1,606	0,006
	ISP 3	1,706	1,694	0,012
Prosječna vrijednost		1,646	1,639	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		0,007		

Napomena: m_{clu} - masa odjeće, $m_{clu,p}$ - masa odjeće prije ispitivanja, $m_{clu,n}$ - masa odjeće nakon ispitivanja

Tab. 105: *Prosječna razlika ukupne mase odjevnih predmeta koji sačinjavaju odjevni sustav prije i nakon ispitivanja pri* $t_a = 20℃$

Odjevni sustav	**Ispitanik**	$\boldsymbol{m_{clu,p}\ [kg]}$	$\boldsymbol{m_{clu,n}\ [kg]}$	$\boldsymbol{\Delta m_{clu}[kg]}$
OS 2	ISP 1	1,582	1,590	-0,008
	ISP 2	1,598	1,592	0,006
	ISP 3	1,524	1,532	-0,008
Prosječna vrijednost		1,568	1,571	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,003		
OS 3	ISP 1	1,600	1,600	0,000
	ISP 2	1,596	1,596	0,000
	ISP 3	1,592	1,610	-0,018
Prosječna vrijednost		1,596	1,602	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,006		
OS 4	ISP 1	1,596	1,602	-0,006
	ISP 2	1,618	1,612	0,006
	ISP 3	1,544	1,550	-0,006
Prosječna vrijednost		1,586	1,588	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,002		
OS 5	ISP 1	1,544	1,556	-0,012
	ISP 2	1,618	1,616	0,002
	ISP 3	1,610	1,608	0,002
Prosječna vrijednost		1,591	1,593	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,003		
OS 7	ISP 1	1,692	1,694	-0,002
	ISP 2	1,688	1,688	0,000
	ISP 3	1,636	1,716	-0,08
Prosječna vrijednost		1,672	1,699	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,027		

Napomena: m_{clu} - masa odjeće, $m_{clu,p}$ - masa odjeće prije ispitivanja, $m_{clu,n}$ - masa odjeće nakon ispitivanja

Tab. 106: *Prosječna razlika ukupne mase odjevnih predmeta koji sačinjavaju odjevni sustav prije i nakon ispitivanja pri* $t_a = 19℃$

Odjevni sustav	**Ispitanik**	$\boldsymbol{m_{clu,p}}$ $\boldsymbol{[kg]}$	$\boldsymbol{m_{clu,n}}$ $\boldsymbol{[kg]}$	$\boldsymbol{\Delta m_{clu}[kg]}$
OS 1	ISP 1	1,084	1,086	-0,002
	ISP 2	1,094	1,088	0,006
	ISP 3	1,076	1,08	-0,004
Prosječna vrijednost		1,085	1,085	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		0,000		
OS 4	ISP 1	1,602	1,606	0,000
	ISP 2	1,604	1,610	-0,006
	ISP 3	1,610	1,626	-0,016
Prosječna vrijednost		1,605	1,613	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,007		
OS 7	ISP 1	1,688	1,698	-0,01
	ISP 2	1,696	1,696	0,000
	ISP 3	1,630	1,638	-0,008
Prosječna vrijednost		1,671	1,677	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,006		
OS 8	ISP 1	1,800	1,804	-0,004
	ISP 2	1,82	1,818	0,002
	ISP 3	1,702	1,728	-0,026
Prosječna vrijednost		1,774	1,783	
Razlika ukupnih masa odjeće prije i nakon ispitivanja		-0,009		

Napomena: m_{clu} - masa odjeće, $m_{clu,p}$ - masa odjeće prije ispitivanja, $m_{clu,n}$ - masa odjeće nakon ispitivanja

Tab. 107: *Utvrđene razlike u masi kao posljedica znojenja pri* $t_a = 10℃$

Utvrđene i izračunate razlike u masi $[g]$									
Odjevni sustav	Δm_g	Δm_{clo}	$\Delta m_{o,h}$	$\Delta m_{o,m}$	$\Delta m_{res,h}$	$\Delta m_{res,m}$	Δm_{wat}	Δm_{sol}	Δm_{sw}
OS 2	130,000	0,008	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	72,198
	140,000	0,002	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	82,204
	155,000	0,589	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	96,617
OS 3	95,000	-0,708	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	37,914
	90,000	-0,004	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	32,210
	225,000	-0,002	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	167,208
OS 4	90,000	0,002	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	32,204
	115,000	-0,002	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	57,208
	215,000	-0,587	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	157,793
OS 5	115,000	0,006	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	57,200
	390,000	0,000	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	332,206
	235,000	-0,008	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	177,214
OS 7	55,000	0,000	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	-2,794
	210,000	-0,076	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	152,282
	185,000	-0,193	6,533	2,557	36,778	11,926	0,000	0,000	127,399

Napomena: Δm_g - Razlika tjelesne mase ispitanika, Δm_{clo} - Razlika u masi znoja upijenog u odjeću, $\Delta m_{o,h}$ - Razlika u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida u fazi hoda, $\Delta m_{o,m}$ - Razlika u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida u fazi mirovanja, $\Delta m_{res,h}$ - Razlika u masi kao posljedica respiracije u fazi hoda, $\Delta m_{res,m}$ - Razlika u masi kao posljedica respiracije u fazi mirovanja, Δm_{wat} - Razlika u unosu tekućine i sekreciji urina, Δm_{sol} - Razlika u unosu krute hrane i njihovoj sekreciji, Δm_{sw} - Razlika u masi kao posljedica znojenja

Tab. 108: *Utvrđene razlike u masi kao posljedica znojenja pri* $t_a = 15℃$

Utvrđene i izračunate razlike u masi $[g]$									
Odjevni sustav	Δm_g	Δm_{clo}	$\Delta m_{o,h}$	$\Delta m_{o,m}$	$\Delta m_{res,h}$	$\Delta m_{res,m}$	Δm_{wat}	Δm_{sol}	Δm_{sw}
OS 2	160,000	0,187	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	113,101
	190,000	0,008	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	143,280
	230,000	-0,002	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	183,290
OS 3	65,000	0,008	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	18,280
	270,000	0,002	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	223,286
	330,000	-0,012	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	283,300
OS 4	200,000	0,006	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	153,282
	70,000	-0,124	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	23,412
	225,000	-0,008	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	178,296
OS 5	160,000	0,000	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	113,288
	140,000	-0,026	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	93,314
	310,000	-0,002	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	263,290
OS 7	250,000	0,002	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	203,286
	200,000	0,006	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	153,282
	85,000	0,012	6,533	2,557	27,041	10,581	0,000	0,000	38,276

Napomena: Δm_g - Razlika tjelesne mase ispitanika, Δm_{clo} - Razlika u masi znoja upijenog u odjeću, $\Delta m_{o,h}$ - Razlika u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida u fazi hoda, $\Delta m_{o,m}$ - Razlika u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida u fazi mirovanja, $\Delta m_{res,h}$ - Razlika u masi kao posljedica respiracije u fazi hoda, $\Delta m_{res,m}$ - Razlika u masi kao posljedica respiracije u fazi mirovanja, Δm_{wat} - Razlika u unosu tekućine i sekreciji urina, Δm_{sol} - Razlika u unosu krute hrane i njihovoj sekreciji, Δm_{sw} - Razlika u masi kao posljedica znojenja

Tab. 109: *Utvrđene razlike u masi kao posljedica znojenja pri* $t_a = 20℃$

Utvrđene i izračunate razlike u masi $[g]$									
Odjevni sustav	Δm_g	Δm_{clo}	$\Delta m_{o,h}$	$\Delta m_{o,m}$	$\Delta m_{res,h}$	$\Delta m_{res,m}$	Δm_{wat}	Δm_{sol}	Δm_{sw}
OS 2	190,000	-0,008	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	149,626
	105,000	0,006	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	64,612
	155,000	-0,008	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	114,626
OS 3	125,000	0,000	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	84,618
	130,000	0,000	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	89,618
	335,000	-0,018	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	294,636
OS 4	100,000	-0,006	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	59,624
	150,000	0,006	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	109,612
	215,000	-0,006	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	174,624
OS 5	345,000	-0,012	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	304,630
	307,000	0,002	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	266,616
	80,000	0,002	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	39,616
OS 7	55,000	-0,002	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	14,620
	155,000	0,000	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	114,618
	280,000	-0,080	6,533	2,557	22,491	8,801	0,000	0,000	239,698

Napomena: Δm_g - Razlika tjelesne mase ispitanika, Δm_{clo} - Razlika u masi znoja upijenog u odjeću, $\Delta m_{o,h}$ - Razlika u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida u fazi hoda, $\Delta m_{o,m}$ - Razlika u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida u fazi mirovanja, $\Delta m_{res,h}$ - Razlika u masi kao posljedica respiracije u fazi hoda, $\Delta m_{res,m}$ - Razlika u masi kao posljedica respiracije u fazi mirovanja, Δm_{wat} - Razlika u unosu tekućine i sekreciji urina, Δm_{sol} - Razlika u unosu krute hrane i njihovoj sekreciji, Δm_{sw} - Razlika u masi kao posljedica znojenja

Tab. 110: *Utvrđene razlike u masi kao posljedica znojenja pri* $t_a = 19℃$

Utvrđene i izračunate razlike u masi $[g]$									
Odjevni sustav	Δm_g	Δm_{clo}	$\Delta m_{o,h}$	$\Delta m_{o,m}$	$\Delta m_{res,h}$	$\Delta m_{res,m}$	Δm_{wat}	Δm_{sol}	Δm_{sw}
OS 1	80,000	-0,008	4,083	1,278	14,748	4,617	0,000	0,000	55,282
	50,000	0,006	4,083	1,278	14,748	4,617	0,000	0,000	25,268
	375,000	-0,008	4,083	1,278	14,748	4,617	0,000	0,000	350,282
OS 4	105,000	0,000	4,083	1,278	14,748	4,617	0,000	0,000	80,274
	85,000	0,000	4,083	1,278	14,748	4,617	0,000	0,000	60,274
	115,000	-0,018	4,083	1,278	14,748	4,617	0,000	0,000	90,292
OS 7	20,000	-0,006	4,083	1,278	14,748	4,617	0,000	0,000	-4,72
	195,000	0,006	4,083	1,278	14,748	4,617	0,000	0,000	170,268
	230,000	-0,006	4,083	1,278	14,748	4,617	0,000	0,000	205,28
OS 8	85,000	-0,012	4,083	1,278	14,748	4,617	0,000	0,000	60,286
	190,000	0,002	4,083	1,278	14,748	4,617	0,000	0,000	165,272
	170,000	0,002	4,083	1,278	14,748	4,617	0,000	0,000	145,272

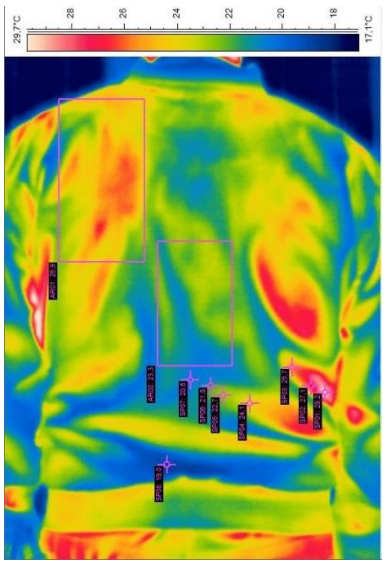
Napomena: Δm_g - Razlika tjelesne mase ispitanika, Δm_{clo} - Razlika u masi znoja upijenog u odjeću, $\Delta m_{o,h}$ - Razlika u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida u fazi hoda, $\Delta m_{o,m}$ - Razlika u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida u fazi mirovanja, $\Delta m_{res,h}$ - Razlika u masi kao posljedica respiracije u fazi hoda, $\Delta m_{res,m}$ - Razlika u masi kao posljedica respiracije u fazi mirovanja, Δm_{wat} - Razlika u unosu tekućine i sekreciji urina, Δm_{sol} - Razlika u unosu krute hrane i njihovoj sekreciji, Δm_{sw} - Razlika u masi kao posljedica znojenja

***Tab. 111**: Prosječne vrijednosti razlika u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw})*

Δm_{sw} $[g]$					
Odjevni sustav	10°C	15°C	20°C	Odjevni sustav	19°C
OS 2	83,6731	146,5571	109,6213	OS 1	143,6107
OS 3	79,1107	174,9553	156,2907	OS 4	76,94667
OS 4	82,4017	118,3300	114,6200	OS 7	123,6093
OS 5	188,8733	156,6307	203,6207	OS 8	123,6100
OS 7	92,2955	131,6147	122,9787	-	-

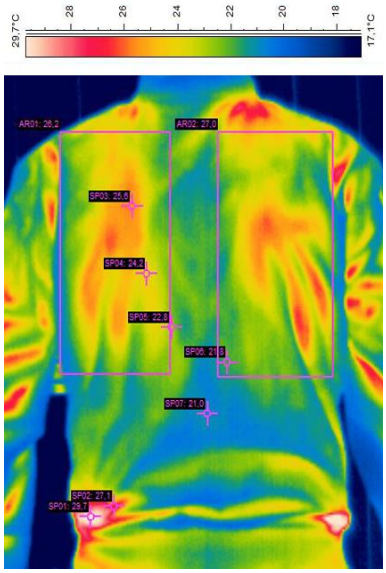
4.9 Termogrami

Termografskim snimkama prikazani su rezultati utvrđenih maksimalnih i minimalnih temperatura na površini muških jakni, Sl. 95 do 99.



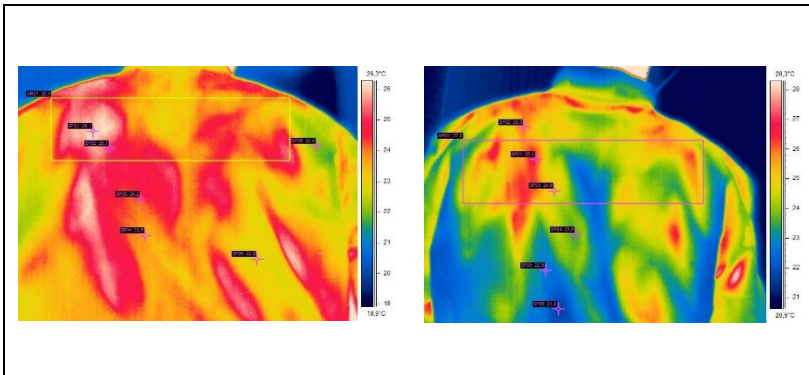
a) Termogram snimljen tijekom 1. faze pri gibanju ispitanika brzinom hoda od 3,4 km/h

b) Termogram snimljen tijekom 1. faze pri mirovanju ispitanika



c) Termogram snimljen tijekom 3. faze pri gibanju ispitanika brzinom hoda od 3,4 km/h

***Sl. 95 a, b, i c** Prikaz obrađenih termograma s prikazima minimalne i maksimalne temperature karakterističnih točaka na površini modela letačke vjetrovke s najmanjim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije*

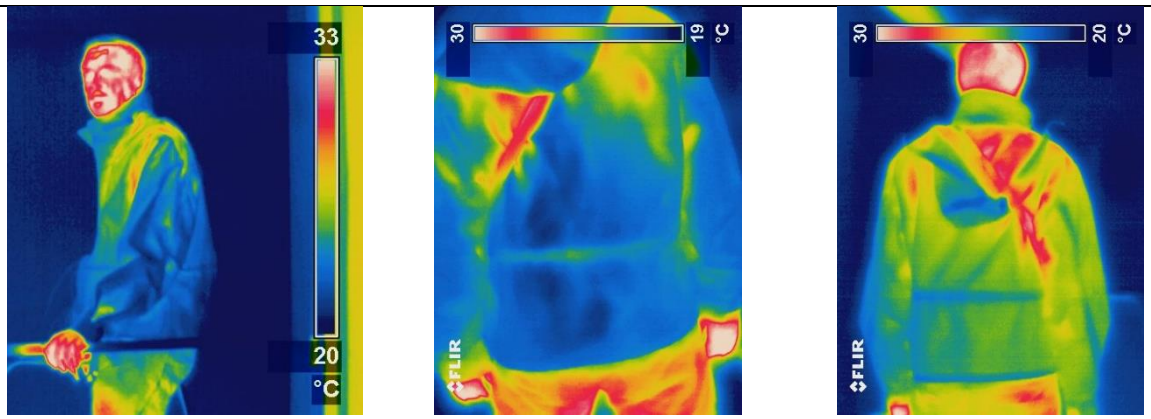


a) Termogram snimljen tijekom 1. faze pri gibanju ispitanika brzinom hoda od 3,4 km/h

b) Termogram snimljen tijekom 1. faze pri mirovanju ispitanika

c) Termogram snimljen tijekom 3. faze pri gibanju ispitanika brzinom hoda od 3,4 km/h

Sl. 96 a, b i c *Prikaz obrađenih termograma s prikazima minimalne i maksimalne temperature karakterističnih točaka na površini e modela letačke vjetrovke s najvećim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije*



a) Termogram snimljen tijekom 1. faze pri gibanju ispitanika brzinom hoda od 3,4 km/h

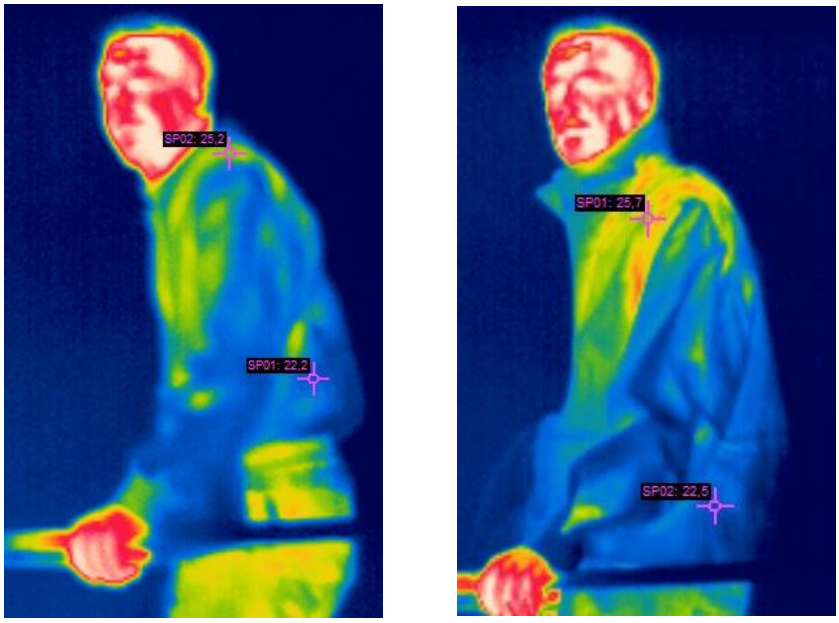
b) Termogram snimljen tijekom 1. faze pri mirovanju ispitanika

c) Termogram snimljen tijekom 3. faze pri gibanju ispitanika brzinom hoda od 3,4 km/h

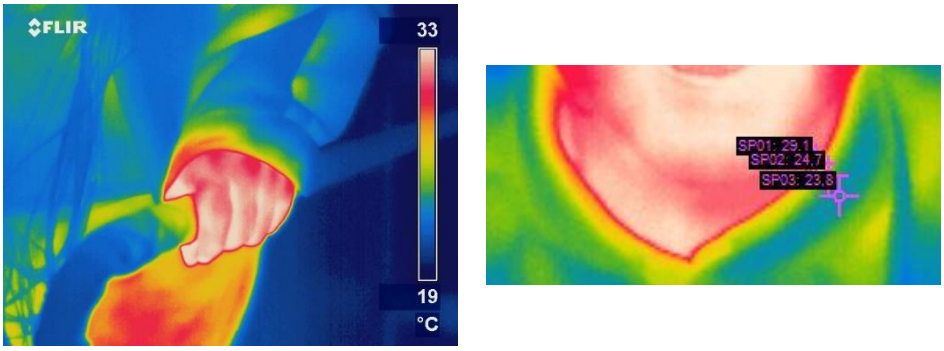
Sl. 97 a, b i c *Prikaz obrađenih termograma s prikazima minimalne i maksimalne temperature karakterističnih točaka na površini modela nautičarske vjetrovke s duljinom do bokova*

Tab. 112: *Prikaz minimalne i maksimalne temperature karakterističnih točaka muške jakne utvrđeni termografskim sustavom FLIR ThermaCAM™ P65*

Vrsta jakne	Red. broj termograma	Faza ispitivanja	Temperaturne vrijednosti u karakterističnim točkama površine termograma muških jakni		Uvjeti okoliša
			t_{max} [°C]	t_{min} [°C]	
MJ 1	1	1. faza	29,2	19,0	$t_{a1} = 19°C$; $v_a = 0{,}4\ m/s$; $RH = 40\%$
	2	2. faza	28,9	22,9	
	3	3. faza	29,7	21,0	
MJ 4	1	1. faza	26,1	22,0	$t_{a1} = 19°C$; $v_a = 0{,}4\ m/s$; $RH = 40\%$
	2	2. faza	26,3	21,9	
	3	3. faza	26,8	22,6	



Sl. 98 *Razlika temperatura pri vertikalnom strujanju zraka unutar mikroklime tijela koje se očitavaju na površini muške jakne*



Sl. 99 *Prikaz zagrijavanja na mjestu orukvice i vratnog izreza*

4.10 Rezultati višefaktorske analize i statističke obrade podataka

Faktori okoliša koji utječu na zadovoljstvo ispitanika su temperatura (t_a), relativna vlažnost (RH_a) i brzina strujanja zraka (v_a). Ispitane fiziološke reakcije organizma ispitanika pri izlaganju različitim uvjetima okoliša i odijevanja u različite odjevne sustave su prosječna ponderirana temperatura kože ($\overline{t_{sk}}$), relativna vlažnost kožne površine (RH_{sk}), količina izlučenog znoja (Δm_{sw}), puls i gubitak tjelesne mase ispitanika (Δm_g) tijekom provođenja laboratorijskog ispitivanja. Faktori odjevnih predmeta su površina (A_{cl}), masa odjevnog predmeta (m_{cl}), model i vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnog predmeta izmjerena termalnim manekenom u mirovanju ili gibanju (I_{clu}). Rezultati višefaktorske analize prikazani su grafički, Sl. 100 do 119.

Tab. 113: *Tablica prosječnih ocjena odgovora ispitanika o kvaliteti vlastitog toplinskog stanja (pitanja 1, 2, 3 u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije) za različite temperature okoliša i odjevne sustave*

Odjevni sustav	Faza / t_a	Prosječne ocjene odgovora ispitanika o kvaliteti vlastitog toplinskog stanja (pitanja 1, 2, 3)		
		20°C	15°C	10°C
OS 2	1	0,22	0,00	-0,33
	2	0,11	-0,11	-0,67
	3	0,22	-0,22	-0,33
OS 3	1	0,33	0,22	-0,33
	2	0,11	-0,22	-0,22
	3	0,44	-0,11	-0,11
OS 4	1	0,44	0,11	-0,56
	2	0,78	0,33	-0,33
	3	0,11	0,33	-0,67
OS 5	1	0,33	0,33	0,33
	2	0,44	0,78	0,44
	3	0,33	0,44	0,22
OS 7	1	0,78	0,00	0,11
	2	1,00	0,33	0,22
	3	1,00	0,22	0,22

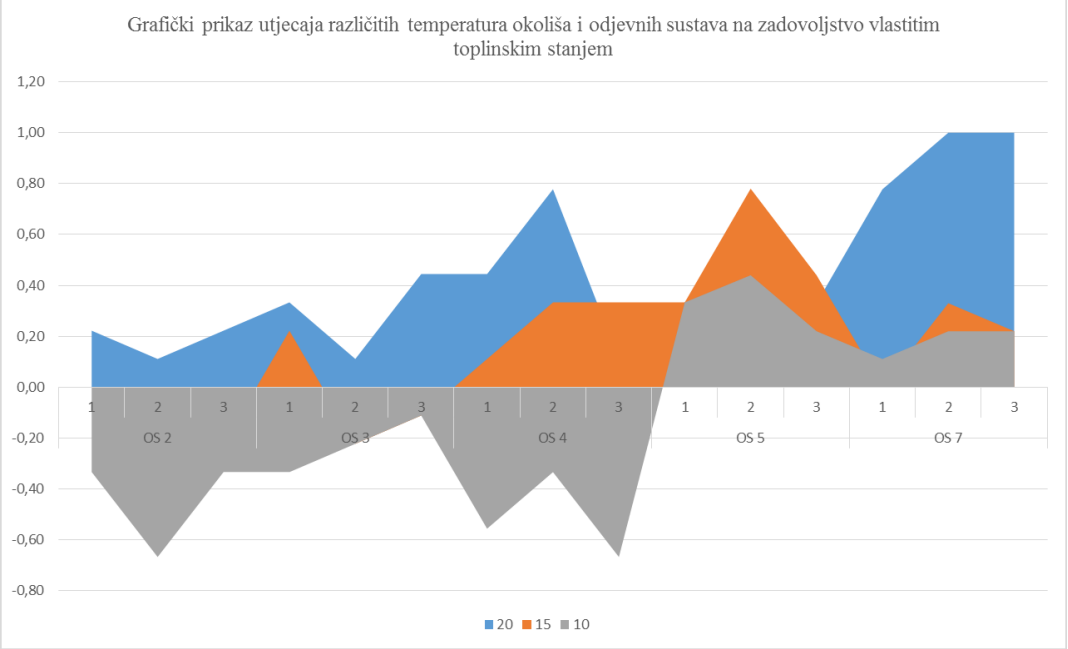
Tab. 114: *ANOVA tablica analize utjecaja različitih temperatura okoliša i odjevnih sustava na vlastito toplinsko stanje*

ANOVA						
Izvor varijabilnosti	*Suma kvadrata*	*Stupnjevi slobode*	*Srednji kvadrat korigirane aritmetičke sredine*	*Fisherov test za utvrđivanje statističke značajnosti*	*Nivo statističke značajnosti multivarijantnog testa*	*F kritično*
Redovi	2,2096	4	0,5524	19,5602	$5{,}1809\ 10^{-8}$	2,6896
Kolone	2,5062	2	1,2531	44,3725	$1{,}0904\ 10^{-9}$	3,3158
Interakcija	1,2310	8	0,1539	5,4486	0,00028	2,2662
Ostatak	0,8472	30	0,0282			
Ukupno	6,7939	44				

Postoji statistički značajna razlika na prikupljene vrijednosti ocjena zadovoljstva toplinskim stanjem ispitanika odjevenih u različite odjevne sustave jer je F veće od F kritično i jer je P-vrijednost manja od 0,05.

Postoji statistički značajna razlika u utjecaju temperatura okoliša na vrijednosti ocjena toplinskog stanja ispitanika odjevenih u različite odjevne sustave jer je F veće od F kritično i jer je P-vrijednost manja od 0,05.

Postoji statistički značajna razlika u povezanom utjecaju faza istraživanja i temperatura okoliša na vrijednosti ocjena kojima se izražava toplinsko stanje ispitanika odjevenih u različite odjevne sustave jer je F veće od F kritično i jer je P-vrijednost manja od 0,05.



Sl. 100 *Prikaz utjecaja različitih temperatura okoliša i odjevnih sustava na zadovoljstvo vlastitim toplinskim stanjem*

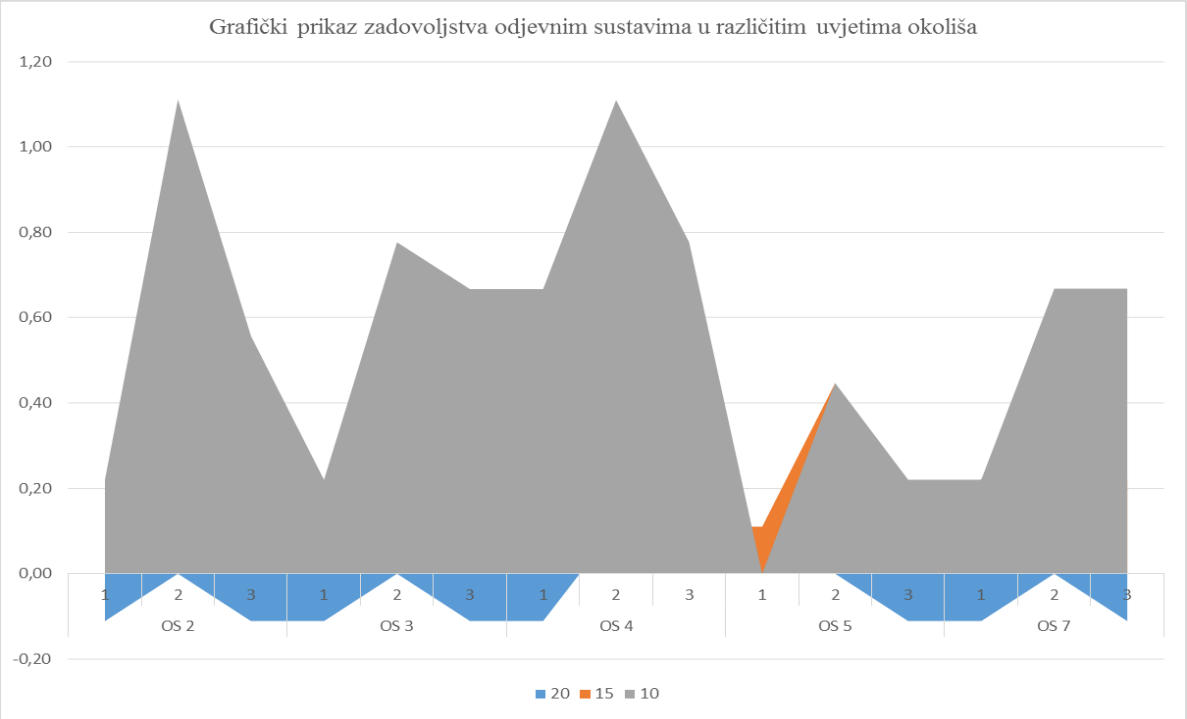
Tab. 115: *Tablica prosječnih ocjena odgovora ispitanika o zadovoljstvu odjevnim sustavima (pitanja 4, 5, 6 u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije) za različite temperature okoliša i odjevne sustave*

Odjevni sustav	Faza / t_a	Prosječne ocjene odgovora ispitanika o zadovoljstvu odjevnim sustavima (pitanja 4, 5, 6)		
		20°C	15°C	10°C
OS 2	1	-0,11	0,00	0,22
	2	0,00	0,33	1,11
	3	-0,11	0,11	0,56
OS 3	1	-0,11	0,00	0,22
	2	0,00	0,11	0,78
	3	-0,11	0,44	0,67
OS 4	1	-0,11	0,11	0,67
	2	0,11	0,67	1,11
	3	0,00	0,11	0,78
OS 5	1	0,00	0,11	0,00
	2	0,00	0,45	0,45
	3	-0,11	0,11	0,22
OS 7	1	-0,11	0,22	0,22
	2	0,00	0,33	0,67
	3	-0,11	0,22	0,67

Tab. 116: *ANOVA tablica analize utjecaja različitih temperatura okoliša na zadovoljstvo odjevnim sustavima*

ANOVA						
Izvor varijabilnosti	*Suma kvadrata*	*Stupnjevi slobode*	*Srednji kvadrat korigirane aritmetičke sredine*	*Fisherov test za utvrđivanje statističke značajnosti*	*Nivo statističke značajnosti multivarijantnog testa*	*F kritično*
Redovi	0,2831	4	0,0708	1,4821	0,2324	2,6896
Kolone	2,7724	2	1,3862	29,0257	$9{,}6777\ 10^{-8}$	3,3158
Interakcija	0,3865	8	0,0483	1,0116	0,4484	2,2662
Ostatak	1,4327	30	0,0478			
Ukupno	4,8747	44				

Postoji statistički značajna razlika u utjecaju temperatura okoliša na vrijednosti ocjena kvalitete odjevnih sustava jer je F veće od F kritično i jer je P-vrijednost manja od 0,05.



Sl. 101 *Prikaz zadovoljstva odjevnim sustavima u različitim uvjetima okoliša*

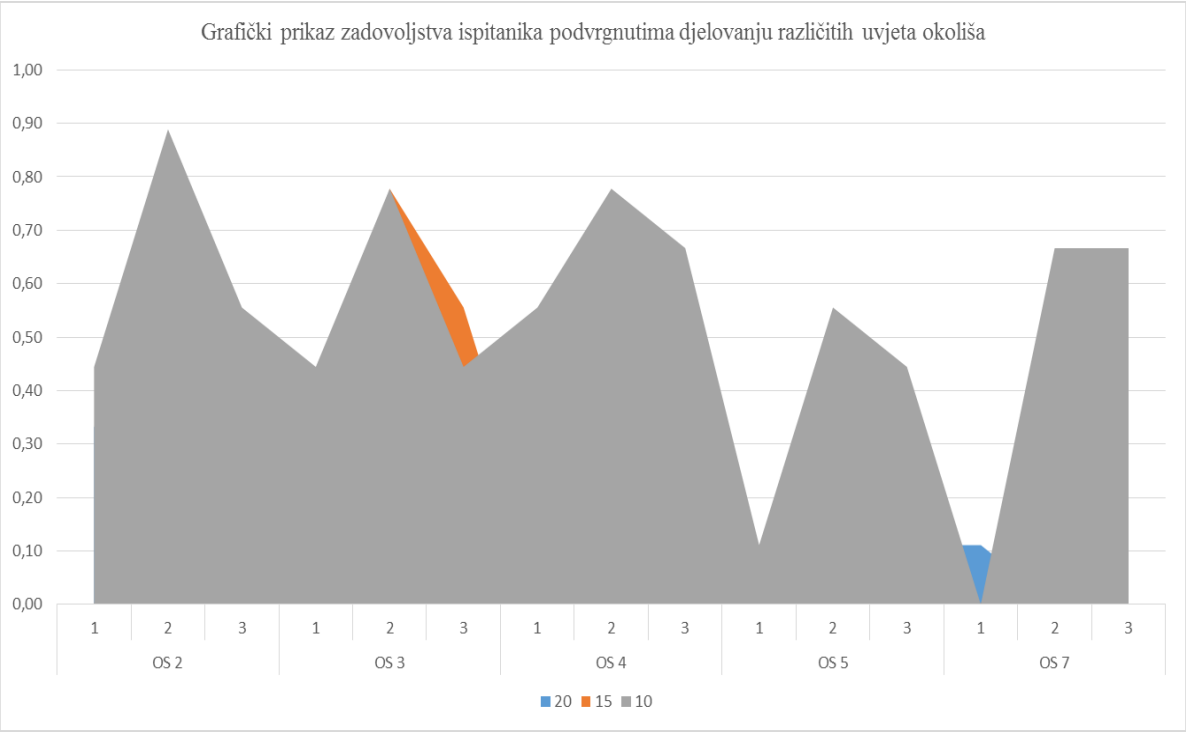
Tab. 117: *Tablica prosječnih ocjena odgovora ispitanika o zadovoljstvu okolišem (pitanja 8, 9, 10 u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije) za različite temperature okoliša i odjevne sustave*

Odjevni sustav	Faza / t_a	Prosječne ocjene odgovora ispitanika o zadovoljstvu okolišem (pitanja 8, 9, 10)		
		20°C	15°C	10°C
OS 2	1	0,33	0,00	0,44
	2	0,00	0,56	0,89
	3	0,33	0,00	0,56
OS 3	1	0,33	0,22	0,44
	2	0,22	0,78	0,78
	3	0,33	0,56	0,44
OS 4	1	0,11	0,11	0,56
	2	0,00	0,78	0,78
	3	0,00	0,11	0,67
OS 5	1	0,00	0,00	0,11
	2	0,00	0,22	0,56
	3	0,11	0,00	0,44
OS 7	1	0,11	0,00	0,00
	2	0,00	0,44	0,67
	3	0,11	0,00	0,67

Tab. 118: *ANOVA tablica analize utjecaja različitih temperatura okoliša i odjevnih sustava na zadovoljstvo okolišem*

ANOVA						
Izvor varijabilnosti	*Suma kvadrata*	*Stupnjevi slobode*	*Srednji kvadrat korigirane aritmetičke sredine*	*Fisherov test za utvrđivanje statističke značajnosti*	*Nivo statističke značajnosti multivarijantnog testa*	*F kritično*
Redovi	0,4867	4	0,1217	2,3717	0,0747	2,6896
Kolone	1,2664	2	0,6332	12,3422	0,0001	3,3158
Interakcija	0,2425	8	0,0303	0,5909	0,7774	2,2662
Ostatak	1,5391	30	0,0513			
Ukupno	3,5347	44				

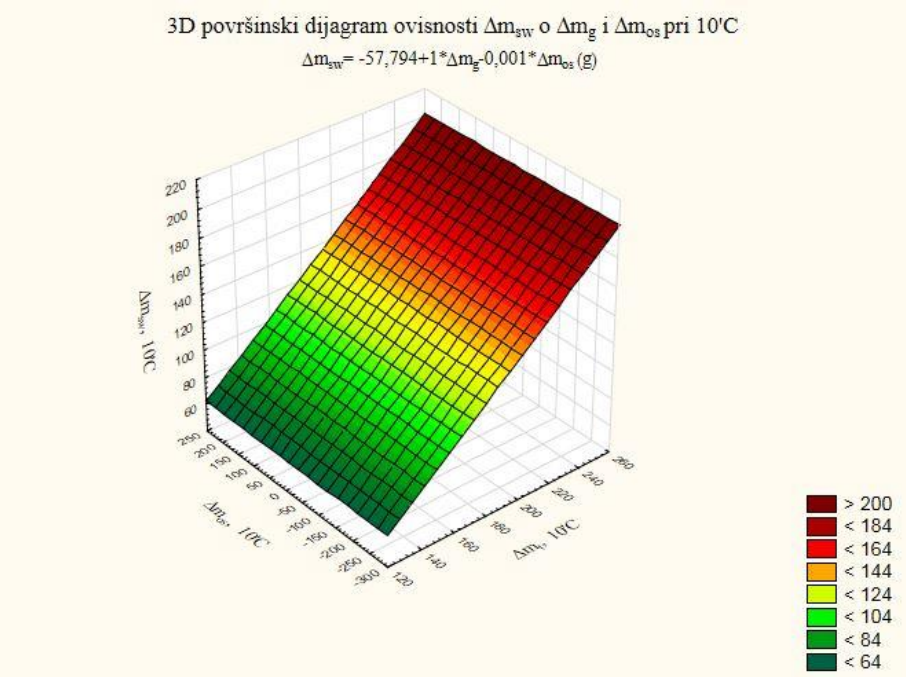
Postoji statistički značajna razlika u utjecaju temperatura okoliša na vrijednosti ocjena okoliša odjevenih u različite odjevne sustave jer je F veće od F kritično i jer je P-vrijednost manja od 0,05.



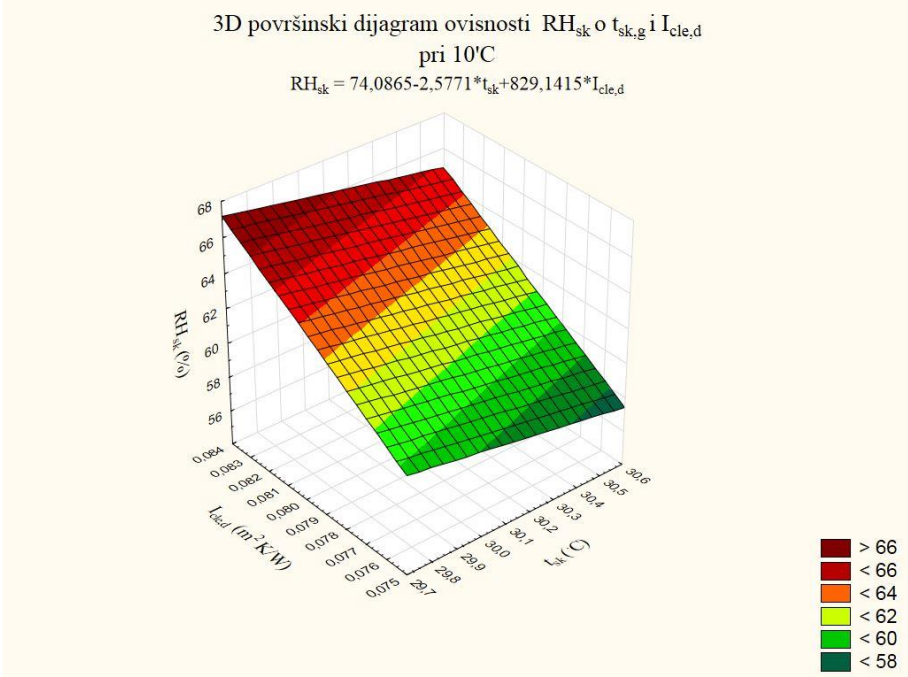
Sl. 102 *Prikaz zadovoljstva ispitanika pri različitim uvjetima okoliša*

Tab. 119: *Tablica prosječnih ocjena odgovora ispitanika o zadovoljstvu odjevnim sustavima-ugodnost i udobnost odjeće (odjevni sustavi 1, 4, 7, 8 ispitani kroz pitanja 4 i 7 u drugoj seriji ispitivanja) pri* $t_a = 19℃$ *u fazi hoda*

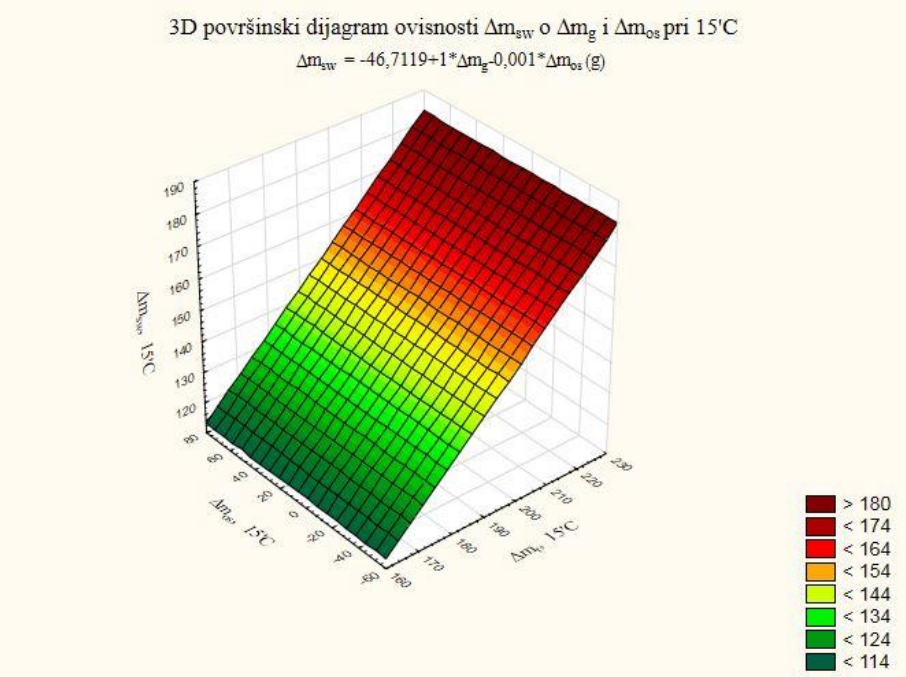
Odj. sust.	Ispitanik	I_{cle} [clo]	Ugodna/ neugodna odjeća-pitanje 4	Udobna/ neudobna odjeća-pitanje 7	Količina izlučenog znoja [g]	Prosječna ponderirana temp. kože [°C]	Prosječna vrijednost pulsa [BPM]	Gubitak mase ispitanika [g]
OS 1	1	0,38	0,00	0,00	55,28	32,15	140,14	80,00
	2		0,00	0,00	25,27	32,25	171,24	50,00
	3		0,00	0,00	350,28	33,26	105,53	375,00
OS 4	1	0,50	0,00	0,00	80,27	32,94	78,67	105,00
	2		0,00	0,00	60,27	32,54	188,14	85,00
	3		0,00	0,00	90,29	33,76	191,55	115,00
OS 7	1	0,53	0,00	0,00	-4,72	33,83	111,22	20,00
	2		0,00	0,00	170,27	34,37	198,49	195,00
	3		0,00	0,00	205,28	34,07	98,76	230,00
OS 8	1	0,52	0,00	0,00	60,29	33,34	117,02	85,00
	2		0,00	0,00	165,27	33,88	131,41	190,00
	3		1,00	1,00	145,27	33,91	208,45	170,00



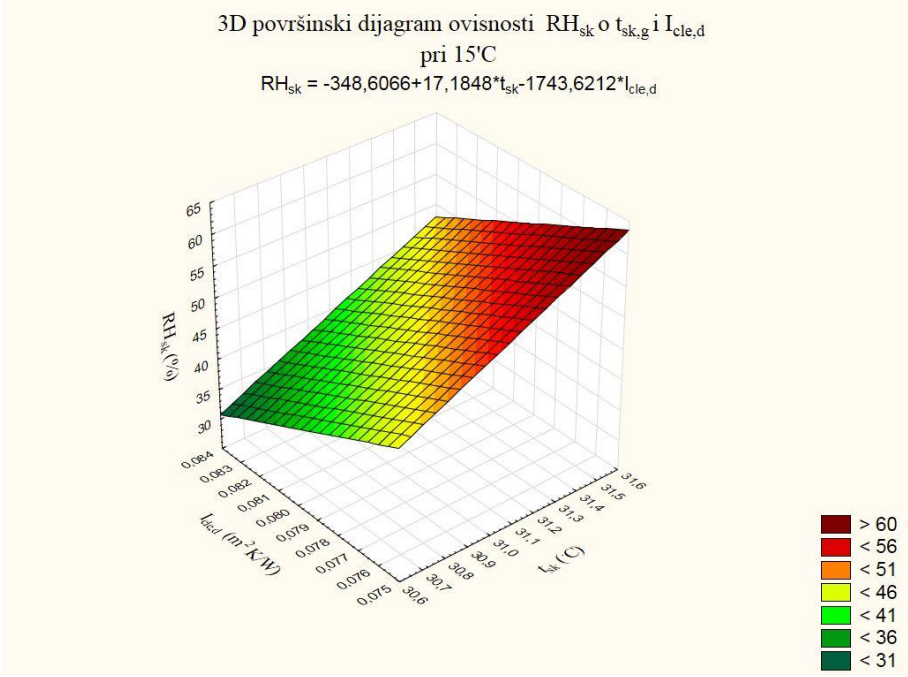
Sl. 103 *Odnos promjena u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} $[g]$) o promjenama tjelesne mase ispitanika (Δm_g $[g]$) i promjenama mase odjevnih sustava (Δm_{os} $[g]$) pri $t_a = 10℃$*



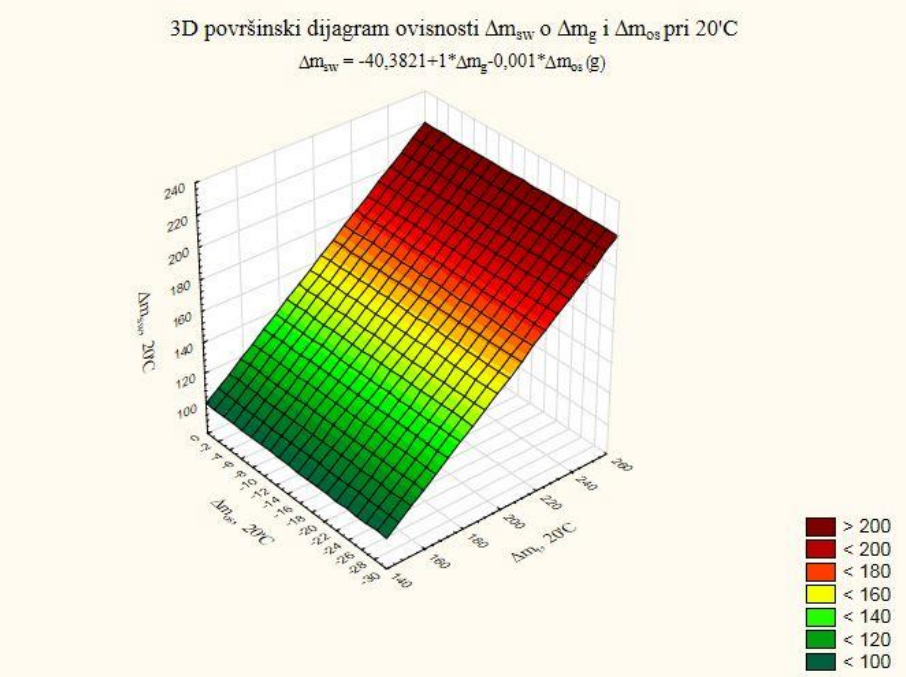
Sl. 104 *Odnos relativne vlažnosti kože ispitanika (RH_{sk} $[\%]$) o promjenama prosječne temperature kože ispitanika (t_{sk} $[℃]$) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ $[m^2\,K/W]$) pri $t_a = 10℃$*



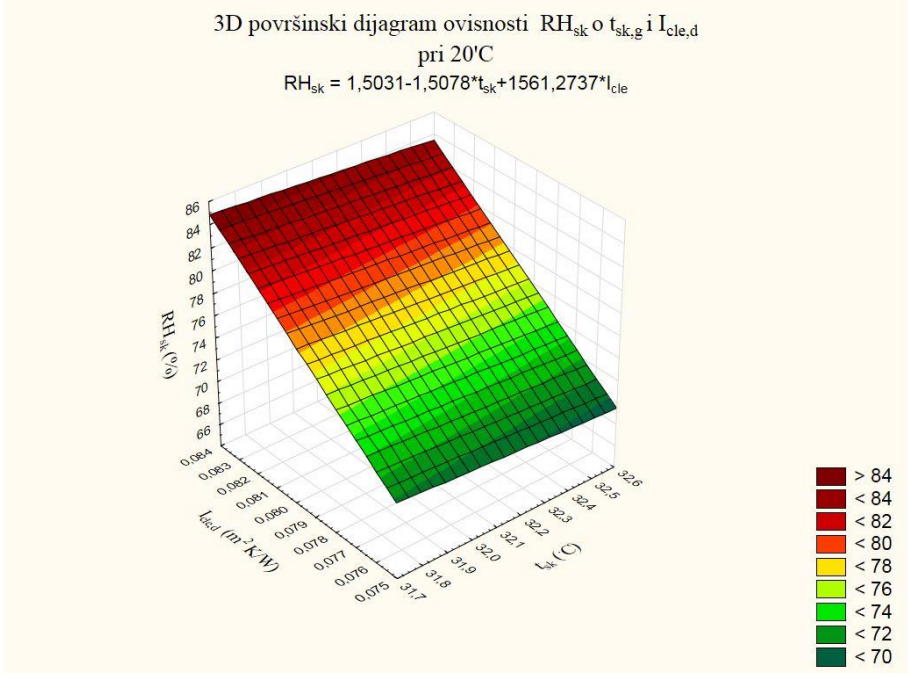
Sl. 105 *Odnos promjena u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} $[g]$) o promjenama tjelesne mase ispitanika (Δm_g $[g]$) i promjenama mase odjevnih sustava (Δm_{os} $[g]$) pri $t_a = 15℃$*



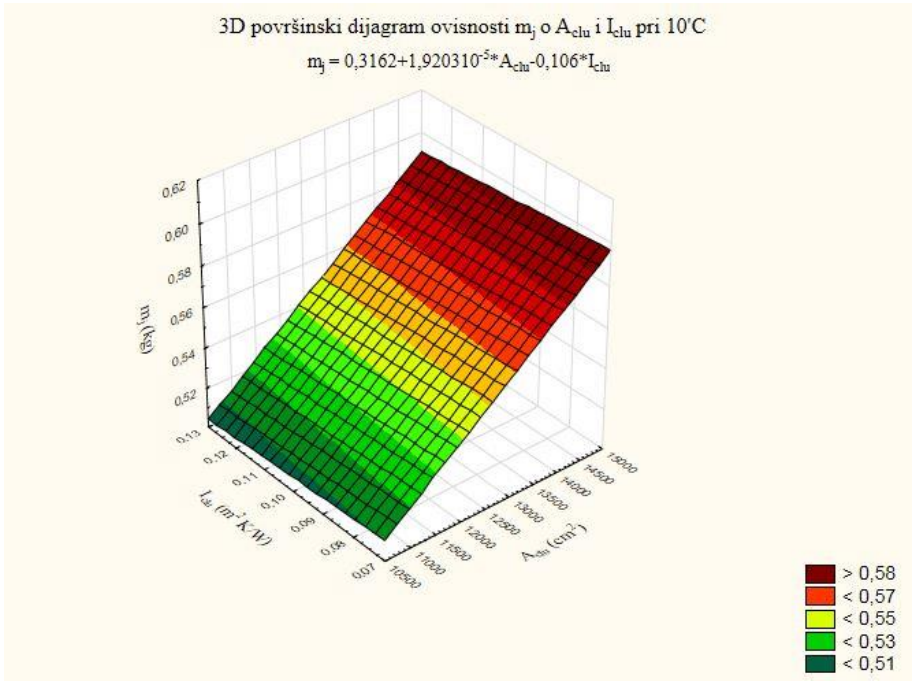
Sl. 106 *Odnos relativne vlažnosti kože ispitanika (RH_{sk} $[\%]$) o promjenama prosječne temperature kože ispitanika (t_{sk} $[℃]$) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ $[m^2\,K/W]$) pri $t_a = 15℃$*



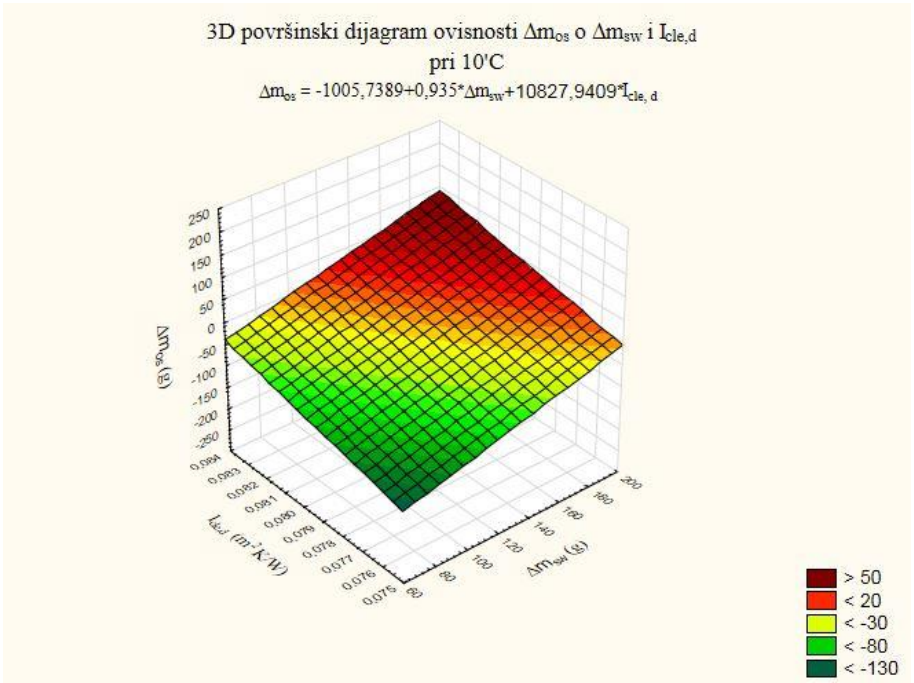
Sl. 107 *Odnos promjena u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} [g]) o promjenama tjelesne mase ispitanika (Δm_g [g]) i promjenama mase odjevnih sustava (Δm_{os} [g]) pri* 20°C



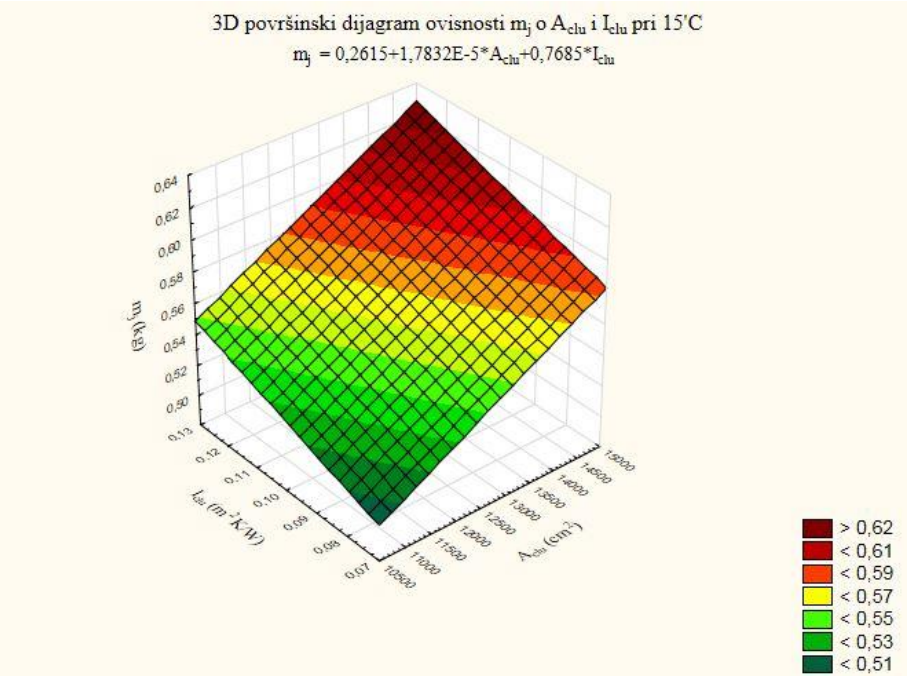
Sl. 108 *Odnos relativne vlažnosti kože ispitanika (RH_{sk} [%]) o promjenama prosječne temperature kože ispitanika (t_{sk} [°C]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ [m^2 K/ W]) pri t_a = 20°C*



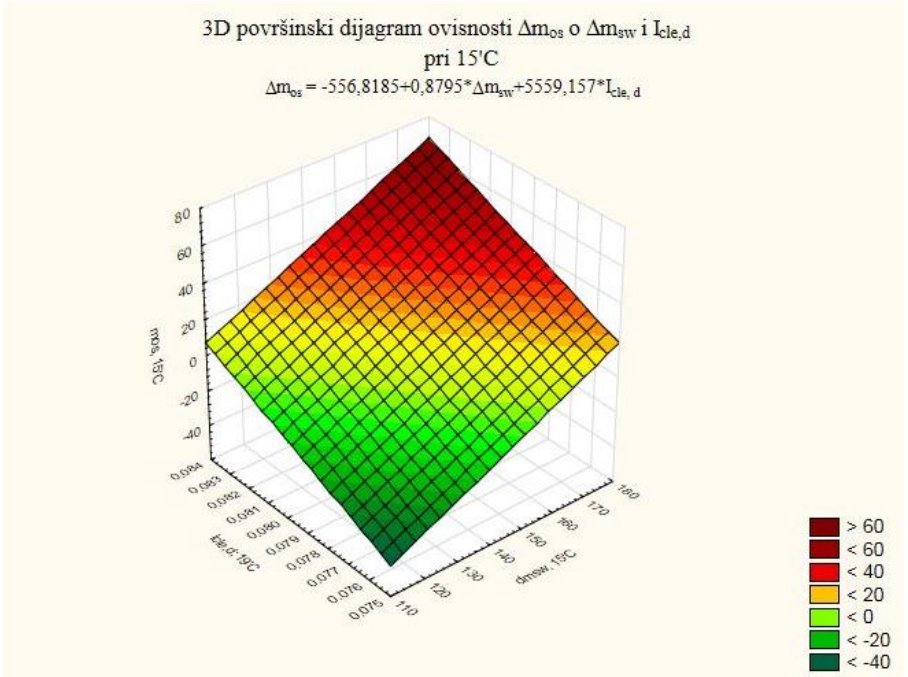
Sl. 109 *Odnos mase muških jakni (m_j $[g]$) o vrijednostima površina muških jakni (A_{clu} $[cm^2]$) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije muških jakni (I_{clu} $[m^2\ K/W]$) pri* $t_a = 10℃$



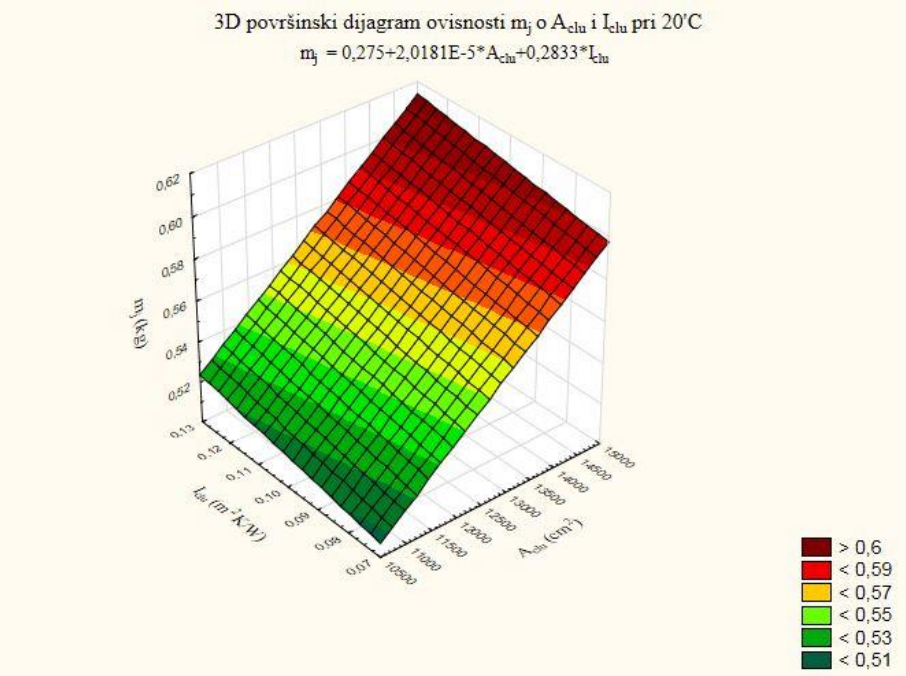
Sl. 110 *Odnos promjena mase odjevnih sustava (Δm_{os} $[g]$) o promjenama u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} $[g]$) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ $[m^2\ K/W]$) pri* $t_a = 10℃$



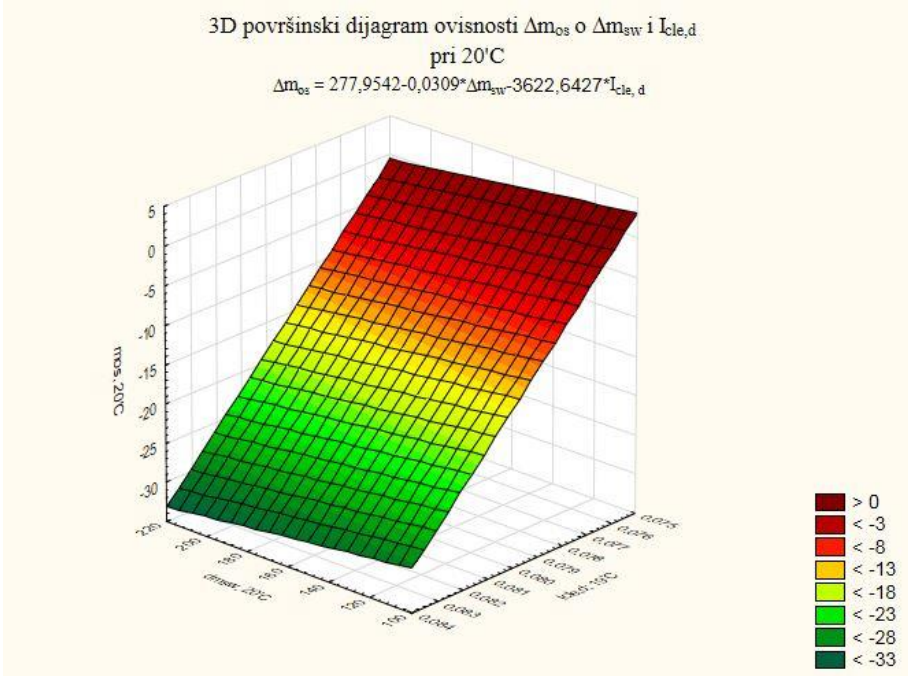
Sl. 111 *Odnos mase muških jakni (m_j $[g]$) o vrijednostima površina muških jakni (A_{clu} $[cm^2]$) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije muških jakni (I_{clu} $[m^2\ K/W]$) pri* $t_a = 15℃$



Sl. 112 *Odnos promjena mase odjevnih sustava (Δm_{os} $[g]$) o promjenama u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} $[g]$) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ $[m^2\ K/W]$) pri* $t_a = 15℃$



Sl. 113 *Odnos mase muških jakni (m_j $[g]$) o vrijednostima površina muških jakni (A_{clu} $[cm^2]$) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije muških jakni (I_{clu} $[m^2\ K/W]$) pri* $t_a = 20℃$



Sl. 114 *Odnos promjena mase odjevnih sustava (Δm_{os} $[g]$) o promjenama u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} $[g]$) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ $[m^2\ K/W]$) pri* $t_a = 20℃$

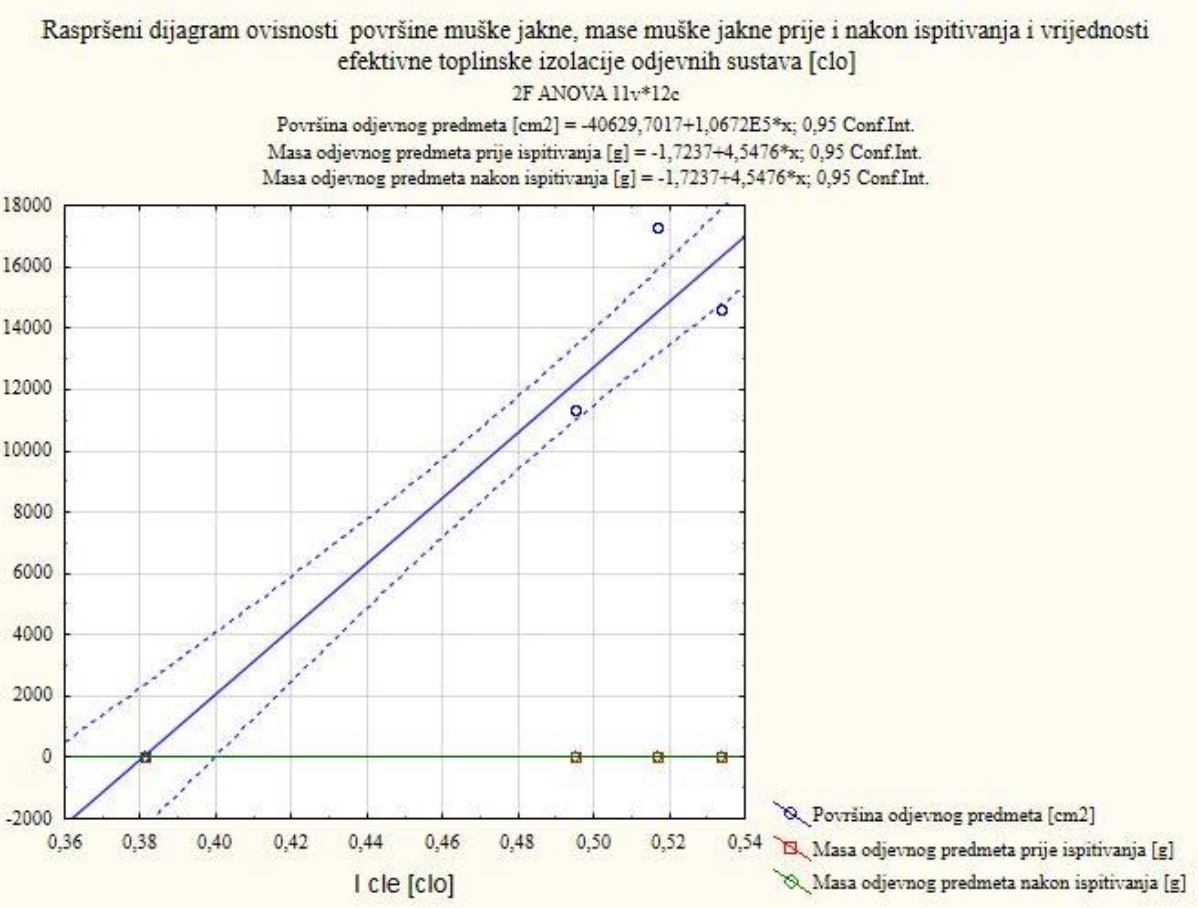
Tab. 120: *ANOVA tablica analize utjecaja količine izlučenog znoja [g], prosječne ponderirane temperature kože [℃], prosječne vrijednosti pulsa [BPM], gubitka mase ispitanika tijekom jednog testiranja [g], vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava [clo] te prosječnih ocjena za ugodnost i udobnost odjevnih sustava*

ANOVA						
Izvor varijabilnosti	*Suma kvadrata*	*Stupnjevi slobode*	*Srednji kvadrat korigirane aritmetičke sredine*	*Fisherov test za utvrđivanje statističke značajnosti*	*Nivo statističke značajnosti multivarijantnog testa*	*F kritično*
Redovi	51664,6231	11	4696,7839	2,0361	0,0358	1,9153
Kolone	380863,0947	7	54409,0135	23,5873	$8{,}5655\ 10^{-17}$	2,1310
Pogreška	177616,2250	77	2306,7042			
Ukupno	610143,9429	95				

Postoji statistički značajna razlika u utjecaju količine izlučenog znoja [g], prosječne ponderirane temperature kože [℃], prosječne vrijednosti pulsa [BPM], gubitka mase ispitanika tijekom jednog testiranja [g], vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava [clo] na vrijednosti prosječnih ocjena za ugodnost i udobnost odjevnih sustava jer je F veće od F kritično i jer je P-vrijednost manja od 0,05.

Tab. 121: *Korelacijska matrica analize utjecaja površine muške jakne, mase muške jakne prije i nakon ispitivanja i vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava odjevnih sustava 1, 4, 7 i 8 [clo] pri hodu ispitanika i* $t_a = 19℃$

Varijable	Površina odjevnog predmeta [cm^2]	Masa odjevnog predmeta prije ispitivanja [g]	Masa odjevnog predmeta nakon ispitivanja [g]	I_{cle} [clo]
Površina odjevnog predmeta [cm^2]	1,000	0,997	0,997	0,967
Masa odjevnog predmeta prije ispitivanja [g]	0,997	1,000	1,000	0,971
Masa odjevnog predmeta nakon ispitivanja [g]	0,997	1,000	1,000	0,971
I_{cle} [clo]	0,967	0,971	0,971	1,000

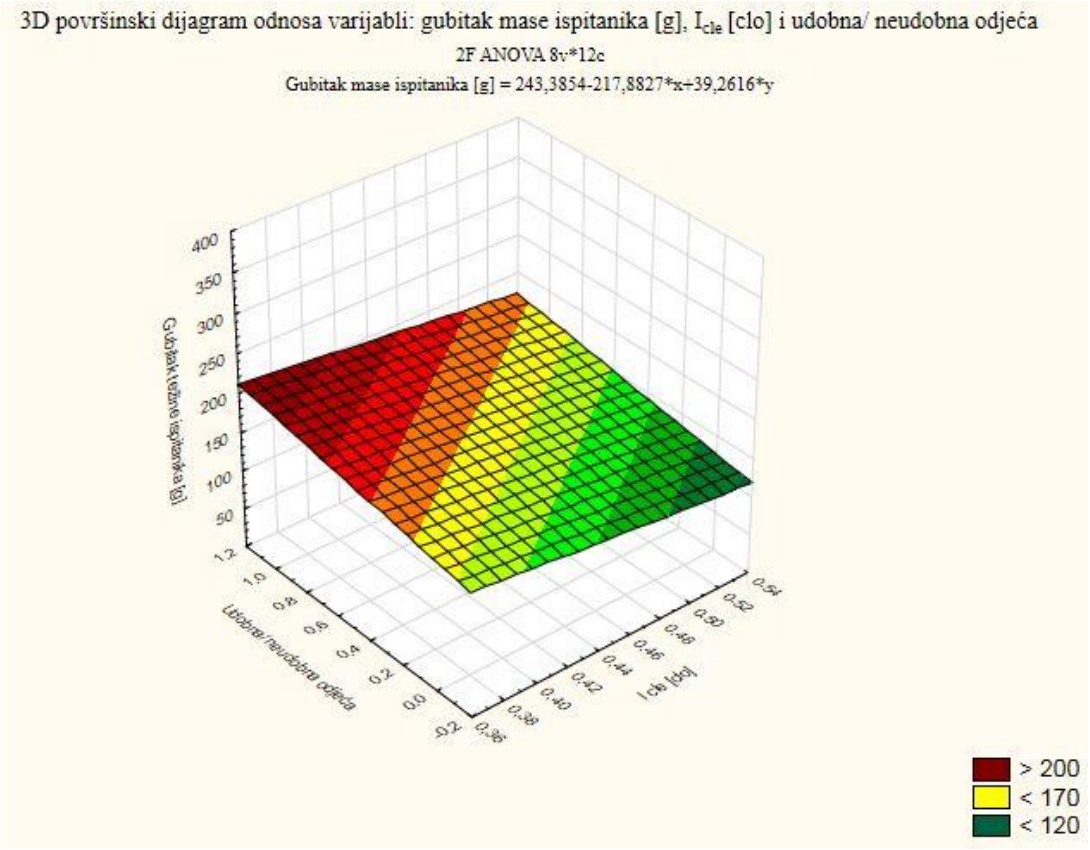


Sl. 115 *Ovisnost površine muške jakne, mase muške jakne prije i nakon ispitivanja i vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava*

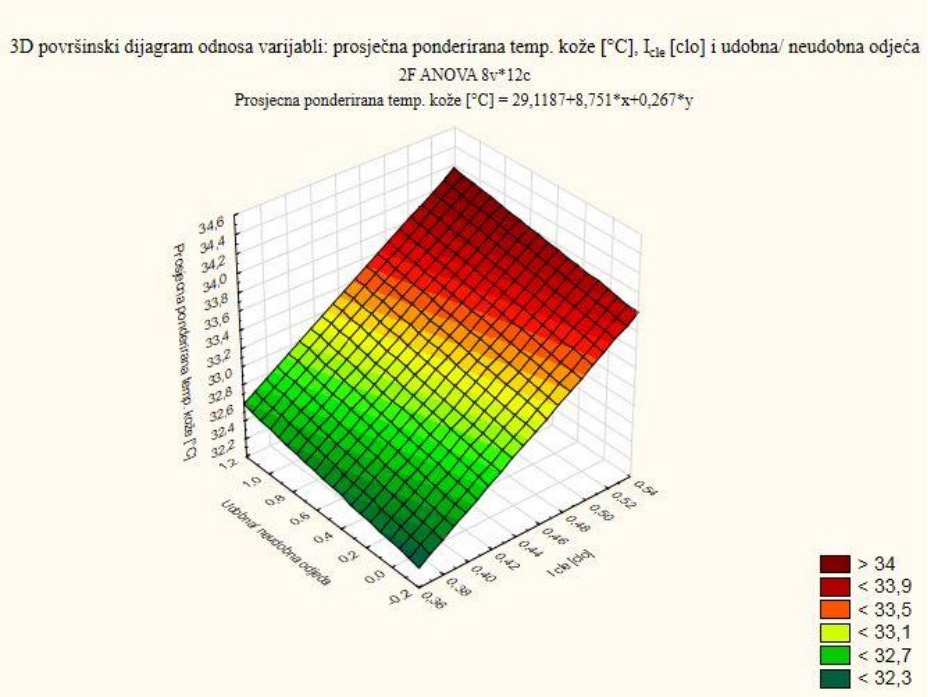
Višefaktorska analiza provedena je kako bi se ispitao utjecaj fizioloških reakcija ispitanika u odnosu na vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava i ocjene za udobnost, odnosno udobnost odjeće prikazana je Sl. 116 do 118 (iste jednadžbe ovisnosti dobivene su i za ocjene ugodnosti odjeće).

Tab. 122: *Korelacijska matrica analize utjecaja količine izlučenog znoja [g], prosječne ponderirane temperature kože [℃], prosječne vrijednosti pulsa [BPM], gubitka mase ispitanika tijekom jednog testiranja [g], vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava [clo] te prosječnih ocjena za ugodnost i udobnost odjevnih sustava 1, 4, 7 i 8 pri hodu ispitanika i* $t_a = 19℃$

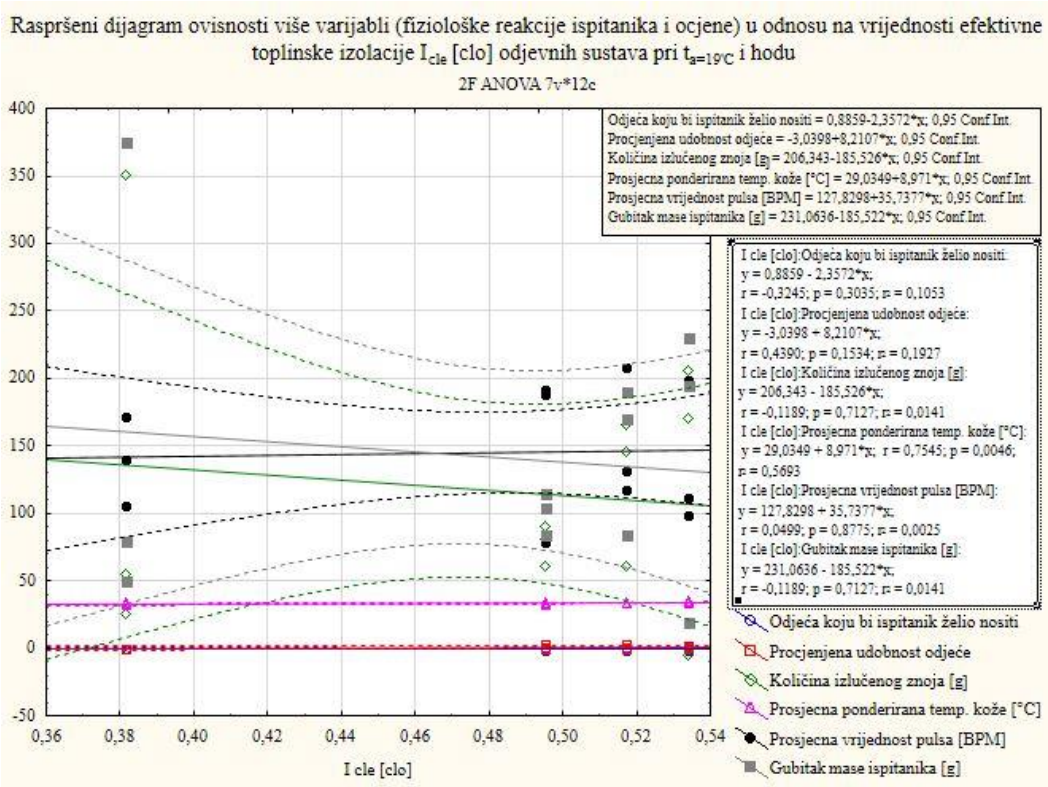
Varijable	Ugodna/ neugodna odjeća	Udobna/ neudobna odjeća	Količina izlučenog znoja [g]	Prosječna ponderirana temp. kože [°C]	Prosječna vrijednost pulsa [BPM]	Gubitak mase ispitanika [g]	I_{cle} [clo]
Ugodna/neugodna odjeća za nošenje	1,00	1,00	0,09	0,23	0,45	0,09	0,18
Udobna/ neudobna odjeća	1,00	1,00	0,09	0,23	0,45	0,09	0,18
Količina izlučenog znoja [g]	0,09	0,09	1,00	0,39	-0,15	1,00	-0,12
Prosječna ponderirana temperatura kože [°C]	0,23	0,23	0,39	1,00	0,07	0,39	0,75
Prosječna vrijednost pulsa [BPM]	0,45	0,45	-0,15	0,07	1,00	-0,15	0,05
Gubitak mase ispitanika [g]	0,09	0,09	1,00	0,39	-0,15	1,00	-0,12
I_{cle} [clo]	0,18	0,18	-0,12	0,75	0,05	-0,12	1,00



Sl. 116 *Odnos gubitka mase ispitanika, vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava i ocjena kojima ispitanici procjenjuju udobnost odjeće*



Sl. 117 *Odnos srednje ponderirane temperature kože ispitanika, vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava i ocjena kojima ispitanici procjenjuju udobnost odjeće*

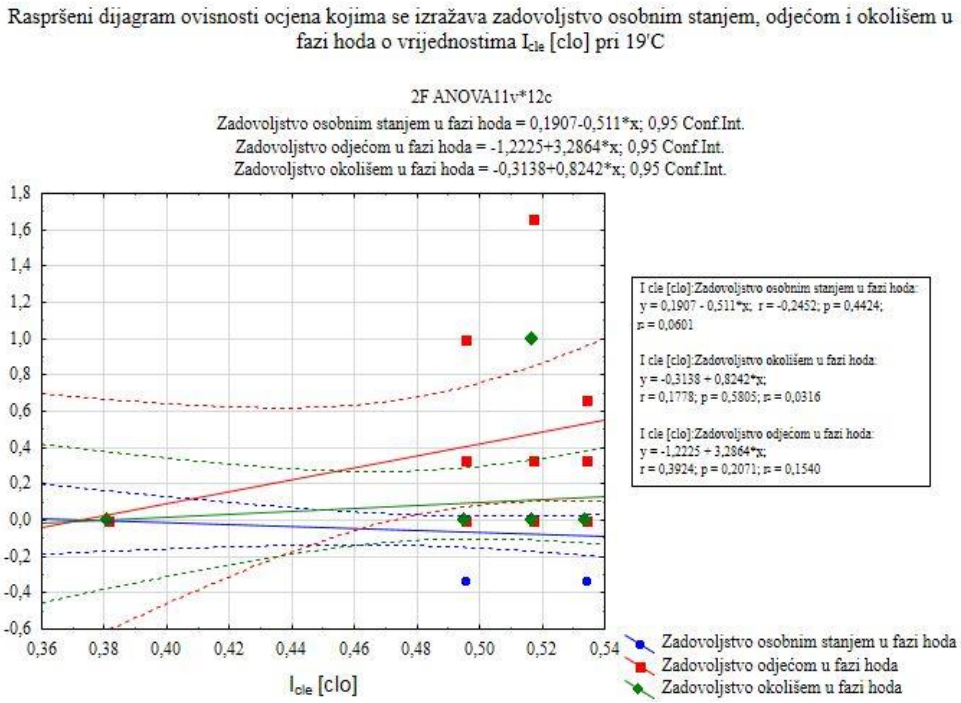


Sl. 118 *Ovisnost fizioloških reakcija ispitanika za vrijeme faze hoda pri* $t_a = 19°C$ *u odnosu na vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava*

Tab. 123: *Korelacijska matrica analize utjecaja površine muških jakni [m^2], mase muških jakni [g], efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava 1, 4, 7 i 8 mjerene termalnim manekenom u dinamičkim uvjetima pri $t_a = 19$°C [clo], zadovoljstva osobnim stanjem u fazi hoda, zadovoljstva odjećom u fazi hoda i zadovoljstva okolišem u fazi hoda*

Varijable	Površina odjevnog predmeta [cm^2]	Masa odjevnog predmeta prije ispitivanja [g]	Zadovoljstvo osobnim stanjem u fazi hoda	Zadovoljstvo odjećom u fazi hoda	Zadovoljstvo okolišem u fazi hoda	I_{cle} [clo]
Površina odjevnog predmeta [cm^2]	1,00	1,00	1,00	-0,15	0,44	0,30
Masa odjevnog predmeta prije ispitivanja [g]	1,00	1,00	1,00	-0,17	0,44	0,27
Zadovoljstvo osobnim stanjem u fazi hoda	1,00	1,00	1,00	-0,17	0,44	0,27
Zadovoljstvo odjećom u fazi hoda	-0,15	-0,17	-0,17	1,00	-0,42	0,13
Zadovoljstvo okolišem u fazi hoda	0,44	0,44	0,44	-0,42	1,00	0,79
I_{cle} [clo]	0,30	0,27	0,27	0,13	0,79	1,00

Napomena: Pearsonov koeficijent korelacije $r = 0$, ne postoji linearna povezanost



Sl. 119 *Ovisnost ocjena kojima se izražava zadovoljstvo osobnim stanjem, odjećom i okolišem u fazi hoda pri $t_a = 19$°C*

Tab. 124: *Korelacijska matrica analize utjecaja efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava 1, 4, 7 i 8 mjerene termalnim manekenom u dinamičkim uvjetima pri* $t_a = 19℃$ *[clo], procijenjene udobnosti odjeće i odjeće koju bi ispitanik želio nositi*

Varijable	Odjeća koju bi ispitanik želio nositi	Procijenjena udobnost odjeće	I_{cle} [clo]
Odjeća koju bi ispitanik želio nositi	1,00	-0,91	-0,32
Procijenjena udobnost odjeće	-0,91	1,00	0,44
I_{cle} [clo]	-0,32	0,44	1,00

Tab. 125: *Linearne ovisnosti prosječnih ocjena ispitanika o vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkim (I_{cle}) i dinamičkim uvjetima (I_{cler}) pri* $t_a = 10℃, 15℃$ *i* $20℃$

Linearne ovisnosti prosječnih ocjena ispitanika o vrijednostima u statičkim i dinamičkim uvjetima pri 10℃	
Pitanje 2-zadovoljstvo toplinskim stanjem u pokretu	$\overline{Ocj_d} = -7{,}1046 + 116{,}2386 \cdot I_{cle,d} - 43{,}8507 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 2-zadovoljstvo toplinskim stanjem u mirovanju	$\overline{Ocj_s} = 22{,}4099 - 339{,}0465 \cdot I_{cle,d} + 144{,}6002 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 5-zadovoljstvo odjevnim sustavom u pokretu	$\overline{Ocj_d} = -7{,}9834 + 162{,}0474 \cdot I_{cle,d} - 87{,}4076 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 5-zadovoljstvo odjevnim sustavom u mirovanju	$\overline{Ocj_s} = 4{,}0463 + 21{,}763 \cdot I_{cle,d} - 61{,}5397 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 10-zadovoljstvo okolišem u pokretu	$\overline{Ocj_d} = 7{,}6795 - 59{,}6263 \cdot I_{cle,d} - 17{,}4927 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 10-zadovoljstvo okolišem u mirovanju	$\overline{Ocj_s} = 11{,}35 - 102{,}8387 \cdot I_{cle,d} - 6{,}1434 \cdot I_{cle,s}$
Linearne ovisnosti prosječnih ocjena ispitanika i vrijednosti I_{cle} u statičkim i dinamičkim uvjetima pri 15℃	
Pitanje 2-zadovoljstvo toplinskim stanjem u pokretu	$\overline{Ocj_d} = -4{,}3365 + 78{,}2178 \cdot I_{cle,d} - 37{,}1197 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 2-zadovoljstvo toplinskim stanjem u mirovanju	$\overline{Ocj_s} = -10{,}5866 + 306{,}3749 \cdot I_{cle,d} - 228{,}2509 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 5-zadovoljstvo odjevnim sustavom u pokretu	$\overline{Ocj_d} = -7{,}5721 + 107{,}8755 \cdot I_{cle,d} - 32{,}3051 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 5-zadovoljstvo odjevnim sustavom u mirovanju	$\overline{Ocj_s} = -4{,}0248 + 144{,}9024 \cdot I_{cle,d} - 115{,}5632 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 10-zadovoljstvo okolišem u pokretu	$\overline{Ocj_d} = -5{,}884 + 225{,}0636 \cdot I_{cle,d} - 197{,}1873 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 10-zadovoljstvo okolišem u mirovanju	$\overline{Ocj_s} = 2{,}0104 + 53{,}597 \cdot I_{cle,d} - 80{,}3827 \cdot I_{cle,s}$
Linearne ovisnosti prosječnih ocjena ispitanika i vrijednosti I_{cle} u statičkim i dinamičkim uvjetima pri 20℃	
Pitanje 2-zadovoljstvo toplinskim stanjem u pokretu	$\overline{Ocj_d} = 3{,}5048 - 2{,}9372 \cdot I_{cle,d} - 32{,}0227 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 2-zadovoljstvo toplinskim stanjem u mirovanju	$\overline{Ocj_s} = -0{,}795 + 53{,}4408 \cdot I_{cle,d} - 54{,}4161 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 5-zadovoljstvo odjevnim sustavom u pokretu	$\overline{Ocj_d} = 0 + 0 \cdot I_{cle,d} + 0 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 5-zadovoljstvo odjevnim sustavom u mirovanju	$\overline{Ocj_s} = -3{,}8965 + 91{,}4616 \cdot I_{cle,d} - 61{,}1471 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 10-zadovoljstvo okolišem u pokretu	$\overline{Ocj_d} = 1{,}3464 - 37{,}4458 \cdot I_{cle,d} + 32{,}0112 \cdot I_{cle,s}$
Pitanje 10-zadovoljstvo okolišem u mirovanju	$\overline{Ocj_s} = 0 + 0 \cdot I_{cle,d} + 0 \cdot I_{cle,s}$

RASPRAVA

5 Rasprava

U skladu s predloženim nacrtom znanstvenog istraživanja provedena je analiza rezultata:

- Analiza rezultata toplinskih karakteristika materijala,
- Analiza rezultata toplinskih svojstava gotovih muških jakni u statičkim uvjetima,
- Analiza rezultata toplinskih svojstava odjevnih sustava u statičkim uvjetima,
- Analiza rezultata toplinskih svojstava odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima,
- Analiza rezultata izračuna faktora površine odjeće i bazične toplinske izolacije,
- Analiza rezultata ocjenjivanja toplinske ugodnosti u seriji 1,
- Analiza rezultata ocjenjivanja toplinske ugodnosti u seriji 2,
- Analiza rezultata mjerenja fizioloških parametara ispitanika,
- Analiza rezultata utvrđivanja razlika u masi kao posljedica znojenja,
- Analiza rezultata utvrđivanja vertikalnog strujanja zraka u mikroklimi,
- Analiza korelacije ponderirane temperature kože i vrijednosti suhog toplinskog toka kroz odjevne sustave utvrđenih termalnim manekenom na odabranim odjevnim sustavima,
- Analiza termograma snimljenih termografskim sustavom FLIR THERMACAM TM P65,
- Analiza rezultata višefaktorske analize.

5.1 Analiza rezultata toplinskih karakteristika materijala

Toplo-hladni osjećaj (q_{max}) proporcionalan je razlici temperature BT-ploče i temperature okoline. Kada su tkanine namijenjene za izradu odjeće koja će pružiti toplinsku zaštitu u prohladnom okolišu, poželjno je da su vrijednosti q_{max} manje. Izmjerene vrijednosti gotovo svih tkanina kretale su se u rasponu od 0,1 do 0,2 $J/cm^2\ s$.

Koeficijent specifične toplinske provodnosti (λ) ovisi o konstrukciji, sirovinskom sastavu i debljini materijala. Kod laminata je iznosio 0,04 $\mathrm{W/m\ K}$, a najniža je vrijednost utvrđena kod jeans tkanine (0,025 $\mathrm{W/m\ K}$).

Ukupan koeficijent toplinske propustljivosti (α) opisuje sposobnost zadržavanja topline materijala. Kod suhe kontaktne metode, gdje je uzorak u direktnom kontaktu s BT-pločom, najveća je vrijednost izmjerena kod PES podstave (0,2 $\mathrm{W/m^2\ K}$), a najniža kod jeans tkanine za izradu traperica (0,035 $\mathrm{W/m^2\ K}$).

Otpor prolasku topline tkanine (R_{ct}) određen je suhom kontaktnom metodom. Izmjerena vrijednost otpora prolasku topline suhom kontaktnom metodom (R_{ct}) iznosila je 0,071 m^2 K/W za laminat, a najmanja je bila kod pletiva donjeg rublja. Razlika u R_{ct}-vrijednosti ovisi prvenstveno o debljini materijala. Što je veća R_{ct}-vrijednost to je laminat bolji toplinski izolator i pogodniji za izradu odjevnih predmeta namijenjenih zaštiti od hladnoće.

Za izradu vanjske školjke muških jakni odabran je troslojni laminat (lice 100 % PES, membrana PTFE/PU, 100 % PES (poliester). To je materijal koji svojem nositelju pruža umjerenu toplinsku zaštitu, istovremeno dopuštajući transpiraciju znoja s površine tijela kroz odjevni sustav u okoliš. Prednost laminatnih tkanina leži u njihovoj sposobnosti da odvode višak vodene pare i topline od tijela, ali istovremeno sprječavaju prodiranje vlage i topline u unutrašnjost odjevnog predmeta. Kada se razmatra udobnost nošenja odjevnog predmeta u obzir se moraju uzeti 3 važna svojstva tekstilnih materijala. To su otpornost permeabilnosti, odnosno propusnosti vodene pare (R_{et}-vrijednost), indeks permeabilnosti vodene pare i otpornost prolasku topline.

Izmjerena vrijednost otpora prolasku vodene pare (R_{et}) iznosila je 9,38 m^2Pa/W pri RH od 60 % pa prema iznosu ovaj laminat spada u 3. skupinu. Laminati sa R_{et}-vrijednosti iz 3. skupine imaju bolja biofizička svojstva. Različite vrijednosti otpora prolasku vodene pare su posljedica različitih karakteristika membrana apliciranih na laminat. Apliciranje PTFE membrana osigurava minimalnu vrijednost otpora prolasku vodene pare. Negativna posljedica laminata naslojenih membranama, koje imaju malu vrijednost otpora prolasku vodene pare, je izazivanje osjećaja hladnoće u direktnom kontaktu s površinom kože. Ukoliko se takvi laminati koriste pri izradi vanjske školjke odjevnih predmeta, valja spriječiti kontakt njihovog naličja s kožom. To se je postiglo ugradnjom podstavnih tkanina (u ovom slučaju PES membrane). Najveća vrijednost otpora prolasku vodene pare (R_{et}) izmjerena je kod jeans tkanine i iznosila je 11,17 m^2Pa/W.

5.2 Analiza rezultata toplinskih svojstava gotovih muških jakni u statičkim uvjetima

Termalnim manekenom se je pristupilo utvrđivanju vrijednosti suhog toplinskog toka odjevnih predmeta. Odabrani odjevni predmeti bile su izrađene muške jakne modela *letačke vjetrovke* i *nautičarske vjetrovke*.

Vrijednosti efektivne toplinske izolacije očitane pri ispitivanju utjecaja dodatka na komociju pri mjerenjima suhog prolaza topline se nisu značajno razlikovale na četiri različite muške jakne

modela *letačke vjetrovke*. Različiti volumeni zarobljenog zraka, koji su postignuti povećavanjem dodatka na komociju, nisu utjecali na vrijednosti izmjerene efektivne izolacije. Utvrđene vrijednosti efektivne izolacije odjevnih predmeta (I_{clu}) kretale su se u rasponu od 0,0728 do 0,0826 m^2K/W. Muška jakna 2 s iznosom dodatka za komociju od 26 cm i muška jakna 3 s iznosom dodatka za komociju 34 cm pokazale su neznatno povećanje vrijednosti efektivne izolacije od 0,0098 m^2K/W u odnosu na mušku jaknu 1 s iznosom dodatka na komociju od 22 cm. Vrijednost efektivne toplinske izolacije se je daljnjim povećavanjem dodatka na komociju smanjila pa je očitana vrijednost kod muške jakne 4 s dodatkom na komociju od 38 cm iznosila 0,0766 m^2K/W. Blaga krivulja očitanih vrijednosti efektivne izolacije mjerene na varijantama muških jakni modela *letačke vjetrovke* može se vidjeti na Sl. 62. Kada je volumen zraka unutar odjevnog predmeta prevelik, u njemu se ne odvija prirodna konvekcija i vrijednost toplinske izolacije pada. Vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_t) dobivene su pribrajanjem vrijednosti toplinske konstante termalnog manekena za tu seriju mjerenja, odnosno vrijednosti toplinske izolacije graničnog sloja zraka (I_a). Vrijednosti ukupne toplinske izolacije utvrđene mjerenjima termalnim manekenom povećale su se za 0,073 do 0,083 m^2K/W u odnosu na ukupnu toplinsku izolaciju nagog termalnog manekena. Zbog malih razlika očitanih vrijednosti efektivne toplinske izolacije proveden je prvo t-test aritmetičkih sredina izmjerenih na modelu *letačke vjetrovke* kojim je potvrđeno kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo prihvatiti 0. hipotezu i zaključiti kako testirane razlike nisu statistički značajne. Potom su rezultati testirani t-testovima skupova podataka od po 20 očitanih vrijednosti efektivne toplinske izolacije svih spomenutih varijanti muških jakni modela *letačke vjetrovke* s različitim iznosima konstrukcijskog dodatka komocije. T test je pokazao kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između $\overline{I_{clu}}$ MJ 2 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 3, ali postoji statistički značajna razlika između $\overline{I_{clu}}$ MJ 1 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 2, te $\overline{I_{clu}}$ MJ 3 i $\overline{I_{clu}}$ MJ 4. Zanimljivo je kako su rezultati t-testa pokazali kako statistički značajna razlike ne postoji u rasponu dodatka na komociju od 26 do 34 cm, gdje je inicijalno i bio projektiran skok u vrijednosti dodatka na komociju od 8 cm, dok se je vrijednost dodatka na komociju između dvije susjedne varijante jakni razlikovala za 4 cm.

Na temelju rezultata je uočljivo kako povećanje dodatka za komociju od 4, odnosno 8 cm ne utječe značajno na toplinska svojstva testiranih odjevnih predmeta.

Ispitivanjem utjecaja dodatka na duljinu kroja na toplinska svojstva odjeće termalnim manekenom u mirovanju, utvrđeno je kako promjena duljine odjevnog predmeta iste odjevne veličine (jakne su konstruirane u odjevnoj veličini 50, ali uz dodatak na komociju od 24 cm),

utječe na vrijednosti efektivne toplinske izolacije. Sa svakim povećanjem dodatka na duljinu odjevnog predmeta u iznosu od 20 cm, što se je postiglo pričvršćivanjem aplikativnih dodataka na bazu muške jakne modela *nautičarske vjetrovke*, upravno proporcionalno se je povećala i vrijednost efektivne toplinske izolacije. Povećanjem duljine kroja postepeno se je smanjivala razlika između očitanih vrijednosti efektivne toplinske izolacije, sa $\Delta\overline{I_{clu}}$ 0,2191 između varijante MJ 5 i MJ 5+N1, preko 0,1797 između varijante MJ 5+N1 i MJ 5+N1+N2, 0,1585 između varijante MJ 5+N1+N2 i MJ 5+N1+N2+N3 do 0,1004 između modela MJ 5+N1+N2+N3 i MJ 5+N1+N2+N3+N4, Sl. 63. Specifično je da je varijanta modela *nautičarske vjetrovke* s duljinom kroja do struka pokazala manju vrijednost efektivne toplinske izolacije ($I_{clu} = 0{,}4185\ m^2K/W$) u odnosu na vrijednost toplinske izolacije graničnog sloja zraka ($I_a = 0.0744\ m^2K/W$). t-test je pokazao kako uz razinu rizika $p < 0{,}05$ možemo zaključiti da postoji statistički značajna razlika vrijednosti I_{clu}između svih promatranih duljina modela *nautičarske vjetrovke*, Tab. 52.

5.3 Analiza rezultata toplinskih svojstava odjevnih sustava u statičkim uvjetima

Ispitivani su odjevni sustavi OS 1 do 10. Odjevni sustav 1 se sastoji od muških čarapa, bokserica, potkošulje, košulje, traperica. U svaki slijedeći odjevni sustav je dodana po jedna vrsta muške jakne. Svaka jakna prvog modela razlikuje se u iznosu dodatka za komociju, a svaka jakna drugog modela razlikuje se u iznosu duljine kroja. Jakne drugog modela ispitivane su na način da na duljini kroja nije bila stegnuta vrpca. Toplinski otpor aparature I_a utvrđen je za 24 aktivnih segmenata termalnog manekena (toplinski otpor odjevnih predmeta ispitivan je termalnim manekenom sa aktiviranih 14 segmenata termalnog manekena). Ispitivanja su provedena uporabom termalnog manekena u mirovanju (stacionarni uvjeti) pri istim uvjetima i okoliša kao i ispitivanje toplinskih svojstava odjevnih predmeta. T testom je pokazano kako uz razinu rizika p<0,05 možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 2 i I_{cle} OS 3, što je u korelaciji s rezultatima t-testa MJ 2 i MJ 3 pri testiranju odjevnih predmeta. Također je utvrđeno kako ne postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 3 i I_{cle} OS 4, između I_{cle} OS 4 i I_{cle} OS 5 te između I_{cle} OS 5 i I_{cle} OS 6. Ostali promatrani skupovi podataka pokazali su statistički značajne razlike između izmjerenih vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava (I_{cle}).

5.4 Analiza rezultata toplinskih svojstava odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima

Ispitivani su odjevni sustavi OS 1 do 5 te 7 i 8. Toplinski otpor aparature I_a utvrđen je također za 24 aktivnih segmenata termalnog manekena. Ispitivanja su provedena uporabom termalnog manekena u pokretu (dinamički uvjeti). Temperatura zraka unutar klima komore namještena je na konstantnu stabilnu vrijednost od 19 °C[1], temperatura površine termalnog manekena iznosila je 34 °C, relativna vlažnost RH 36 %[2], a brzina strujanja zraka v_a iznosila je 0,4 m/s[3]. Nije očitana razlika između utvrđene vrijednosti toplinskog otpora aparature I_a i utvrđene vrijednosti efektivne toplinske izolacije I_{cle} odjevnog sustava 1. Međutim dodavanjem jakne na bazični odjevni sustav povećala se je vrijednost efektivna toplinske izolacije. Najveću vrijednost efektivne toplinske izolacije pokazali su odjevni sustavi 7 i 8 (s završnim slojem varijanti modela *nautičarske vjetrovke*). T testom je pokazano kako je $p > 0{,}05$ pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake. T testom je pokazano kako uz razinu rizika p<0,05 možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 2 i I_{cle} OS 3, I_{cle} OS 3 i I_{cle} OS 4 te I_{cle} OS 4 i I_{cle} OS 5. Međutim, u dinamičkim uvjetima ne postoji ni statistički značajna razlika između vrijednosti efektivne izolacije odjevnih sustava 7 i 8 te kako je aritmetička sredina izmjerenih vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnog sustava 8 (dodana MJ 5+N1+N2+N3) manja u odnosu na aritmetičku sredinu izmjerenih vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnog sustava 7 (dodana MJ 5+N1+N2).

5.5 Analiza rezultata izračuna faktora površine odjeće i bazične toplinske izolacije

Inicijalna ideja je bila da se obradom skeniranih odjevnih predmeta na ispitanicima utvrdi debljina zračnih međuslojeva na određenim dijelovima tijela (studija pristajalosti odjevnih predmeta te zračnih međuprostora između tijela i odjevnog predmeta), površina odjeće s koje se u okoliš oslobađaju toplinski gubici i volumen odjevnih predmeta. Pomoću 3D skenera tijela izvedeno je skeniranje ispitanika odjevenog u pripijeno donje rublje, potom odjevenog u bazični odjevni sustav (donje rublje, čarape, traperice, košulja), i finalno ispitanika odjevenog u odjevni

[1] U skladu s međunarodnim standardom *ISO 15831:2004 Odjeća-Fiziološki efekti- Mjerenje toplinske izolacije pomoću termalnog manekena* temperatura okolišnog zraka unutar klima komore mora biti barem 12 °C niža od temperature tijela manekena koja iznosi $t_s = (34 \pm 0{,}2)$ °C.

[2] U skladu s međunarodnim standardom ISO 15831:2004 vrijednosti relativne vlažnosti mogu se kretati u dozvoljenom rasponu od 30 do 70 %.

[3] U skladu s međunarodnim standardom ISO 15831:2004 vrijednost brzine strujanja zraka mora imati konstantnu stabilnu vrijednost od $(0{,}4 \pm 0{,}1)\ m/s$.

sustav 5 (donje rublje, čarape, traperice, košulja i muška jakna 4). Pri tome se je skenirao ispitanik čije tjelesne mjere odgovaraju tjelesnim mjerama termalnog manekena.

Potom se je pristupilo obradi skeniranog računalnog modela, kako bi se ispravila zasjenjena područja uzrokovana naborima skeniranih odjevnih predmeta, koje je nosio ispitanik u trenutku skeniranja 3D skenerom. Zatvaranje zasjenjenih površina pokušalo se je provesti u raznim grafičkim programima za 3D modeliranje. Međutim, programski paketi poput Rhinoceros Rhino 5 i pripadajući programski paket uz opremu 3D skenera Scanworks 3.0.1. nisu omogućili realno zatvaranje površina, već eventualno nedovoljno realno aproksimiranje nabora tkanine odjevnih predmeta.

U programskom paketu Scanworks se je prvo izdvojio pojedinačni odjevni predmet, prvo muška košulja potom muška jakna. To se je provelo izdvajanjem jednog po jednog oblaka točaka. Svaki pojedinačni oblak točaka (ukupno 8) dobiven svakom od kamera se je obrađivao zasebno pri čemu su se uklanjali viškovi točaka, kako bi se izdvojio samo model odjevnog predmeta.

Zatvaranje površina u istom sustavu nije pokazalo zadovoljavajuće rezultate s obzirom da sustav dijelove površina koji nedostaju zatvara kao ravne plohe, što kod izračuna površine odjevnog predmeta umanjuje iznos površine realnog skeniranog modela.

Površine krojnih dijelova utvrdile su se iz krojnih slika odjevnih predmeta bez šavnih dodataka primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris na modelu letačke vjetrovke i modelu nautičarske.

5.6 Analiza rezultata ocjenjivanja toplinske ugodnosti u seriji 1

Za potrebe ispitivanja zadovoljstva ispitanika u okviru ovog doktorskog rada, ispitivano je trenutno stanje cijelog organizma u različitim vremenskim rasponima. U prvoj seriji ispitivanja ispitanici su bili podvrgnuti ispitivanjima u tri faze. Prva je faza trajala 20 minuta, a ispitanici su hodali po pokretnoj traci pri brzini hoda od 45 dvostruka koraka u minuti (jednako brzini od 90 koraka/min ili 0,95 m/s ili 3,4 km/h), što odgovara brzini simuliranog hoda termalnog manekena pri ispitivanjima toplinskih svojstava odjevnih predmeta i odjevnih sustava. U drugoj su fazi ispitanici mirovali u vremenskom trajanju od 30 minuta, a u trećoj fazi ponovno hodali jednakom brzinom i pri jednakim uvjetima okoliša u trajanju od 20 minuta. U toj prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije, ispitanici su bili podvrgnuti utjecajima tri seta okolišnih uvjeta. Parametri okoliša zadani prilikom mjerenja su kontrolirana temperatura okoliša, zadana na jednu od tri vrijednosti temperature ($t_{a1} = 20℃$, $t_{a2} = 15℃$, $t_{a3} = 10℃$) koje odgovaraju

uvjetima prohladnih i umjerenih okoliša (od $-5℃ < t_a < 20℃$), brzina strujanja zraka unutar klima komore, zadana na jednu vrijednost ($v_{a1} = 1{,}2\ m/s$) te relativna vlažnost ($RH = 50\%$). Ispitanici podvrgnuti testiranju se moraju unaprijed informirati o tijeku ispitivanja. Po završetku prikupljanja odgovora na postavljena pitanja postavljena u upitnicima vrši se statistička analiza rezultata. Pri ispitivanjima subjektivne percepcije, ispitanicima se postavljaju unaprijed definirana pitanja. U ovom slučaju su pitanja prilagođena kako bi se ispitalo ne samo zadovoljstvo uvjetima okoliša i vlastito stanje ispitanika, već i zadovoljstvo, odnosno nezadovoljstvo odjevnim sustavom i pojedinačnim odjevnim predmetima koji sačinjavaju taj odjevni sustav.

Vrste pitanja i skala upotrijebljene u ispitnim anketama: skale procjene vlastitog toplinskog stanja u ispitanika (eng. scale of thermal perception, perceptual judgement scale), pitanje 1; evaluacijske skale (eng. scale of thermal comfort, evaluative judgement scale, affective assessment), pitanja 2, 5 i 10; skale toplinskih preferencija (eng. scale of thermal preference, preferential judgement scale), pitanja 3 i 6 te skale osobne prihvatljivosti (eng. acceptability expression form, personal acceptability statement), pitanja 4, 8 i 9.

Jedina vrsta skale koja nije korištena za potrebe ispitivanja subjektivne percepcije u okviru ove doktorske disertacije je skala tolerancije (eng. tolerance scale), s obzirom kako u njoj ponuđeni odgovori opisuju podnošenje ili nepodnošenje uvjeta okoliša, pa su primjenjivije za puno ekstremnije uvjete okoliša. Utjecaji i okoliši kojima su prilikom ispitivanja subjektivne percepcije podvrgnuti ispitanici su relativno blagi pa je procijenjeno kako nema potrebe ocjenjivanja gradacija podnošenja (od ocijene podnošljivo do maksimalne ocjene nepodnošljivo), s obzirom kao se radilo o mladim muškim ispitanicima dobrog zdravstvenog stanja i nije postojalo indikacija kako bi takvi uvjeti okoliša, kod njih mogli izazvati ozbiljnije fizičke promjene i utisak nepodnošenja. Ispitanici su odgovore davali zaokruživanjem jednog od ponuđenih odgovora na svako od postavljenih pitanja nakon svake faze ispitivanja. S obzirom na gradaciju temperatura okoliša kojima su ispitanici bili izloženi, analizom odgovora ispitanika, moglo se je procijeniti ne samo zadovoljstvo okolišem, odjevnim sustavom i toplinskim stanjem već i izloženost toplinskom stresu. Postoje dvije vrste toplinskog stresa kojima mogu biti izloženi ljudski subjekti u okolišu. Toplinski stres uzrokovan hladnoćom (eng. cold stress) je stanje uzrokovano utjecajem okolišne klime, u kojemu je toplinska razmjena između ljudskog tijela i okoliša jednaka ili puno veća no u stanju toplinske ravnoteže, te se javlja značajno i često nenadoknadivo fiziološko opterećenje[4] u obliku velikog gubitka topline

[4] Eng. physiological strain, hrv. Fiziološko naprezanje ili opterećenje

iz tijela (toplinski manjak). Toplinski stres uzrokovan vrućinom (eng. heat stress) je stanje uvjetovano okolišnim utjecajima, u kojemu je toplinska razmjena između ljudskog tijela i okoliša jednaka ili puno manja no u stanju toplinske ravnoteže, te se javlja značajno i često nenadoknadivo fiziološko opterećenje u obliku velikog gomilanja topline u tijelu (toplinska pohrana). To se može procijeniti i analizom fizioloških odgovora organizma ispitanika, što je provođeno istovremenim bilježenjem njihovih vitalnih funkcija (srednje ponderirane temperature kože, srčanog ritma i relativne vlažnosti).

Odgovori na pitanje 1, Kako se sada osjećate?, razlikovali su se ovisno o izlaganju okolišnim uvjetima i fazi ispitivanja. Odgovori su dani u obliku osmerostupanjske skale procjene vlastitog toplinskog stanja s mogućnošću odgovora u rasponu vrijednosti od +4 (toplo do vruće), 0 (neutralno) do -4 (malo do jako hladno). Pri $t_{a1} = 20℃$, odgovori su imali višu prosječnu vrijednost u prvoj i trećoj fazi ispitivanja za gotovo sve ispitivane odjevne sustave (iznimka je jedino odjevni sustav 4 koji je imao višu prosječnu ocjenu samo u prvoj fazi ispitivanja). Ispitanici su ocijenili kako im je pri izvođenju fizičkih aktivnosti malo vruće (prosječna ocjena 1 za odjevne sustave 2, 3 i 7). Najbolje je bilo ocjenjeno vlastito toplinsko stanje pri nošenju odjevnog sustava 5, u kojemu je središnji odjevni predmet muška jakna modela *letačke vjetrovke* sa najvećim iznosom dodatka na komociju. Najlošije ocjene vlastitog toplinskog stanja dane su prilikom nošenja odjevnog sustava 3, u kojemu je središnji odjevni predmet muška jakna modela *letačke vjetrovke* sa drugim po redu najmanjim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije. Ocjene vlastitog toplinskog stanja za ovaj sustav u prvoj i trećoj fazi već pokazuju tendenciju rasta do vrijednosti 2, koja se znatno razlikuje od stanja toplinske neutralnosti (malo vruće).

Najbolje je ocjenjeno vlastito toplinsko stanje pri nošenju odjevnog sustava 5, potom slijedi odjevni sustav 7, zatim odjevni sustav 4, a najniže ocjene procjene vlastitog toplinskog stanja pokazane su prilikom nošenja odjevnih sustava 2 i 3 za prvu varijantu okolišnih uvjeta.

U druge dvije varijante okolišnih uvjeta, pri $t_{a2} = 15℃$ i $t_{a3} = 10℃$, ocjene procjene vlastitoga stanja pokazuju kako je ispitanicima postalo malo hladno. Pri $t_{a2} = 15℃$, prosječno je najbolje ocijenjeno vlastito toplinsko stanje nošenjem odjevnog sustava 2 (muška jakna modela *letačke vjetrovke* s najmanjim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije, pri čemu su ispitanici svoje toplinsko stanje u sve tri faze ocijenili neutralnim), a najnižu ocjenu toplinskog stanja ispitanici su dali prilikom nošenje odjevnog sustava 3. Nošenjem odjevnih sustava 4, 5 i 7, ispitanici su davali gotovo jednake ocjene za sve tri faze (prosječnu ocjenu 0, neutralno, u prvoj fazi ispitivanja, zatim prosječnu ocjenu -1, malo hladno, u drugoj fazi ispitivanja i ponovno iskazivanje neutralnog vlastitog toplinskog stanja u zadnjoj, trećoj fazi ispitivanja).

Tendencija negativnog ocjenjivanja vlastitog toplinskog stanja najizraženija je pri trećem obliku uvjeta okoliša u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije. U tom trećem segmentu, ispitanici su bili podvrgnuti djelovanju najniže okolišne temperature, $t_{a3} = 10$℃. Najbolje je ocjenjeno vlastito toplinsko stanje prilikom nošenja odjevnog sustava 5 (u kojemu je središnji odjevni predmet muška jakna modela *letačke vjetrovke* sa najvećim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije) te prilikom nošenja odjevnog sustava 7 (u kojemu je središnji odjevni predmet muška jakna modela *nautičarske vjetrovke*). Potom su lošije ocjenjena vlastita toplinska stanja od strane sva tri ispitanika prilikom nošenja odjevnih sustava 2 i 3, a najgore je ocjenjeno toplinsko stanje prilikom nošenja odjevnog sustava 4. Ocjene u zadnja tri najniže ocjenjena odjevna sustava pokazuju tendenciju negativnog ocjenjivanja u drugoj i trećoj fazi ispitivanja sa prosječnom ocjenom -2 (prohladno).

Odgovori na pitanja 2, 5 i 10 dani su u obliku evaluacijskih skala. To su peterostupanjske skale s jednim dominantnim polom (neugoda ili ugoda). Pitanjem broj 2 ocjenjivalo se je li toplinsko stanje ispitanika ugodno, odnosno neugodno (uz nekoliko stupnjeva gradacije kako slijedi: 0-ugodnim, 1-blago neugodnim, 2-neugodnim, 3-vrlo neugodnim, 4-izrazito neugodnim). Pitanjem broj 5 ocjenjivalo se pružaju li odjevni sustavi dovoljnu toplinsku zaštitu (gradacija ocjena od 0-potpunu toplinsku zaštitu do 4-nimalo ne pruža toplinsku zaštitu), a pitanjem broj 10 gradirala se je prihvatljivost toplinskog okoliša (od posve prihvatljivog-0, do potpuno neprihvatljivog-4). Te peterostupanjske skale ocjenjene su najprikladnijim za prikaz finih gradacija u odgovorima ispitanika. Kao što se može uočiti, prosječna ocjena 0 u svim skala opisuje stanje toplinske neutralnosti i zadovoljstva toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavom, pa je to stoga najviša prosječna ocjena u bilo kojoj vrsti skala.

Pri analizi odgovora na pitanje broj 2, uočeno je kako su ispitanici svoje toplinsko stanje većinom procijenili ugodnim za sve tri faze pri $t_{a1} = 20$℃ (prosječna ocjena 0 kojom se izražava kako procjenjuju svoje toplinsko stanje ugodnim), osim u slučaju nošenja odjevnog sustava 7 pri čemu su u prvoj i trećoj fazi ispitanici svoje toplinsko stanje ocijenili blago neugodnim. Padom okolišne temperature na $t_{a2} = 15$℃ i $t_{a3} = 10$℃, uočena je tendencija negativnijeg ocjenjivana svojeg toplinskog stanja s prosječnom ocjenom 1 u drugoj fazi ispitivanja za drugi oblik okolišnih uvjeta ($t_{a2} = 15$℃) čime su ispitanici ocijenili svoje toplinsko stanje blago neugodnim, dok su u trećem setu okolišnih uvjeta pri $t_{a3} = 10$℃, uočene niže ocjene i u drugoj i u trećoj fazi ispitivanja, sa prosječnom ocjenom 1 i tendencijom negativnijeg ocjenjivanja (ocjena 2-neugodnim, u drugoj fazi istraživanja za nošenje odjevnog sustava 2). Pri $t_{a2} = 15$℃ najbolje je ocjenjeno vlastito toplinsko stanje prilikom nošenja odjevnog sustava 5, a najniža procjena dana je prilikom nošenja odjevnog sustava 3. Relativno

male varijacije u ocjenjivanju postojale su za odjevne sustave 2, 4 i 7, iako je generalno jednako procijenjeno toplinsko stanje prilikom nošenja tih sustava sa prosječnom ocjenom 0 u prvoj i trećoj fazi (smatram svoje toplinsko stanje ugodnim) i prosječnom ocjenom 1 (smatram svoje toplinsko stanje blago neugodnim) u drugoj fazi ispitivanja kada su ispitanici mirovali.

Pitanjem 5 procjenjivala se je toplinska zaštita koju odjevni sustav pruža ispitaniku. U prvom setu okolišnih uvjeta, pri $t_{a1} = 20$°C, ispitanici su procjenili kako svaki odjevni sustav pruža potpunu toplinsku zaštitu. Pri $t_{a2} = 15$°C dane su ponovno jednake prosječne ocjene za svih 5 ispitivanih odjevnih sustava, pri čemu su ispitanici procijenili kako odjevni sustavi pružaju potpunu toplinsku zaštitu u fazama gibanja, ali je toplinska zaštita odjevnih sustava bila lošije ocjenjena u fazi mirovanja, pri čemu su ispitanici dali prosječnu ocjenu 1 (skoro potpunu toplinsku zaštitu) za svih 5 odjevnih sustava. U zadnjem setu ispitivanja, pri $t_{a3} = 10$°C, dane su prosječno najnepovoljnije ocjene za sve tri faze ispitivanja. Najnižu prosječnu ocjenu dobio je odjevni sustav 4 (1 u prvoj i trećoj fazi i 2 u drugoj fazi, 2 znači polovičnu toplinsku zaštitu). Relativno loše je ocjenjen i odjevni sustav 2 koji također nije pružao dovoljnu toplinsku zaštitu ispitanicima prilikom faze mirovanja. Odjevni sustavi 3, 5 i 7 su dobili relativno jednake ocjene, i ispitanici su procijenili kako oni u fazi mirovanja pružaju skoro potpunu toplinsku zaštitu.

Pitanjem broj 10 izražavalo se prihvaćanje ili neprihvaćanje okoliša i uvjeta koji u njemu vladaju. Očekivano, najbolje je prihvaćen okoliš u prvom setu ispitivanja pri $t_{a1} = 20$°C, a većinom malo neprihvatljiv je ocjenjen okoliš u trećem setu ispitivanja s prosječnom ocjenom 1 prilikom nošenja svih 5 odjevnih sustava.

Odgovori na pitanja 3 i 6 dani su u obliku skala toplinskih preferencija. To su sedmerostupanjske skale s numeričkim vrijednostima odgovora, odnosno ocjena od +3 do -3. U pitanju 3 razmatralo se je kako bi se ispitanik želio osjećati u danom trenutku ispitivanja, a u pitanju 6 su ispitanici procjenjivali kakvu bi odjeću u danom trenutku željeli nositi.

Pozitivne vrijednosti ocjena izražavale su želju za promjenom (bilo da je ispitanik želio da mu bude toplije u slučaju odgovora na pitanje 3, bilo da mu odjeća bude toplija u slučaju pitanja 6), a negativne ocjenu su refleksija želja za promjenom u hladniji pol osjeta.

U prvom setu okolišnih uvjeta na pitanje broj 3, pri $t_{a1} = 20$°C, ispitanici su procijenili, kako bi u fazama gibanja željeli da im bude malo hladnije, a u fazi mirovanja ocijenili su kako im ne žele da im bude niti topline niti hladnije (neutralnost, 0). Najbolje je ocjenjen odjevni sustav 5 s prosječnom ocjenom 0 u sve tri faze ispitivanja, a najviše želje za promjenom uočene su prilikom nošenja odjevnih sustava 3 i 7, dok se je želja za promjenom kod odjevnih sustava 2 i 4 uočila samo u prvoj fazi ispitivanja, a kasnije su se ispitanici aklimatizirali i njihov je organizam osjećao stanje toplinske neutralnosti. U drugom setu ispitivanja, pri $t_{a2} = 15$°C dane

su jednake prosječne ocjene za gotovo svih ispitivanih odjevnih sustava (iznimka je odsustvo bilo kave želje za promjenom u slučaju nošenja odjevnog sustava 2 istanje potpune toplinske neutralnosti), pri čemu su ispitanici procijenili kako nemaju želju za promjenom u fazama gibanja, ali bi željeli da im je malo toplije u fazi mirovanja. Ispitanici su dali prosječnu ocjenu 1 (malo toplije) za odjevne sustave 3, 4, 5 i 7. U zadnjem setu ispitivanja, pri $t_{a3} = 10$℃, prevladava želja za promjenom u zadnje dvije faze ispitivanja pri čemu je prilikom nošenja odjevnog sustav 4 dana čak i ocjena 2 kojom se izražava da si ispitanici žele osjećati toplije. Najnižu prosječnu ocjenu dobio je odjevni sustav 4, a najvišu prosječnu ocjenu dobio je odjevni sustav 5.

Potpuno zadovoljstvo odjevnim sustavima ispitanici su izrazili u prvom setu ispitivanja pri $t_{a1} = 20$℃, za sve odjevne sustave kod pitanja 6. Međutim, padom okolišnih temperatura, uočava se tendencija davanja lošijih ocjena, s najviše prosječno negativnih ocjena (u opisnom smislu) i najviše želje za promjenom toplinskih karakteristika odjeće pri najnižoj temperaturi okoliša. Dvije ocjene koje odudaraju od stanja neutralnosti uočene su kod odjevnih sustava 4 i 5 (ocjena 1 kojom se izražava želja da odjeća bude malo toplija) u drugom setu okolišnih uvjeta pri $t_{a2} = 15$℃. Želja da odjeća bude malo toplija uočena je u drugoj i trećoj fazi pri nošenju svih odjevnih sustava pri $t_{a3} = 10$℃, osim u slučaju odjevnog sustava 5 koji ima najbolju prosječnu ocjenu i u njegovom slučaju je pokazana želja za promjenom samo u fazi mirovanja. Odgovori na pitanja 4, 8 i 9 dani su u obliku dvostupanjskih skala osobne prihvatljivosti, uz mogućnost samo prihvaćanja i neprihvaćanja. Samo u slučaju odgovora na pitanje 9, kojim se prihvaća ili ne prihvaća okoliš, odgovori su uobličeni u obliku tvrdnji DA ili NE. Na pitanje 4, smatraju li svoju odjeću prihvatljivom za nošenje s aspekta ugode, ispitanici su potvrdno odgovorili i dali prosječnu ocjenu 0, za sve faze ispitivanja i sve setove okolišnih uvjeta. Na pitanje 8, kojim su ispitanici ocjenjivali okoliš u kojemu se nalaze, ispitanici su također izrazili većinski zaključak kako su okoliši više prihvatljivi no neprihvatljivi osim u slučaju, prosječne ocjene prilikom nošenja odjevnog sustava 3 pri $t_{a2} = 15$℃, te ukupno 3 neprihvaćanja okoliša pri $t_{a3} = 10$℃, prilikom nošenja odjevnih sustava 2, 3 i 7 (prilikom nošenja odjevnog sustava 7 ispitanici su u čak dvije posljednje faze izrazili neprihvaćanje okoliša). Većinska prosječna ocjena DA (kako je okoliš prihvatljiv) dana je za sva tri seta okolišnih uvjeta prilikom nošenja svih odjevnih sustava u sve tri faze ispitivanja, kao odgovora na pitanje 9 (Biste li prihvatili ovakav okoliš?).

Iznimka je bilo samo pitanje 7, čiji su odgovori bili informativne prirode kako bi ispitanici sami zaključili jeli im neki određeni odjevni predmet suvišan, kao što je to slučaj muške potkošulje

pri višim temperaturama okoliša, i napomena kako im pri nižim temperaturama okoliša treba kapa kao zaštita glave.

Vlastita procjena stanja od strane samih ispitanika provela se je pitanjima 1-3, procjena odjevnih sustava i predmeta određena je pitanjima 4-7, a okoliš je procijenjen pitanjima 8-10.

Statistička obrada ocjena ispitanika provodila se je u skladu s standardom ISO 10551:2001. Standardom je definirano kako se za svaku vrstu skale računa određena vrijednost centralne tendencije. Za skale toplinske procjene potrebno je izračunati aritmetičku sredinu odgovora ispitanika danih u jednoj od ponuđenih vrijednosti (raspon od -4 do +4). Pri statističkoj obradi evaluacijskih skala i skala toplinskih preferencija centralna se tendencija prikazuje u obliku medijana ili centralne vrijednosti odgovora ispitanika. Centralna tendencija skala osobne prihvatljivosti izražava se kao mod ili dominantna vrijednost. Mjere disperzije rezultata također su definirane za svaku pojedinu vrstu skale. Standardna devijacija računa se kod skala toplinske procjene, a interkvartili, točnije medijani, se izračunavaju kod evaluacijskih skala i skala toplinskih preferencija. Za pojedine skale valja računati specijalne indekse. Izračunata aritmetička sredina poslužila je kao baza za izračun PMV-indeksa (eng. predicted mean vote) u skladu s međunarodnim standardom ISO 7730:2005. Indeks kojim se predviđa prosječna vrijednost odgovora ispitanika iz veće skupine pomoću skale sa 7 vrijednosti kojima se opisuje toplinska ravnoteža ljudskog tijela, međutim se u skladu s standardom ISO 10551:2001 PMV-indeks može računati i kao aritmetička sredina odgovora na temelju pozitivne peterostupanjske skale. Kod evaluacijskih skala PMV-indeks se računa kao broj odgovora kojima se izražava nezadovoljstvo ili broj ocjena 1, 2 i 3, podijeljen s ukupnim brojem ocjena i množen sa 100. Na temelju utvrđene vrijednosti PMV-indeksa i standarda ISO 7730:2005 u kojemu se nalazi graf, može se utvrditi PPD-indeks (eng. predicted percentage dissatisfied). PMV indeks predviđa prosječne odgovore o zadovoljstvu toplinskim okolišem u većoj skupini ispitanika, koji su izloženi istim okolišnim uvjetima, a PPD indeks predstavlja postotnu kvantifikaciju ispitanika nezadovoljnih svojim toplinskim okolišem, tj. osoba kojima je ili prehladno ili prevruće. PPD indeks je funkcija PMV indeksa.

Kod skale toplinskih preferencija računa se postotak odgovora kojima se izražava želja za promjenom. Računa se kao broj odgovora kojima se izražava želja za promjenom ili broj ocjena -3, -2, -1, 1, 2 i 3, podijeljen s ukupnim brojem ocjena i množen sa 100.

I finalno kod skala osobne prihvatljivosti kao poseban se indeks može računati postotak odgovora kojima se izražava neprihvaćanje.

Pomoću prva tri pitanja u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije ispitanici su ocjenjivali svoje toplinsko stanje. Na Sl. 79 prikazane su ocjene ispitanika dane na pitanje *Kako se sada*

osjećate? za sva tri seta okolišnih uvjeta. Pri $t_{a1} = 20$℃ ispitanici su ustvrdili kako im je malo vruće do gotovo toplo u fazama hoda pri čemu je najviše odgovora kako im je malo vruće dano pri nošenju odjevnog sustava 3. Pri $t_{a2} = 15$℃, nakon prve faze hoda ispitanici počinju tvrditi kako im je malo hladno. Najnegativnija ocjena dana je pri nošenju OS 4 u fazi mirovanja. U fazi mirovanja pri $t_{a3} = 10$℃, ispitanici izražavaju kako im je već postalo prohladno uz tendenciju negativnijeg ocjenjivanja uz ponavljanje nižih ocjena pri nošenju OS 4 i pri hodu i pri mirovanju. U drugome pitanju ispitanici su svoje toplinsko stanje ocjenjivali postepenim gradiranje ugode pri čemu su nošenje odjevnih sustava modela 1 podjednako ocijenili ugodnim pri $t_{a1} = 20$℃. Smanjivanjem temperatura u klima komori blago neugodnim je ocijenjeno toplinsko stanje u fazi mirovanja pri čemu se pri $t_{a2} = 15$℃ ističu negativnije ocjene pri nošenju OS 3 i 4, a pri $t_{a3} = 10$℃ je negativnije ocijenjeno toplinsko stanje pri nošenju OS 2. Kada razmatramo odgovore na pitanje 3, uočljiva je tendencija želje za hladnijim toplinskim stanjem pri $t_{a1} = 20$℃ i želja za toplijim osobnim stanjem pri nižim temperaturama okoliša. Pri $t_{a2} = 15$℃, želja da im bude malo toplije izražena je kod nošenja OS 3, 4 i 5 u fazi mirovanja, a pri $t_{a3} = 10$℃ je u sve tri faze negativnije ocjenjeno toplinsko stanje nošenjem sustava OS 4.

Na Sl. 82 i 83 (odgovori na pitanja 5 i 6) dane su usporedbe prosječnih ocjena zadovoljstva nošenjem odjeće. Možemo uočiti kako je prosječno najlošiju ocjenu za sva tri seta okolišnih uvjeta dobio OS 4.

Zadovoljstvo okolišem vidljivo je kroz odgovore na pitanja 8,9 i 10, Sl. 84 do 86. Svoj okoliš ispitanici su ocijenili prihvatljivim. Tendencija blagog neprihvaćanja okoliša najizraženija je pri nošenju OS 3 i 4 u fazi mirovanja pri $t_{a2} = 15$℃, OS 2 i 3 u fazi mirovanja pri $t_{a3} = 10$℃ kada proučavamo odgovore na pitanje 8. Pri analizi ocjena na pitanje 9 negativnija ocjena uočena je pri nošenju OS 4 pri $t_{a2} = 15$℃ i $t_{a3} = 10$℃, što se može uočiti i pri analizi ocjena na pitanje 10 pri $t_{a3} = 10$℃. Dakle sveukupno, najniže prosječne ocjene dane su pri nošenju OS 4 i pri procjeni osobnog stanja, odjeće i okoliša.

5.7 Analiza rezultata ocjenjivanja toplinske ugodnosti u seriji 2

U drugoj seriji ispitivanja, ispitanici su podvrgnuti djelovanju okoliša u kojemu su provedena ispitivanja toplinske izolacije odjevnih sustava, koji su ispitani prethodno termalnim manekenom u pokretu, i pri istim uvjetima okoliša ($t_a = 19$℃, $RH = 40$ %, $v_a = 0{,}4\ m/s$). Ispitivane osobe bile su odjevene u odjevni sustav 1 (odjevna kombinacija bez jakne), odjevni

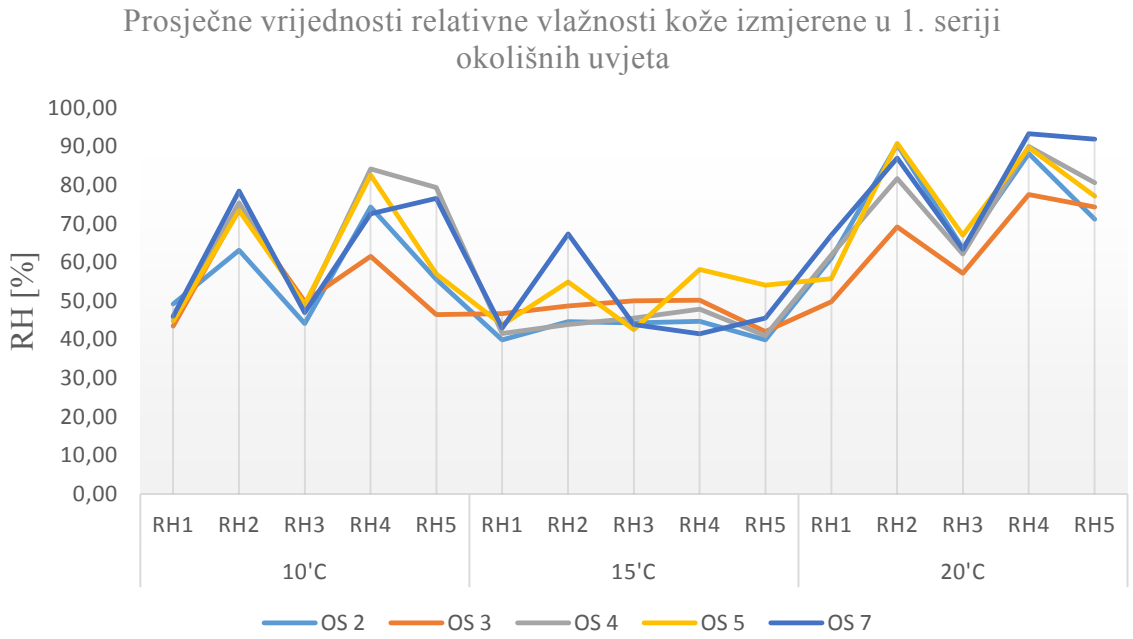
sustav 4 (bazični odjevni sustav i jakna 3 modela *letačke vjetrovke*) te odjevne sustave 7 i 8 (muška jakna modela *nautičarske vjetrovke* sa dodanim nastavkom za duljinu kroja 1 u slučaju odjevnog sustava 7, te dodana dva nastavka za modifikaciju duljine kroja u slučaju odjevnog sustava 8). Pitanja su modificirana kako bi se pozornost obratila na subjektivnu procjenu odjevnih sustava. Pri tome su odgovori na postavljena pitanja bili ponuđeni u obliku istih skala subjektivne procjene kao i u prvoj seriji ispitivanja. Odgovori na 1. pitanje ponuđeni su u obliku skale procjene vlastitog toplinskog stanja, odgovori na pitanja 2, 5 i 8 dani su u obliku evaluacijskih skala, odgovori na pitanja 3 i 6 dani su u obliku skala toplinskih preferencija, a odgovori na pitanja 4, 7 i 10 u obliku skala osobne prihvatljivosti. Vlastita procjena stanja od strane samih ispitanika provela se je pitanjima 1-3, procjena odjevnih sustava i predmeta određena je pitanjima 4-9, a okoliš je procijenjen pitanjem 10. Ocjene ispitanika su bile relativno uniformne i prosječna ocjena odgovora na sva pitanja je bila 0 (neutralnost, odnosno potpuna toplinska ugoda). Iznimka su odgovori u drugoj fazi ispitivanja (gibanje) na pitanje 8, gdje je odjeća generalno ocjenjena kao udobna (1), a ne potpuno udobna (0), što možemo pripisati osjećaju neugode uslijed znojenja, te odgovori na pitanja 3 i 6 u drugoj fazi ispitivanja pri čemu su ispitanici izrazili želju da im bude malo hladnije i da im odjeća bude malo hladnija.

5.8 Analiza rezultata mjerenja fizioloških parametara ispitanika

Tablice 85 do 88 pokazuju izračunate vrijednosti prosječne ponderirane temperature kože za ispitivane odjevne sustave. Ispitivanja subjektivne percepcije i zadovoljstva te ispitivanje fizioloških parametara, s primarnim ciljem ocjenjivanja odabranih odjevnih sustava u koje su ispitanici bili odjeveni, provedena je na Univerzi v Mariboru, Fakulteta za strojništvo. Ispitivanja na živim ispitanicima, njih ukupno tri čije tjelesne mjere odgovaraju tjelesnim mjerama termalnog manekena Sveučilišta u Zagrebu, Tekstilno-tehnološkog fakulteta, provela su se u klima komori dimenzija $2{,}95\ m \times 1{,}84\ m \times 2{,}36\ m$. Klima komora projektirana na Institutu Zoran Rant, Škofja Loka, omogućuje održavanje različitih uvjeta okoliša (različite relativne vlažnosti, temperature zraka i brzine strujanja zraka). Ispitanici su bili odjeveni u odabrane odjevne sustave s primarnim težištem ispitivanja razlika u toplinskoj ugodnosti koju ispitaniku mogu omogućiti različiti modeli projektiranih muških jakni. Odabir muških jakni namijenjenih ispitivanju temeljio se je na njihovim specifičnim uporabnim namjenama (sportski piloti i jedriličari). Stoga su u prvoj seriji ispitivanja testirani model *letačke vjetrovke* (muška jakna od 1 do 4, odnosno odjevni sustav 2 do 5) i model *nautičarske vjetrovke* s duljinom kroja koja je postignuta apliciranjem dva modularna nastavka (muška jakna 5+N2,

odnosno odjevni sustav 7). Provedena su laboratorijska istraživanja pri čemu su se u klima komori postigli kontrolirani uvjeti okoliša. Parametri okoliša zadani prilikom mjerenja su kontrolirana ***temperatura okoliša***, zadana na jednu od tri vrijednosti temperature ($t_{a1} = 20$℃, $t_{a2} = 15$℃, $t_{a3} = 10$℃) koje odgovaraju uvjetima prohladnih i umjerenih okoliša (od -5℃ $< t_a < 20$℃) [2] i ***brzina strujanja zraka*** unutar klima komore, zadana na jednu vrijednost ($v_{a1} = 1{,}2\ m/s$). Prije početka ispitivanja na ispitanike su se aplicirali senzori za mjerenje temperaturnih promjena kože, senzor srčanog ritma (kao eventualni indikator toplinskog stresa kojima bi ispitanik eventualno mogao biti izložen iako se je pazilo da ispitanici borave u uvjetima okoliša koji na bilo koji način ne ugrožavaju njihove vitalne funkcije) i senzori za mjerenje promjena relativne vlažnosti kože. Svi senzori pripadaju mjernom uređaju MSR 12. Senzori za očitavanje temperature kože tijela numerirani su radi lakšeg snalaženja prilikom postavljanja: 6.1 za mjerenje temperature kože čela, 6.2 za očitavanje temperature kože desne lopatice, 6.3 za očitavanje temperature lijeve gornje strane prsa, 6.7 za mjerenje temperature kože gornjeg dijela desne nadlaktice, 6.8 za očitavanje temperature kože donjeg dijela lijeve nadlaktice, 6.9 za očitavanje temperature kože vanjskog dijela lijeve šake, 1.6.1 za mjerenje temperature kože leđa u predjelu donjeg lijevog dijela leđa, 1.6.2 za očitavanje temperature prednje strane desnog bedra, 1.6.3 za očitavanje temperature kože stražnjeg dijela lijevog lista). Mjerenja temperature kože tijela se provode na različitim dijelovima tijela jer kožna temperatura nije jednolična na svim dijelovima tijela pomoću temperaturnih provodnika preciznosti ±0.1℃ koji mjere temperaturni raspon 25-40 ℃. Takva nehomogenost je prvenstveno posljedica ambijentalnih, odnosno okolišnih uvjeta. Mjeri se lokalizirana tjelesna temperatura (t_{sk}) na određenoj poziciji ljudskog tijela i prosječna kožna temperatura cjelokupne tjelesne površine. Prosječne ponderirane temperature kože izračunate su na temelju međunarodnog standarda za procjenu toplinskog stresa ISO 9886. Upotrijebljen je izraz za utvrđivanje prosječne tjelesne kožne temperature u ovisnosti o 8 točaka. Nakon obrade rezultata može se ustvrditi kako su najniže vrijednosti ponderirane prosječne temperature kože utvrđene kod ispitanika pri nošenju odjevnog sustava 3 pri uvjetima okoliša $t_a = 10$℃, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50$ % u sve tri faze prve serije ispitivanja. Najviše vrijednosti ponderirane prosječne temperature kože utvrđene su pri uvjetima okoliša $t_a = 20$℃, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50$ % za odjevne sustave 3, 5 i 7. Očekivano vrijednosti prosječne ponderirane kožne temperature u prvoj seriji ispitivanja padale su s padom temperature okoliša. Vrijednosti lokalne i prosječne temperature kože snižavaju se padom temperatura okoliša i s povećanjem vremena izloženosti ispitanika nižim temperaturama, ali se organizam ispitanika pri dužoj izloženosti niskim temperaturama zraka unutar klima komore aklimatizirao [180].

U drugoj seriji, uvjeti okoliša prilagođeni su onima na kojima su se ispitivale vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava mjernim uređajem termalnim manekenom pri $t_a = 19℃,\ v_a = 0{,}4\ m/s,\ RH = 35 - 40\ \%$. Ispitanici su bili odjeveni u bazični odjevni sustav (odjevni sustav 1 koji ne uključuje mušku jaknu) te odjevne sustave 4 (s modelom jakne *letačke vjetrovke* uz iznos konstrukcijskog dodatka komocije od 34 cm, koja je statističkom analizom i ispitivanjima na termalnom manekenu pokazala gotovo jednaku vrijednost efektivne toplinske izolacije kao i muška jakna 2, međutim ima veći iznos konstrukcijskog dodatka komocije, pa je odabrana uz pretpostavku kako će stoga ispitanicima biti udobnija prilikom nošenja i izvođenja fizičkih aktivnosti u fazi hoda), 7 i 8 (model muške jakne *nautičarske vjetrovke* uz dva različita modularna nastavka za promjenu duljine jakne). Također broj faza ispitivanja je smanjen, a izmjena je bila i što se je svako ispitivanje započinjalo prvo fazom mirovanja u vremenskom trajanju od 15 minuta, a potom je slijedila druga faza u vremenskom trajanju od 25 minuta u kojoj su ispitanici hodali po pokretnoj traci. Na temelju 4 mjerne pozicije ponderirala se prosječna temperatura kože. Razlog odabira metode procjene srednje ponderirane temperature kože na temelju vrijednosti lokalnih kožnih temperaturnih promjena s relativno malim brojem mjernih pozicija je, što je u vrućim i toplim okolišima temperatura površine kože homogena na različitim pozicijama, pa se ponderirana prosječna temperatura kože tijela može utvrđivati metodama sa manjim brojem mjernih pozicija [144]. Vrijednosti ponderirane prosječne temperature kože bile su najviše u obje faze ispitivanja pri nošenju odjevnog sustava 7. Također, valja primijetiti kako su razmjerno veće vrijednosti ponderirane prosječne temperature kože za odjevne sustave 7 i 8 koji su kao osnovnu komponentu imali mušku jaknu modela *nautičarske vjetrovke*. Začuđujuće, gotovo nikakva razlika u vrijednostima prosječne ponderirane temperature kože nije bila uočena pri odijevanju bazičnog odjevnog sustava bez muške jakne i pri nošenju jednakog odjevnog sustava nadopunjenog muškom jaknom 3 modela *letačke vjetrovke*. U Tab. 89 do 92 prikazane su utvrđene vrijednosti srednje ponderirane temperature kože za sve ispitivane odjevne sustave. Na Sl. 120 vidljive su promjene prosječnih vrijednosti relativnih vlažnosti kože za 1. seriju ispitivanja subjektivne percepcije. Niže prosječne vrijednosti relativne vlažnosti kože očitane su pri $t_a = 15℃$., a prosječno najviše vrijednosti relativne vlažnosti kože su bile očitane pri $t_a = 10℃$, 15℃ i 20℃ pri nošenju OS 5 i OS 7.



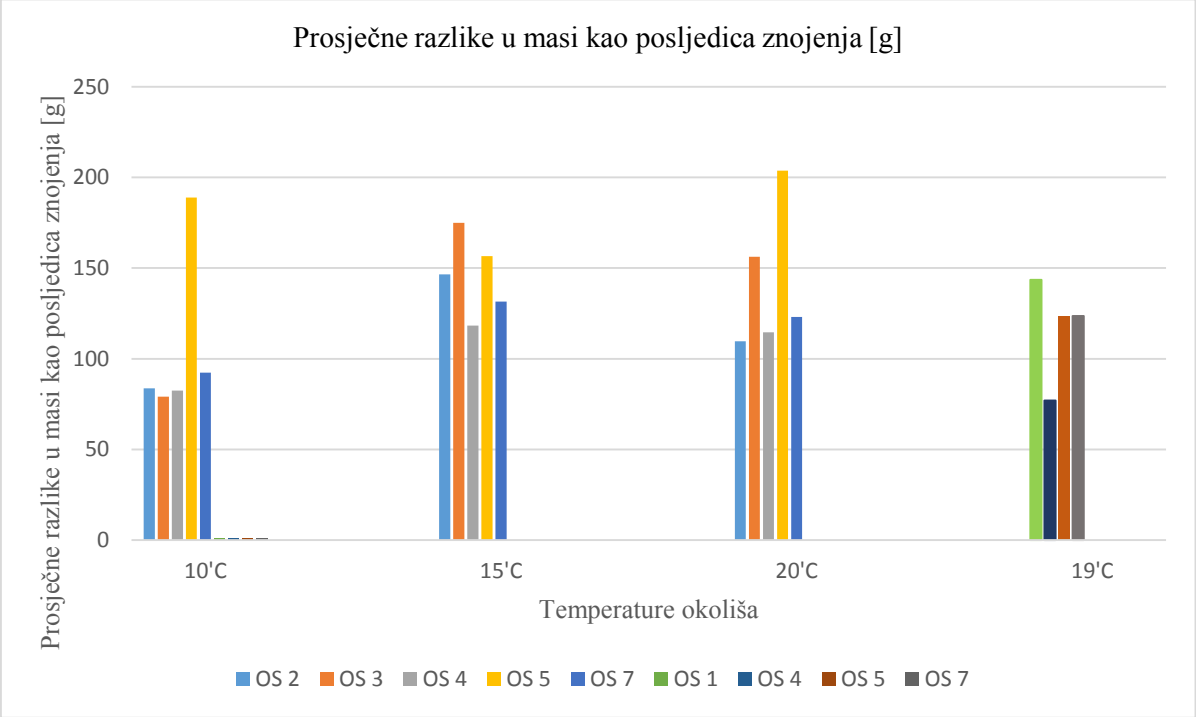
Sl. 120 *Prikaz prosječnih vrijednosti relativne vlažnosti kože u 1. seriji ispitivanja subjektivne percepcije*

5.9 Analiza rezultata utvrđivanja razlika u masi kao posljedica znojenja

Na temelju razlika u vrijednostima odvaga pojedinačnih odjevnih predmeta te ljudskog tijela, i nagog i odjevenog u ispitivani odjevni sustav, odredila se je masa izlučenog znoja ispitanika. Pri izvođenju fizičkih aktivnosti povećava se količina izlučenog znoja iz ljudskog organizma. Razlika nage mase tijela prije i nakon ispitivanja je jednaka količini znoja izlučenog iz organizma. Na temelju razlika u masi odjevnih predmeta prije i nakon ispitivanja utvrdila se količina znoja koja se za vrijeme ispitivanja upije u svaki pojedini odjevni predmet, a potom su izračunate prosječne vrijednosti za svaki odjevni sustav. Zanimljivo se masa muških jakni rijetko mijenjala u svojim vrijednostima prije i nakon ispitivanja, što možemo objasniti izradom vanjske školjke jakni od troslojnog laminata sa izrazito dišljivom teflonskom membranom.

Razlika u ukupnoj masi ispitanika Δm_g je suma nekoliko komponenti: Δm_{sw}-razlike u masi kao posjedica znojenja, Δm_{res}-razlike u masi kao posljedica respiracije, Δm_o-razlike u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida, Δm_{wat}-razlike u masi uslijed unosa tekućine i sekreciji urina, Δm_{sol}-razlike u masi uslijed unosa krute hrane i njihove sekrecije te Δm_{clo}-razlike u masi znoja upijenog u odjeću. Ako imamo kontrolirane uvjete ispitivanja, vrijednosti $\Delta m_{wat} = 0$ i $\Delta m_{sol} = 0$, a razlike u masi kao posljedicu respiracije i razlike u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida, izračunamo na

temelju izraza predstavljenih u poglavlju 3.6.3.3. Na temelju DuBoisove jednadžbe [181] prvo je utvrđena prosječna površina ispitanika, a potom vrijednosti razlike u masi kao posljedicu respiracije i razlike u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida, za svaku pojedinu fazu ispitivanja i svaki set uvjeta okoliša. Na temelju tih vrijednosti izračunate su razlike u masi kao posljedica znojenja. Rezultati izračuna prikazani su u Tab. 107 do 110. U Tab. 111 prikazane su prosječne vrijednosti razlika u masi kao posljedica znojenja. Pri tome valja uočiti kako su više prosječne vrijednosti izračunate pri okolišnim temperaturama $t_{a1} = 20°C$ i $t_{a2} = 15°C$ te $t_{a4} = 19°C$. Pri $t_{a4} = 19°C$ možemo uočiti nešto niže vrijednosti razlika u masi uslijed znojenja što možemo pripisati kraćem vremenskom trajanju ovih ispitivanja, Sl. 121.



Sl. 121 *Iznos prosječne razlike u masi kao posljedice znojenja za ispitivane odjevne sustave pri različitim uvjetima okoliša kod ispitivanja subjektivne percepcije u seriji 1 i 2*

5.10 Analiza rezultata utvrđivanja vertikalnog strujanja zraka u mikroklimi

U mikroklimu uz tijelo, u drugi zračni sloj između potkošulje i košulje, te treći zračni sloj između košulje i jakne uvedeni su senzori za mjerenje temperaturnih promjena i promjena relativne vlažnosti kako bi se utvrdile promjene mikroklimatskih slojeva, koji se stvaraju u odjevnom sustavu. Mjerni uređaj MSR 12 ima mogućnost priključivanja različitih modula. Na modul tipa T24HUM8 priključuju se senzori za mjerenja temperature, relativne vlažnosti i EKG

elektrode. S obzirom kako se na modul tipa T24HUM8 priključuje ukupno devet senzora za utvrđivanje temperaturnih promjena, a kako se u okolišima viših ambijentalnih temperatura, ponderirana prosječna temperatura kože tijela može utvrđivati metodama sa manjim brojem mjernih pozicija, četiri su senzora smještena na određene pozicije na tijelu u direktnom kontaktu s kožom, a preostalih pet senzora je iskorišteno za ispitivanje vertikalnih temperaturnih promjena u mikroklimi odjevnih sustava. Pri tome se pazilo da sami mikročipovi u glavama senzora budu posve slobodni i da se slučajno ne prekriju adhezivnom vrpcom. Pomoću spomenute adhezivne vrpce su senzori bili priključeni kako na kožu, tako i na površinu odjevnih predmeta. U slučaju drugog mikroklimatskog pojasa, koji se formira između potkošulje i košulje u gornjem dijelu tijela, senzori su aplicirani u dvije vertikalne osi s vanjske strane potkošulje, jedna s prednje strane tijela, a jedna sa stražnje strane tijela duž kralješnicu. U slučaju ispitivanja trećeg mikroklimatskog pojasa, koji se formira između košulje i jakne, senzori su aplicirani duže jednakih osi, ali na površinu košulje s vanjske strane. Prednja vertikala senzora oblikovana je apliciranjem dvaju senzora. Senzor oznake 1.6.2 za mjerenja temperaturnih promjena i senzor broj 4 za mjerenje promjena relativne vlažnosti apliciran na u visini intermamilarne linije u središnjem dijelu prsa, i jedan senzor numeričke oznake 1.6.3 za ispitivanje temperaturnih promjena, uz pratnju senzora za mjerenje relativne vlažnosti numeričke oznake 5, koji su aplicirani u visini struka iznad pupka. Stražnja vertikala je oblikovana apliciranjem senzora za mjerenje temperaturnih promjena u pratnji senzora za mjerenje promjena relativne vlažnosti na tri mjerne pozicije. Senzori 6.7 i 1 smješteni su u visini međulopatičnog prostora, senzori 6.8 i 2 su smješteni uz donji dio torakalnih kralježaka ili bolje rečeno u visini donjih torakalanih kralježaka, a senzor 6.9 je smješten u visini početnog dijela križne kosti. Senzorima 6.7, 6.8 i 6.9 mjerene su temperaturne promjene mikroklimatskog pojasa, a senzorima 4 i 5 promjene vrijednosti relativne vlažnosti.

U Tab. 95 do 98 dane su prosječne vrijednosti temperatura mikroklimatskog pojasa u prednjoj i stražnjoj vertikali 2. i 3. mikroklimatskog pojasa odjevnih sustava 1, 4, 7 i 8. Dijagrami promjena vrijednosti temperatura kroz prvu (15 minuta mirovanja) i drugu fazu ispitivanja (25 minuta hoda po pokretnoj traci) prikazani su na Sl. 93 i 94. Na dijagramima se može uočiti kako dolazi do podudaranja izmjerenih vrijednosti temperatura u prednjoj i u stražnjoj vertikali, odnosno kako su ponekad vrijednosti temperature izmjerene vertikalno višim senzorima manje od vrijednosti na vertikalno nižim pozicijama. Međutim u drugoj fazi ispitivanja, kada su ispitanici u pokretu dolazi do jasnog vertikalnog profiliranja temperaturnih vrijednosti. Topli i zasićeni zrak se diže u više predjele unutar mikroklime pa su senzori na vertikalno višim pozicijama zabilježili više vrijednosti temperatura i u prednjoj i u stražnjoj vertikali.

5.11 Analiza korelacije ponderirane temperature kože i vrijednosti suhog toplinskog toka kroz odjevne sustave utvrđenih termalnim manekenom na odabranim odjevnim sustavima

S obzirom da je značajnost koeficijenta korelacije veća od 0,05, možemo zaključiti kako je dobiveni Pearsonov koeficijent linearne korelacije nije značajan i da ne postoji statistički značajna povezanost između vrijednosti efektivne izolacije odjevnih sustava 1, 4, 7 i 8 te dobivenih vrijednosti prosječne ponderirane temperature kože.

5.12 Analiza termograma snimljenih termografskim sustavom FLIR ThermaCAM^{TM} P65

Obradom snimljenih termograma pri istim uvjetima okoliša kojima su utvrđivanje izolacijske vrijednosti muških odjevnih predmeta i sustava utvrđeno je kako se metodom infracrvene termografije ne mogu precizno utvrditi strujanja topline kroz vratni izrez i orukvice muških jakni iz unutrašnjosti mikroklime. Razlog tomu je gotovo ista vrijednost emisijskog faktora površine promatranog objekta i površinskog sloja zraka. Međutim obrada termograma omogućuje jasan uvid u raspodjelu temperaturnih vrijednosti na površini promatranih objekata i razlog promjena njihovih vrijednosti [182]. Kao što je vidljivo u Tab. 112 niže vrijednosti minimalnih temperatura i više ukupne vrijednosti maksimalnih temperatura, utvrđene su kada je ispitanik bio odjeven u užu mušku jaknu modela letačke vjetrovke s manjim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije. S obzirom da je jakna uža, dolazi do nalijeganja veće površine odjevnog predmeta uz ljudsko tijelo, a time i do značajnijeg prijenosa topline kondukcijom.

Manji prijenos topline kondukcijom prisutan je kod nošenja širih odjevnih predmeta, u ovom slučaju istog modela jakne s većim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije. Ovdje je manja mogućnost nalijeganja odjevnog predmeta na tijelo ispitanika i izravnog kontakta površine odjevnih predmeta uz tijelo ispitanika. Toplina se s tijela ispitanika oslobađa u mikroklimu oko tijela putem radijacije i konvekcije. Kako je razlika između temperature tijela i okolnih slojeva odjeća relativno mala, slojevi odjeće se sporije zagrijavaju u neutralnim uvjetima okoliša pa se bilježe niže vrijednosti maksimalnih temperatura površine jakne.

Više vrijednosti minimalnih temperatura karakterističnih točaka na površini stražnjih dijelova jakne, posljedica su kompresije na stražnjem dijelu prilikom sjedenja ispitanika leđima naslonjenim na naslon stolice.

Također je potvrđeno kako uslijed vertikalnog strujanja zraka unutar mikroklime tijela prema višim razinama unutrašnjosti, najviše temperature možemo zabilježiti u ramenom predjelu jakne.

5.13 Analiza rezultata višefaktorske analize

Na temelju provedenih istraživanja pokušala se utvrditi korelacija između osjećaja toplinske ugode pri nošenju odjeće i karakteristika odjevnih predmeta i sustava. Linearnom višefaktorskom regresijskom analizom utvrđeni su slijedeći međuodnosi ovisnosti mase i površine odjevnih predmeta o utvrđenim vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava. Analiza je provedena na vrijednostima utvrđenim za odjevne sustave 1 (kombinacija bez jakne), 4 (model jakne letačke vjetrovke), 7 i 8 (model jakne nautičarske vjetrovke). Utvrdila se je korelacija između realizacije odjevnog predmeta i utjecaja početnih konstrukcijskih parametara pri izradi krojeva odjeće na njezina toplinska svojstva.

Korelacijska matrica, Tab. 121, pokazuje gotovo potpunu korelaciju površine muške jakne, težine muške jakne prije i nakon ispitivanja i vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava [clo], a višefaktorskom analizom dobiveni su slijedeći izrazi međuovisnosti:

$$m_{clo,\ prije\ ispitivanja} = -0{,}1903 + 0{,}52 \cdot I_{cle} + 3{,}7741 \cdot 10^{-5} \cdot P_{clo}$$

$$m_{clo,\ nakon\ ispitivanja} = -0{,}1903 + 0{,}52 \cdot I_{cle} + 3{,}7741 \cdot 10^{-5} \cdot P_{clo}$$

Toplinska svojstva ispitivana su egzaktnim mjerenjima primjenom suvremenih mjernih sustava za određivanje toplinskih svojstava odjeće u statičkim i dinamičkim uvjetima, te se na temelju standardiziranih subjektivnih metoda ocijenio osjećaj toplinske ugode pri nošenju odjeće, kako bi se pronašla korelacija između početnih uvjeta pri tehničkom projektiranju odjeće i toplinskih svojstava odjeće kao gotovog uporabnog predmeta.
Korelacijskom matricom (Tab. 122) dobivene su slijedeće vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije pri višefaktorskoj regresiji:

- $r = 0{,}09$ za odnos ocjena ugodnosti ili udobnosti odjeće u odnosu na količinu izlučenog znoja za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19$°C što upućuje na malu linearnu povezanost

- $r = 0{,}23$ za odnos ocjena ugodnosti ili udobnosti odjeće u odnosu prosječnu ponderiranu temperaturu kože za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19℃$ što upućuje na slabu linearnu povezanost
- $r = 0{,}45$ za odnos ocjena ugodnosti ili udobnosti odjeće u odnosu na prosječnu vrijednost pulsa za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19℃$ što upućuje na srednje jaku linearnu povezanost
- $r = 0{,}09$ za odnos ocjena ugodnosti ili udobnosti odjeće u odnosu gubitak težine za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19℃$ što upućuje na malu linearnu povezanost
- $r = 0{,}18$ za vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava tijekom testiranja pri $t_a = 19℃$ što upućuje na malu linearnu povezanost

Ostale vrijednosti Pearsonovog koeficijent korelacije utvrđene su:

- $r = 0{,}39$ za odnos količine izlučenog znoja u odnosu na prosječnu ponderiranu temperaturu kože za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19℃$ što upućuje na srednje slabu linearnu povezanost
- $r = 1{,}00$ za odnos količine izlučenog znoja u odnosu na gubitak težine ispitanika za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19℃$ što upućuje na jaku linearnu povezanost
- $r = 0{,}75$ za odnos prosječne ponderirane temperature kože za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika u odnosu na vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta tijekom testiranja pri $t_a = 19℃$ što upućuje na srednje jaku linearnu povezanost
- Slaba linearna korelacija utvrđena je za sve ostale odnose među varijablama

Sl. 118 prikazuje raspršeni dijagram ovisnosti fizioloških reakcija ispitanika za vrijeme faze hoda pri $t_a = 19℃$ u odnosu na vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava. Odnosi su prikazani linearnom korelacijom kako slijedi:

$Prosječna\ ponderirana\ temperatura\ kože = 29{,}0349 + 8{,}971 \cdot I_{cle}$, uz značajnost $p = 0{,}0046$, pa prihvaćamo hipotezu kako aritmetičke sredine promatranih skupova podataka nisu jednake i možemo zaključiti kako postoji statistički značajnost utjecaja međuodnosa vrijednosti efektivne toplinske izolacije i prosječne ponderirane temperature kože u fazi hoda, a $r^2 =$

0,5693 pa poznavanje vrijednosti efektivne toplinske izolacije pruža dovoljno dokaza kojima bi predvidjeli vrijednosti prosječne ponderirane temperature kože.

Za ostale varijable je dokazano kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake i možemo zaključiti kako ne postoji statistički značajnost utjecaja međuodnosa vrijednosti efektivne toplinske izolacije i ostalih fizioloških reakcija (količina izlučenog znoja, prosječna vrijednost pulsa i gubitak mase ispitanika) u fazi hoda jer su r^2-vrijednosti bliske 0 pa poznavanje vrijednosti efektivne toplinske izolacije na pruža dovoljno dokaza kojima bi predvidjele fiziološke reakcije ispitanika za vrijeme fizičke aktivnosti (drugim riječima podaci su jako raspršeni).

$$Količina\ izlučenog\ znoja = 206{,}343 - 185{,}526 \cdot I_{cle},\ p = 0{,}1534;\ r^2 = 0{,}1927,$$

$$Prosječna\ vrijednost\ pulsa = 127{,}8298 + 35{,}7377 \cdot I_{cle},\ p = 0{,}8775;\ r^2 = 0{,}0025,$$

$$Gubitak\ mase\ ispitanika = 231{,}0636 - 185{,}522 \cdot I_{cle},\ p = 0{,}7127;\ r^2 = 0{,}0141,$$

Kako su vrijednosti koeficijenata determinacije (r-kvadratne vrijednosti) niske uz p-vrijednosti veće od 0,05 ne možemo s preciznošću odrediti odnos između nezavisnih i zavisnih varijabli jer je promatrani uzorak vrijednosti premalen, a i velika je varijabilnost podataka.

Potom je analiziran odnos ocjena kojima se ispituje zadovoljstvo odjećom/okolišem/vlastitim subjektivnim stanjem u fazi hoda pri $t_a = 19$℃ i parametri odjeće:

$$Zadovoljstvo\ odjećom\ u\ fazi\ hoda = 2{,}1751 - 5{,}6774 \cdot I_{cle} + 1{,}9711 \cdot m_{clo}$$

$$Zadovoljstvo\ odjećom\ u\ fazi\ hoda = 1{,}7572 - 4{,}5402 \cdot I_{cle} + 7{,}3339 \cdot 10^{-5} \cdot P_{clo}$$

$$Zadovoljstvo\ okolišem\ u\ fazi\ hoda = 2{,}7275 - 7{,}1998 \cdot I_{cle} + 1{,}7644 \cdot m_{clo}$$

$$Zadovoljstvo\ okolišem\ u\ fazi\ hoda = 2{,}9468 - 7{,}7402 \cdot I_{cle} + 8{,}0262 \cdot 10^{-5} \cdot P_{clo}$$

$$Zadovoljstvo\ osobnim\ stanjem\ u\ fazi\ hoda = 1{,}1403 - 3{,}0164 \cdot I_{cle} + 0{,}5509 \cdot m_{clo}$$

$$Zadovoljstvo\ osobnim\ stanjem\ u\ fazi\ hoda = 1{,}2498 - 3{,}2929 \cdot I_{cle} + 2{,}6068 \cdot 10^{-5} \cdot P_{clo}$$

Korelacijskom matricom (Tab. 123) dobivene su slijedeće vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije pri višefaktorskoj regresiji:

- $r = 1{,}00$ za odnos površine odjevnog predmeta (muške jakne) u odnosu na masu odjevnog predmeta što upućuje na jaku linearnu povezanost
- $r = 1{,}00$ za odnos površine odjevnog predmeta (muške jakne) u odnosu zadovoljstvo osobnim stanjem za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19$°C što upućuje na jaku linearnu povezanost
- $r = -0{,}15$ za odnos površine odjevnog predmeta (muške jakne) u odnosu na zadovoljstvo odjećom za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19$°C što upućuje na slabu negativnu linearnu povezanost
- $r = 0{,}44$ za odnos površine odjevnog predmeta (muške jakne) u odnosu na zadovoljstvo okolišem za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19$°C što upućuje na srednje jaku linearnu povezanost
- $r = 0{,}30$ za odnos površine odjevnog predmeta (muške jakne) u odnosu na vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava pri $t_a = 19$°C što upućuje na slabu linearnu povezanost
- $r = 1{,}00$ za odnos mase odjevnog predmeta (muške jakne) u odnosu zadovoljstvo osobnim stanjem za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19$°C što upućuje na jaku linearnu povezanost
- $r = -0{,}17$ za odnos mase odjevnog predmeta (muške jakne) u odnosu na zadovoljstvo odjećom za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19$°C što upućuje na slabu negativnu linearnu povezanost
- $r = 0{,}44$ za odnos mase odjevnog predmeta (muške jakne) u odnosu na zadovoljstvo okolišem za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19$°C što upućuje na srednje jaku linearnu povezanost
- $r = 0{,}27$ za odnos mase odjevnog predmeta (muške jakne) u odnosu na vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava pri $t_a = 19$°C što upućuje na slabu linearnu povezanost

- $r = 0{,}27$ za odnos vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u odnosu zadovoljstvo osobnim stanjem za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19℃$ što upućuje na slabu linearnu povezanost
- $r = 0{,}13$ za odnos vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u odnosu na zadovoljstvo odjećom za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19℃$ što upućuje na slabu linearnu povezanost
- $r = 0{,}79$ za odnos vrijednost efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u odnosu na zadovoljstvo okolišem za vrijeme trajanja fizičke aktivnosti ispitanika tijekom testiranja pri $t_a = 19℃$ što upućuje na jaku linearnu povezanost

Korelacijska matrica utjecaja efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava mjerene termalnim manekenom u dinamičkim uvjetima pri $\mathrm{t_a} = 19℃$ [clo], procijenjene udobnosti odjeće i odjeće koju bi ispitanik želio nositi, Tab. 124, pokazala je negativnu jaku linearnu korelaciju $(-0{,}91)$ između varijabli *Odjeća koju bi ispitanik želio nositi* i *Procijenjena udobnost odjeće*. *Procijenjena udobnost odjeće* i efektivna toplinska izolacija odjevnih sustava pokazuju srednje jaku korelaciju $(0{,}44)$, a mala slaba negativna korelacija $(-0{,}32)$ dobivena je usporedbom vrijednosti *Odjeća koju bi ispitanik želio nositi* i efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava, čime možemo zaključiti kako su ispitanici bili zadovoljni nošenim odjevnim sustavima.

$$Procjenjena\ udobnost\ odjeće\ u\ fazi\ hoda = -1{,}0927 + 3{,}0296 \cdot I_{cle} - 2{,}198 \cdot odjeća\ koju\ bi\ ispitanik\ želio\ nositi$$

Na ovaj su način prikazani utjecaji okoliša, fizioloških reakcija organizma ispitanika i odjeće na subjektivno stanje ispitanika. Linearni odnosi ocjena, kojima su ispitanici procijenili zadovoljstvo osobnim stanjem, odjećom i okolišem tijekom izvođenja fizičke aktivnosti pri istim uvjetima ispitivanja efektivne izolacije odjevnih sustava termalnim manekenom, prikazani linearnom korelacijom kako slijedi (Sl. 119):

$Zadovoljstvo\ osobnim\ stanjem\ u\ fazi\ hoda = 0{,}1907 - 0{,}511 \cdot I_{cle}$, uz značajnost $p = 0{,}4424$, pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake i možemo zaključiti kako ne postoji statistički značajnost utjecaja međuodnosa vrijednosti efektivne toplinske izolacije i zadovoljstva osobnim stanjem u fazi hoda jer je $r^2 = 0{,}06$ pa poznavanje vrijednosti efektivne toplinske izolacije ne pruža dovoljno dokaza kojima

bi predvidjeli vrijednosti ocjena ispitanika o zadovoljstvu osobnim stanjem (drugim riječima podaci su jako raspršeni).

$Zadovoljstvo\ odjećom\ u\ fazi\ hoda = -1{,}2225 + 3{,}2864 \cdot I_{cle}$, uz značajnost $p = 0{,}5805$, pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake i možemo zaključiti kako ne postoji statistički značajnost utjecaja međuodnosa vrijednosti efektivne toplinske izolacije i zadovoljstva odjećom u fazi hoda jer je $r^2 = 0{,}03$ pa poznavanje vrijednosti efektivne toplinske izolacije na pruža dovoljno dokaza kojima bi predvidjeli vrijednosti ocjena ispitanika o zadovoljstvu odjećom (drugim riječima podaci su jako raspršeni).

$Zadovoljstvo\ okolišem\ u\ fazi\ hoda = -0{,}3138 + 0{,}8242 \cdot I_{cle}$, uz značajnost $p = 0{,}1778$, pa prihvaćamo hipotezu kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake i možemo zaključiti kako ne postoji statistički značajnost međuodnosa vrijednosti efektivne toplinske izolacije i zadovoljstva okolišem u fazi hoda jer je $r^2 = 0{,}0316$ pa poznavanje vrijednosti efektivne toplinske izolacije ne pruža dovoljno dokaza kojima bi predvidjeli vrijednosti ocjena ispitanika o zadovoljstvu okolišem (drugim riječima podaci su jako raspršeni).

Kako su vrijednosti koeficijenata determinacije (r-kvadratne vrijednosti) niske uz p-vrijednosti veće od 0,05 ne možemo s preciznošću odrediti odnos između nezavisnih i zavisnih varijabli jer je promatrani uzorak vrijednosti premalen, a i velika je varijabilnost odgovora ispitanika. S druge strane, svi su ispitanici bili posve zadovoljni svojim odjevnim sustavima, okolišem i osobnim stanjem u fazi mirovanja uz mala odstupanja od prosječne ocjene 0 (toplinska neutralnost odnosno zadovoljstvo) u fazi hoda. Time možemo zaključiti kako su konstruirane i izrađene jakne u potpunosti adekvatne za predviđene okolišne uvjete prohladnih okoliša.

Faktorska analiza je skup matematičko-statističkih postupaka koji omogućuju da se u većem broju varijabli, među kojima postoji povezanost, utvrdi manji broj temeljnih varijabli koje objašnjavaju takvu međusobnu povezanost. Te temeljne varijable nazivaju se faktori. Višefaktorskom analizom dobiveni su linearne ovisnosti prosječnih ocjena ispitanika u fazama gibanja i mirovanja o vrijednostima I_{cle}u statičkim i dinamičkim uvjetima pri $t_a = 10℃$, 15℃ i 20℃, Tab. 125.

ZAKLJUČCI

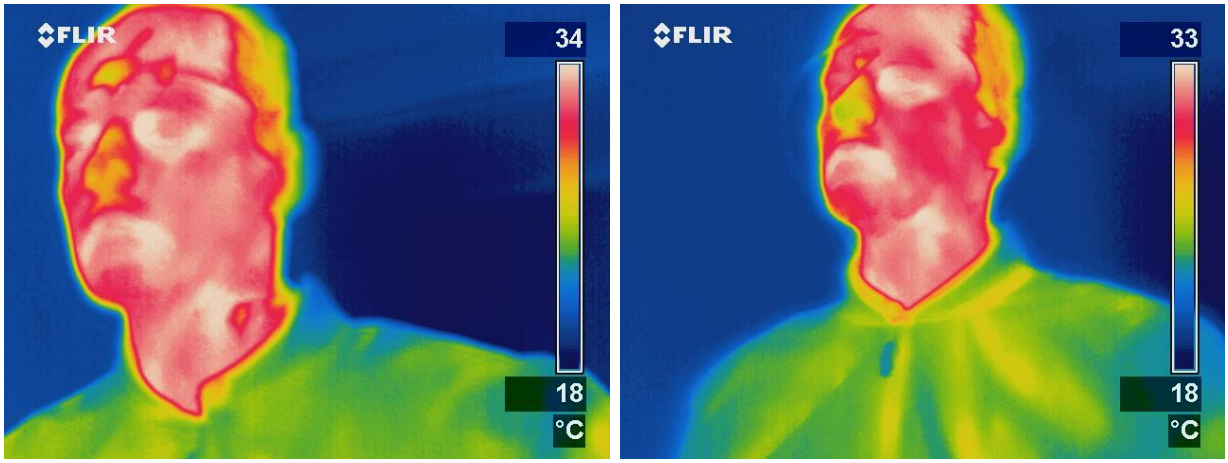
6 Zaključci

Termofiziološka ugodnost je direktno povezana s fiziološkim procesima u ljudskom tijelu i rezultat je toplinske razmjene između ljudskog tijela, odjevnog sustava i okoliša. Može se procijeniti mjerenjem fizioloških odgovora tijela ispitanika prilikom nošenja odabranih muških jakni i odjevnih sustava. Procjena termofiziološke ugodnosti koju ljudskom tijelu pruža odjeća izvodi se ispitivanje u nekoliko faza. U prvoj se fazi utvrđuju parametri tkanina od kojih se izrađuje odjevni predmet, u drugoj se fazi pristupa biofizičkoj analizi odjevnih sustava (ispitivanja termalnim manekenom), a treća faza se sastoji od ispitivanja pomoću ljudskih ispitanika pri kontroliranim ispitivanjima u klima komori. U trećoj se fazi pristupa utvrđivanju subjektivne percepcije pomoću skala procjene. Na taj se način ispituju uvjeti realnog nošenja odjevnih sustava i dobivaju se praktične informacije zadovoljstva korisnika.

Rezultati ispitivanja toplinskih karakteristika odjevnih predmeta i odjevnih sustava u kojima su te muške jakne osnovni element je pokazalo kako iznos konstrukcijskog dodatka komocije, odnosno povećanje volumena mikroklime modela letačke vjetrovke, ne utječe značajno na vrijednost efektivne i ukupne toplinske izolacije, a bazična toplinska izolacija ovisi o površini odjevnih predmeta pa se stoga i razlikuje u većoj mjeri u odnosu na vrijednosti dobivene mjerenjima termalnim manekenom.

Utvrđene vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta mjerenjima termalnim manekenom u mirovanju, (I_{clu}) kretale su se u rasponu od 0,0728 do 0,0826 $\mathrm{m^2K/W}$ za model letačke vjetrovke, te u rasponu od 0,0649 do 0,1668 $\mathrm{m^2K/W}$ za model nautičarske vjetrovke. t-testom izmjerenih vrijednosti efektivne toplinske izolacije modela letačke vjetrovke s različitim iznosima konstrukcijskog dodatka komocije je dokazano kako postoji statistički značajna razlika kada se iznos konstrukcijskog dodatka komocije povećava za 4 cm (između MJ 1 i 2, te muške jakne 3 i 4). Statistički značajna razlika u vrijednostima efektivne toplinske izolacije nije uočena pri povećanju iznosa konstrukcijskog dodatka komocije za 8 cm (između MJ 2 i 3), ali je uočena za povećanje iznosa konstrukcijskog dodatka komocije za 12 cm (između MJ 1 i 3, te MJ 2 i 4) i 16 cm (između MJ 1 i MJ 4). Time je djelomično dokazana prva podhipoteza da će se dodavanjem veće vrijednosti iznosa konstrukcijskog dodatka komocije povećavati i vrijednost efektivne toplinske izolacije muške jakne izmjerena termalnim manekenom. Povećanjem iznosa konstrukcijskog dodatka komocije, vrijednosti efektivne toplinske izolacije će rasti do određene granice nakon koje se uočava pad vrijednosti. Pretpostavka je da pri velikim vrijednostima konstrukcijskog dodatka komocije dolazi do vertikalnog dizanja zraka uslijed slobodne konvekcije unutar mikroklime muške jakne i istjecanja topline kroz vratni izrez, Sl. 60 i 122. Ta

istjecanja zraka iz mikroklime odjevnih predmeta se povećavaju pri gibanju ispitanika jer dolazi do kompresije pojedinih dijelova jakne. Osim toga je uočeno kako se vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava, u dinamičkim uvjetima pri gibanju termalnog manekena, u kojima je osnovna komponenta varijanta modela letačke vjetrovke, malo razlikuju. Najveća je vrijednost efektivne toplinske izolacije zabilježena u odjevnom sustavu OS 2, čija letačka vjetrovka ima najmanji iznos konstrukcijskog dodatka komocije, a odjevni sustavi OS 3-5 imaju niže vrijednosti efektivne toplinske izolacije.



a) b)

Sl. 122 *Termogrami vratnog izreza kod ispitanika u fazi hoda a) letačka vjetrovka s najmanjim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije i b) letačka vjetrovka s najvećim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije*

Druga podhipoteza je da će se povećanjem duljine muške jakne, povećavati i vrijednost efektivne toplinske izolacije mjerene termalnim manekenom je dokazana ispitivanjima statistički značajnih razlika efektivne toplinske izolacije na modelu modularne nautičarske vjetrovke. Sa svakim povećanjem duljine jakne za 20 cm, uočene su statistički značajne razlike u vrijednostima efektivne toplinske izolacije pa se sa sigurnošću može kazati kako na toplinska svojstva muških jakni utječe ukupna duljina kroja.

Time je dokazana prva hipoteza da se prilagođavanjem konstrukcijskih parametra u procesu konstruiranja odjevnih predmeta (muškim jakni) može utjecati na konačna toplinska svojstva odjevnih predmeta.

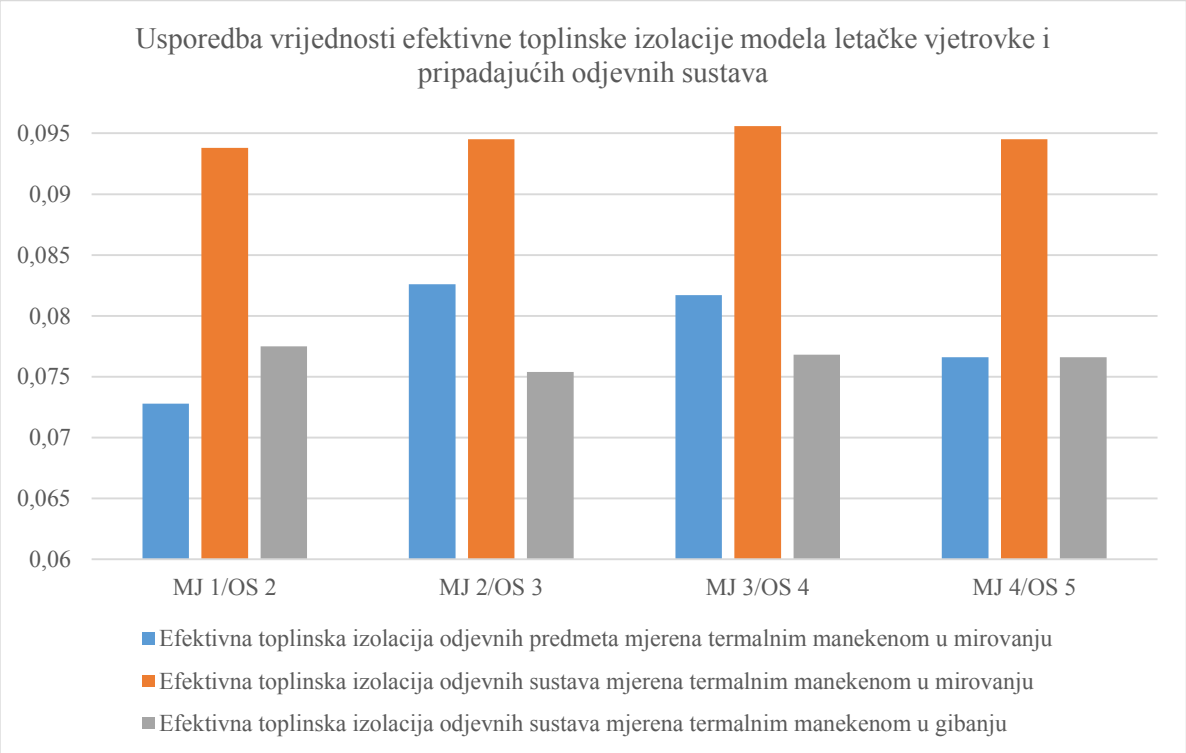
Potom se je pristupilo ispitivanju odjevnih sustava u stacionarnim uvjetima. Ispitivanja su provedena uporabom termalnog manekena u mirovanju pri istim uvjetima i okoliša kao i ispitivanje toplinskih svojstava odjevnih predmeta. Utvrđene vrijednosti efektivne izolacije odjevnih sustava mjerenjima termalnim manekenom u statičkim uvjetima, (I_{cle}) kretale su se u

rasponu od 0,094 do 0,096 m^2K/W za odjevne sustave u kojima je osnovni element bila jedna od varijanti modela letačke vjetrovke (najveća vrijednost I_{cle} izmjerena je na OS 4 s MJ 3). Vrijednosti efektivne izolacije odjevnih sustava mjerenjima termalnim manekenom u mirovanju, (I_{cle}) s jaknom modela nautičarske vjetrovke uz dodavanje modularnih nastavaka za promjenu duljine kroja, kretale su se u rasponu od 0,091 do 0,120 m^2K/W pri čemu su se vrijednosti efektivne toplinske izolacije povećavale dodavanjem jakne veće duljine. T testom je pokazano kako uz razinu rizika $p<0,05$ možemo zaključiti da ne postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 2 i I_{cle} OS 3. Također je utvrđeno kako ne postoji statistički značajna razlika između I_{cle} OS 3 i I_{cle} OS 4, između I_{cle} OS 4 i I_{cle} OS 5. Drugim riječima, kod odjevnih sustava kod kojih je jedan od odjevnih predmeta bila letačka vjetrovka, pri čemu se je svaki odjevni sustav razlikovao u modelu letačke vjetrovke s povećanim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije, nisu dokazane statistički značajne razlike u vrijednostima efektivne toplinske izolacije. Međutim, razlog tomu je uključivanje svih segmenata termalnog manekena u rad. Utjecaj iznosa konstrukcijskog dodatka komocije je bio dokazan pri ispitivanjima termalnim manekenom u statičkim uvjetima kada su u rad bili uključeni samo segmenti gornjeg dijela tijela manekena. To možemo objasniti time što su toplinski gubici u donjem dijelu tijela, koji nije bio zaštićen jaknom bili povećani. Dokaz tome je i statistički značajna razlika između OS 1 i OS 2, pri čemu su se uspoređivale statistički značajne razlike u vrijednostima odjevne izolacije kada je ispitanika odjeven bez jakne (OS 1) i sa jaknom (OS 2). Između I_{cle} OS 5 i I_{cle} OS 6 također nisu bile dokazane statistički značajne razlike jer se uspoređeni odjevni sustavi, pri čemu OS 5 sadrži letačku vjetrovku duljine 58 cm, a OS 6 sadrži nautičarsku vjetrovku duljine 48 cm. Ostali promatrani skupovi podataka pokazali su statistički značajne razlike između izmjerenih vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava (I_{cle}). Time se dolazi do zaključka kako se povećanjem duljine muških jakni i pokrivanjem veće ukupne površine tijela manekena značajnije povećava efektivna toplinska izolacija odjevnih sustava u statičkim uvjetima.

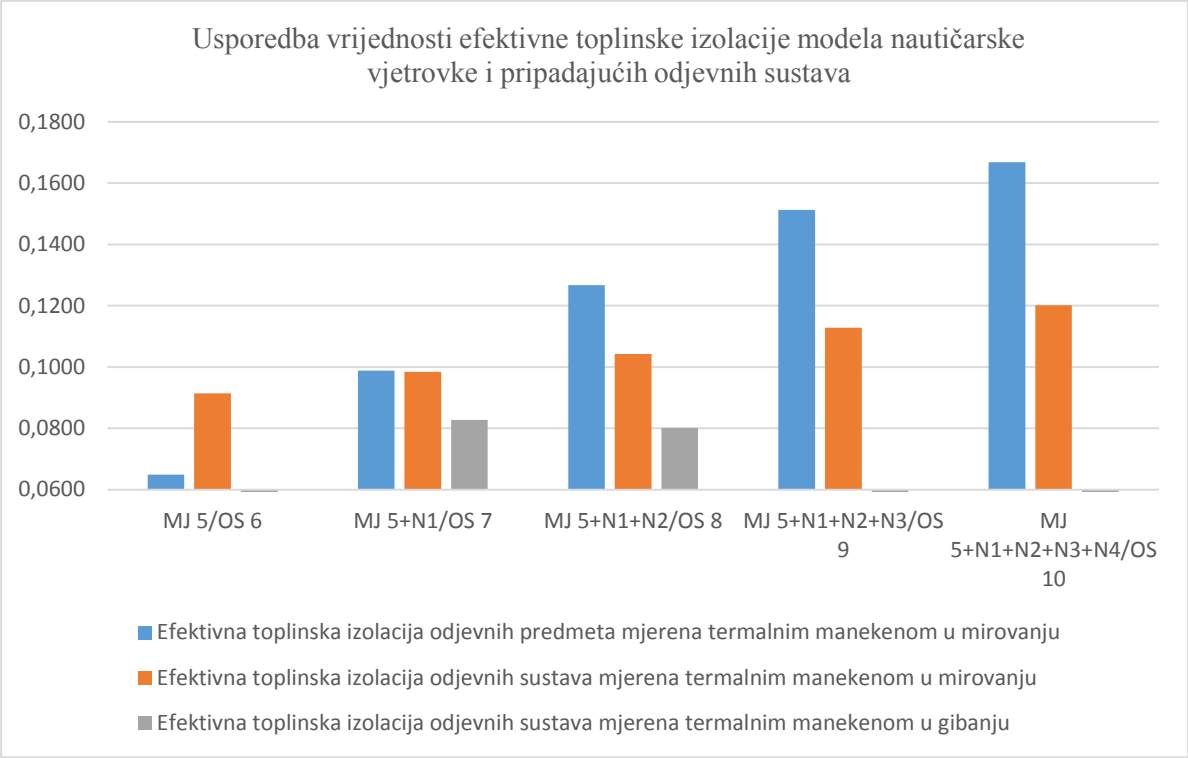
Ispitivanja uporabom termalnog manekena u pokretu (dinamički uvjeti) su provedena na odjevnim sustavima OS 1 do 5 te 7 i 8. Utvrđene vrijednosti efektivne izolacije odjevnih sustava mjerenjima termalnim manekenom u dinamičkim uvjetima, (I_{cler}) kretale su se u rasponu od 0,075 do 0,078 m^2K/W za odjevne sustave u kojima je osnovni element bila jedna od varijanti modela letačke vjetrovke. Vrijednosti efektivne izolacije odjevnih sustava mjerenjima termalnim manekenom u gibanju, (I_{cler}) s jaknom modela nautičarske vjetrovke uz dodavanje modularnih nastavaka za promjenu duljine kroja, imale su vrijednost oko 0,08 m^2K/W (izmjerena je efektivna toplinska izolacija samo OS 7 i OS 8 jer sadrže model nautičarske jakne čija duljina

osigurava nesmetano kretanje u uvjetima plovidbe i rada na brodu). Ponovno je utvrđeno kako kod odjevnih sustava kod kojih je jedan od odjevnih predmeta bila letačka vjetrovka, pri čemu se je svaki odjevni sustav razlikovao u modelu letačke vjetrovke s povećanim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije, nisu dokazane statistički značajne razlike u vrijednostima efektivne toplinske izolacije. Najveću vrijednost efektivne toplinske izolacije pokazali su odjevni sustavi 7 i 8, ali je t-testom dokazano kako su aritmetičke sredine promatranih skupova podataka jednake.

Vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta u statičkim uvjetima kretale su se u rasponu od 0,0732 do 0,167 m^2K/W, dok su se vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkim uvjetima kretale u rasponu od 0,094 do 0,120 m^2K/W. Time je utvrđeno kako su izmjerene vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta manje od vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava, u kojima je taj odjevni predmeta jedna od komponenti. U dinamičkim uvjetima, uočen je pad vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava, a izmjerene vrijednosti bile su niže od vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta, Sl. 123 i 124.



Sl. 123 *Usporedba vrijednosti (I_{clu}) modela letačke vjetrovke s različitim dodacima za duljinu kroja i vrijednosti odjevnih sustava u statičkim (I_{cle}) i dinamičkim uvjetima (I_{cler})*



Sl. 124 *Usporedba vrijednosti (I_{clu}) modela nautičarske vjetrovke s različitim dodacima za duljinu kroja i vrijednosti odjevnih sustava u statičkim (I_{cle}) i dinamičkim uvjetima (I_{cler})*

Ispitivanja subjektivne percepcije i zadovoljstva te ispitivanje fizioloških parametara, s primarnim ciljem ocjenjivanja odabranih odjevnih sustava u koje su ispitanici bili odjeveni, provedena je na Univerzi v Mariboru, Fakulteta za strojništvo. Provedena su laboratorijska istraživanja pri kontroliranim uvjetima okoliša unutar klima komore. Ispitivanja su provedena u dvije serije ispitivanja (prva serija je uključivala tri seta uvjeta okoliša uz izmjenu ambijentalnih temperatura), a druga serija ispitivanja je uključivala i promjenu brzine strujanja vjetra, relativne vlažnosti i ambijentalne temperature u odnosu n prvu seriju ispitivanja.

Na temelju vrijednosti zabilježenih masa nagog tijela ispitanika prije i nakon mjerenja, te vaganjem svakog odjevnog predmeta prije i nakon ispitivanja, izračunate su razlike u masi kao posljedica znojenja. Rezultati izračuna su prikazani u tablicama za svaku fazu, sva četiri zadana seta okolišnih uvjeta i sve ispitivane odjevne sustave. Više prosječne vrijednosti izračunate pri okolišnim temperaturama $t_{a1} = 20$°C i $t_{a2} = 15$°C te $t_{a4} = 19$°C.

Analizom izmjerenih fizioloških parametara i provedenom višefaktorskom analizom je potvrđena druga hipoteza da postoji korelacija između vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta i fizioloških varijabli tijela (vrijednosti prosječne temperature kože tijela i relativne vlažnosti kože te gubitaka težine ispitanika), kojima se procjenjuje stupanj toplinske ugodnosti. Dokazana je korelacija između relativne vlažnosti kože ispitanika (RH_{sk} [%]) o promjenama

prosječne temperature kože ispitanika (t_{sk} [°C]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ [m^2 K/W]) pri različitim uvjetima okoliša. Dokazana je korelacija između promjena u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} [g]) o promjenama tjelesne mase ispitanika (Δm_g [g]) i promjenama mase odjevnih sustava (Δm_{os} [g]) pri različitim uvjetima okoliša i korelacija međuodnosa promjena mase odjevnih sustava (Δm_{os} [g]) o promjenama u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} [g]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ [m^2 K/W]) pri različitim uvjetima okoliša.

Također su ispitani utjecaji vrijednosti efektivne toplinske izolacije na promjene mase odjevnih predmeta uslijed difuzije znoja prilikom izvođenja fizičkih aktivnosti. Dokazana je korelacija između mase muških jakni (m_j [g]) o vrijednostima površina muških jakni (A_{clu} [cm^2]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije muških jakni (I_{clu} [m^2 K/W]) pri različitim uvjetima okoliša.

Ukupno najvišom prosječnom ocjenom u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije pri tri seta uvjeta okoliša, ocjenjen je odjevni sustav 5, kojemu je središnji odjevni predmet muška jakna modela letačke vjetrovke sa najvećim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije od 38 cm. Time je pokazano, kako unatoč objektivnim rezultatima ispitivanja toplinske izolacije odjevnih predmeta termalnim manekenom u kojoj su najviše vrijednosti efektivne toplinske izolacije utvrđene za muške jakne 2 i 3, modela letačke vjetrovke, pri statičkim uvjetima ispitivanja, odnosno odjevne sustave 3 i 4, u kojemu su osnovna komponenta te jakne, i pri statičkim i dinamičkim uvjetima ispitivanja, ispitanici najpovoljnijim ocjenjuju odjevni sustav 5, odnosno mušku jaknu 4 s najvišim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije. Najniže prosječne ocjene dane su pri nošenju OS 4 i pri procjeni osobnog stanja, odjeće i okoliša. Na temelju prikazanih rezultata možemo zaključiti kako osim objektivnih pokazatelja, pri procjeni odjevnih predmeta i sustava ipak valja uzeti u obzir i subjektivne ocjene ispitanika. Također možemo zaključiti kako je u procesu evaluacije odjevnih sustava za buduću specificiranu namjenu, potrebno izvesti ispitivanje pomoću ljudskih ispitanika kao proces potvrde optimalnih karakteristika odjevnih predmeta. Na temelju rezultata može se zaključiti kako na opće zadovoljstvo ispitanika ne utječu samo toplinske karakteristike odjevnog predmeta i njegovo objektivno ocjenjeno svojstvo pružanja optimalne toplinske zaštite, već i udobnost koju taj odjevni predmet pruža ispitaniku za vrijeme izvođenja aktivnosti mirovanja i gibanja. Letačke vjetrovke, izrađene u vojne svrhe, nisu se pretjerano mijenjale s obzirom na konstrukciju u zadnjih 65 godina, i uvijek su bile projektirane s velikim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije. Prva kratka jakna u vojnoj

uporabi bila A-1 jakna američkih zračnih snaga u uporabi od 1927. godine. 1930-ih je uvedena letačka vjetrovka, A-2 (eng. A2 bomber jacket), koja je u službenoj uporabi već 86 godina. Pri projektiranju takvih funkcionalnih odjevnih predmeta valja na umu imati udobnost koju će pri nošenju i izvođenju aktivnosti, takav odjevni predmet pružati svome nosiocu omogućavajući mu slobodu pokreta. Naravno da će ovisno o karakteristici koja se želi naglasiti, biti napravljen eventualnim kompromis između relativno više toplinske zaštite i udobnosti koju taj predmet pruža prilikom nošenja.

Analizom ocjena ispitanika pri vrednovanju subjektivne percepcije toplinske ugodnosti i višefaktorskom analizom dokazana je treća hipoteza da postoji korelacija između efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava i ocjena ispitanika kojima se procjenjuje stupanj toplinske ugodnosti. Pokazalo se kako će ispitanici biti zadovoljniji toplinskom zaštitom odjevnih sustava i davati pozitivnije ocjene u okolišima s većom temperaturom okolnog zraka nego u okolišima s nižom temperaturom okolnog zraka pri istim brzinama strujanja zraka. Analizom ocjena u prvoj seriji ispitivanja također je utvrđeno kako će u okolišima s nižim temperaturama zraka, ispitanici pokazivati više želje za promjenom toplinskih karakteristika odjeće i vlastitog toplinskog stanja, što je vidljivo u grafičkom prikazu prosječnih ocjena ispitanika na pitanje 2, 3, 5 i 6 (Sl. 80, 81, 82 i 83).

Analizom ocjena u drugoj seriji vrednovanja subjektivne percepcije utvrđeno je kako će u okolišima s blagom klimom i temperaturama koje su bliske postizanju toplinske neutralnosti, ispitanici biti kritičniji u ocjenjivanju udobnosti pri nošenju odjevnih predmeta nego toplinskom zaštitom koju ti predmeti pružaju. Na Sl. 87 vidljivo je kako su ispitanici prosječnom vrijednošću 0 (potpuna toplinska zaštita) ocijenili sve odjevne sustave, ali su prosječnom ocjenom 1 ocijenili udobnost odjevnih sustava u fazama mirovanja i gibanja (odjeća je ocijenjena kao udobna, ali ne i potpuno udobna).

S obzirom kako je u drugoj seriji ispitivanja fizioloških parametara i subjektivne percepcije, ukupno 5 senzora za mjerenje temperaturnih promjena i 4 senzora za mjerenje promjena relativne vlažnosti postavljeno u dvije vertikale u 2. i 3. mikroklimatski pojas, mogla se je provesti analiza strujanja zraka u mikroklimi koja se formira oko tijela i unutar odjevnih sustava u gornjem dijelu tijela. Na dijagramima se može uočiti kako dolazi do podudaranja izmjerenih vrijednosti temperatura u prednjoj i u stražnjoj vertikali, odnosno kako su ponekad vrijednosti temperature izmjerene vertikalno višim senzorima manje od vrijednosti na vertikalno nižim pozicijama. Međutim u drugoj fazi ispitivanja, kada su ispitanici u pokretu dolazi do jasnog vertikalnog profiliranja temperaturnih vrijednosti. Topli i zasićeni zrak se diže u više predjele unutar

mikroklime pa su senzori na vertikalno višim pozicijama zabilježili više vrijednosti temperatura i u prednjoj i u stražnjoj vertikali, Sl. 93 i 94.

Time je potvrđena pretpostavka da kada je ljudsko tijelo u pokretu, dolazi do vertikalnog gibanja zraka u mikroklimi odjevnog predmeta između slojeva odjeće i dokazana četvrta hipoteza. Volumen zračnih prostora se dinamički giba uslijed kompresije i dekompresije, koju pružaju pojedini dijelovi tijela u odnosu na odjeću. Kada se na jednom dijelu, tlači dio odjevnog predmeta, zrak spontano prelazi u drugi dio mikroklimatskog međuprostora i stvara se efekt vertikalnog dizanja toplije zraka u viša područja mikroklime, tzv. chimney efekt ili efekt dimnjaka.

Provedenim istraživanjima u okviru ovog doktorskog rada potvrđena je početna pretpostavka kako se primjenom metoda određivanja toplinskih svojstava odjeće s istodobnim subjektivnim vrednovanjem toplinske ugodnosti nošenjem odjeće pri različitim uvjetima okoliša simuliranih u klima komori, može utvrditi utjecaj različitih konstrukcijskih parametara na toplinska svojstva specifičnog odjevnog predmeta.

Odjevni predmeti i sustavi su važan faktor koji utječe na toplinsku ugodnost i razmjenu topline u sustavu tijelo-odjeća-okoliš.

Izolacijske karakteristike nekog kompleta odjeće su vezane uz izolacijske karakteristike svakog pojedinog odjevnog predmeta kombiniranog u taj komplet. Svaki odjevni predmet ima različite izolacijske vrijednosti, prekriva različite površine ljudskog tijela, ali ima različite površine s kojih se oslobađa toplina s tijela u okoliš. U kombinaciji pružaju različite distribucije izolacijskih karakteristika na samome tijelu, različita im je pristalost, pružaju različite kombinacije broja slojeva i brojnost zračnih džepova razmještenih unutar slojeva, itd. Odabirom različitih odjevnih predmeta i varijacijama u načinima kombiniranja, može se utjecati na izolacijske karakteristike odjeće, koja štiti ljudski organizam.

LITERATURA

7. Literatura

[1] *Collins English dictionary*. 12th ed. United Kingdom: HarperCollins Publishers Ltd. 2014. ISBN 9780007522743

[2] *ISO 14058:2004 Protective clothing - Garment for protection against cool environments*. ISO-International Organization for Standardization. 2004

[3] The Why of Cothes. ch. 1. In: Wolfe M. G. *Fashion!* 6th ed. pt. 1. Clothes and Fashion. The Goodheart-Willcox Inc. 2012. pp. 21-35. ISBN 9781605254630

[4] Eckman M., Wagner J. Aesthetic Aspects of the Consumption of Fashion Design: the Conceptual and Empirical Challenge. In: *Advances in Consumer Research*. vol. 22. eds. Kardes F. R., Sujan M. Provo, Utah: Association for Consumer Research. 1995. pp. 646-649

[5] Flügel J. C. *The Psychology of Clothes*. International Psycho-analytical Library. no.18. New York: AMS Press. 1976. ISBN 0404147216

[6] *Encyclopedia of clothing and fashion*. vol. 1. ed. Steele V. United States of America: Thomson Gale. 2005. ISBN 0684313944

[7] Lui C., Kennon R. Improving The Compromise Between Clothing Style And Dynamic Comfort From Sleeve Construction. *Research Journal of Textile and Apparel*. 2005. 9 (3). pp. 34-39. ISSN 1560-6074

[8] Geršak J., Marčič M. Složeni koncept projektiranja funkcionalne zaštitne odjeće. *Tekstil*. 2013. 62 (1-2). pp. 31-37. ISSN 0492-5882

[9] Geršak J. Wearing Comfort using body motion analysis, ch. 12. In: *Anthropometry, Apparel Sizing and Design*. eds. Gupta D., Zakaria N. Cambridge, United Kingdom: Woodhead Publishing Ltd. 2014. pp. 320-333. ISBN 9780857096814

[10] Geršak J., Grujić D. Vpliv oblačila na toplotno fiziološko udobje človeka pri različitih obrementivh in klimatskih pogojih. *Tekstilec*. 2003. 46 (7-8). pp. 183-190. ISSN 2350-3696

[11] Ashdown S., Dunne L. A study of automated custom fit: readiness of the technology for the apparel industry. *Clothing and Textiles Research Journal*. 2006. 24 (2). pp. 121-136. ISSN 0887-302X

[12] Bye E., LaBat K., DeLong M. Analysis of body measurement systems for apparel. *Clothing and Textiles Research Journal*. 2006. 24 (2). pp. 66-79. ISSN 0887-302X

[13] Petrak S, Mahnic M, Rogale D. Impact of Male Body Posture and Shape on Design and Garment Fit. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2015. 23 (6, 114). pp. 150-158. ISSN 1230-3666

[14] Ujević D., Rogale D., Hrastinski M. *Tehnike konstruiranja i modeliranja odjeće*. 2. izd. Zagreb, Hrvatska: Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet. 2004. ISBN 95371050162004

[15] Sohn, M. *Analysis of Upper Body Measurement Change Using Motion Capture*. Doctoral dissertation. Minnesota, United States of America: University of Minnesota. 2012

[16] Chen Y., Zeng X., Happiette M., Bruniaux P., Ng R., Yu W. A new method of ease allowance generation for personalization of garment design. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2008. 20 (3). pp. 161-173. ISSN 0955-6222

[17] Gioello D. A., Berke B. *Figure Types & Size Ranges*. New York: Fairchild Publications. 1979. ISBN 9780870052910

[18] Chen Y., Zeng X., Happiette M., Bruniaux P., Ng R., Yu W. Optimization of Garment Design using Fuzzy Logic and Sensory Evaluation Techniques. In: *Fuzzy Logic, Soft Computing and Computational Intelligence: Proceedings of 11th International Fuzzy Systems Association World Congresses.* vol. 3. eds. Liu Y., Chen G. & Ying M. Beijing, China: Tsinghua University Press and Springer. 2005. pp. 1765-1770. ISBN 7302113777

[19] Geršak J. Clothing Design and Fit Comfort Based on Body Motion In: *Proceedings of the 10th Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska*. ed. Sorak M. Banja Luka: University in Banja Luka, Faculty of Technology. 2013. pp. 369-378. ISBN 9789993854500

[20] Myers-McDevitt P. J. *Complete Guide to Size Specification and Technical Design*. New York, United States of America: Fairchild Books. 2009. ISBN 9781563678233

[21] Anand N. Patern engineering and functional clothing. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*. 2011. 36. pp. 358-365. ISSN 0971-0426

[22] Amirova Z. K., Sakulina O. V. *Izgotovlenie spetsialnoi i sportivnoi odezhdy*. Moskva, Russia: Legprombytizdat. 1985

[23] Miyoshi M., Hirokawa T. Study on Method of a Vacant Space distance in a Worn Jacket Clothing Pattern Design. *Journal of the Japan Research Association for Textile End-uses*. 2001. 42. pp. 233-241. ISSN 0037-2072

[24] Miyoshi M., Kim G. A. Measurment of Horizontal Section Figures of a Human Body by a Three-dimensional Human Body Measurement System. *Journal of the Japan Research Association for Textile End-uses*. 1999. 40. pp. 539-547. ISSN 0037-2072

[25] Hui W. Z. *A Study of Ease Distribution in Relation to Jacket Pattern Alternation*. Doctoral dissertation. Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University. 2007

[26] Burgo, F. *Il Modellismo - Tecnica del modello sartoriale alta moda e industriale donna – uomo – bambino/a*. Milano, Italy: Istituto professionale per la moda Burgo. 2004. ISBN 8890010150

[27] Slaviček J. *Konstrukcija odjeće za haljine, bluze, suknje, žensko i muško donje rublje*. Zagreb, Hrvatska: Samoupravna interesna zajednica odgoja i usmjerenog obrazovanja za tekstilnu industriju. 1977

[28] Aldrich W. *Metric pattern cutting for menswear*. 5th ed. Southern Gate, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd. 2011. ISBN 9781405182935

[29] Ujević D., Rogale D., Hrastinski M., Szirovicza L., Bačić J., Mencl-Bajs Z., Rudan P., Drenovac M., Mujkić A., Dragčević Z., Hrženjak R., Doležal K., Brlobašić Šajatović B., Karabegović I., Smolej Narančić N., Prebeg Ž., Pezelj D., Lazibat T., Akalović J., Vinković M., Petrunić I., Mimica Ž., Klanac I., Lešina I., Šutina M. *Hrvatski antropometrijski sustav - Rezultati antropometrijskih mjerenja muške populacije dobi od 18,5 do 82,0 godine starosti*. Zagreb: Zrinski d. d. 2006. ISBN: 9537105180

[30] *An Anthropometric Survey of 2000 Royal Air Force Aircrew, 1970/1971*, *R. & M. No. 3772*. eds. Bolton C. B., Kenward M., Simpson R. E., Turner G. M. London, United Kingdom: Ministry of Defence, Her Majesty's stationary Office. 1975

[31] *An Anthropometric Survey of 500 Royal Air Force Aircrew Heads, 1972. R. & M. No. 3773*. ed. Hobbs P. C. London, United Kingdom: Ministry of Defence, Her Majesty's stationary Office. 1975

[32] *The Application of Anthropometric Survey Data to Aircrew Clothing Sizing, Technical Report 840650. 1984*. ed. Aplin J. E. London, United Kingdom: Ministry of Defence, Royal Aircraft Establishment. 1984

[33] *Human Factors for Designers of Equipment, Part 2: Body Size, Issue 2. Defence standard 00-25. 1997*. Glasgow, United Kingdom: Ministry of Defence, Directorate of Standardization. 1997

[34] *Comparison of the Size of ADF Aircrew and US Army Personnel*. eds. Blanchonette P., Smith A. Commonwealth of Australia: Australian Government, Department of Defence, Aerospace Division. 2013

[35] *Design and Airworthiness Requirements for Service Aircraft, Vol. 2: Rotocraft, Defence standard, Issue 1. 00-970.* Glasgow, United Kingdom: Ministry of Defence, Directorate of Standardization. 1984

[36] *Rundschau für internationale Herrenmode mit DOB + haka praxis*. München, Germany: Rundschau – Verlag. 1986. 104 (10)

[37] Savelbeva I. N. *Hudožestvenno proektirovanie specodeždi deja rabočih gorjauih cehov*. Moskva, Russia: Legprombytizdat. 1988

[38] Moll M. J., Wright V. An objective clinical study of chest expansion. *Annals of the Rheumatic Diseases.* 1972. 31 (1). pp. 1-8. ISSN 1468-2060

[39] *Improving comfort in clothing*. ed. Song G. Cambridge, United Kingdom: Woodhead Publishing Ltd. 2011. ISBN 9781845695392

[40] *Clothing Biosensory Engineering*. eds. Li Y., Wong A. S. W. Boca Raton, Florida, United States of America: CRC Press, Taylor & Francis group and Cambridge, United Kingdom: Woodhead Publishing Ltd. 2006. ISBN-13: 9781855739253

[41] de Carli M., Olesen W. B., Zarrella A., Zecchin R. People's clothing behaviour according to external weather and indoor environment. *Building and Environment*. 2007. 42. pp. 3965–3973. ISSN 0360-1323

[42] Mattson Porth C. *Essentials of Pathophysiology, Concepts of altered health states*. 3rd ed. Philadelphia, United States of America: Lippincott Wiliams & Wilkins. 2011. ISBN 9781582557243

[43] *Handbook of non-invasive methods and the skin*. 2nd ed. eds. Serup J., Jemec G. B. E., Grove G. L. Boca Raton, Florida, United States of America: CRC Press,

Taylor & Francis group and Cambridge, United Kingdom: Woodhead Publishing Ltd. 2006. ISBN-13: 9781420003307

[44] Hensel H. *Thermoreception and temperature regulation*. London, United Kingdom: Academic Press. 1981. ISBN 0123412609

[45] Guyton A. C., Hall J. E. Body Temperature, Temperature Regulation, and Fever. ch. 73. In: *Textbook of Medical Physiology.* 11th ed. Philadelphia, United Sates of America: Elsevier Saunders. 2005. ISBN 9780721602400

[46] Huizenga C., Hui Z., Arens E. A model of human physiology and comfort for assessing complex thermal environments. *Building and Environment*. 2001. 36. pp. 691–699. ISSN 0360-1323

[47] Savourey G., Bittel G. Thermoregulatory changes in the cold induced by physical training in humans. *European Journal of Applied Physiology*. 1998. 78. pp. 379-384. ISSN 1439-6327. ISSN 8750-7587

[48] Goromosow M. S. *The physiological basis of health standards for dwellings*. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 1968

[49] Gagge A. P. A new physiological variable associated with sensible and insensible perspiration. *American Journal of Physiology*. 1937. 20 (2). pp. 277-287. ISSN 0363-6135. ISSN 0096-5294

[50] Berglund L. G., Cunningham D. J. Parameters of human discomfort in warm environments. *ASHRAE Transactions*. 1986. 92 (2). pp. 732-746. ISSN 0001-2505

[51] Berglund L. G. Common elements in the design and operation of thermal comfort and ventilation systems. *ASHRAE Transactions*. 1994. 100 (1). ISSN 0001-2505

[52] Winslow C. E. A., Herrington L. P., Gagge A. P. Relations between atmospheric conditions, physiological reactions and sensations of pleasantness. *American Journal of Hygiene*. 1937. 26 (1). pp. 103-115. ISSN 0096-5294

[53] Gonzalez R. R., Berglund L. G., Gagge A. P. Indices of thermoregulatory train for moderate exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*. 1978. 44 (6). pp. 889-899. ISSN 8750-7587

[54] Sawaka M. N. Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 24 (6). 1992. pp. 657-670. ISSN 0195-9131

[55] Wendt D., van Loon L. J. C., van Marken Lichtenbelt W. D. Thermoregulation during Exercise in the Heat. Strategies for Maintaining Health and Performance. *Sports Medicine*. 37 (8). pp. 669-682. ISSN 0112-1642

[56] *ASHRAE Handbook Fundamentals (SI ed.)*. Atlanta, United States of America: American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers Inc. 2005. ISBN 1931862702

[57] Wenger C. B. The regulation of Body Temperature. ch. 29. In*: Medical physiology*. 2nd ed. eds. Rhoades R. A., Tanner G. A. Philadelphia, United States of America: Lippincott Wiliams & Wilkins. 2003. ISBN 9780781719360

[58] *Endurance in sports. 2nd The Encyclopaedia of spots medicine. vol. 2*. ed. eds. Shephard R. J., Åstrand P. O. United Kingdom: Blackwell Science Ltd. 2000. ISBN 0632053488

[59] Deussen A. Hyperthermia and hypothermia. Effects on the cardiovascular system. *Der Anasesthesist*. 2007. 56 (9). pp. 907-911. ISSN 0003-2417

[60] Rugh J. P., Farrington R. B., Bharathan D., Vlahinos A., Burke R., Huizenga C., Zhang H. Predicting human thermal comfort in a transient nonuniform thermal environment. *European Journal of Applied Physiology*. 2004. 92 (6). pp. 721-727. ISSN 1439-6327

[61] Arens E., Zhang H. The skin's role in human thermoregulation and comfort. ch. 16. In: *Thermal and Moisture Transport in Fibrous Materials*. eds. Pan N., Gibson P. University of California, Berkeley, United States of America: Woodhead Publishing Ltd. 2006. pp. 560-602

[62] Sessler D. I. Perioperative thermoregulation, heat balance, and clinical outcomes, *Presentation at the 2nd International Meeting on Physiology and Pharmacology of Temperature Regulation*. Phoenix, Arizona, United States of America. 2006

[63] Benzinger T. H., Pratt A. W., Kitzinger C. The thermostatic control of human metabolic heat production. In: *Proceedings National Academy of Science. Naval Medical Research Institute and National Cancer Institute*. United States of America. 1961. vol. 47 (5). pp. 730-739

[64] Honjo T. Thermal Comfort in Outdoor Environment. *Global Environmental Research*. 2009. 13. pp. 43-47. ISSN 0959-3780

[65] Höppe P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*. 2002. 34. pp. 661-665. ISSN 0378-7788

[66] Budd G. M. Skin temperature, thermal comfort, sweating, clothing and activity of men sledging in Antartica. *Journal of physiology*. 1966. 186. pp. 201-215. ISSN 1469-7793

[67] Yao Y., Lian Z., Liu W., Shen Q. Experimental Study on Skin Temperature and Thermal Comfort of the Human Body in a Recumbent Thermal Environments. *Indoor and Built Environment*. 2007. 16 (6). pp. 505-518. ISSN 1420-326X

[68] Hensen J. L. M. Literature review on thermal comfort in transient conditions. *Building and environment*. 1990. 25 (4). pp. 309-316. ISSN 0360-1323

[69] Hardy J. D., Wolf H. G., Goodell H. *Pain sensations and reactions*. Baltimore: Williams and Wilkins. 1952

[70] Nagano K., Takaki A., Hirakawa M., Tochihara Y. Effects of ambient temperature steps on thermal comfort requirements. *International Journal of Biometeorology*. 2005. 50 (1). pp. 33-39. ISSN 1432-1254

[71] Parsons K. *Human thermal environments. The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance*. 3rd ed. Boca Raton, Florida, United States of America: CRC Press, Taylor & Francis group. 2002. ISBN-13: 9781466596009

[72] *Bioengineering, Thermal Physiology and Comfort. Studies in Environmental Science 10.* eds. Cena K., Clark J. A. United States of America: Elsevier.1981. ISBN 044499761X

[73] Havenith G. *Individual Heat Stress Response*. Soesterberg, Netherlands: TNO Human Factors Research Institute and University Park, United States of America: Noll Physiological Research Center. 1997. ISBN 909010979X

[74] *Exercise and Sport Science*. eds. Garrett W. E., Kirkendall D. T. Philadelphia, United States of America: Lippincott Wiliams & Wilkins. 2000. ISBN 0683034219

[75] Daanen H. A. M. Aretrio-venous anastomoses and thermoregulation. TNO Report IZF B-12. Netherlands: TNO Institute for Perception Group: Thermophysiology. DO: B91–61. 1991

[76] Sherwood L. *Human Physiology from Cell to Systems*. 8th ed. Belmont, California, United States of America: Brooks/Cole. 2013. ISBN 9781111990411

[77] *Handbook of Obesity. Epidemiology, Etiology, and Physiopathology*. 3rd ed. vol. 1. eds. Bray G. A., Brouchard C. Boca Raton, Florida, United States of America: CRC Press, Taylor & Francis group. 2014. ISBN-13: 9781842145579

[78] *ASHRAE Handbook Fundamentals (SI ed.)*. ch. 8. Atlanta, United States of America: American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers. 2001. ISBN-10: 1883413885

[79] Feher J. *Quantitative human physiology: an introduction*. Academic press series in biomedical engineering. Boca Raton, Florida, United States of America: CRC Press, Taylor & Francis group. 2012. ISBN 9780123821638

[80] Cold exposure and hormonal secretion: a review. *International Journal of Curcumpolar Health*. 2002. 61. pp. 265-276. ISSN 1239-9736

[81] Geankoplis C. J. *Transport Processes and Separation Process Principles: Includes Unit Operations*. 4th ed. United States of America: Prentice Hall Professional Technical Reference. 2003. ISBN 9780131013674

[82] Annaratone D. *Engineering Heat Transfer*. London, United Kingdom: Springer. 2010. ISBN 9783642039317

[83] *Military textiles.* Woodhead Publishing in Textiles. no. 73. ed. Wilusz E. Boca Raton, Florida, United States of America: CRC Press, Taylor & Francis group and Cambridge, United Kingdom: Woodhead Publishing Ltd. 2002. ISBN 9781845692063

[84] Krmpotić-Nemanić J. *Anatomija čovjeka*. 5. izd. Zagreb, Hrvatska: Medicinska naklada. 1993. ISBN 953176011X

[85] Defrin R., Ohry A., Blumen N., Urca G. Sensory determinants of thermal pain. *Brain*. 2002. 125 (3). pp. 501-510. ISSN 0006-8950

[86] Guyton A. C., Hall J. E. Somatic Sensations: II. Pain, Headache and Thermal Sensations. ch. 48. In: *Textbook of Medical Physiology.* 11th ed. Philadelphia, United States of America: Elsevier Saunders. 2005. ISBN 9780721602400

[87] *The Encyclopaedia of Sports Medicine, Rehabilitation of sports injuries, Scientifica basis*. vol. 10. ed. Frontera W. R. Massachusetts, United States of America: Blackwell Science Ltd. 2003. ISBN 0632058137

[88] *ISO 9920:2009 Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble*. ISO-International Organization for Standardization. 2009

[89] *ANSI/ASHRAE Standard 55-2010 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. Atlanta, USA. 2010. ISSN 1041-2336

[90] *ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. ISO-International Organization for Standardization. 2005

[91] Fanger P. O. Assessment of man's thermal comfort in practice. *British Journal of Industrial Medicine*. 1973. 30. pp. 313-324. ISSN 0007-1072

[92] Kilic M., Kayanakli O., Yamankaradeniz R. Determination of required core temperature for thermal comfort with steady-state energy balance method. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 2006. 33. pp. 199–210. ISSN 0735-1933

[93] Zhang H., Huizenga C., Arens E., Wang D. Thermal sensation and comfort in transient non-uniform thermal environments. *European Journal of Applied Physiology*. 2004. 92. pp. 728-733. ISSN 1439-6327

[94] Auliciems A., Szokolay V. *Thermal comfort*. 2nd ed. Passive and low energy archicecture international. Queensland, United States of America: University of Queensland. 2007. ISBN 0867767294

[95] Havenith G., Holmer I., Parsons K. Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production. *Energy and Buildings*. 2002. 34. pp. 581-591. ISSN 0378-7788

[96] Huang J. Thermal parameters for assessing thermal properties of clothing. *Journal of Thermal Biology*. 2006. 31. pp. 461–466. ISSN 0306-4565

[97] Tuğrul Oğulata R. The Effect of Thermal Insulation of Clothing on Human Thermal Comfort. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2007. 15. (2, 61). ISSN 1230-3666

[98] van Hoof J., Mazej M., Hensen J. L. M. Thermal comfort: research and practice. *Frontiers in Bioscience*. 2010. 15 (2). pp. 765-78. ISSN 1093-9946

[99] Loftness V., Choi J. H., Hartkopf V., Mattern G., Dubrawski A. *Bio-sensing based adaptive thermal comfort controls*. Final report. Research grant. Center for Building Performance and Diagnostics, School of Architecture, Carnegie Mellon University. 2009

[100] Orosa García, J. A. A review of general and local thermal comfort models for controlling indoor ambiences. ch. 14. In: *Air Quality*. ed. Kumar A. Sciyo: INTECH Open Access Publisher. 2010. pp. 309-326. ISBN 9789533071312

[101] Leon G. R., Koscheyev V. S., Stone E. A. Visual analog scales for assessment of thermal perception in different environments. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2008. 79 (8). pp.784-786. ISSN 0095-991X

[102] Shimazaki Y., Yoshida A., Taketani S. Experimental Analysis of Human Thermal Condition During Outdoor Exercise under Summer Conditions. *Journal of Heat Island Institute International*. 2014. 9 (2). pp. 33-38. ISSN 2188-4056

[103] Parsons K. The Estimation of Metabolic Heat for Use in the Assessment of Thermal Comfort. In: *Proceedings of conference Moving Thermal Comfort Standards into the 21st Century*. Windsor, United Kingdom. 2001. pp. 301-308. ISBN 1873640331

[104] *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. 4th ed. vol. 2. ed. Stellman J. M. Geneva, Switzerland: International Labour Organization. 1998. ISBN 9221092038

[105] McCullough E., A., Jones B. W. *A comprehensive data base for estimating clothing insulation, IER technical report no. 84-01*. Kansas State University: Institute for Environmental Research. ASHRAE, Inc. 1984

[106] *ISO 11092:1993 Physiological effects – Measurement of thermal and water – vapour resistance under steady – state conditions (Sweating guarded – hotplate test)*. ISO-International Organization for Standardization. 1993

[107] NATO - STANAG 4364-2003: Waterproof Clothing. *North Atlantic Treaty Organization*. 2003-04-28

[108] *ISO 9237:1995 Textiles - Determination of the permeability of fabrics to air*. ISO-International Organization for Standardization. 1995

[109] *Engineering apparel fabrics and garments*. Woodhead Publishing in Textiles. no. 96. eds. Fan J., Hunter L. Boca Raton, Florida, United States of America: CRC Press, Taylor & Francis group and Cambridge, United Kingdom: Woodhead Publishing Ltd. 2009. ISBN 9781845691349

[110] Cheng Y., Niu J., Naiping G. Thermal comfort models: A review and numerical investigation. *Building and environment*. 2012. 47. pp. 13-22. ISSN 0360-1323

[111] *Lewis' dictionary of occupational and environmental safety and health*. ed. Vincoli J. Florida, United States of America: CRC Press LLC W. 2000. ISBN 1566703999

[112] Havenith G., Heus R., Lotens A. Resultant clothing insulation: a function of body movement, posture, wind, clothing fit and ensemble thickness. *Ergonomics*. 1990. 33 (1). pp. 67–84. ISSN 0014-0139

[113] *ISO 15831:2004 Clothing – Physiological effects – Measurement of thermal insulation by means of a thermal manikin*. ISO-International Organization for Standardization. 2004

[114] Wyon D. P. Use of thermal manikins in environmental ergonomics. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 1989. 15 (1). pp. 84-94. ISSN 0355-3140

[115] Pamuk O. Thermal manikins: An Overview. *e - Journal of New World Science Academy*. 2008. 3 (1)

[116] Oliviera A. V. M., Branco V. J., Gaspar A. R., Quintela D. A. Measuring thermal insulation of clothing with different manikin control methods. Comparative analysis of the calculation methods. In: *7th International Thermal Manikin and Modelling Meeting*. Coimbra: University of Coimbra. 2008

[117] Saville B. P. *Physical testing of textiles.* 1st ed. ch. 8: Comfort. Cambridge, United Kingdom: Woodhead Publishing Ltd. 1999. ISBN 9781855733671

[118] Lee Y., Hong K., Hong S. 3D quantification of microclimate volume in layered clothing for the prediction of clothing insulation. *Applied Ergonomics*. 2007. 38. pp. 349–355. ISSN 0003-6870

[119] Zhang Z., Li J. Volume of Air Gaps under Clothing and Its Related Thermal Effects. *Journal of Fiber Bioengineering & Informatics*. 2011. 4 (2). pp. 137-144. ISSN 1940-8676

[120] Konarska M., Sołtynski K., Sudoł-Szopińska I., Młoźniak D., Chojnacka A. Aspects of Standardization in Measuring Thermal Clothing Insulation on a Thermal Manikin. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2006. 14 (4, 58). pp. 58-63. ISSN 1230-3666

[121] *Thermal Manikins and Modelling*. 6th International Thermal Manikin and Modelling Meeting (6I3M). ed. Fan J. Hong Kong. 2006. ISBN 9623675348

[122] Konarska M., Sołtynski K., Sudoł-Szopińska I., Chojnacka A. Comparative Evaluation of Clothing Thermal Insulation Measured on a Thermal Manikin and on Volunteers. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2015. 15 (2, 61). pp. 73-79. ISSN 1230-3666

[123] Chen Y. S., Fan J., Qian X., Zhang W. Effect of Garment Fit on Thermal Insulation and Evaporative Resistance. *Textile Research Journal*. 2004. 74 (8). pp. 742-748. ISSN 0040-5175

[124] Parkova I., Vilumsone A. Microclimate of Smart Garment. *Materiālzinātne. Tekstila un apģērbu tehnoloģija. Scientific Journal of Riga Technical University*. 2011. 6. pp. 99-103. ISSN 16913132

[125] McCullough E. A., Wyon D. P. *Insulation Characteristics of Winter and Summer Indoor Clothing*. DC-83-11. No. 2. Atlanta, United States of America: American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers Inc. 1983.

[126] Gagge A. P., Burton A. C., Bazett H. C. A practical system of units for the description of heat exchange of man with his environment. *Science*. 1941. 94. pp. 428–430. ISSN 0036-8075

[127] Huang J., Xu W. A new practical unit for the assessment of the heat exchange of human body with the environment. *Journal of Thermal Biology*. 2006. 31. pp. 318–322. ISSN 0306-4565

[128] Havenith G. Clothing heat exchange models for research and application. In: *Proceedings of 11th International Conference on Environmental Ergonomics*. Ystad, Sweden. 2005. pp. 66-73

[129] Wan X., Fan J. A transient thermal model of the human body–clothing–environment system. *Journal of Thermal Biology*. 2008. 33. pp. 87–97. ISSN 0306-4565

[130] Rogale D., Firšt Rogale S., Špelić, I. *Development of the Measuring System for Analysing the Thermal Properties of Clothing*. In: 7th International Textile, Clothing & Design Conference–Magic World of Textiles. Dubrovnik, Croatia. 2014. pp. 322-327

[131] Goldman R. F., Kampmann B. *Handbook on Clothing, Biomedical Effects of Military Clothing and Equipment Systems*. 2nd ed. NATO: Research Study Group 7 on Bio-Medical Research Aspects of Military Protective Clothing. 2007

[132] Mann J. A., Ambrosiani V. J., Wilder C. D., Abdelfattah M. S. *Protective Clothing System for Cold Weather.* Greensboro, North Carolina, United States of America: Burlington Industries Inc. 1989

[133] Richards M. G. M., Rossi R., Meinander H., Broede P., Candas V., den Hartog E., Holmer I., Nocker W., Havenith G. Dry and Wet Heat Transfer Through Clothing Dependent on the Clothing Properties Under Cold Conditions. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2008. 14 (1). pp. 69–76. ISSN 1080-3548

[134] Wu H., Fan J. Study of heat and moisture transfer within multi-layer clothing assemblies consisting of different types of battings. *International Journal of Thermal Sciences*. 2008. 47. pp. 641–647. ISSN 1290-0729

[135] Lotens W. A., van de Linde F. J. G., Havenith G. *The effect of condensation in clothing on heat transfer*. Rep. No. 1990 B-5. Richmond, Virginia, United States of America. TNO Institute for perception. 1990

[136] Madden C. *Developments in Research and Testing of Clothing Worn in Polar Environments between 1960 and 2008*. Literary Review. University of Canterbury. New Zeland: Post graduate Certificate in Antarctic Studies. 2009/2010.

[137] *ISO 11079:2007 Ergonomics of the thermal environment-Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects*. ISO-International Organization for Standardization. 2007

[138] *ISO 342:2004 Protective clothing – Ensembles and garment for protection against cold*. ISO-International Organization for Standardization. 2004

[139] *ISO 811:1981 Textile fabrics - Determination of resistance to water penetration - Hydrostatic pressure test*. ISO-International Organization for Standardization. 1981

[140] Rogale D., Špelić I., Firšt Rogale S., Majstorović G. *Utvrđivanje toplinskog otpora PA i PES tekstilnih tvorevina u ovisnosti o broju i kombinaciji slojeva*. U: Zbornik radova 5. međunarodnog znanstvenog-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo 2012. Zagreb, Hrvatska: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet. 2012. pp. 215-220

[141] Rogale D., Nikolić G. *Mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava kompozita i odjeće*. P20130350A. Državni zavod za intelektualno vlasništvo. 2013

[142] Martinez I. Human thermal comfort.
web:
http://webserver.dmt.upm.es/~isidoro/Env/Human%20thermal%20comfort.pdf.
pristupljeno: siječanj 2015

[143] Frank S. M., Raja S. N., Bulcao C. F., Goldstein D. S. Relative contribution of core and cutaneous temperatures to thermal comfort and autonomic responses in humans. *Journal of Applied Physiology*. 86 (5). 1999. pp. 1588-1593. ISSN 8750-7587

[144] *Adaptive thermal comfort, Principles and practice*. eds. Nicol F., Humphreys M, Roaf S. New York, United States of America: Routledge, Taylor & Francis Group. 2012. ISBN9780415691598

[145] Gystad T., Bakkevig M. Correlation between different formulas for mean skin temperature and thermal comfort. In: *6th International Conference on Environmental Ergonomics*. ed. Frim J., Ducharme M. B., Tikuisis P. Montebello, Canada. 1994.

[146] *The work environment. Occupational Health Fundamentals*. vol. 1. ed. Hansen D. J. Boca Raton, Florida, United States of America: CRC Press Inc. and Lewis Publishers Inc. 1991. ISBN 0873713036

[147] Horie S., Tsutsui T., Sakata S., Monji K., Sogabe Y. Optimum room temperature during rest periods between repetitive exercise under heat stress. In: *Environmental Ergonomics. The ergonomics of Human Comfort, Health and Performance in Thermal Environment*. Elsevier Ergonomics Book Series. vol. 3. 1st ed. eds. Tochihara Y., Ohnaka T. 2005. United Kingdom: Elsevier Ltd. ISBN 0080444660

[148] *Pravilnik o letenju zrakoplova*, dio prvi Opće odredbe, NN 69/09. Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture

[149] *Olympus SZX Research Stereomicroscope System*. Manual. 2013

[150] *ISO 3801:1977 Textiles – Woven fabrics – Determination of mass per unit length and mass per unit area*. ISO-International Organization for Standardization. 1977

[151] *ISO 5084:1996 Textiles - Determination of thickness of textiles and textile products*. ISO-International Organization for Standardization. 1996

[152] *ISO 9237:1995 Textiles - Determination of the permeability of fabrics to air*. ISO-International Organization for Standardization. 1995

[153] Scott M. *Pattern cutting for clothing using CAD, How to use Lectra Modaris pattern cutting software*. Sawston, Cambridge, United Kingdom: The Textile Institute and Woodhead Publishing. 2012. ISBN 9780857092311

[154] Petrak S., Rogale D. Systematic representation and application of a 3D computer aided garment construction method, Part I. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2006. 18 (3). pp. 179–187. ISSN 0955-6222

[155] Petrak S., Rogale D. *Računalna 3D konstrukcija odjeće*. U: Zbornik radova 1. znanstveno-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo 2008. Zagreb, Hrvatska: Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet. 2008. pp. 195-198. ISBN 9789537105235

[156] *ISO 13402-1:2008 Size designation of clothes-Part 1: Terms, definitions and body measurement procedure*. ISO-International Organization for Standardization. 2008

[157] *ISO 13402-2:2002 Size designation of clothes-Part 2: Primary and secondary dimensions*. ISO-International Organization for Standardization. 2002

[158] *ISO 13402-3:2004 Size designation of Clothes, Part 3: Measurements and intervals*. ISO-International Organization for Standardization. 2004

[159] *ISO/TR 10652:1991 Technical report: Standard sizing system for clothes*, 1st ed. ISO-International Organization for Standardization. 1991

[160] Kawabata S., Niwa M., Ito K., Nitta N. Application of Objective Measurement to Clothing Manufacture. *International Journal of Clothing Science and* Technology. 1990. 48 (2). pp. 18-25. ISSN 0955-6222

[161] Geršak, J. *Objektivno vrednovanje plošnih tekstilija i odjeće*. Zagreb, Hrvatska: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet. 2014. ISBN 9789537105426

[162] *Standards for Thermal Comfort: Indoor air temperature standards for the 21st century*. ed. Nicol F., Humphreys M., Sykes O., Roaf S. London, United Kingdom: Taylor & Francis. 1995. ISBN 0419204202

[163] Lundgren P., Henriksson O., Kuklane K., Holmér I., Naredi P., Björnstig U. Validity and reliability of the Cold Discomfort Scale: a subjective judgement

scale for the assessment of patient thermal state in a cold environment. *Journal of clinical monitoring and computing*. 2014. 8 (3). pp. 287-91. ISSN 1387-1307

[164] *Operating Instructions KES-F7*. Manual for KES-F7 Thermo Labo II. 2nd ed. KES Kato Tech Co. Ltd. 1998

[165] *ASTM F1291-99: Standard Test Method for Measuring the Thermal Insulation of Clothing Using Heated Manikin*. ASTM International. 1999

[166] Kakitsuba N. Investigation into Clothing Area Factors for Tight and Loose Fitting Clothing in Three Different Body Positions. *Journal of the Human-Environment System*. 2004. 7 (2). pp. 75-81. ISSN 1349-7723

[167] *Handbook of Anthropometry: Physical Measures of Human Form in Health and Disease*. vol. 1. ed. Preedy V. R. London, United Kingdom: Springer. 2012. ISBN 9781441917874

[168] Takada S. Individual Difference in Transient Thermophysiological Responses to Stepwise Change in Air Temperature: A Study Based on Experiments for Sedentary Young Male Subjects. *Journal of the Human-Environment System*. 2014. 17 (1). pp. 25-32. ISSN 1349-7723

[169] Martínez N., Rosa D., Gámez J., González J. C., Chirivella C., Gutiérrez J. M., Prat J., Sánchez J. J. A Study of the Influence of the Environmental Condition and the Garment in Skin Temperature in Sport Activity (P119). In: *The Engineering of Sport 7*. vol. 1. 2008. pp. 631-639. ISBN 9782287990533

[170] Houdeas Y., Ring. E. F. J. *Human Body Temperature: Its Measurement and Regulation*. New York, United States of America: Springer. 1982. ISBN 978489903471

[171] *ISO 9886:2004 Ergonomics-Evaluation of thermal strain by physiological measurements*. ISO-International Organization for Standardization. 2004

[172] Celcar D. Influence of Phase-Change Materials on Thermo-Physiological Comfort in Warm Environment. *Journal of Textiles*. Hindawi Publishing Corporation. 2013.

[173] *MSR 12, modular signal recorder*. Manual. MSR Electronics GmbH. 2007

[174] *ISO 8996:2004 Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate*. ISO-International Organization for Standardization. 2004

[175] *ISO 10551:2001 Ergonomics of the thermal environment-Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales*. ISO-International Organization for Standardization. 2001

[176] Nes M. B., Janszky I., Wisloff, U., Stoylen A., Karlsen T. Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The HUNT Fitness Study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. John Wiley & Sons Ltd. 2013. 23 (6). pp. 697-704. ISSN 1600-0838

[177] Tanaka H.; Monahan K. D., Seals D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of American College Cardiology*. Elsevier. 2001. 37. pp. 153–156. ISSN 0735-1097

[178] Havenith G., Richrads M. G., Wang X., Brode P., Candas V., den Hartog E., Holmer I., Kuklane K., Meinander H., Nocker W. Apparent latent heat of evaporation from clothing: attenuation and „heat pipe“ effects. *Journal of Applied Physiology*. 2008. 104. pp. 142–149. ISSN 8750-7587

[179] *ThermaCAM™ Researcher manual*. Professional edition. Version 2.8 SR-3. Manual. FLIR Systems. Publ. No. 1 558 071. 2006

[180] Lie H., Tan Q., Li B., Tan M., Ma X. Impact of cold indoor thermal environmental conditions on human thermal response. *Journal of Central South University of Technology*. 2011. 18. pp. 1285−1292. ISSN 2095-2899

[181] Dubois D., Dubois E. F. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archive of Internal Medicine*. 1916. 17. pp. 863-871. ISSN 0003-9926

[182] Carlomagno G. M., Cardone G., Meola C., Astarita, T. Infrared Thermography as a Tool for Thermal Surface Flow Visualization. *Journal of Visualization*. 1998. 1 (1). pp. 37-50. ISSN 1343-8875

PRILOG I

POPIS SLIKA

Sl. 1 Prikaz određivanja konstrukcijskog dodatka komocije odjevnih predmeta pri dizajnu odjeće

Sl. 2 Antropometrijske izmjere dimenzija tijela u stajaćem položaju (dimenzije 1 do 6)

Sl. 3 Antropometrijske izmjere dimenzija tijela u sjedećem položaju (dimenzije 7 do 10)

Sl. 4 Antropometrijske izmjere dimenzija tijela u sjedećem položaju (dimenzije 11 do 15)

Sl. 5 Antropometrijske izmjere dimenzija tijela u sjedećem položaju (dimenzije 16 do 19)

Sl. 6 Antropometrijske izmjere dimenzija tijela u sjedećem položaju (dimenzije 20 do 22)

Sl. 7 Antropometrijske izmjere dodatnih dimenzija tijela

Sl. 8 Sve antropometrijske izmjere dimenzija tijela u sjedećem položaju

Sl. 9 Sve antropometrijske izmjere dimenzija tijela u stajaćem položaju

Sl. 10 Dodatne antropometrijske izmjere dimenzija tijela

Sl. 11 Pokreti tijela pri kojima se ispituju promjene tjelesnih dimenzija

Sl. 12 Dinamički pokreti tijela u transverzalnoj ravnini

Sl. 13 Dinamički pokreti tijela u sagitalnoj ravnini

Sl. 14 Dinamički pokreti tijela u koronalnoj ravnini

Sl. 15 Ekstremni pokreti tijela pri antropometrijskim mjerenjima ljudskog tijela za posade rotorskih letjelica: a) puzanje na koljenima i dlanovima, b) klečanje na koljenima i šakama, c) klečanje na koljenima s ispruženim tijelom, d) uspravno stajanje s rukama zbijenim uz tijelo, e) čučanje sa zgrčenim tijelom, i f) ležanje na trbuhu s ispruženim rukama

Sl. 16 Promjene vrijednosti temperature jezgre tijela u mirovanju tijekom dana

Sl. 17 Shematski prikaz komunikacije između ključnih struktura ljudskog organizma pri termoregulaciji

Sl. 18 Shematski prikaz presjeka kože

Sl. 19 Razmjena energije između ljudskog tijela i okoliša

Sl. 20 Prikaz a) pneumatskog sustava za pokretanje tijela manekena u unutrašnjosti, b) sustava senzora i grijača u unutrašnjosti tijela termalnog manekena

Sl. 21 Prikaz termalnog manekena smještenog u klima komori s mogućnošću kontrole parametara okoliša

Sl. 22 Modna skica modela letačke vjetrovke za ispitivanje utjecaja iznosa konstrukcijskog dodatka komocije na toplinska svojstva

Sl. 23 Tehnička skica modela 1 letačke vjetrovke

Sl. 24 Slika izrađenog modela letačke vjetrovke, simbol MJ 4

Sl. 25 Modna skica modela nautičarske vjetrovke za ispitivanje utjecaja dodataka duljine na toplinska svojstva

Sl. 26 Tehnička skica modela nautičarske vjetrovke

Sl. 27 Tehnička skica rastvorene školjke nautičarske vjetrovke bez prikazanih rukava

Sl. 28 Primjer kombinacije osnovnog modula muške jakne i aplikativnih modula kojima se mijenja duljina jakne

Sl. 29 Fotografije kombinacije osnovnog modula muške jakne i aplikativnih modula kojima se mijenja duljina jakne

Sl. 30 Prikaz modeliranih krojnih dijelova osnovne tkanine varijante modela letačke vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris

Sl. 31 Prikaz modeliranih krojnih dijelova podstave varijante modela letačke vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris

Sl. 32 Prikaz modeliranih krojnih render pletiva varijante modela letačke vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris

Sl. 33 Prikaz određivanja pozicije spajanja modula nautičarske vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris

Sl. 34 Prikaz modeliranih krojnih dijelova osnovne tkanine vanjske školjke modela nautičarske vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris

Sl. 35 Prikaz modeliranih krojnih dijelova podstave modela nautičarske vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris

Sl. 36 Prikaz razlika u opsegu grudi i struka varijanti modela letačke vjetrovke

Sl. 37 Prikaz varijante modela letačke vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris

Sl. 38 Prikaz varijante modela nautičarske vjetrovke primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programskog paketa Modaris

Sl. 39 Shematski prikaz baze istraživanja

Sl. 40 Shematski prikaz plana istraživanja termofiziološke ugodnosti

Sl. 41 Shematski prikaz plana istraživanja toplinskih svojstava odjevnih predmeta i odjevnih sustava i ispitivanja subjektivne percepcije

Sl. 42 Prikaz KES-F 7 Thermo Labo II mjernog uređaja

Sl. 43 a) i b) Prikaz mjerenja izolacijske toplinske vrijednosti izrađenih modela muških jakni termalnim manekenom Zavoda za odjevnu tehnologiju

Sl. 44 Izgled programskog sučelja za upravljanje termalnim manekenom

Sl. 45 Izgled programskog sučelja za mjerenje termalnim manekenom

Sl. 46 Izgled grafičkog sučelja za upravljanje parametrima okoliša unutar klima komore

Sl. 47 Razvodna kutija klima komore

Sl. 48 Slikovni prikaz mjernih pozicija na ljudskom tijelu pri utvrđivanju prosječne tjelesne kožne temperature u skladu s ISO 9886:2004

Sl. 49 Slikovni prikaz uređaja MSR 12

Sl. 50 Izgled: a. EKG kabla za utvrđivanje pulsa sa 3 elektrode tipa B10126 uređaja MSR 12, b. kabla s 3 temperaturna senzora tipa DS18B20, c. kabla s tri senzora za utvrđivanje relativne vlažnosti tipa SHT15

Sl. 51 Slikovni prikaz mjernih pozicija na ljudskom tijelu pri utvrđivanju prosječne ponderirane tjelesne kožne temperature u skladu s metodom 8 mjernih pozicija prema ISO 9886:2004

Sl. 52 Slikovni prikaz mjernih pozicija na ljudskom tijelu pri utvrđivanju relativne vlažnosti kože

Sl. 53 Slikovni prikaz senzorskih pozicija za mjerenje srčanog ritma na principu utvrđivanja EKG signala na ljudskom tijelu uređajem MSR 12

Sl. 54 Fotografski prikaz ispitanika sa učvršćenim senzorima za utvrđivanje fizioloških parametara MSR 12 mjernim uređajem

Sl. 55 Položaj i umetanje temperaturnih senzora kako bi se utvrdile temperaturne varijacije mikroklimatskog područja odjevnog predmeta

Sl. 56 Strujanja zraka iz mikroklime u okoliš pri nošenju i pokretima

Sl. 57 Područje zagrijavanja ljudskog torza

Sl. 58 Prikaz strujanja zraka kroz slojeve odjevnog sustava i vertikalnog strujanja zraka u mikroklimi između odjevnih predmeta

Sl. 59 Prikaz aktiviranih segmenata termalnog manekena prilikom mjerenja toplinskog otpora muških jakni u stacionarnim uvjetima

Sl. 60 Vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) letačkih vjetrovki u odnosu na konstrukcijski dodatak komocije (D_{kom})

Sl. 61 Vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) nautičarskih vjetrovki u odnosu na duljinu kroja (D_k)

Sl. 62 Vrijednosti efektivne (I_{clu}) i ukupne toplinske izolacije (I_t) letačkih vjetrovki u odnosu na konstrukcijski dodatak komocije (D_{kom})

Sl. 63 Vrijednosti efektivne (I_{clu}) i ukupne toplinske izolacije (I_t) letačkih vjetrovki u odnosu na duljinu kroja (D_k)

Sl. 64 Odnos snage (H) i izmjerenih vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_t) odjevnih predmeta u statičkim uvjetima

Sl. 65 Odnos snage (H) i izmjerenih vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) odjevnih predmeta u statičkim uvjetima

Sl. 66 Prikaz aktiviranih segmenata termalnog manekena prilikom mjerenja toplinskog otpora odjevnih sustava u stacionarnim uvjetima

Sl. 67 Efektivna toplinska izolacija odjevnih sustava (I_{cle}) u statičkim uvjetima

Sl. 68 Odnos snage (H) i efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava (I_{cle}) u statičkim uvjetima

Sl. 69 Ukupna toplinska izolacija odjevnih sustava (I_t) u statičkim uvjetima

Sl. 70 Odnos snage (H) i izmjerenih vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_{cle}) odjevnih sustava u statičkim uvjetima

Sl. 71 Odnos snage (H) i izmjerenih vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava(I_{cle}) u statičkim uvjetima

Sl. 72 Prikaz aktiviranih segmenata termalnog manekena prilikom mjerenja toplinskog otpora odjevnih sustava u stacionarnim uvjetima

Sl. 73 Efektivna toplinska izolacija odjevnih sustava (I_{cler}) u dinamičkim uvjetima

Sl. 74 Odnos snage(H) i efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava (I_{cler}) u dinamičkim uvjetima

Sl. 75 Ukupna toplinska izolacija odjevnih sustava (I_{tr}) u dinamičkim uvjetima, prikaz odjevne sustave 1, 2, 3, 4, 7, 8

Sl. 76 Odnos snage (H) i izmjerenih vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_{tr}) odjevnih sustava u dinamičkim uvjetima

Sl. 77 Odnos snage (H) i izmjerenih vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava (I_{cler}) u dinamičkim uvjetima

Sl. 78 Usporedbe vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih predmeta (I_{clu}) o vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkim (I_{cle}) i dinamičkim uvjetima (I_{cler}) mjereno na termalnom manekenu

Sl. 79 Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje Kako se sada osjećate?, OS 2-5

Sl. 80 Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje Smatrate li svoje toplinsko stanje ugodnim ili neugodnim?, OS 2-5

Sl. 81 Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje Kako biste se sada željeli osjećati?, OS 2-5

Sl. 82 Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje Smatrate li da Vam odjeća pruža dovoljnu toplinsku zaštitu?, OS 2-5

Sl. 83 Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje Kakvu biste se sada odjeću željeli nositi?, OS 2-5

Sl. 84 Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje Kako ocjenjujete okoliš (prostor) u kojem se nalazite?, OS 2-5

Sl. 85 Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje Kako ocjenjujete okoliš (prostor) u kojem se nalazite?, OS 2-5

Sl. 86 Usporedba vrijednosti ocjena na pitanje Je li Vam ovo prihvatljivo?, OS 2-5

Sl. 87 Usporedba vrijednosti ocjena toplinske zaštite i udobnosti odabranih odjevnih sustava u 2. seriji ispitivanja

Sl. 88 Usporedba vrijednosti ocjena kojima se izražava želja za promjenom toplinskog stanja i želja za promjenom toplinskih svojstava odjeće u 2. seriji ispitivanja

Sl. 89 Promjene relativne vlažnosti kože kroz tri faze ispitivanja pri $t_a = 10℃$

Sl. 90 Promjene relativne vlažnosti kože kroz tri faze ispitivanja pri $t_a = 15℃$

Sl. 91 Promjene relativne vlažnosti kože kroz tri faze ispitivanja pri $t_a = 20℃$

Sl. 92 Promjene relativne vlažnosti kože kroz dvije faze ispitivanja pri $t_a = 19℃$

Sl. 93 Primjer temperaturnih promjena pri vertikalnom strujanju zraka u prednjoj središnjoj osi tijela

Sl. 94 Primjer temperaturnih promjena pri vertikalnom strujanju zraka u stražnjoj središnjoj osi tijela

Sl. 95 a, b, i c Prikaz obrađenih termograma s prikazima minimalne i maksimalne temperature karakterističnih točaka na površini modela letačke vjetrovke s najmanjim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije

Sl. 96 a, b i c Prikaz obrađenih termograma s prikazima minimalne i maksimalne temperature karakterističnih točaka na površini e modela letačke vjetrovke s najvećim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije

Sl. 97 a, b i c Prikaz obrađenih termograma s prikazima minimalne i maksimalne temperature karakterističnih točaka na površini modela nautičarske vjetrovke s duljinom do bokova

Sl. 98 Razlika temperatura pri vertikalnom strujanju zraka unutar mikroklime tijela koje se očitavaju na površini muške jakne

Sl. 99 Prikaz zagrijavanja na mjestu orukvice i vratnog izreza

Sl. 100 Prikaz utjecaja različitih temperatura okoliša i odjevnih sustava na zadovoljstvo vlastitim toplinskim stanjem

Sl. 101 Prikaz zadovoljstva odjevnim sustavima u različitim uvjetima okoliša

Sl. 102 Prikaz zadovoljstva ispitanika pri različitim uvjetima okoliša

Sl. 103 Odnos promjena u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} [g]) o promjenama tjelesne mase ispitanika (Δm_g [g]) i promjenama mase odjevnih sustava (Δm_{os} [g]) pri $t_a = 10℃$

Sl. 104 Odnos relativne vlažnosti kože ispitanika (RH_{sk} [%]) o promjenama prosječne temperature kože ispitanika (t_{sk} [℃]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ [m^2 K/W]) pri $t_a = 10℃$

Sl. 105 Odnos promjena u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} [g]) o promjenama tjelesne mase ispitanika (Δm_g [g]) i promjenama mase odjevnih sustava (Δm_{os} [g]) pri $t_a = 15℃$

Sl. 106 Odnos relativne vlažnosti kože ispitanika (RH_{sk} [%]) o promjenama prosječne temperature kože ispitanika (t_{sk} [℃]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ [m^2 K/W]) pri $t_a = 15℃$

Sl. 107 Odnos promjena u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} [g]) o promjenama tjelesne mase ispitanika (Δm_g [g]) i promjenama mase odjevnih sustava (Δm_{os} [g]) pri 20℃

Sl. 108 Odnos relativne vlažnosti kože ispitanika (RH_{sk} [%]) o promjenama prosječne temperature kože ispitanika (t_{sk} [℃]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ [m^2 K/W]) pri $t_a = 20℃$

Sl. 109 Odnos mase muških jakni (m_j [g]) o vrijednostima površina muških jakni (A_{clu} [cm^2]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije muških jakni (I_{clu} [m^2 K/W]) pri $t_a = 10$°C

Sl. 110 Odnos promjena mase odjevnih sustava (Δm_{os} [g]) o promjenama u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} [g]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ [m^2 K/W]) pri $t_a = 10$°C

Sl. 111 Odnos mase muških jakni (m_j [g]) o vrijednostima površina muških jakni (A_{clu} [cm^2]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije muških jakni (I_{clu} [m^2 K/W]) pri $t_a = 15$°C

Sl. 112 Odnos promjena mase odjevnih sustava (Δm_{os} [g]) o promjenama u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} [g]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ [m^2 K/W]) pri $t_a = 15$°C

Sl. 113 Odnos mase muških jakni (m_j [g]) o vrijednostima površina muških jakni (A_{clu} [cm^2]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije muških jakni (I_{clu} [m^2 K/W]) pri $t_a = 20$°C

Sl. 114 Odnos promjena mase odjevnih sustava (Δm_{os} [g]) o promjenama u masi kao posljedica znojenja (Δm_{sw} [g]) i vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnim sustava u dinamičkim uvjetima ($I_{cle,d}$ [m^2 K/W]) pri $t_a = 20$°C

Sl. 115 Ovisnost površine muške jakne, mase muške jakne prije i nakon ispitivanja i vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava

Sl. 116 Odnos gubitka mase ispitanika, vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava i ocjena kojima ispitanici procjenjuju udobnost odjeće

Sl. 117 Odnos srednje ponderirane temperature kože ispitanika, vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava i ocjena kojima ispitanici procjenjuju udobnost odjeće

Sl. 118 Ovisnost fizioloških reakcija ispitanika za vrijeme faze hoda pri $t_a = 19$°C u odnosu na vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava

Sl. 119 Ovisnost ocjena kojima e izražava zadovoljstvo osobnim stanjem, odjećom i okolišem u fazi hoda pri $t_a =$ °C

Sl. 120 Prikaz prosječnih vrijednosti relativne vlažnosti kože u 1. seriji ispitivanja subjektivne percepcije

Sl. 121 Iznos prosječne razlike u masi kao posljedice znojenja za ispitivane odjevne sustave pri različitim uvjetima okoliša kod ispitivanja subjektivne percepcije u seriji 1 i 2

Sl. 122 Termogrami vratnog izreza kod ispitanika u fazi hoda a) letačka vjetrovka s najmanjim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije i b) letačka vjetrovka s najvećim iznosom konstrukcijskog dodatka komocije

Sl. 123 Usporedba vrijednosti (I_{clu}) modela letačke vjetrovke s različitim dodacima za duljinu kroja i vrijednosti odjevnih sustava u statičkim (I_{cle}) i dinamičkim uvjetima (I_{cler})

Sl. 124 Usporedba vrijednosti (I_{clu}) modela nautičarske vjetrovke s različitim dodacima za duljinu kroja i vrijednosti odjevnih sustava u statičkim (I_{cle}) i dinamičkim uvjetima (I_{cler})

PRILOG II

POPIS TABLICA

Tab. 1 Dinamički konstrukcijski dodatak komocije za omogućavanje slobode pokreta u koronalnoj ravnini

Tab. 2 Iznosi konstrukcijskog dodatka komocije za prilagodbu pristalosti i siluete odjevnih predmeta prema P. J. Myers-McDevitt

Tab. 3 Iznos konstrukcijskog dodatka komocije za mušku, žensku i dječju odjeću u odnosu na poziciju odjevnog predmeta u odnosu na tijelo

Tab. 4 Iznosi standardnih konstrukcijskih dodataka komocije za odjeću 3. i 4. sloja prema W. Aldrichu

Tab. 5 Iznosi standardnih konstrukcijskih dodataka komocije za odjeću 3. i 4. sloja prema časopisu Rundschau

Tab. 6 Iznosi standardnih konstrukcijskih dodataka komocije za odjeću 3. i 4. sloja prema D. Ujeviću

Tab. 7 Razmjernik odjevnih veličina i iznosi standardnih konstrukcijskih dodataka komocije pri konstrukciji muških letačkih vjetrovki za normalni stas i srednji uzrast prema tt. Varteks d. d.

Tab. 8 Prosječne vrijednosti dinamičkih istezanja dijelova tijela kod muškaraca pri specijalnim pokretima

Tab. 9 Klasifikacija odjevnih predmeta u odnosu na otpor prolasku topline materijala, u odnosu na zrakonepropusnost materijala i u odnosu na otpor prodiranju vode materijala

Tab. 10 Prikaz modela muških jakni

Tab. 11 Prikaz konstrukcijskog dodatka komocije (D_{kom}) na modelu muške jakne 1 (letačka vjetrovka) izrađenog u odjevnoj veličini 50

Tab. 12 Prikaz dodataka za duljinu kroja (D_k) na modelu muške modularne jakne 2 (nautičarska vjetrovka) izrađenog u odjevnoj veličini 50

Tab. 13 Prikaz muških odjevnih predmeta namijenjenih za ispitivanje

Tab. 14 Prikaz muških odjevnih sustava (OS) namijenjenih za ispitivanje toplinskih svojstava odjeće pomoću termalnog manekena

Tab. 15 Strukturne i opće karakteristika materijala za izradu muških jakni

Tab. 16 Intervali tjelesnih visina muškaraca u skladu s ISO 13402-3

Tab. 17 Tjelesni tip građe i pripadajući raspon tjelesne visine i opsega grudi prema ISO/TR 10652:1991 kojim je determinirana konstrukcija muških jakni

Tab. 18 Osnovni izrazi za izračun konstrukcijskih parametara muških jakni

Tab. 19 Mjere varijanti modela letačke vjetrovke u odjevnoj veličini 50

Tab. 20 Klimatski uvjeti pri laboratorijskim ispitivanjima toplinskih svojstava odjevnih sustava na termalnom manekenu

Tab. 21 Razrada ispitivanja toplinskih svojstava odjevnih predmeta i odjevnih sustava na termalnom manekenu

Tab. 22 Razrada ispitivanja toplinskih svojstava odjevnih sustava na termalnom manekenu

Tab. 23 Površine segmenata termalnog manekena

Tab. 24 Mjerne pozicije na ljudskom tijelu i pripadajući koeficijenti

Tab. 25 Vrijednosti parcijalnog tlaka vodene pare u zraku na različitim temperaturama i relativnim vlažnostima

Tab. 26 Klimatski uvjeti pri laboratorijskim ispitivanjima subjektivne percepcije zadovoljstva toplinskim okolišem i odjevnim sustavom pomoću ispitanika (klima komora na Univerzi v Mariboru ima mogućnost mijenjanja brzine strujanja zraka u rasponu od $0{,}1 - 1{,}2\ \mathrm{ms}^{-1}$)

Tab. 27 Razrada ispitivanja subjektivnog vrednovanja odjevnih sustava - uvjeti A, B, C

Tab. 28 Razrada ispitivanja subjektivnog vrednovanja odjevnih sustava - uvjeti D

Tab. 29 Interval tjelesne visine ispitanika u skladu s ISO 13402-3 i glavne tjelesne mjere ispitanika u skladu s atletskim tipom stasa prema ISO/TR 10652:1991

Tab. 30 Ispitanici i njihovi antropometrijski podaci

Tab. 31 Procedura ispitivanja zadovoljstva ispitanika toplinskim okolišem i odjevnim sustavom primjenom skala procjene subjektivne percepcije u skladu s međunarodnim standardom ISO 10551:2001-serija 1, uvjeti A, B, C

Tab. 32 Razrada bilježenja odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije zadovoljstva toplinskim karakteristikama okoliša i odjevnih sustava-serija 1

Tab. 33 Pitanja postavljena ispitanicima u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije

Tab. 34 Procedura ispitivanja zadovoljstva ispitanika toplinskim okolišem i odjevnim sustavom primjenom skala procjene subjektivne percepcije u skladu s međunarodnim standardom ISO 10551:2001-serija 2, uvjeti D

Tab. 35 Pitanja postavljena ispitanicima u drugoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije

Tab. 36 Izračun potrebne vrijednosti frekvencije srca prema H. Tanaka i sur. te prema ISO 8996:2004 kao indikatora početka izvođenja mjerenja promjena unutar mikroklime odjevnih sustava

Tab. 37 Procedura ispitivanja mikroklimatskog pojasa odjevnih sustava primjenom MSR 12 mjernog sustava

Tab. 38 Rezultati izmjerenih i izračunatih vrijednosti toplinskih svojstava tkanina na KES-FB 7 Thermo Labo II sustavu

Tab. 39 Rezultati toplinskog otpora zraka testom na neodjevenom manekenu (I_a) pri mjerenju toplinske izolacije odjevnih predmeta termalnim manekenom u mirovanju

Tab. 40 Skupna tablica aritmetičkih sredina vrijednosti mjerenih termalnim manekenom na izrađenim uzorcima muških jakni u statičkim uvjetima pri uvjetima okoliša definiranim standardom ISO 15831:2004 i izračun vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu})

Tab. 41 Tablica podataka utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju pri ispitivanju toplinskih svojstava odjevnih predmeta, na temelju kojih je provedena korelacijska i regresijska analiza

Tab. 42 Tablica korelacijske analize vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_t) odjevnih predmeta utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)

Tab. 43 Tablica regresijske analize vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_t) odjevnih predmeta utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)

Tab. 44 Tablica korelacijske analize vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) odjevnih predmeta utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)

Tab. 45 Tablica regresijske analize vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) odjevnih predmeta utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)

Tab. 46 Tablica aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije ($\overline{I_{clu}}$) odjevnih predmeta utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju na temelju kojih je proveden t-test

Tab. 47 Rezultati F-testa aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije ($\overline{I_{clu}}$) izmjerenih na modelu letačke vjetrovke pri ispitivanju utjecaja iznosa konstrukcijskog dodatka komocije kroja i vrijednosti efektivne toplinske izolacije ($\overline{I_{clu}}$) izmjerenih na modelu nautičarske vjetrovke pri ispitivanju utjecaja dodataka na duljinu kroja (utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju)

Tab. 48 Rezultati t-testa aritmetičkih sredina vrijednosti efektivne toplinske izolacije ($\overline{I_{clu}}$) izmjerenih na modelu letačke vjetrovke pri ispitivanju utjecaja iznosa konstrukcijskog dodatka komocije kroja i vrijednosti efektivne toplinske izolacije ($\overline{I_{clu}}$) izmjerenih na modelu nautičarske vjetrovke pri ispitivanju utjecaja dodataka na duljinu kroja (utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju)

Tab. 49 Tablica vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) izmjerenih na modelu letačke vjetrovke pri ispitivanju utjecaja iznosa konstrukcijskog dodatka komocije kroja na temelju kojih je proveden t-test (utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju)

Tab. 50 Rezultati t-testa vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) izmjerenih na modelu letačke vjetrovke pri ispitivanju utjecaja iznosa konstrukcijskog dodatka komocije, skupna tablica (utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju)

Tab. 51 Tablica vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) izmjerenih na modelu nautičarske vjetrovke pri ispitivanju utjecaja dodataka na duljinu kroja na temelju kojih je proveden t-test (utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju)

Tab. 52 Rezultati t-testa vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{clu}) izmjerenih na modelu nautičarske vjetrovke pri ispitivanju utjecaja dodataka na duljinu kroja, skupna tablica (utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju)

Tab. 53 Utvrđivanje toplinskog otpora zraka testom na neodjevenom manekenu (I_a) pri mjerenju toplinske izolacije odjevnih sustava termalnim manekenom u mirovanju

Tab. 54 Skupna tablica aritmetičkih sredina vrijednosti mjerenih termalnim manekenom na odjevnim sustavima u stacionarnim uvjetima pri uvjetima okoliša definiranim standardom ISO 15831:2004 i izračun vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cle})

Tab. 55 Tablica podataka utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju pri ispitivanju toplinskih svojstava odjevnih sustava na temelju kojih je provedena korelacijska i regresijska analiza

Tab. 56 Tablica korelacijske analize vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_t) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)

Tab. 57 Tablica regresijske analize vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_t) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)

Tab. 58 Tablica korelacijske analize vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cle}) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o snazi (H)

Tab. 59 Tablica regresijske analize vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cle}) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju o (H)

Tab. 60 Tablica vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cle}) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u mirovanju na temelju kojih je proveden t-test

Tab. 61 Rezultati t-testa efektivne toplinske izolacije (I_{cle}) izmjerenih termalnim manekenom u mirovanju na odjevnim sustavima

Tab. 62 Utvrđivanje toplinskog otpora zraka testom na neodjevenom manekenu (I_{ar}) pri mjerenju toplinske izolacije odjevnih sustava termalnim manekenom u gibanju

Tab. 63 Skupna tablica aritmetičkih sredina vrijednosti mjerenih termalnim manekenom na odjevnim u dinamičkim uvjetima pri uvjetima okoliša definiranim standardom ISO 15831:2004 i izračun vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cler})

Tab. 64 Tablica podataka utvrđenih termalnim manekenom u gibanju pri ispitivanju toplinskih svojstava odjevnih sustava, na temelju kojih je provedena korelacijska i regresijska analiza

Tab. 65 Tablica korelacijske analize vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_{tr}) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u gibanju o snazi (H)

Tab. 66 Tablica regresijske analize vrijednosti ukupne toplinske izolacije (I_{tr}) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u gibanju o snazi (H)

Tab. 67 Tablica korelacijske analize vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cler}) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u gibanju o snazi (H)

Tab. 68 Tablica regresijske analize vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cler}) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u gibanju o (H)

Tab. 69 Tablica vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cler}) odjevnih sustava utvrđenih termalnim manekenom u gibanju na temelju kojih je proveden t-test

Tab. 70 Rezultati t-testa vrijednosti efektivne toplinske izolacije (I_{cler}) izmjerenih termalnim manekenom u gibanju na odjevnim sustavima

Tab. 71 Popis krojnih dijelova

Tab. 72 Utvrđene površine krojnih dijelova bez šavnih dodataka primjenom CAD sustava Lectra Systemes i programa Modaris na modelu letačke vjetrovke, simbol MJ 1-MJ 4 te na modelu nautičarske vjetrovke, simbol MJ 5-MJ 5+N4

Tab. 73 Utvrđivanje faktora površine muških jakni (f_{clu})

Tab. 74 Izračun bazične toplinske izolacije muških jakni (I_{cl}) u odnosu na faktor površine odjevnog predmeta (f_{clu})

Tab. 75 Tablica ukupnih ocjena odjevnih sustava na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanja 1-10

Tab. 76 Statistička obrada podataka ocjena po fazama na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 1

Tab. 77 Statistička obrada podataka ocjena po fazama na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 2, 5,10

Tab. 78 Statistička obrada podataka ocjena po fazama na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 3, 6

Tab. 79 Statistička obrada podataka ocjena po fazama na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 4, 8

Tab. 80 Statistička obrada podataka ocjena odjevnih sustava na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 9

Tab. 81 Statistička obrada podataka ocjena odjevnih sustava na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 1

Tab. 82 Statistička obrada podataka ocjena odjevnih sustava na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 2, 5, 8

Tab. 83 Statistička obrada podataka ocjena odjevnih sustava na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanje 3, 6

Tab. 84 Statistička obrada podataka ocjena odjevnih sustava na temelju odgovora ispitanika pri ispitivanju subjektivne percepcije i zadovoljstva vlastitim toplinskim stanjem, okolišem i odjevnim sustavima- odgovori na pitanja 4, 7, 10

Tab. 85 Rezultati izračuna prosječne ponderirane temperature kože ($\overline{t_{sk}}$) na temelju 8 mjernih pozicija pri $t_a = 20℃$, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

Tab. 86 Rezultati izračuna prosječne ponderirane temperature kože ($\overline{t_{sk}}$) na temelju 8 mjernih pozicija pri $t_a = 15℃$, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

Tab. 87 Rezultati izračuna prosječne ponderirane temperature kože ($\overline{t_{sk}}$) na temelju 8 mjernih pozicija pri $t_a = 10℃$, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

Tab. 88 Rezultati izračuna prosječne ponderirane temperature kože ($\overline{t_{sk}}$) na temelju 4 mjerne pozicije pri $t_a = 19℃, v_a = 0{,}4\ m/s$, $RH = 35\ \%$

Tab. 89 Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature t_{sk} pomoću mjernog sustava MSR 12 pri određivanju srednje ponderirane temperature kože ($\overline{t_{sk}}$) na temelju 8 mjernih pozicija pri $t_a = 10℃$

Tab. 90 Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature t_{sk} pomoću mjernog sustava MSR 12 pri određivanju srednje ponderirane temperature kože ($\overline{t_{sk}}$) na temelju 8 mjernih pozicija pri $t_a = 15℃$

Tab. 91 Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature t_{sk} pomoću mjernog sustava MSR 12 pri određivanju srednje ponderirane temperature kože ($\overline{t_{sk}}$) na temelju 8 mjernih pozicija pri $t_a = 20℃$

Tab. 92 Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature t_{sk} pomoću mjernog sustava MSR 12 pri određivanju srednje ponderirane temperature kože ($\overline{t_{sk}}$) na temelju 4 mjernih pozicija pri $t_a = 19℃$

Tab. 93 Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature pomoću mjernog sustava MSR 12 pri određivanju stražnjih vertikalnih temperaturnih promjena u mikroklimi odjevnih sustava u gornjem dijelu tijela

Tab. 94 Prikaz izmjerenih vrijednosti temperature pomoću mjernog sustava MSR 12 pri određivanju prednjih vertikalnih temperaturnih promjena u mikroklimi odjevnih sustava u gornjem dijelu tijela

Tab. 95 Prosječne vrijednosti temperatura i vlažnosti izmjerenih prilikom ispitivanja efekta dimnjaka u 2. sloju mikroklime za sve tri ispitanika, OS 1

Tab. 96 Prosječne vrijednosti temperatura i vlažnosti izmjerenih prilikom ispitivanja efekta dimnjaka u 3. sloju mikroklime za sve tri ispitanika, OS 4

Tab. 97 Prosječne vrijednosti temperatura i vlažnosti izmjerenih prilikom ispitivanja efekta dimnjaka u 3. sloju mikroklime za sve tri ispitanika, OS 7

Tab. 98 Prosječne vrijednosti temperatura i vlažnosti izmjerenih prilikom ispitivanja efekta dimnjaka u 3. sloju mikroklime za sve tri ispitanika, OS 8

Tab. 99 Rezultati mjerenja količine ishlapljenog ili kondenziranog znoja pri $t_a = 20℃$, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

Tab. 100 Rezultati mjerenja količine ishlapljenog ili kondenziranog znoja pri $t_a = 15℃$, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

Tab. 101 Rezultati mjerenja količine ishlapljenog znoja pri $t_a = 10℃$, $v_a = 1{,}2\ m/s$, $RH = 50\ \%$

Tab. 102 Rezultati mjerenja količine ishlapljenog znoja pri $t_a = 19℃$, $v_a = 0{,}4\ m/s$, $RH = 36\ \%$

Tab. 103 Prosječna razlika ukupne mase odjevnih predmeta koji sačinjavaju odjevni sustav prije i nakon ispitivanja pri $t_a = 10℃$

Tab. 104 Prosječna razlika ukupne mase odjevnih predmeta koji sačinjavaju odjevni sustav prije i nakon ispitivanja pri $t_a = 15℃$

Tab. 105 Prosječna razlika ukupne mase odjevnih predmeta koji sačinjavaju odjevni sustav prije i nakon ispitivanja pri $t_a = 20℃$

Tab. 106 Prosječna razlika ukupne mase odjevnih predmeta koji sačinjavaju odjevni sustav prije i nakon ispitivanja pri $t_a = 19℃$

Tab. 107 Utvrđene razlike u masi kao posljedica znojenja pri $t_a = 10℃$

Tab. 108 Utvrđene razlike u masi kao posljedica znojenja pri $t_a = 15℃$

Tab. 109 Utvrđene razlike u masi kao posljedica znojenja pri $t_a = 20℃$

Tab. 110 Utvrđene razlike u masi kao posljedica znojenja pri $t_a = 19℃$

Tab. 111 Prosječne vrijednosti razlika u masi kao posljedica znojenja

Tab. 112 Prikaz minimalne i maksimalne temperature karakterističnih točaka muške jakne utvrđeni termografskim sustavom FLIR ThermaCAM™ P65

Tab. 113 Tablica prosječnih ocjena odgovora ispitanika o kvaliteti vlastitog toplinskog stanja (pitanja 1, 2, 3 u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije) za različite temperature okoliša i odjevne sustave

Tab. 114 ANOVA tablica analize utjecaja različitih temperatura okoliša i odjevnih sustava na vlastito toplinsko stanje

Tab. 115 Tablica prosječnih ocjena odgovora ispitanika o zadovoljstvu odjevnim sustavima (pitanja 4, 5, 6 u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije) za različite temperature okoliša i odjevne sustave

Tab. 116 ANOVA tablica analize utjecaja različitih temperatura okoliša na zadovoljstvo odjevnim sustavima

Tab. 117 Tablica prosječnih ocjena odgovora ispitanika o zadovoljstvu okolišem (pitanja 8, 9, 10 u prvoj seriji ispitivanja subjektivne percepcije) za različite temperature okoliša i odjevne sustave

Tab. 118 ANOVA tablica analize utjecaja različitih temperatura okoliša i odjevnih sustava na zadovoljstvo okolišem

Tab. 119 Tablica prosječnih ocjena odgovora ispitanika o zadovoljstvu odjevnim sustavima-ugodnost i udobnost odjeće (odjevni sustavi 1, 4, 7, 8 ispitani kroz pitanja 4 i 7 u drugoj seriji ispitivanja) pri $t_a = 19℃$ u fazi hoda

Tab. 120 ANOVA tablica analize utjecaja količine izlučenog znoja [g], prosječne ponderirane temperature kože [℃], prosječne vrijednosti pulsa [BPM], gubitka mase ispitanika tijekom jednog testiranja [g], vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava [clo] te prosječnih ocjena za ugodnost i udobnost odjevnih sustava

Tab. 121 Korelacijska matrica analize utjecaja površine muške jakne, mase muške jakne prije i nakon ispitivanja i vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava odjevnih sustava 1, 4, 7 i 8 [clo] pri hodu ispitanika i $t_a = 19℃$

Tab. 122 Korelacijska matrica analize utjecaja količine izlučenog znoja [g], prosječne ponderirane temperature kože [℃], prosječne vrijednosti pulsa [BPM], gubitka mase ispitanika tijekom jednog testiranja [g], vrijednosti efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava [clo] te prosječnih ocjena za ugodnost i udobnost odjevnih sustava 1, 4, 7 i 8 pri hodu ispitanika i $t_a = 19℃$

Tab. 123 Korelacijska matrica analize utjecaja površine muških jakni [m^2], mase muških jakni [g], efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava 1, 4, 7 i 8 mjerene termalnim manekenom u dinamičkim uvjetima pri $t_a = 19℃$ [clo], zadovoljstva osobnim stanjem u fazi hoda, zadovoljstva odjećom u fazi hoda i zadovoljstva okolišem u fazi hoda

Tab. 124 Korelacijska matrica analize utjecaja efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava 1, 4, 7 i 8 mjerene termalnim manekenom u dinamičkim uvjetima pri $t_a = 19℃$ [clo], procijenjene udobnosti odjeće i odjeće koju bi ispitanik želio nositi

Tab. 125 Linearne ovisnosti prosječnih ocjena ispitanika o vrijednostima efektivne toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkim (I_{cle}) i dinamičkim uvjetima (I_{cler}) pri $t_a = 10℃, 15℃$ i $20℃$

PRILOG III

POPIS KRATICA I SIMBOLA

Popis kratica

Kratica	**Naziv**	**Objašnjenje**
IR	eng. Infrared	
MJ	muška jakna	
IC	hrv. Infracrvena	
ATP	adenozintrifosfat	Adenozintrifosfat je zapravo svojevrsna „energetska valuta# u ljudskome tijelu. Prijenos energije od hranjivih tvari do većine funkcionalnih sustava stanica ljudskoga tijela se može provesti samo kroz ovaj medij. Molekula ATP-a ima veliki udio slobodne energije i njegova energetska vrijednost iznosi oko 30.54 kJ/mol (7.3 kcal/mol) u standardnim uvjetima, koje su vezene u dvije visokoenergetske fosfatne veze. Svaka molekula ATP-a ima dvije visokoenergetske fosfatne veze. Količina energije koja se dobiva dekompozicijom molekule ATP-a je dovoljna za gotovo svaki korak kemijskih reakcija unutar ljudskog tijela. Za neke kemijske reakcije pri kojima je potrebna dekompozicija ATP-a, iskorištava se samo određeni dio energije, a ostali dio energije se gubi u obliku topline.
met	metabolički učinak osobe pri određenoj fizičkoj aktivnosti	Definiran je množenjem s vrijednošću bazalnog metabolizma. 1 ***met*** iznosi 58.15 W/m^2 tjelesne površine za osobu u mirovanju, što je 50 kcal/h m^2. Normalna odrasla osoba ima površinu od oko 1.8 m^2, a osoba s toplinskom ugodnosti s stupnjem aktivnosti od 1 met će imati gubitak topline od otprilike 100 W.
ISO	eng. International Standard Organization	hrv. Međunarodna organizacija za standardizaciju
PMV (indeks)	eng. ***Predicted mean vote***	Indeks kojim se predviđa prosječna vrijednost odgovora ispitanika iz veće skupine pomoću skale sa 7 vrijednosti kojima se opisuje toplinska ravnoteža ljudskog tijela.

		Toplinska ravnoteža se postiže kada je unutarnja toplinska proizvodnja jednaka gubitku topline u okoliš. U umjerenom okolišu će ljudski termoregulatorni sustav automatski pokušati modificirati kožnu temperaturu i izlučivanje znoja kako bi se održala toplinska ravnoteža. PMV indeks se može računati za različite vrijednosti specifičnog metaboličkog toka, izolacije odjeće, temperature zraka, prosječne temperature toplinskog zračenja, brzine strujanja zraka i vlažnosti zraka. On je namijenjen za stacionarne uvjete okoliša, ali se može primijeniti i za okoliše u kojima dolazi do neznatnih promjena uvjeta okoliša. Indeks se koristi za vrijednosti u rasponu od -2 do +2.
PPD (indeks)	eng. ***Predicted percentage dissatisfied***	PMV indeks predviđa prosječne odgovore o zadovoljstvu toplinom okoliša u većoj skupini ispitanika, koji su izloženi istim uvjetima okoliša, a PPD indeks predstavlja postotnu kvantifikaciju ispitanika nezadovoljnih svojim toplinskim okolišem, tj. osoba kojima je ili prehladno ili prevruće. PD indeks je funkcija PMV indeksa.
CAD	eng. Computer aided design	
CAE	eng. Computer Aided Engineering	
CAM	eng. Computer Aided Manufacturing	
clo		jedinica kojom se izražavaju izolacijska svojstva odjevnih predmeta, odnosno sustava
tog		jedinica kojom se izražavaju izolacijska svojstva odjevnih predmeta, odnosno sustava
com		jedinica kojom se izražavaju izolacijska svojstva odjevnih predmeta, odnosno sustava
DWR	eng. durable water repellent	trajna vodoodbojna apretura

PTFE	politetrafluoretilen
PU	poliuretan
PES	poliester
3D	trodimenzionalan

Popis simbola

Simbol	**Objašnenje riječima**	**Jedinica**
$\boldsymbol{E_x}$	eksergija sustava	kJ/kg
$\boldsymbol{E}$	energija sustava	kJ/kg
$\boldsymbol{S}$	entropija sustava	kJ/kg
$\boldsymbol{M}$	specifični metabolički tok ili brzina metabolizma	W/m^2
$\boldsymbol{M_0}$	specifični metabolički tok ili brzina metabolizma u mirovanju	W/m^2
$\boldsymbol{M_i}$	specifični metabolički tok ili brzina metabolizma pri nekoj aktivnosti	W/m^2
$\boldsymbol{W}$	efektivna mehanička snaga	W/m^2
$\boldsymbol{\dot{Q}_c}$	toplina oslobođena konvekcijom (prenošenje)	W/m^2
$\boldsymbol{Q_r}$	toplina oslobođena radijacijom (zračenje)	W/m^2
$\boldsymbol{Q_s}$	toplina oslobođena kondukcijom (vođenje)	W/m^2
$\boldsymbol{Q_{res}}$	toplina oslobođena respiracijom (disanje)	W/m^2
$\boldsymbol{\dot{Q}_{c,res}}$	toplina oslobođena konvektivnom respiracijom	W/m^2
$\boldsymbol{\dot{Q}_{e,res}}$	toplina oslobođena evaporativnom respiracijom	W/m^2
$\boldsymbol{Q_{sk}}$	toplina oslobođena s kože	W/m^2
$\boldsymbol{C_{res}}$	toplina oslobođena konvekcijom prilikom respiracijom (osjetni respiratorni toplinski gubici)	W/m^2

$\boldsymbol{E_{res}}$	toplina oslobođena evaporacijom prilikom respiracijom (latentni respiratorni toplinski gubici)	W/m^2
$\boldsymbol{E_{sk}}$	gubitak topline isparavanjem znoja s kože	W/m^2
$\boldsymbol{E_{rsw}}$	isparavanje (evaporacija) znoja izlučenog naredbom termoregulatornog kontrolnog mehanizma	W/m^2
$\boldsymbol{E_{dif}}$	prirodna difuzija vode kroz kožu	W/m^2
$\boldsymbol{C}$	toplina oslobođena konvekcijom	W/m^2
$\boldsymbol{K}$	toplina oslobođena kondukcijom	W/m^2
$\boldsymbol{R}$	toplina oslobođena respiracijom	W/m^2
$\boldsymbol{E}$	toplina oslobođena evaporacijom	W/m^2
$\boldsymbol{C+R}$	osjetan gubitak topline s kože- konvekcija + radijacija	W/m^2
$\boldsymbol{S_{cr}}$ **ili** $\boldsymbol{S}$	toplina koja se pohranjuje u jezgri tijela	W/m^2
$\boldsymbol{S_{sk}}$	toplina koja se pohranjuje u kožnom odjeljku	W/m^2
$\boldsymbol{h_c}$	koeficijent prijelaza topline konvekcijom	$\mathrm{W}/m^2 \cdot \mathrm{K}$
$\boldsymbol{h_r}$	koeficijent prijelaza topline radijacijom	$\mathrm{W}/m^2 \cdot \mathrm{K}$
$\boldsymbol{h_e}$	koeficijent prolaska topline isparavanjem (analogno s h_c)	W/m^2kPa
$\boldsymbol{h_{ex}}$	entalpija izdahnutog zraka	J/kg, *suhi zrak*
$\boldsymbol{h_a}$	entalpija udahnutog (ambijentalnog) zraka	J/kg, *suhi zrak*
$\boldsymbol{\alpha_{sk}}$	dio tjelesne mase koncentriran u kožnom segmentu i ovisi o brzini prijenosa mase krvi [$\dot{m}_{bl}$] na površinu kože	-
$\boldsymbol{f_{cl}}$	faktor površine odjeće (eng. **clothing area factor**) (A_{cl}/A_D)	-
$\boldsymbol{F_{cl}}$	Burtonov faktor toplinske efikasnosti odjeće	-

$\boldsymbol{F_{pcl}}$	faktor efikasnosti zasićenja odjeće	-

Faktor efikasnosti zasićenja odjeće (F_{pcl}) opisuje sposobnost odjeće da upija znoj kapilarnim efektom i smanjuje udio latentne topline isparavanja za hlađenje kože tijela. Vrijednosti ovog faktora se kreću od 0 do 1, pri ćemu vrijednost 0 opisuje nepropusnu odjeću. Na vrijednost ovog faktora će utjecati debljina i poroznost tkanina od koje je odjeća izrađena. Kako se povećava količina upijenog znoja u tkanini, tako se smanjuje njena poroznost, ali se povećava gubitak topline s tijela kondukcijom uz smanjenje otpora prolasku topline tkanine i povećanje vrijednosti faktora efikasnosti zasićenja.

$$F_{pcl} = h_{ecl}/(h_e + h_{ecl})$$

pri ćemu je h_{ecl} koeficijent prijelaza topline difuzijom kroz odjeću $[W/m^2\ mm\ Hg]$.

$F_{pcl} = i_m/[h_c\ (I_a + I_{cl})]$, za vrijednost vlažnosti kože $w = 1$.

$$F_{pcl} = 1/\left(1 + f_{cl}\ h_e R_{e,cl}\right)$$

$$F_{pcl} = 1/(1 + 0{,}143\ h_c I_{cl})$$

$\boldsymbol{w_{req}}$	potrebna vlažnost kože ili brzina znojenja	-
$\boldsymbol{p_{sk,s}}$	parcijalni tlak vodene pare zraka pri temperaturi kože, najčešće se uzima vrijednost zasićene vodene pare pri t_{sk}	kPa
$\boldsymbol{p_a}$	tlak vodene pare okolnog zraka	kPa
$\boldsymbol{p_{ex}}$	zasićeni parcijalni tlak vodene pare zraka pri zadanoj temperaturi	
$\boldsymbol{R_{e,cl}}$	otpor isparavanju vodene pare sloja odjeće	m^2kPa/W
$\boldsymbol{m}$	tjelesna masa	kg
$\boldsymbol{\dot{m}_{res}}$	brzina plućnog prozračivanja (ventilacije)	kg/s
$\boldsymbol{\dot{m}_{w,res}}$-	plućna brzina gubitka vode	kg/s
$\boldsymbol{W_{ex}}$	indeks vlažnosti izdahnutog zraka	$kg_{vodena\ para}/kg_{\ suhi\ zrak}$
$\boldsymbol{W_a}$	indeks vlažnosti udahnutog (okolnog) zraka	$kg_{vodena\ para}/kg_{\ suhi\ zrak}$

$c_{p,b}$	specifičan toplinski kapacitet tijela (iznosi 3490 J/kg · K)	$J/kg \cdot K$
A_D	površina kože prema DuBoisu	m^2
t_t	vrijeme, trenutak	h/min/s
Δt_t	vremensko razdoblje	h/min/s
t_{vt}	temperatura očitana u vertikali, relativna vrijednost	℃
$t_{vt,p}$	temperatura očitana u prednjoj vertikali, relativna vrijednost	℃
$t_{vt,s}$	temperatura očitana u stražnjoj vertikali, relativna vrijednost	℃
$\overline{t_{vt}}$	prosječna vrijednost temperature očitane u vertikali, relativna vrijednost	℃
t_{cr}	relativna vrijednost temperature jezgre tijela	℃
t_{sk}	relativna vrijednost lokalne kožne temperature	℃
$\overline{t_{sk}}$	prosječna ponderirana temperatura kože ispitanika, relativna vrijednost	℃
t_{cl}	relativna vrijednost površinske temperature odjeće	℃
t_{ex}	relativna vrijednost temperature izdahnutog zraka	℃
t_a	relativna vrijednost temperature zraka (eng. **Air temperature**)	℃
T_a	apsolutna vrijednost temperatura zraka	K

Temperatura zraka je izmjerena temperatura zraka koja okružuje ljudsko tijelo. Temperatura zračnog sloja oko ljudskog tijela se mora uzeti u obzir kako bi se utvrdio stupanja toplinske razmjene putem konvekcije. Kako bi se utvrdila temperatura, mjere se fizičke veličine koje su njena kontinuirana funkcija.

$\bar{t_r}$	relativna vrijednost srednje, odnosno prosječne temperatura radijacije (eng. **Mean radiant temperature**)	℃
$\overline{T_r}$	apsolutna vrijednost srednje, odnosno prosječne temperatura radijacije	K

Srednja temperatura radijacije je jednolična temperatura zamišljenog prostora u kojemu je prijelaz topline s ljudskog tijela jednak radijativnom toplinskog prijelazu (prijelaz topline zračenjem) u stvarnom nehomogenom prostoru. Mjeri se instrumentima, koji omogućavaju aproksimiranje heterogene radijacije površina u prostoru (npr. zidovi) preko srednje vrijednosti, poput Vernonovog globus termometra (eng. black globe thermometer). To je uniformna temperatura zamišljenog prostora u kojemu je radijativna toplinska razmjena s ljudskog tijela jednaka radijativnoj toplinskoj razmjeni u realnom nehomogenom prostoru. Prosječna temperatura zračenja je definirana u odnosu na ljudsko tijelo. e_g - emisivnost crnog tijela (kugla) (bezdimenzinalno)

s	Stefan – Boltzmannova konstanta	$5{,}67\ 10^{-8}\ W/m^2K^4$
T_g	temperatura kuglastog termometra	K
$\overline{t_{pr}}$	obična temperatura radijacije (eng. **Plane radiant temperature**), relativna vrijednost	℃
$\overline{T_{pr}}$	obična temperatura radijacije (eng. **Plane radiant temperature**), apsolutna vrijednost	K

Obična temperatura radijacije je jednolična temperatura prostora u kojemu je zračenje s jedne strane malog plošnog elementa jednako realnom nehomogenom prostoru. Mjeri se net radiometrom ili radiometrom koji sadrži reflektivni disk i apsorptivni disk. Jednostavna temperatura zračenja je uniformna temperatura zamišljenog zatvorenog prostora u kojem je zračenje s jedne strane manjeg plošnog elementa jednaka kao i u nehomogenom stvarnom okolišu.

$\overline{T_{dr}}$	direktna temperatura radijacije (eng. **Direct radiant temperature**) , apsolutna vrijednost	W/m^2
p_a	parcijalni tlak vodene pare	kPa

Djelomični tlak vodene pare u mješavini vlažnog zraka je tlak koji bi vodena para sadržavala u ovoj mješavini, kada bi sama zapunila cijeli volumen pri istoj temperaturi. Može se izmjeriti direktno pomoću elektrolitičkih instrumenata ili indirektno istovremenim mjerenjem više veličina kao što su relativna vlažnost zraka i temperatura zraka ili vlažna temperatura zraka mjerena psihrometrom (psihrometrijska vlažna temperatura) i temperatura zraka.

v_{tm}	brzina gibanja termalnog manekena	m/s

$\boldsymbol{v_i}$	brzina gibanja ispitanika	m/s
$\boldsymbol{v_a}$	brzina strujanja zraka (eng. **Air velocity**)	m/s

Brzina strujanja zraka je vektorska veličina kojom se kvantificiraju i smjer i brzina strujanja zraka.

$\boldsymbol{t_s}$	relativna vrijednost temperature površine (eng. **Surface temperature**)	℃
$\boldsymbol{T_s}$	apsolutna vrijednost temperature površine (eng. **Surface temperature**)	K

Površinska temperatura je temperatura određene površine i koristi se za procjenu temperature radijativne toplinske razmjene ljudskog tijela i/ili obične radijativne temperature. Također se koristi pri procjeni posljedica direktnog kontakta između tijela i neke površine. Mjeri se pomoću kontaktnog termometra i infracrvenog senzora.

$\boldsymbol{HSI}$	indeks toplinskog naprezanja, eng. **heat stress index**	%

To je racionalni indeks definiran kao omjer ukupnog evaporativnog toplinskog gubitka E_{sk} potrebnog za uspostavu toplinske ravnoteže (suma metabolizma i suhog toplinskog opterećenja) za maksimalni evaporativni toplinski gubitak E_{max} moguć u nekom okolišu, pomnožen s 100, pri stacionarnim uvjetima (S_{sk} i S_{cr} su 0) i uz t_{sk} na konstantnoj vrijednosti od 35℃. Omjer E_{sk} /E_{max} je jednak vlažnosti kože w. Kada je indeks toplinskog naprezanja veći od 100, nastupa zagrijavanje tijela; kada je on manji od 0, tijelo se hladi. Kada je t_{sk} konstantna, lokusi konstantnog HSI se podudaraju s linijama konstantne ET* na psihrometrijskom dijagramu.

$\boldsymbol{w}$	indeks vlažnosti kože, eng. **Index of Skin Wettedness**	-

Vlažnost kože w je omjer promatranog znojenja kože E_{sk} u odnosu na E_{max} okoliša, definiran preko t_{sk}, t_a, vlažnosti, strujanja zraka i odjeće. Osim za faktor 100, on je u biti jednak kao i HSI. Vlažnost kože je više vezana uz osjećaj ugodnosti ili neugode nego uz osjet temperature. Vlažnost kože je omjer stvarnog isparavajućeg (evaporativnog) gubitka topline i maksimalnog isparavajućeg (evaporativnog) gubitka topline (E_{max}) u istim uvjetima i uz potpuno vlažnu kožu (w=1). Vlažnost kože je važna u određivanju isparavajućeg gubitka topline. Maksimalni potencija isparavanja (E_{max}) nastupa pri w=1.

$$w = \frac{E_{sk}\left(R_{e,cl}+1\right)/(f_{cl}h_e)}{\left(p_{sk,s}-p_a\right)}$$

$\boldsymbol{t_o}$	radna, odnosno osjetna temperatura (eng. **operative temperature**)	℃

Temperatura crnog zatvorenog prostora kod koje bi osoba izmijenila jednak iznos energije zračenjem i konvekcijom s okolišem uzimajući u obzir brzinu strujanja zraka i relativnu vlažnost, kao i u realnom nejednolikom okruženju. To je prosječna vrijednost srednje temperature zračenja i temperature zraka i ispravljena za vrijednosti koeficijenata prijelaza topline.

$$t_o = \frac{\bar{t_r} + t_a}{2}$$

$$\boldsymbol{t_o = (\bar{t_r}\, h_r + t_a\, h_c)/(h_r + h_c)}$$

$\boldsymbol{t_{oh}}$	relativna vrijednost vlažne radne ili osjetne temperature (eng. **humid operative temperature**)	℃

To je temperatura jednoličnog okoliša pri relativnoj vlažnosti od 100 % u kojoj osoba gubi istu količinu topline s kože kao i u stvarnom okolišu.

$$t_{oh} = t_o + w \cdot i_m \cdot LR \cdot (p_a - p_{oh,s})$$

pri čemu je $p_{oh,s}$ zasićeni tlak para u kPa na temperaturi t_{oh}

$\boldsymbol{WBGT}$	temperatura vlažnog okruglog osjetnika globus psihrometra (eng. **wet-bulb globe temperature**)	℃

To je indeks okolišnog toplinskog stresa koji kombinira temperaturu suhog osjetnika (temperatura suhog termometra, eng dry bulb temperature) t_{db}, prirodno ventiliranu (ne aspiriranu) temperaturu vlažnog osjetnika (temperatura mokrog termometra, eng. wet bulb temperature) t_{nwb} i temperaturu crnog globus termometra (wet bulb globe thermometar) korištenjem matematičkog izraza [120]:

$$WBGT = 0.7t_{nwb} + 0.2t_g + 0.1t_a$$

Crni globus termometar reagira na temperaturu zraka, srednju temperaturu toplinskog zračenja i strujanje zraka, dok prirodno ventiliran termometar s vlažnim osjetnikom reagira na vlažnost zraka, strujanje zraka, temperaturu toplinskog zračenja i temperaturu zraka. Stoga je WBGT funkcija sva četiri okolišna faktora koji utječu na okolišni toplinski stres.

$\boldsymbol{WGT}$	temperatura vlažnog termometra sfere (eng. **wet-globe temperature**)	℃

Nudi jednostavniji pristup mjerenju okolišnog toplinskog stresa nego onaj mjeren putem WBGT indeksa. Mjerenje se izvodi pomoću ovlaženog okruglog termometra zvanog Botsball, koji se sastoji od crne bakrene kugle promjera 65 mm prekrivene prijanjajućom vlažnom crnom mrežastom tkaninom u koju je umetnut senzor termometra. Polirani držak pričvršćen na bakrenu kuglu pridržava termometar i sadrži rezervoar punjen vodom, kojim se navlažuje tkanina kugle. Instrument se navlaži parom na mjestu mjerenja. Pri temperaturama zraka

između 20 i 35℃, točci rosišta od 7 do 25℃ (relativnoj vlažnosti iznad 30 %) i brzini strujanja vjetra od 7 m/s ili manje, eksperimentalna regresijska jednakost (r=0.98) u ℃ za vanjske temperature okoliša je:

$$WBGT = 1.044(WGT) - 0.187$$

WCI	indeks pothlađenja vjetrom (eng. **wind chill index**)	$kcal/m^2/h$

To je empirijski indeks razvijen iz mjerenja hladnog okoliša Antartike pomoću cilindrične termos-boce djelomično napunjene vodom [121]. Indeks opisuje brzinu gubitka topline iz cilindra radijacijom i konvekcijom za temperaturu površine od 33℃, kao funkciju ambijentalne temperature i brzine vjetra.

$$WCI = \frac{\left(10.45 + 10\sqrt{v} - v\right)(33 - t_a)}{1.162}$$

u kojoj su v i t_a izraženi u m/s i ℃. Temperatura površine od 33℃ je izabrana kao reprezentativna prosječna temperatura kože osobe u mirovanju u udobnom okruženju. Neke ispravne primjedbe su upućene po pitanju ove formulacije. Podaci o brzini hlađenja su dobiveni mjerenjem plastičnog cilindra čiji je promjer 57 mm, zbog čega je nevjerojatno da je WCI točna mjera za opisivanje toplinskog gubitka s ljudskog tkiva, koje je izloženo hladnoći. Ljudsko tkivo ima drugačije karakteristike od plastike (zaobljenost, grubоću i svojstva toplinske izmjene) i nepromjenjivo je ispod 33℃ u hladnom okolišu.

$\boldsymbol{t_{eq}}$	relativna vrijednost ekvivalentne temperature (eng. **equivalent temperature**), povezuje utjecaje $t_a + \overline{t_r} + v_a$	℃

Temperatura prostora kod koje bi osoba izmijenila jednak iznos energije zračenjem i konvekcijom s okolišem uzimajući u obzir brzinu strujanja zraka i relativnu vlažnost, kao i u realnom nejednolikom okruženju.

$\boldsymbol{t_{eq,wc}}$	relativna vrijednost ekvivalentne temperatura pothlađenja vjetrom (eng. **equivalent wind chill temperature**)	$kcal/m^2/h$

To je temperatura okoliša koja bi pri mirnom vjetru (6,4 km/h) proizvela isti WCI kao i stvarna kombinacija temperature zraka i strujanja. Faktor pothlađenja vjetrom se razlikuje od WCI; WCI nema jedinice ili je dan kao brzina hlađenja.

$$t_{eq,wc} = -0.04544(WCI) + 33$$

ET*	efektivna temperatura (eng. **effective temperature**)	℃

Temperatura prostora kod koje bi osoba izmijenila jednak iznos energije s okolišem pri relativnoj vlažnosti od 50% i standardnim uvjetima (aktivnost 1,1 met, izolacija odjeće 0,6 clo i $v_a < 0{,}2\ m/s$) kao i u realnom nejednolikom okruženju.

$$ET^* = t_o + w \cdot i_m \cdot LR \cdot (p_a - 0.5 p_{ET*,s})$$

SET*	standardna efektiva temperatura (eng. **standard effective temperature**)	℃

Ekvivalentna temperatura okolnog zraka u izotermnom okolišu pri relativnoj vlažnosti od 50%, kod koje bi osoba osjećala jednako toplinsko i termoregulatorno naprezanje ($\boldsymbol{t_{sk}, w}$), dok je odjevena u odjeću standardiziranu za određenu aktivnost, kao i u realnom nejednolikom okruženju.

$\ddot{\boldsymbol{Q}}$	specifični toplinski tok, odnosno toplinski tok po jedinici površine ili gustoća toplinskog toka	W/m^2

$$\ddot{\mathrm{Q}} = \Phi_\mathrm{q} = \overrightarrow{\Phi_\mathrm{q}} = \ddot{\mathrm{Q}}_\mathrm{A} = \dot{\mathrm{Q}}/\mathrm{A}$$

To je gustoća toplinskog toka (vektorska veličina), odnosno količina energije u određenom vremenu po površini. To je brzina toplinskog toka na jedinicu površine ili toplinska energija prenesena u jedinici vremena kroz površinu A.

C ili c_{th}	toplinski kapacitet (eng. **heat capacity, heat capacitance**)	J/K

Definira se kao omjer količina topline, koju je potrebno dovesti nekome tijelu kako bi se temperatura promatrane tvari promijenila za neku vrijednost ΔT, i temperaturne razlike, odnosno sposobnost tijela da pohrani toplinsku energiju:

$$C = c_{th} = m\, c_p = \Delta Q/\Delta T$$

c ili c_p	specifični toplinski kapacitet ili specifična toplina (eng. **specific heat capacity**)	$J/kg\ K$

Definira se kao ona količina topline koju treba dovesti ili odvesti jedinici količine tvari da bi se temperatura promijenila za 1° (unutarnje svojstvo materijala):

$$c_p = c_m = \Delta Q/\Delta T\ m$$

$\boldsymbol{c_m}$	masena specifična toplina	$kJ/kg\ K$
$\boldsymbol{c_V}$	volumni specifični toplinski kapacitet	$kJ/\mathrm{m}^3\ K$
$\boldsymbol{c_M}$	molarna specifična toplina	$kJ/\mathrm{mol}\ K$
C	toplinska provodnost	W/K
$\dot{Q}$ ili Q	toplinski tok (eng. **heat flow, rate of heat transfer**)	W
$\overline{\boldsymbol{Q}}$	prosječna vrijednost toplinskog toka	W

D ili α	toplinska difuznost (eng. **thermal diffusivity**)	m^2/s
$\boldsymbol{c_{pv}}$	volumni toplinski kapacitet	$\mathrm{J/m^3K}$
e	toplinska efuznost (eng. **thermal effusivity**):	m^2/s
$\boldsymbol{K^{-1}}$	koeficijent toplinskog linearnog širenja	-
I	toplinska inercija	$J/m^2 \cdot K \cdot s^{-1/2}$
λ ili k	koeficijent vodljivosti topline (sinonimi *specifična toplinska vodljivost, linearni koeficijent prolaza topline, koeficijent toplinske vodljivosti*)	$\mathrm{W/mK}$
α (U ili h)	ukupni koeficijent prolaska topline (sinonimi *ukupan koeficijent toplinske propustljivosti, koeficijent toplinskog prijelaza, koeficijent provođenja topline, koeficijent sposobnosti očuvanja topline*)	$\mathrm{W/m^2K}$
$\boldsymbol{R_{ct}}$	otpor prolasku topline materijala	m^2K/W
$\boldsymbol{R_{\lambda}}$	specifični otpor prolasku topline materijala (specifična toplinska otpornost materijala ili specifični toplinski otpor)	$\mathrm{m\ K/W}$
$\boldsymbol{R_{th}}$ ***ili*** $\boldsymbol{R_{\theta}}$	apsolutni otpor prolasku topline	$\mathrm{K/W}$
$\boldsymbol{R_e}$	otpor isparavanju vodene pare ili evaporativan otpor (eng. **water vapour resistance or evaporative resistance**)	$m^2\ kPa/W$
$\boldsymbol{R_{e,T}}$	ukupni otpor isparavanju vodene pare odjevnog sustava (eng. **total water vapour resistance**)	$m^2 \cdot kPa/W$
$\boldsymbol{R_{et}}$	ukupni otpor isparavanju vodene pare materijala (eng. **total water vapour resistance**)	$m^2\ kPa/W$
$\boldsymbol{R_{e,cl}}$	bazični otpor isparavanju vodene pare (eng. **basic water vapour resistance**)	$m^2\ kPa/W$
$\boldsymbol{R_{e,a}}$	otpor isparavanju vodene pare zraka (eng. **air water vapour resistance**)	$m^2\ kPa/W$

$\boldsymbol{R_{e,T,r}}$	rezultantni ili dinamički ukupni otpor ispravanju vodene pare (eng. **resultant total water vapour resistance**)	$m^2\ kPa/W$
$\boldsymbol{R_{e,cl,r}}$	rezultantni bazični otpor isparavanju vodene pare (eng. **resultant basic water vapour resistance**)	$m^2\ kPa/W$
$\boldsymbol{I}$	toplinska izolacija (eng. **thermal insulation or equivalent uniform thermal resistance**)	$m^2\ K/W$
$\boldsymbol{I_T}$	ukupna (totalna) toplinska izolacija (eng. **total insulation**)	$m^2\ K/W$
$\boldsymbol{I_A}$	toplinska izolacija zraka	$m^2\ K/W$
$\boldsymbol{H}$	suhi toplinski gubitak po metru kože	W/m^2
$\boldsymbol{I_{cl}}$	bazična toplinska izolacija odjevnog sustava (eng**. basic insulation**)	$m^2\ K/W$
$\boldsymbol{I_{T,r}}$	rezultantna ili dinamička ukupna izolacija (eng. **resultant total insulation)**	$m^2\ K/W$
$\boldsymbol{I_{cl,r}}$	rezultantna ili dinamička bazična izolacija (eng. **resultant basic insulation**)	$m^2\ K/W$
$\boldsymbol{I_{clu}}$	efektivna toplinska izolacija odjevnog predmeta (eng. **effective thermal insulation of clothing garment**)	$m^2\ K/W$
$\boldsymbol{I_{cle}}$	efektivna izolacija odjevnog sustava (eng. **effective thermal insulation of clothing ensemble**)	$m^2\ K/W$
$\boldsymbol{I_{cler}}$	rezultantna efektivna toplinska izolacija (eng. **resultant effective thermal insulation**)	$m^2\ K/W$
$\boldsymbol{IREQ}$	potrebna izolacija (eng. **insulation required**)	$m^2\ K/W$
$\boldsymbol{IREQ_{min}}$	minimalna potrebna odjevna toplinska izolacija	$m^2\ K/W$
$\boldsymbol{IREQ_{neutral}}$	neutralna potrebna odjevna toplinska izolacija	$m^2\ K/W$

$\boldsymbol{I_t}$	ukupna toplinska izolacija odjeće (eng. **total thermal insulation of clothing)**	$m^2\ K/W$
$\boldsymbol{EE}$	energetski ekvivalent	$\mathrm{W\ h/L_{O_2}}$
$\boldsymbol{V_{O_2}}$	brzina utroška kisika	$\mathrm{L_{O_2}/h}$
$\boldsymbol{HR}$	srčani ritam (eng. **beats per minute**)	bpm
$\boldsymbol{HR_T}$	toplinska srčana reaktivnost	bpm °C
$\boldsymbol{HR_{max}}$	maksimalan broj otkucaja srca	
$\boldsymbol{d_{fab}}$ **ili** $\boldsymbol{d}$	debljina tkanine	m
$\boldsymbol{q_{max}}$	toplo-hladni osjet	$J/cm^2\ s$
$\boldsymbol{\alpha}$	koeficijent sposobnosti očuvanja topline	%
$\boldsymbol{a_p}$	propusnost (permeabilnost) zraka	$l/m^2\ s$
$\boldsymbol{i_{cl}}$	indeks propusnosti vodene pare odjeće	-
$\boldsymbol{i_m}$	ukupni indeks propusnosti (permeabilnosti) vodene pare	-

Indeks propusnosti vlage (eng. moisture permeability index) je razvio **A. H. Woodcock**. Vrijednosti ovog faktora se kreću od 0 do 1, pri ćemu vrijednost 0 opisuje paronepropusnu odjeću.

$$i_m = R_t/LR \cdot R_{et}$$

pri ćemu je *LR* Lewisov omjer.

$\boldsymbol{i_m/clo}$	prenosivnost ispravanjem ili indeks propusnosti isparavanjem (eng. evaporative transmissibility)	-

To je omjer indeks propusnosti vlage i ukupne toplinske izolacije i služi kako bi se predvidio utjecaj hlađenja tijela isparavanjem znoja u specifičnim okolišima uz prisustvo strujanja zraka. Odjeća s visokom vrijednošću ovog omjera ima veću mogućnost prenošenja topline toplinskim prijelazom putem konvekcije i hlađenjem uslijed isparavanja znoja.

$\boldsymbol{W_d}$	propusnost (permeabilnost) vodene pare	-
$\boldsymbol{\varepsilon_{cl}}$	emisivnost površine odjeće	-
$\boldsymbol{H}$	toplinska snaga koja se dovodi mjernom uzorku	W

ΔH_c	korekcijski faktor toplinske snage pri mjerenju otpora prolasku topline	-
ΔH_e	korekcijski faktor toplinske snage pri mjerenju otpora isparavanju vodene pare	-
H_C	ukupna snaga zagrijavanja kojom se opskrbljuje maneken	W
P_w	otpor prodiranju vode materijala (eng. **Resistance to water penetratio**n)	Pa
T_V	tjelesna visina	cm
O_v	opseg vrata	cm
O_g	opseg grudi	cm
O_s	opseg struka	cm
O_b	opseg bokova	cm
O_{bd}	opseg bedra	cm
O_{or}	opseg orukavlja	cm
$O_{p.g.}$	opseg odjevnog predmeta na liniji opsega grudi	cm
$O_{p.s.}$	opseg odjevnog predmeta na liniji opsega struka	cm
$O_{p.b.}$	opseg odjevnog predmeta na liniji opsega bokova	cm
$O_{p.d.}$	opseg odjevnog predmeta na duljini	cm
$G_{ea,g}$	iznos konstrukcijskog dodatka komocije na liniji opsega grudi	cm
$G_{ea,s}$	iznos konstrukcijskog dodatka komocije na liniji opsega struka	cm
$G_{ea,b}$	iznos konstrukcijskog dodatka komocije na liniji opsega bokova	cm
D_o	dubina orukavlja	cm

$\boldsymbol{O_r}$	opseg ruke	cm
$Š_{\boldsymbol{r}}$	širina rukava	cm
$\boldsymbol{O_l}$	opseg lakta	cm
$\boldsymbol{O_{rz}}$	opseg ručnog zgloba	cm
$\boldsymbol{D_{rš}}$	duljina ramenog šava	cm
$\boldsymbol{D_{rg}}$	razmak između grudi	cm
$\boldsymbol{D_l}$	duljina leđa	cm
$Š_g$	širina grudi	cm
$Š_{\boldsymbol{l}}$	širina leđa	cm
$Š_o$	širina orukavlja	cm
$\boldsymbol{D_{ko}}$	duljina koraka	cm
$\boldsymbol{V_{s,min}}$	minimalna sjedeća visina	cm
$\boldsymbol{V_{s,max}}$	maksimalna sjedeća visina	cm
$\boldsymbol{D_{l-k,min}}$	minimalna sjedeća visina	cm
$\boldsymbol{D_{l-k,max}}$	maksimalna sjedeća visina	cm
$\boldsymbol{V_{l-s,min}}$	minimalna visina od sjedeće površine do koljena	cm
$\boldsymbol{V_{l-s,max}}$	maksimalna visina od sjedeće površine do koljena	cm
$\boldsymbol{D_{funk.hvat.iz,min}}$	minimalna duljina vertikalnog funkcionalnog hvatanja iznad glave	cm
$\boldsymbol{D_{funk.hvat.iz,max}}$	maksimalna duljina vertikalnog funkcionalnog hvatanja iznad glave	cm
$\Delta\boldsymbol{m_g}$	Razlika tjelesne mase ispitanika	kg
$\Delta\boldsymbol{m_{clo}}$	Razlika u masi znoja upijenog u odjeću	kg
$\Delta\boldsymbol{m_{o,h}}$	Razlika u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida u fazi hoda	kg

$\Delta m_{o,m}$	Razlika u masi uslijed razlike udahnutog kisika i izdahnutog ugljičnog dioksida u fazi mirovanja	kg
$\Delta m_{res,h}$	Razlika u masi kao posljedica respiracije u fazi hoda	kg
$\Delta m_{res,m}$	Razlika u masi kao posljedica respiracije u fazi mirovanja	kg
Δm_{wat}	Razlika u unosu tekućine i sekreciji urina	kg
Δm_{sol}	Razlika u unosu krute hrane i njihovoj sekreciji	kg
Δm_{sw}	Razlika u masi kao posljedica znojenja	kg
RH	relativna vlažnost	%
RH_{sk}	relativna vlažnost kožne površine	%
A_{cl}	površina odjevnog predmeta	cm^2
m_{cl}	masa odjevnog predmeta	kg
m_{clu}	masa odjeće	kg
$m_{cl,p}$	masa odjevnog predmeta prije ispitivanja	kg
$m_{cl,n}$	masa odjevnog predmeta nakon ispitivanja	kg
$m_{clu,p}$	masa odjeće prije ispitivanja	kg
$m_{clu,n}$	masa odjeće nakon ispitivanja	kg
Δm_{cl}	razlika u masi odjevnih predmeta	kg
Δm_{clu}	razlika u masi odjeće	kg
m_g	tjelesna masa ispitanika	kg
$m_{g,p}$	tjelesna masa ispitanika prije ispitivanja	kg
$m_{g,n}$	tjelesna masa ispitanika nakon ispitivanja	kg
m_{g1}	masa neodjevenog ispitanika prije ispitivanja	kg
m_{g2}	masa neodjevenog ispitanika nakon ispitivanja	kg
Δm_g	razlika u masi tijela ispitanika	kg

$\boldsymbol{m_{os}}$	masa odjevnog sustava	kg
MJ	muška jakna	-
OS	odjevni sustav	-
$\boldsymbol{\overline{Ocj_d}}$	prosječna ocjena ispitanika u dinamičkim uvjetima	-4 do 4
$\boldsymbol{\overline{Ocj_s}}$	prosječna ocjena ispitanika u statičkim uvjetima	-4 do 4
$\boldsymbol{P_{kr,d}}$	površina krojnog dijela	cm^2
$\boldsymbol{A_{clu}}$	ukupna površina odjevnog predmeta	cm^2
$\boldsymbol{A_{Du}}$	površina tijela termalnog manekena	cm^2
$\boldsymbol{f_{clu}}$	utvrđeni faktor površine odjevnog predmeta	-
$\boldsymbol{V_N}$	zrakonepropusnost materijala	l/m^2s
$\boldsymbol{P_w}$	otpor prodiranju vode materijala	Pa
$\boldsymbol{h}$	debljina materijala	mm
$\boldsymbol{g}$	površinska masa	g/cm^2
$\boldsymbol{t_s}$	relativna vrijednost temperature mjerene cjeline termalnog manekena	°C
$\boldsymbol{t_{vt,l}}$	temperaturne vrijednosti leđne vertikale	°C
$\boldsymbol{t_{vt,p}}$	temperaturne vrijednosti prednje vertikale	°C

PRILOG IV

JEDINICE I DEFINICIJE

1 Razvoj jedinica za opisivanje mehanizama toplinske izmjene

Povijesni razvoj na području istraživanja topline, mehanizama toplinske izmjene i sustava kojima se opisuje ljudska termoregulacija omogućio je mnogo znanstvenih spoznaja i formulacija. Mnoge su se spoznaje postepeno mijenjale usvajanjem novih znanja i potvrđivanjem ili odbacivanjem prvotnih znanstvenih hipoteza. Usporedno s time, mijenjale su se i korištene jedinice kojima se te fizikalne pojave i procesi opisuju. Danas je uporaba mjernih jedinica zakonom propisana i regulirana „Međunarodnim sustavom mjernih jedinica" (skraćenica SI koja dolazi od francuskog naziva ***Système International d'Unités***.[1]

Jedinice Međunarodnog sustava (jedinice SI) se dijele na osnovne jedinice SI, izvedene jedinice SI s posebnim nazivima i znakovima i izvedene jedinice SI bez posebnih naziva i znakova.

Osnovna jedinica SI sustava kojom se mjeri termodinamička temperatura je ***kelvin*** $[K]$**.** Definira se kao 1/273,16 dio temperature trojne točke vode.

U kategoriju jedinica s posebnim nazivima i znakovima, tj. jedinica koje sadržavaju jedinice s posebnim nazivima i znakovima spada ***džul*** (franc. ***Joule***) i označava se simbolom **J.** Izražena je pomoću drugih SI jedinica i to kao umnožak ***N*** (***njutn***) i ***m*** (***metar***), a može se izraziti i pomoću osnovnih SI jedinica kao umnožak $m^2\ kg\ s^{-2}$. Njome se izražavaju ***rad*** (***W***)**,** ***energija*** (***E***) i ***toplina*** (***Q***)**.** Često se pri opisivanju toplinske snage koristi izvedena jedinica ***vat*** (***W***) koja je izražena pomoću drugih SI jedinica kao omjer J/s, odnosno ako se izražava pomoću osnovnih jedinica SI sustava, koristi se umnožak $m^2\ kg\ s^{-3}$.

Također, u ovu kategoriju izvedenih jedinica s posebnim nazivima i znakovima spada ***Celsiusova temperatura*** (***°C***).

Primjeri nekih izvedenih jedinica SI sustava čiji nazivi i znakovi uključuju izvedene SI jedinice s posebnim nazivima i znakovima su koji se koriste pri opisivanju mehanizama toplinske izmjene i termoregulatornih sustava: ***gustoća toplinskog toka*** $[W/m^2]$ odnosno $[kg/s^{-3}]$, ***toplinski kapacitet*** $[J/K]$ odnosno$[m^2\ kg\ s^{-2}K^{-1}]$, ***specifični toplinski kapacitet*** $[J/kg\ K]$

[1] Cf. franc. Le Système International d'Unités, u prijevodu „Međunarodni sustav mjernih jedinica" je sustav mjernih jedinica čija je uporaba zakonom propisana u svim državama svijeta osim SAD-a, Liberije i Mjanme. Danas ova međunarodna organizacija broji 54 članice među kojima je i Republika Hrvatska, koja je postala članicom 2008. godine. U Hrvatskoj je Međunarodni sustav uveden u uporabu još 1. siječnja 1981. dok je RH bila u sastavu SFRJ, čime su neke do tada korištene jedinice postale nezakonite. Uporaba mjernih jedinica regulirana je u Republici Hrvatskoj Međunarodnim sustavom jedinica SI i Pravilnikom o mjernim jedinicama koji je 21.12.2006. u Narodnim novinama objavio Državni zavod za mjeriteljstvo, a može se vidjeti na službenim web stranicama Državnog zavoda za mjeriteljstvo.

odnosno $[m^2\ s^{-2}K^{-1}]$, ***specifična energija*** ([J/kg] odnosno $[m^2 s^{-2}]$,***toplinska vodljivost*** ([W/m K], odnosno $[m^2\ kg\ s^{-3}K^{-1}]$, ***gustoća energije*** ([J/m^3], odnosno $[m^{-1}\ kg\ s^{-2}),]$ ***molarni toplinski kapacitet*** ([J/mol K], odnosno $[m^2\ kg\ s^{-2}K^{-1}mol^{-1}]$.

Jedinica izvan SI sustava koji se koristi pri opisivanju mehanizama toplinske izmjene i termoregulatornih sustava pridružena CGS[2] sustavu je:

Energija ($erg\ =\ 10^{-7}$ J)

1.1 Osnovne fizikalne veličine i mjerne jedinice

Dovođenje ili odvođenje topline radnom mediju tokom bilo kojeg procesa uzrokuje promjenu temperature, osim kod isparavanja i kondenzacije.

- ***Toplinski kapacitet***[3] (eng. ***heat capacity, heat capacitance,*** **C, c_{th})** je mjerljiva fizikalna veličina koja se označava simbolom **C**, a definira se kao omjer količina topline, koju je potrebno dovesti nekome tijelu kako bi se temperatura promatrane tvari promijenila za neku vrijednost ΔT, i temperaturne razlike, odnosno sposobnost tijela da pohrani toplinsku energiju:

$$C = c_{th} = m\ c_p = \Delta Q/\Delta T \quad [J/K]$$

Izražava se pomoću izvedene suvisle SI jedinice J/K, odnosno $m^2\ kg\ s^{-2}\ K^{-1}$,a stara jedinica glasi kcal/K,odnosno kcal/℃.

- **Specifični toplinski kapacitet ili specifična toplina** (eng. ***specific heat capacity***, **c_p)** se označava simbolom **c** i definira se kao ona količina topline koju treba dovesti ili odvesti jedinici količine tvari da bi se temperatura promijenila za 1° (unutarnje svojstvo materijala):

$$c_p = c_m = \Delta Q/\Delta T\ m[J/kg\ K]$$

[2] eng. Centimetre-gram-second system of units-skraćenica CGS je verzija metričkog sustava fizikalnih jedinica koja se bazira na centimetru kao jedinici za duljinu, gramu kao jedinici mase i sekundi kao jedinici vremena.

[3] Prije razvoja suvremene termodinamike smatralo seje kako je toplina fluid, tzv. caloric. Smatralo se kako su tijela sposobna zadržati određenu količinu tekućine, pa ovdje leži porijeklo imena toplinski kapacitet, kako ga je pri imenovao i proučavao 1750-ih francusko-škotski fizičar i kemičar Joseph Black. Također, dolazi do mogućnosti stanovite zabune pri prijevodu termina eng. ***thermal capacitance, thermal mass ili heat capacity*** jer se radi o sinonimima istog pojma, odnosno toplinskog kapaciteta, dok se pojmom eng**. *specific heat*** označava specifični toplinski kapacitet.

Za masu od 1 kg djelatne tvari to je masena specifična toplina c_m $(kJ/kg\ K)$ za volumen od 1 m^3 to je volumna specifična toplina, odnosno volumni specifični toplinski kapacitet c_V $(kJ/m^3\ K)$ a za 1 mol, molarna specifična toplina $c_M = M\ c$ $(kJ/mol\ K)$[4].

Njihov međusobni odnos definiranje izrazom:

$$c_m = c_M/M = c_V\ V$$

- Specifična toplina koja odgovara određenoj temperaturi radnog medija naziva se ***stvarna specifična toplina***.

U prošlosti se je za izražavanje veličine specifičnog toplinskog kapaciteta upotrebljavala jedinica $gcal/g$ ℃ ili $kcal/kg$ ℃, što se može vidjeti u radu Stolwijka i. Hardyja iz 1966.[5] i radu J. A. J. Stolwijka objavljenog 1971.[6] godine za potrebe istraživanja američke organizacije NASA.

$$gcal/g\ ℃ = 4{,}1859 \cdot 10^{-3} kg\ K = 0{,}004186\ J/kg\ K$$

Zakon očuvanja energije (Prvi zakon termodinamike) glasi: „Energija zatvorenog sustava ne može nestati ni iz čega ni iz čega nastati, energija može samo prelaziti iz jednog oblika u drugi, i ona je konstantna."[7] Prema ovome zakonu ukupna količina energije u nekome izoliranome sustavu ostaje konstantna tijekom vremena i može se samo transformirati iz jednog u drugo stanje. Time je opovrgnuta pretpostavka Josepha Blacka koji toplinu nije smatrao vidom energije, već fluidom koje je tijelo sposobno zadržati.[8] Danas se ta količina energije unutar nekog tijela, objašnjava pojmom **unutarnja energija sustava**.

Ukoliko proučavamo ljudsko tijelo kao jedan sustav, tada se energija u njemu pojavljuje u različitim oblicima-u obliku kemijske energije, toplinske energije, mehaničke energije, kinetičke energije, itd.

Neke su mjerne jedinice za opisivanje količine energije s vremenom izašle iz uporabe.

[4] simboli kojima se označavaju navedene fizikalne veličine su izmijenjeni u odnosu na izvornik Budin, R. i Mihelić-Bogdanić, A.: Osnove tehničke termodinamike

[5] Stolwijkov model termoregulacije iz 1966. rad autora J. A. J. Stolwjka i J. D. Hardyja pod nazivom „Temperature Regulation in Man - A Theoretical Study" objavljen u lipnju 1966.

[6] Stolwijkov model termoregulacije iz 1971. je zapravo elaborat organizacije NASA pod brojem NASA CR- 1855, autor: J. A. J. Stolwijk, naslov: A mathematical model of physiological temperature regulation in man, kolovoz 1971., za NASU

[7] O tome detaljnije cf. : Budin, R. i Mihelić-Bogdanić, A.: Osnove tehničke termodinamike

[8] cf. Supra, bilješka br. 15

Tab. 2: Mjerne jedinice za energiju izvan SI sustava

Jedinice koje su izvan SI sustava ili su izašle iz službene uporabe			
mala" ili gram-kalorija	cal	kilokalorija	Kcal/Calorie
eng. International Table calorie, $calorie_{IT}$	cal_{IT}	eng. International Table large/food calorie according to American standards	$kcal_{IT}$
eng. thermocehemical calorie, $calorie_{th}$	cal_{th},	eng. thermocehemical large/food calorie according to American standards[9]	$kcal_{th}$
eng. mean calorie, small calorie, calorie[10]	cal	kilopondmetar	kpm
calorie (15 °C)	cal_{15}	konjska snaga-sat	KSh (eng. hp h-horse power hour)
calorie (20 °C)	cal_{20}	Britanska toplinska jedinica, eng. International Table British thermal unit[11]	Btu_{IT}
eng. foot pound force	ft lb_f	Britanska toplinska jedinica, eng. thermochemical British thermal unit	Btu_{th}
eng. foot-poundal	ft pdl	Prosječna britanska toplinska jedinica, eng. British thermal unit (mean)	Btu
dyne-centimetar	dyne cm	eng. British thermal unit (39 °F) (Btu)	Btu
Q jedinica	Q	eng. British thermal unit (59 °F) (Btu)	Btu
Therm jedinica	Therm	eng. British thermal unit (60 °F) (Btu)	Btu
Quad jedinica	quad	eng. kilogram-force meter	gF m
eng. kilogram-force meter ili kilopond meter	kgF m, odnosno kp m	eng. gram force-centimetre	gF cm
Jedinice izvan SI sustava koje su pridružene CGS sustavu i Gaussovom CGS sustavu mjernih jedinica		**Jedinice izvan SI sustava čije se vrijednosti u SI jedinicama dobivaju pokusom (iznimno dopuštene jedinice izvan SI sustava)**	

[9]Kilogram kalorija ili velika kalorija je zastarjeli naziv za kilokaloriju, kojom se opisuje energetska vrijednost hrane, a prefiks kilo se u žargonu najčešće gubi. Kilokalorija je količina energije koja je potrebna da se temperatura 1 kg vode povisi za 1℃ pri tlaku od jedne atmosfere.

[10] Jedinice kojima se je u prošlosti izražavala energija, odnosno toplina poput kcal i cal često se još mogu naći u različitoj literaturi. Pri tome valja uočiti kako između ove dvije jedinice postoji razlika - kilogram kalorija se označava kao kcal ili Cal, a gram kalorija se označava kao gcal ili cal. Ove jedinice imaju različitu vrijednost pa je tako 1 cal = 4,186 J, a 1 kcal = 4186,8 J. Dakle, 1 kcal = 1000 cal. Eng. calorie-u prijevodu „mala" ili gram-kalorija (cal ili gcal) predstavlja vrijednost energije koja je potrebna kako bi se temperatura 1 g vode povisila za 1°C, a indeksi „IT" i „th" označavaju skraćenice engleskih izraza (eng. ***International Table*** i ***thermochemical***). Mala kalorija je količina energije koja je potrebna da se temperatura 1 g vode povisi za 1℃ pri tlaku od jedne atmosfere.

[11] indeksi „IT" i „th" označavaju skraćenice engleskih izraza (eng. ***International Table*** i ***thermochemical***)

erg	erg	elektronvolt	eV

1.2 Osnovne veličine kojima se definira sposobnost provođenja topline i vodene pare tekstilije

- ***Toplinska provodnost*** [12](C) je:

To je količina toplinske energije koja prolazi kroz materijal određene debljine i površine u jedinici vremena pri određenoj temperaturnoj razlici (eksperimentalno se utvrđuje stavljanjem materijala između dvije provodne ploče i mjerenjem toplinskog toka, koji je potreban kako bi se održala neka temperaturna razlika, za razliku od većine metoda pomoću kojih se utvrđuju izolacijska svojstva materijala i koje se provode pri konstantnoj temperaturi uz minimalno strujanje zraka). To je brzina toplinskog toka kroz materijal određene površine i debljine pri temperaturnoj razlici.

$$C = \dot{Q}/\Delta T = \dot{Q_A}/A\,\Delta T = kA/h \qquad [W/K]$$

Gdje je:

- $\dot{Q} = \Delta Q/\Delta t$ $(J/s = W)$ ***toplinski tok***[13]
- $\Phi_q = \ddot{Q_A} = \dot{Q}/A$ (W/m^2) ***specifični toplinski tok***, odnosno toplinski tok po jedinici površine[14]
- λ ili k je ***koeficijent vodljivosti topline*** (W/mK)[15]
- h je debljina materijala

Jedinica u skladu s SI sustavom kojom se izražava ova veličina je (W/K).

- ***Toplinski tok*** (eng. ***heat flow, rate of heat transfer,*** $\dot{\mathbf{Q}}$) toplinski tok je prijenos topline u jedinici vremena:

[12] eng. ***thermal conductance, C-value*** ili ***surface conductance***, označava se simbolima C, G i h, ali se mora paziti da ne dođe do eventualne zabune s toplinskim kapacitetom, koji se uobičajeno označava simbolom C. Što je veća, to je bolja efikasnost toplinske izolacije.

[13] eng. ***heat flow***, ***heat transfer rate***, ***rate of heat flow***, stara jedinica u skladu s Britanskim imperijalnim sustavom jedinica (Btu/h)

[14] eng. ***heat flux***, ***thermal flux***, ***heat flux density, heat transfer per unit area***, ***heat flow per unit area***, ***heat rate per unit area*** je stara jedinica u skladu s Britanskim imperijalnim sustavom jedinica $(Btu/h \cdot ft^2)$

[15] eng. ***thermal conductivity***, često se označava različitim simbolima i naziva različitim imenima. Simboli koji se mogu pronaći kod različitih autora su k, λ ili κ. Imena koja se mogu pronaći u različitim literaturama su specifična toplinska provodnost, specifična toplinska vodljivost, koeficijent toplinske vodljivosti. To je svojstvo sposobnosti materijala da provodi toplinu i dio je matematičkog izraza Fourierova zakona toplinske kondukcije [http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_conductivity]. Prema starom britanskom sustavu imperijalnih jedinica označavala se mjernom jedinicom $(Btu/h \cdot ft\ °F)$.

$$\dot{Q} = \Delta Q/\Delta t \quad [W = J/s]$$

- ***Specifični toplinski tok*** (eng. ***heat flux, thermal flux , rate of heat flow,*** **Q̈**) je gustoća toplinskog toka (vektorska veličina), odnosno količina energije u određenom vremenu po površini:

$$\ddot{Q} = \Phi_q = \overrightarrow{\Phi_q} = \frac{\dot{Q}}{A} \quad [W/m^2]$$

To je brzina toplinskog toka na jedinicu površine ili toplinska energija prenesena u jedinici vremena kroz površinu A.

- ***Toplinska difuznost*** (eng. ***thermal diffusivity*****, D, α**):

$$\alpha = \lambda/\rho c_p \quad [m^2/s]$$

Pri čemu je umnožak gustoće materijala i specifičnog toplinskog kapaciteta (ρc_p) i zove se ***volumni toplinski kapacitet*** c_{pv} (J/m^3K) i označava količinu topline potrebnu da se temperatura 1 m^3 materijala digne za 1 K.

- ***Toplinska efuzivnost*** (eng. ***thermal effusivity,*** **e**):

$$e = \sqrt{\lambda \rho c_p} = (\lambda \rho c_p)^{1/2} \quad [Ws^{1/2}/m^2K]$$

- ***Koeficijent toplinskog linearnog širenja*** (K^{-1}) je relativna promjena duljine materijala uzrokovana porastom temperature za 1 K.

- ***Toplinska inercija*** (I) je termin je svojstvo materijala vezano uz specifičnu toplinsku vodljivost i volumetrijski toplinski kapacitet.

$$I = \sqrt{k \cdot \rho c_p} \quad [J/m^2 \cdot K \cdot s^{-1/2}]$$

gdje je: ***λ*** **ili k-*koeficijent vodljivosti topline***

ρ-gustoća $[kg/m^3]$

c_p-***specifični toplinski kapacitet*** $[J/kg\ K]$

Koeficijent vodljivosti topline ili specifična toplinska vodljivost (eng. ***specific thermal conductivity, thermal conductivity, k-value, k, λ***) se definira kao brzina toplinske kondukcije po jedinici površine materijala određene debljine i jedinici toplinske razlike. Veličinu k

dobivamo matematičkim izrazom Fourierova zakona toplinske kondukcije, odnosno vođenja topline.[16]

Specifična toplinska provodnost pretpostavlja kako je toplinski prijelaz kroz materijal u linearnom odnosu s debljinom materijala. To je sposobnost materijala da provodi toplinu, odnosno količina prenesene topline u jedinici vremena, koja prođe kroz presjek materijal debljine 1 m, uslijed temperaturne razlike od 1 K između dvije plohe i u stacionarnim uvjetima kada prijenos topline ovisi samo o temperaturnom gradijentu. Specifična toplinska provodnost izračunava se u skladu s Zakonom toplinske kondukcije, poznatom i kao Fourierov zakon. Njime se iskazuje vremenska učestalost (tj. brzina) prijenosa topline kroz materijal proporcionalna negativnom gradijentu temperature te površini pod pravim kutovima, na taj gradijent, kroz koju toplina protječe.

Brzina toka toplinske energije između krajeva površine (***linearni tok topline***) kao:

$$\Delta Q/\Delta t = -kA\frac{\Delta T}{h}$$

Gdje je:

$\Delta Q/\Delta t$ brzina toplinskog toka (eng. ***rate of heat flow***), A je površina presječenog područja, $\Delta T/h$ temperaturni gradijent koji je uvijek negativan kod spontanog prijenosa topline jer toplina uvijek spontano prijelazi samo s tijela više na tijelo niže temperature, odnosno iz stanja više u stanje niže energije.

- Prema njemu je koeficijent vodljivosti topline definiran kao količina prenesene toplinske energije kao posljedica razlike u temperaturama u jedinici vremena na površinu materijala u smjeru temperaturnog gradijenta, a matematički izraz glasi:

$$\lambda = k = \dot{Q}/A\frac{\Delta T}{h} = \frac{\Delta Q\, h}{A\, \Delta T\, \Delta t} \qquad [W/m\,K]$$

h je udaljenost među krajevima, tj. debljina materijala, k je koeficijent toplinske provodnosti, odnosno specifična toplinska provodnost (W/mK).

[16] Također, s vremenom su mijenjane i mnoge druge jedinice. Primjerice jedinica za izražavanje specifične toplinske provodnosti (k). eng. ***Thermal conductivity***-različiti autori različito prevode ovu riječ. Neki je prevode kao toplinska provodnost ili koeficijent toplinske provodljivosti, neki toplinska vodljivost ili koeficijent toplinske vodljivosti (λ) ili koeficijent vođenja topline, a dio autora se na ovaj pojam referira kako toplinska konduktivnost, dok se termin eng. ***thermal conductance*** rijetko prevodi na hrvatski jezik, a izražava se jedinicom W/K, a stara jedinica je kcal/°C h.
Npr. 1) Wikipedija navodi u svom prijevodu termin toplinska vodljivost i koeficijent toplinske vodljivosti
2) Autor Bezjak u svome radu navodi termine toplinska vodljivost i koeficijent vođenja topline
3) Autorica Tonka Kovačić u sveučilišnom udžbeniku „Struktura i svojstva polimera" navodi pojam toplinska provodnost

Pri definiranju koeficijenta koeficijenta vodljivosti topline materijala KES-Fb 7 Thermo Labo II mjernim sustavom koristimo slijedeći izraz:

$$\lambda = \frac{\dot{Q}\,h}{A\,(t_{BT} - t_a)}$$

Danas su mjerne jedinice Britanskog imperijalnog sustava mjernih jedinica $Btu/h \cdot ft \cdot °F$ i stara jedinica kcal/h m °C i zamijenjene jedinicom SI sustava W/mK pri čemu vrijedi konverzija uz jednakost °C = K:[17]

$$1\,\frac{\text{kcal}}{\text{h m °C}} = 1{,}163\,\frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

i

$$1\,\frac{\text{W}}{\text{mK}} = 0{,}85984\,\frac{\text{kcal}}{\text{h m °C}}$$

- ***Ukupan koeficijent toplinske propustljivosti*** (α, U ili h), ***koeficijent prolaska topline***, ***koeficijent toplinskog prijelaza*** ili ***koeficijent provođenja topline***[18] mjeri sposobnost nekog tijela da prenosi toplinu, tj. mjeri brzinu toplinskog prijenosa (toplinski tok) u W kroz jedinicu površine[19] u standardnim uvjetima pri određenoj temperaturnoj razlici koja je uvjet spontanog prijenosa topline s toplijeg na hladnije tijelo (pri temperaturi od 24°C i relativnoj vlažnosti od 50 %). Dakle, to je udio toplinske energije u jedinici vremena na površinu materijala određene debljine pri temperaturnoj razlici lica i naličja.

Matematički izrazi koji proizlaze iz ove definicije glase:

$$U = h = \alpha = \Delta Q/A\,\Delta T = 1/R = \lambda/h = k/L \qquad [W/m^2K]$$

Ta se vrijednost u nazivima građevinske industrije također naziva i U-vrijednost, a njome se mjeri toplinski gubitak nekog najčešće građevinskog elementa ili se taj termin može referirati

[17] ponekad se može naći i jedinica $Btu \cdot in/h \cdot ft^2 \cdot °F$ kao u primjerice studiji McCullough i Jonesa), a vrijedi odnos: $Btu/h \cdot ft \cdot °F = 1.730735\ W/mK$

[18] eng. ***Thermal transmittance***, ***thermal admittance*** ili α, ***overall heat transfer coefficient***, odnosno ***U-value*** (za više slojeva), ***heat transfer coefficient*** ili h ili ***composite thermal conductance***. Pojmovi U- vrijednost i R-vrijednost se najčešće upotrebljavaju pri opisivanje izolacijskih svojstava elemenata u građevinarstvu, dakle izolacijskih svojstava prozora, podova, vrata, itd. Osim toga, tim su se jedinicama služili strani stručnjaci tekstilne industrije i pri konstruiranju i modeliranju odjeće. U tekstilnoj industriji, posebno kada se radilo o konstrukciji odjevnih predmeta, R- i U-vrijednosti upotrebljavane su pri opisivanju izolacijskih svojstava tkanina i kompozita u ovisnosti o njihovoj debljini. Također valja napomenuti kako se pojam eng. ***thermal transmittance*** najčešće koristi kao sinonim za eng. ***composite thermal conductance***, dakle za opisivanje koeficijenta toplinske propustljivosti kompozitnih materijala od više slojeva. SI jedinica je W/m^2K, a stara jedinica u skladu s Britanskim imperijalnim sustavom jedinica je $Btu/h \cdot ft^2 \cdot °F$.

[19] Standardi ISO 6946,k ISO 10211, ISO 13370 (podovi), ISO 10077, ISO 15099 (prozori), ISO 9869 standardiziraju mogućnost izračuna koeficijenta prolaska topline.

na ukupan koeficijent toplinskog prijelaza pa se u skladu s time izražava veličina toplinskog prijelaza. Što je ta vrijednost viša, to je lošija toplinska izolacija nekog objekta.

- ***Otpor prolasku topline materijala*** [20] (sinonim toplinska izolacija)[21] (R_{ct}) koji je recipročan toplinskoj vodljivosti. Toplinski otpor je svojstvo topline i mjeri se kao temperaturna razlika pri kojoj materijal pruža otpor toplinskom toku.

Otpor prolasku topline materijala je temperaturna razlika između dviju strana materijala podijeljena s rezultantnim toplinskim tokom po jedinici površine u smjeru gradijenta:

$$R_{ct} = 1/h = h/\lambda = L/k = \Delta T/\dot{Q}_A \qquad [m^2K/W]$$[22]

Pri definiranju toplinskog otpora materijala KES-F 7 Thermo Labo II mjernim sustavom koristimo slijedeći izraz:

$$R_{ct} = \frac{(t_{sk} - t_a) \cdot A_{v-BT}}{H_c}$$

Definiran je kao temperaturna razlika između dva lica materijala koja su odijeljena rezultantnim toplinskim tokom po jedinici područja u smjeru gradijenta. Suhi prijenos topline se može sastojati od jedne ili više konduktivne, konvektivne ili radijacijske komponente. Otpor prolasku topline materijala je izražen u $m^2\,K/W$ i parametar je specifičan za tekstilne materijale ili kompozite koji određuju suhi toplinski tok kroz dano područje kao odgovor na stalni toplinski gradijent [45].

- Drugi je pojam ***specifičan otpor prolasku topline materijala*** (R_λ)

$$R_\lambda = 1/\lambda = A\frac{\Delta T}{m}/\Delta Q = R_{ct}/h \qquad [m\,K/W]$$

[20] The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers ili u prijevodu Američko udruženje inženjera za grijanje, rashlađivanje i klimatizaciju je osnovano 1959. godine. Izrazito važna je publikacija koju ovo društvo izdaje-priručnik ovog društva: ASHRAE Handbook.

[21] eng. ***thermal resistance, thermal insulance, insulation coefficient*** ili skraćeno ***insulation***. Ta se vrijednost često naziva i R-vrijednost, međutim i ovdje postoji stanoviti prostor za stvaranje zabune jer postoji razlika između R-vrijednosti koje su u skladu s SI-sustavom i R-vrijednosti prihvaćenih u zemljama SAD-a. R-vrijednost u zemljama SAD-a je otprilike 6 puta veća nego R-vrijednost po SI-sustavu. Kako bi se ove dvije jedinice razlikovale neki autori R-vrijednosti po SI-sustavu označavaju kao RSI ili R_{si}.

[22] Stara jedinica, koja se još uvijek upotrebljava na anglosaksonskom području (Jedinica Britanskog imperijalnog sustava mjernih jedinica za otpor prolasku topline materijala, tj. R-vrijednost) glasi $hft^2°F/Btu$.

Jednakosti za konverziju između jedinica po SI sustavu, USA sustavu i Britanskom imperijalnom sustavu mjernih jedinica za R-vrijednost su slijedeće:

$1\,h\,ft^2\,°F/Btu = 0.176110\ m^2K/W$, odnosno $1\ Km^2/W = 5.678263\,h\,ft^2°F/Btu$,

$R-\text{value (US)} = \text{RSI (SI)} \cdot 5.678263337$, odnosno $\text{RS1 (SI)} = R-\text{value} \cdot 0.1761101838$

Naziva se još ***specifični otpor prolasku topline materijala*** i to je unutarnje svojstvo materijala kroz koji se provodi toplina, a ovisi o debljini tog materijala. Toplinska barijera koju čini nekoliko slojeva materijala će pružati seriju specifičnih otpora prolasku topline materijala, drugim riječima dvostruki sloj tkanine će udvostručiti R-vrijednost i smanjiti prolaz topline za pola, međutim ovakvo pojednostavljivanje ne vrijedi za sve strukture tkanina.[23]

- Također postoji i pojam ***apsolutnog otpor prolasku topline materijala*** [24] R_{th} ili R_{θ} ili R_{θ} koji je specifično svojstvo komponente i izražava se u mjernoj jedinici (svojstvo materijala)

$$R = h/k\,A \qquad [K/W]$$

- ***Otpor isparavanju vodene pare materijala, R_{et}***

To je razlika u tlakovima vodene pare između dva lica materijala odijeljena rezultantnim isparavajućim toplinskim tokom po jedinici područja u smjeru gradijenta. Isparavajući toplinski tok se može sastojati od difuzivnih i konvektivnih komponenti. Otpor isparavanju vodene pare materijala izražen je u $m^2\ Pa/W$ i parametar je specifičan za tekstilne materijale ili kompozite koja određuje latentni toplinski tok isparavanja kroz dano područje kao odgovor na stalni primjenjeni gradijent tlaka vodene pare [45, 60]. ***Otpor isparavanju vodene pare*** ili evaporativan otpor (***eng. water vapour resistance or evaporative resistance***) je definiran kao otpor prolasku vodene pare između dvije površine (R_e $[m^2 \cdot kPa \cdot W^{-1}]$ (ISO 9920:2009).

1.3 Osnovne veličine kojima se definira sposobnost provođenja topline i vodene pare odjevnih predmeta i odjevnih sustava

Izolacija koju pruža odjevni sustav se uobičajeno izražava putem clo-jedinica. Autori Gagge i sur. su 1941. godine u svome radu predložili uporabu met-jedinica za kvantificiranje metaboličke aktivnosti i clo-jedinica za kvantificiranje toplinske izolacije odjeće. Predložili su jednakost $1\ \text{clo} = 0.155\ \text{m}^2\text{K/W}$.

U literaturi se može naći na tri vrste clo-jedinica kojima se opisuje izolacija odjeće. I_T je simbol za ukupnu izolaciju, I_{cle} je simbol za efektivnu izolaciju odjevnog sustava, I_{clu} je simbol za efektivnu izolaciju odjevnog predmeta i I_{cl} je bazična izolacija odjevnog sustava mjerena

[23] eng. ***thermal resistivity***
[24] eng. ***absolute thermal resistance***

termalnim manekenom u mirovanju. I_T je ukupan otpor suhom toplinskom gubitku s tijela, a uključuje i otpor koji pruža odjeća i otpor koji pruža sloj zraka oko odjevenog tijela.

U skladu s međunarodnim standardom ISP 15831 definirane su izolacijske vrijednosti kao:

- ***Toplinska izolacija*** (***eng. thermal insulation or equivalent uniform thermal resistance***) je definirana kao otpor suhom toplinskom gubitku između dvije površine ($I\ [m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$.

Matematički izraz kojim se izražava toplinska izolacija:

$$I = \frac{\Delta t}{H}$$

- ***Ukupna (totalna) toplinska izolacija*** (***eng. total insulation***) je definirana kao izolacija od površine tijela prema okolišu što uključuje svu odjeću, zarobljeni zrak i granični sloj zraka oko tijela i odjeće u statičkim uvjetima (I_T).

Matematički izraz kojim se izražava ukupna toplinska izolacija:

$$I_T = \frac{\bar{t}_{sk} - t_o}{H} \qquad [m^2 \cdot K/W]$$

$$I_T = I_{cl} + \frac{I_a}{f_{cl}}$$

Pri čemu je:

$\bar{t}_{sk}$ – prosječna tjelesna kožna temperatura

t_o – operativna temperatura [℃]

H – suhi toplinski gubitak po metru kože $[W/m^2]$

I_a – toplinska izolacija zraka $[m^2 \cdot K/W]$

S obzirom kako I_T obuhvaća i otpor na površini odjevena tijela, razumljivo je kako na njega utječe i brzina strujanja zraka i temperatura (vezano uz slučajno zračenje). Ti se faktori koriste u postupcima fiziološkog modeliranja pomoću kojih se pokušava predvidjeti, koliko će neka osoba izgubiti ili primiti topline pod utjecajem specifične kombinacije okolišnih uvjeta. Vrijednosti dobivene mjerenjem ukupnog otpora suhom toplinskom gubitku s tijela (I_T) za odjeću pomoću termalnog manekena, mogu se usporediti između različitih laboratorija ukoliko se pri mjerenjima simuliraju isti okolišni uvjeti.

- ***Bazična toplinska izolacija odjevnog sustava (eng. basic insulation)*** je definirana kao toplinska izolacija s kožne površine prema vanjskoj površini odjeće, čime je uključen i sloj zraka između ova dva sloja, u statičkim uvjetima (I_{cl}).

Matematički izraz kojim se izražava bazična toplinska:

$$I_{cl} = \frac{\bar{t}_{sk} - t_{cl}}{H} \quad [m^2 \cdot K/W]$$

Pri čemu je:

t_{cl}– prosječna temperatura vanjske površine odjeće [℃].

I_{cl} - veličina, kojom se mjeri samo izolacija, koju pruža odjeća i ne uključuje izolaciju zračnog sloja oko površine termalnog manekena. I_{cl} je određena izrazom: $I_{cl} = I_T - \frac{I_a}{f_{cl}}$, pri čemu je f_{cl} faktor površine odjeće i definiran je kao omjer površine neodjevenog tijela u odnosu na površinu odjevenog tijela. Izraz I_a/f_{cl} označava otpor zračnog sloja oko odjevenog tijela. Njegova je vrijednost manja od otpora zračnog sloja neodjevenog tijela (I_a) stoga što odjeća povećava ukupnu površinu tijela s koje se vrši razmjena topline zrakom. To je i razlog zbog kojega je uporaba veličine I_{cl} opravdanija pri postupcima fizioloških modeliranja od veličine I_{cle}.

- ***Toplinska izolacija zraka*** (***eng. air insulation***) je definirana kao toplinska izolacija graničnog sloja zraka oko vanjske površine odjeće (I_a).

Matematički izraz kojim se izražava toplinska izolacija zraka:

$$I_a = \frac{\bar{t}_{cl} - t_o}{H} = \frac{1}{h_c - h_r} \quad [m^2 \cdot K/W]$$

pri čemu je:

h_c – koeficijent prijelaza topline konvekcijom $[W/m^2 \cdot K]$

h_r – koeficijent prijelaza topline radijacijom $[W/m^2 \cdot K]$

- Definirana je ***rezultantna ili dinamička ukupna izolacija*** (***eng. resultant total insulation***) kao stvarna toplinska izolacija s tjelesne površine u okoliš što uključuje svu odjeću, zarobljeni zrak i granični sloj zraka oko tijela i odjeće za dane okolišne uvjete i aktivnosti ($I_{T,r}$). Definirana je također i ***rezultantna ili dinamička bazična izolacija*** (***eng. resultant basic insulation***) kao stvarna toplinska izolacija s tjelesne površine u okoliš što uključuje svu odjeću, zarobljeni zrak za dane okolišne uvjete i aktivnosti ($I_{cl,r}$).

- ***Efektivna toplinska izolacija odjevnog predmeta*** (***eng. effective thermal insulation of clothing garment***) je povećanje toplinske izolacije koju pruža jedan odjevni predmet termalnom manekenu u usporedbi s toplinskom izolacijom nagog manekena (I_{clu}).

Matematički izraz kojim se izražava efektivna toplinska izolacija odjevnog predmeta:

$$I_{clu} = I_T - I_a = \frac{\bar{t}_{sk} - t_o}{H} - I_a$$

Pri čemu je:

I_T – ukupna toplinska izolacija odjevnog predmeta $[m^2 \cdot K/W]$

t_o – operativna temperatura [℃]

- ***Efektivna izolacija odjevnog sustava*** (***eng. effective thermal insulation of clothing ensemble***) je povećanje toplinske izolacije koju pruža jedan odjevni sustav termalnom manekenu u usporedbi s toplinskom izolacijom nagog manekena (I_{cle}). Ovakav izraz zanemaruje povećanje ukupne površine kada je ispitanik, odnosno maneken odjeven u odjeću, pri ćemu se smanjuje izolacijska sposobnost zraka koji okružuje tijelo termalnog manekena, odnosno čovjeka.

Matematički izraz kojim se izražava efektivna toplinska izolacija odjevnog predmeta:

$$I_{cle} = I_T - I_a$$

Pri ćemu je:

I_T – ukupna toplinska izolacija odjevnog predmeta $[m^2 \cdot K/W]$

t_o – operativna temperatura [℃]

I_{cle} se može definirati kao promjena ukupnog otpora s obzirom na odjeću ili izolaciju pripisanu odjeći u odnosu na otpor prolasku topline nagog, neodjevenog ljudskog tijela.

Pri svakom mjerenju se definiraju klimatske prostorne vrijednosti temperature i brzine strujanja zraka te relativna vlažnost zraka. Nakon postizanja ravnotežnih uvjeta mjerne aparature, pristupa se mjerenju suhog toplinskog toka (***eng. dry heat flow***). Suhi toplinski tok struji s tijela manekena kroz odjeću u zrak okoliša, kojim je termalni maneken okružen. Potom se izračunava ukupna toplinska izolacija, I_t ili rezultantna ukupna toplinska izolacija I_{tr}, na temelju prethodno izmjerenog toplinskog toka u odnosu na ukupnu površinu tijela nagog termalnog manekena. Pri tome se u obzir uzima razlika temperatura tijela manekena i temperature okolnog zraka[25].

[25] Postoje serijski i paralelni model izračunavanja toplinske izolacije odjeće

- ***Ukupna toplinska izolacija odjeće*** I_t (***eng. total thermal insulation of clothing***) je ukupna toplinska izolacija od kože u okoliš, koja uključuje i odjeću i granični sloj zraka oko tijela, u definiranim uvjetima. Mjeri se pomoću toplinskog manekena u mirovanju.

- ***Rezultantna ukupna toplinska izolacija odjeće*** I_{tr} (***eng. resultant total thermal insulation of clothing***) je ukupna toplinska izolacija od kože u okoliš, koja uključuje i odjeću i granični sloj zraka oko tijela, u definiranim uvjetima. Mjeri se pomoću toplinskog manekena u pokretu.

Suhi toplinski tok, koji se oslobađa s tijela manekena kroz odjevni sustav u okolni zrak, se izračunava na temelju snage, koju je potrebno osigurati, kako bi se održala stalna tjelesna temperatura pri površini manekena pri čemu je definirana preciznost od ± 2 % u odnosu na prosječnu vrijednost potrebne snage zagrijavanja svakog segmenta tijekom provođenja mjerenja. Izolacijske vrijednosti odjeće uključuju i odjeću i okolni sloj okolnog zraka koji okružuje tijelo. Svaka pojedinačna izolacijska vrijednost odnosi se samo na specifičan odjevni sustav i specifične mjerne parametre.

Matematički izraz kojim se izražava otpor isparavanju vodene pare odjeće:

$$R_{et} = \frac{\Delta p}{E}$$

- ***Ukupni otpor ispravanju vodene pare*** (***eng. total water vapour resistance***) je otpor prolasku vodene pare s površine tijela u okoliš uključujući svu odjeću, zarobljeni zrak i granični sloj zraka u stacionarnim uvjetima ($R_{e,T}[m^2 \cdot kPa \cdot W^{-1}]$.

Matematički izraz kojim se izražava otpor prolasku vodene pare:

$$R_{e,T} = R_{e,cl} + \frac{R_{e,a}}{f_{cl}}$$

Pri definiranju otpora isparavanju vodene pare materijala KES-F 7 Thermo Labo II mjernim sustavom koristimo slijedeći izraz:

$$\mathrm{R_{et}} = \frac{(p_s - p_a) \cdot A_{v-BT}}{H_e}$$

- ***Bazični otpor isparavanju vodene pare*** (***eng. basic water vapour resistance***) je otpor prolasku vodene pare s površine tijela u okoliš uključujući zarobljeni zrak u stacionarnim uvjetima ($R_{e,cl}$ $[m^2 \cdot kPa \cdot W^{-1}]$ [60].

- ***Otpor isparavanju vodene pare zraka*** (***eng. air water vapour resistance***) je otpor prolasku vodene pare granične površine zraka oko tijela i vanjskog sloja odjeće oko površine kože nagog tijela ($R_{e,a}$ $[m^2 \cdot kPa \cdot W^{-1}]$ [60].

- ***Rezultantni ili dinamički ukupni otpor isparavanju vodene pare*** (***eng. resultant total water vapour resistance***) je otpor prolasku vodene pare s površine tijela u okoliš uključujući svu odjeću, zarobljeni zrak i granični sloj zraka u zadanim okolišnim uvjetima i za dane aktivnosti ($R_{e,T,r}$ $[m^2 \cdot kPa \cdot W^{-1}]$.

- ***Rezultantni bazični otpor isparavanju vodene pare*** (***eng. resultant basic water vapour resistance***) je definiran kao otpor prolasku vodene pare s površine tijela prema vanjskom odjevnom sloju uključujući zarobljeni zrak u zadanim okolišnim uvjetima i za dane aktivnosti ($R_{e,cl,r}$ $[m^2 \cdot kPa \cdot W^{-1}]$.

- ***Burtonov faktor toplinske efikasnosti odjeće (eng. Burton thermal efficiency factor for clothing) (F_{cl})***, faktor kojim se opisuje efekt odjeće kao redukcijski faktor pri usporedbi s nagim tijelom

$$F_{cl} = I_{ac}/(I_{cl} + I_{ac}) = 1/(I_{cl}/I_{ac} + 1/f_{cl}) = I_{ac}/(I_{cl} + I_a/f_{cl}) \qquad [\emptyset]$$

pri ćemu je:

I_{ac} – izolacija sloja zraka oko odjevenog tijela aproksimirana faktorom površine odjeće

$$I_{ac} = I_a/f_{cl} = I/(f_{cl} h_c h_r)$$

I_{cl} – bazična toplinska izolacija odjeće $[W/m^2°C]$

f_{cl} - faktor površine odjeće $[\emptyset]$

h_c – koeficijent prijelaza topline konvekcijom $[W/m^2 \cdot °C]$

h_r – koeficijent prijelaza topline radijacijom $[W/m^2 \cdot °C]$

- ***Faktor efikasnosti zasićenja odjeće (eng. permeation efficiency factor for clothing) (F_{pcl}),*** faktor koji opisuje osjećaj hlađena znojem za odjevenu osobu i sposobnost

odjeće da upija kondenzirani znoj u mikroklimi. Njime opisujemo sposobnost odjeće da upija znoj kapilarnim efektom i smanjuje udio latentne topline isparavanja za hlađenje kože tijela.

$$F_{pcl} = 1/(1 + 0{,}143h_c \cdot I_{cl}) \qquad [\emptyset]$$

$$F_{pcl} = i_m/[h_c(I_a + I_{cl})]$$

- ***Ukupni indeks propusnosti vodene pare***, i_m

Omjer otpora prolasku topline i otpora isparavanju vodene pare materijala u skladu s zadanom jednadžbom:

$$i_m = S \times \frac{R_{ct}}{R_{et}}$$

gdje je S jednako 60 $\frac{Pa}{K}$.

Indeks propusnosti (permeabilnosti) vodene pare nema mjerne jedinice, a vrijednosti mu se kreću od 0 do 1. Kada je određenom tekstilnom materijalu vrijednost jednaka 0, onda je taj materijal nepropustan za vodenu paru, dakle ima maksimalnu otpornost spram vodene pare, a ukoliko mu je vrijednost 1, onda su jednake toplinska i otpornost na vodenu paru zračnog sloja jednake debljine.

- ***Indeks propusnosti vodene pare odjeće***, i_{cl} je omjer stvarnog toplinskog toka evaporacijom i osjetnog toplinskog toka konvekcijom u usporedbi s Lewisovim omjerom

$$i_{cl} = R_{cl}/R_{e,cl}$$

- ***Indeks propusnosti isparavanjem*** se naziva i prenosivnost ispravanjem (eng. evaporative transmissibility), $i_m/clo = i_m/I_T$ pri čemu se I_T izražava u jedinici clo

- ***Propusnost (permeabilnost) vodene pare***, W_d

Karakteristika tekstilnog materijala ili kompozita, koja ovisi o otpornosti na vodenu paru ili toplinu, izražena slijedećom jednadžbom:

$W_d = \frac{1}{R_{et} \times Ø_{Tm}}$,

gdje je $Ø_{Tm}$ latentna toplina isparavanja vode na temperaturi T_m pri čemu je $Ø_{Tm} = 0{,}672 \frac{W \times h}{g}$ na $T_m = 35$°C.

Propusnost vodene pare, W_d se izražava u $[g/m^2\ h\ Pa]$.

Životopis i popis radova

Ivana Špelić, dipl. ing. je rođena 1982. u Zagrebu, Hrvatska gdje je završila osnovno i srednje obrazovanje. 2003. godine upisuje Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet.. Završila je program sveučilišnog dodiplomskog studija Tekstilna tehnologija, smjer: Dizajn i projektiranje tekstila i odjeće u trajanju 9 semestara te stekla visoku stručnu spremu i zvanje diplomirani inženjer tekstilne tehnologije, smjer dizajn i projektiranje tekstila i odjeće. Diplomski rad na temu: ***Dizajn vanjske školjke inteligentne odjeće*** *obranila je pod mentorstvom prof. dr. sc. Dubravka Rogalea i prof. Maje Vinković, dipl. slikar kostimograf, 30. lipnja 2009.*

Od 17.05.2010. zaposlena je kao asistent na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zavodu za odjevnu tehnologiju gdje je upisala poslijediplomski doktorski studij Tekstilna znanost i tehnologija. Područje njenog znanstveong usavršavanja su toplinska svojstva odjevnih predmeta i toplinska razmjena u sustavu tijelo-odjeća-okoliš. Koautor je dva znanstvena rada u zbornicima skupova s međunarodnom recenzijom i tri znanstvena rada objavljena u u zborniku radova znanstvenog skupa Tekstilna znanost i gospodarstvo. Znanstvena bibliografija dostupna je na http://bib.irb.hr/lista-radova?autor=324114. Bila je članica organizacijskog odbora 3. (22. siječnja 2010., Zagreb), 6. (24. siječnja 2013., Zagreb i) 8. te član provedbenog odbora 4. (26. siječnja 2011., Zagreb) i 5. (26. siječanj 2012., Zagreb) znanstveno-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo. Djelovala je kao član tehničkog odbora 12. svjetske znanstvene konferencije AUTEX 2012 (13.-15. lipnja 2012., Zadar) te kao član uredničkog i organizacijskog odbora 7. međunarodne konferencije ITC&DC 2014 (05.-08. listopada 2014., Dubrovnik, Hrvatska).

Popis radova:

1. *Rogale D., Firšt Rogale S., Špelić I. Development of the Measuring System for Analysing the Thermal Properties of Clothing. In: Book of Proceedings of the 7th ITC&DC 2014. ed. Dragčević Z. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Textile Technology. 2014. pp. 322-327*
2. *Mihelić-Bogdanić A., Budin R., Špelić I. Energy savings in finished woven fabric In: Book of Proceedings of the 7th ITC&DC 2014. ed. Dragčević Z. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Textile Technology. 2014. pp. 671-676*
3. *Rogale D., Špelić I., Firšt Rogale S., Majstorović G. Utvrđivanje toplinskog otpora PA i PES tekstilnih tvorevina u ovisnosti o broju i kombinaciji slojeva. U: Zbornik radova*

5. međunarodnog znanstvenog- stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo 2012. eds. Ujević D.; Penava Ž. Zagreb: Tiskara Zrinski d. d., Čakovec. 2012. str. 215-220

4. *Špelić I., Bobovčan M., Lazibat T., Ujević D. Terminsko trgovanje tekstilom s posebnim osvrtom na burze. . U: Zbornik radova 5. međunarodnog znanstvenog-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo 2012. eds. Ujević D.; Penava Ž. Zagreb: Tiskara Zrinski d. d., Čakovec. 2012.str. 269-274*
5. *Mijović B., Reischl U., Špelić I. Termalni maneken za testiranje termičkih svojstava odjeće, U: 3. međunarodno znanstvenostručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo. eds. Ujević D., Penava Ž. Zagreb: Tekstilno-tehnološki fakultet. 2010. pp. 207-210*