

UTJECAJ VRSTE UGRADBENIH MATERIJALA I KONSTRUKCIJE ODJEVNIH KOMPOZITA NA ZBIRNA TOPLINSKA SVOJSTVA ODJEĆE

Jukl, Nikolina

Doctoral thesis / Disertacija

2023

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:932786>

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

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



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb -
Digital Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

Tekstilno-tehnološki fakultet

Nikolina Jukl

**UTJECAJ VRSTE UGRADBENIH
MATERIJALA I KONSTRUKCIJE
ODJEVNIH KOMPOZITA NA ZBIRNA
TOPLINSKA SVOJSTVA ODJEĆE**

DOKTORSKI RAD

Mentorica: prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale

Zagreb, 2023.



University of Zagreb

Faculty of Textile Technology

Nikolina Jukl

**INFLUENCE OF THE TYPE OF
EMBEDDED MATERIALS AND
CONSTRUCTION OF CLOTHING
COMPOSITES ON THE OVERALL
THERMAL PROPERTIES OF CLOTHING**

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisor: Prof. Ph.D. Snježana Firšt Rogale

Zagreb, 2023

Znanstveno područje: Tehničke znanosti (2)

Znanstveno polje: Tekstilna tehnologija (2.13)

Ustanova u kojoj je izrađen doktorski rad: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zavod za odjevnu tehnologiju, Laboratorij za termoizolacijska svojstva odjeće

Mentor: prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale

Broj stranica: 334

Broj slika: 114

Broj tablica: 107

Broj matematičkih izraza: 47

Broj literaturnih referenci: 174

Broj priloga: 6

Jezik teksta: hrvatski

Jezici strukturiranih sažetaka: hrvatski i engleski

Datum obrane: 4. 10. 2023.

Stručno povjerenstvo za obranu doktorskog rada:

prof. dr. sc. **Igor Sutlović**, predsjednik
Sveučilište u Zagrebu Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

prof. dr. sc. **Snježana Firšt Rogale**, član
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

izv. prof. dr. sc. **Željko Knezić**, član
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

Rad je pohranjen u Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici, Zagreb i u knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta, Zagreb.

O mentoru

Prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale bila je zaposlena u tvornici odjeće Heruc, Zagreb kao pripravnik, a potom u tvornici odjeće NIK, Zagreb kao tehnolog, gdje je stekla iskustvo i temeljita praktična znanja iz tehnoloških procesa industrijske proizvodnje odjeće. Na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zavodu za odjevnu tehnologiju zaposlena je od 1996. godine. Na Tekstilno-tehnološkom fakultetu je diplomirala (1994.), magistrirala (2002.) i doktorirala (2007.).

2018. izabrana je u znanstveno zvanje znanstveni savjetnik i u znanstveno-nastavno zvanje redovit profesor.

Na Tekstilno-tehnološkom fakultetu uključena je u nastavni proces na stručnom, prijediplomskom, diplomskom i doktorskom studiju.

Bavi se znanstveno istraživačkom djelatnosti iz područja odjevnog inženjerstva koje je vezano uz tehnološke procese proizvodnje odjeće i razvoj konvencionalne i inteligentne odjeće, primjenu suvremenih visokotehnoloških metoda spajanja dijelova odjeće metodom toplinskog spajanja kondukcijom i konvekcijom, ultrazvučne i visokofrekventne metode, te ispitivanja toplinskih svojstava konvencionalne i inteligentne odjeće. Sudjelovala je u više znanstvenih, stručnih i tehnoloških projekata te je bila voditelj jednog bilateralnog projekta.

Voditeljica je doktorskog studija Tekstilna znanost i tehnologija na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu (2020.-2023.). Od 2009. do 2013. godine obnašala je u dva mandata dužnost Predstojnice Zavoda za odjevnu tehnologiju. Bila je član Ureda za međunarodnu suradnju Tekstilno-tehnološkog fakulteta (IRO TTF) kao ECTS koordinator, te član Povjerenstva za prijelaze i izradu Registra istovrijednosti kolegija Tekstilno-tehnološkog fakulteta (2015.-2019.). Sudjeluje u izradi Standarda kvalifikacija i Standarda zanimanja za prijediplomske studijske programe na Tekstilno-tehnološkom fakultetu. Član je Odbora za znanstveno-istraživački i umjetnički rad (2017.-2023.).

Član je u Akademiji tehničkih znanosti Hrvatske u Odjelu tekstilne tehnologije od 2017. godine. Član je Znanstvenog vijeća Akademije tehničkih znanosti Hrvatske (2023.-2027.) te Znanstvenog vijeća za tehnološki razvoj Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti (2023.-

2027.). Članica je Saveza inovatora Zagreb, Udruge za međunarodnu komercijalizaciju zagrebačkih inovacija. Član je međunarodnog ocjenjivačkog žirija INOVA- hrvatskog salona inovacija te član stručnog žirija za inovacije učenika srednjih škola na INOVA-MLADI. Sudjeluje na domaćim i međunarodnim sajmovima inovacija gdje je dobila niz priznanja i nagrada, posebice za razvoj inteligentne odjeće.

Član je uredništva časopisa Tekstil te gostujući urednik dva specijalna izdanja časopisa Materials. Od 2010. godine član je Programskog odbora Danube Adria Association for Automation & Manufacturing Symposium, a od 2009. godine član Organizacijskog odbora Tekstilni dani Zagreb. Bila je predsjednica Znanstvenog odbora znanstveno-stručnog skupa Tekstilna znanost i gospodarstvo 2022., a njegov član 2012. i 2018. godine. Član je Hrvatskog inženjerskog saveza tekstilaca i Hrvatske udruge bivših studenata i prijatelja Tekstilno-tehnološkog fakulteta.

Upisana je u registar znanstvenika pod matičnim brojem 238780.

Od srca hvala mojoj mentorici, prof. dr. sc. Snježani Firšt Rogale, na pomoći i podršci tijekom izrade ovog doktorskog rada. Hvala Vam na strpljenju, savjetima te uloženom vremenu i trudu. Vaša stalna potpora i poticanje na daljnji rad značili su više nego što mislite.

Veliko hvala prof. dr. sc. Dubravku Rogaleu i izv. prof. dr. sc. Željku Kneziću na savjetima i pomoći pri provođenju eksperimentalnog dijela rada, te prof. dr. sc. Igoru Sutloviću na savjetima i doprinosu ovom radu.

Zahvaljujem se i direktoru tvrtke Konfeks d.o.o. gosp. Vladimiru Bolšecu, kao i bivšim kolegama i kolegicama na otvorenosti za suradnju i pomoći pri izradi modela odjevnih sustava korištenih u radu.

Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima i cijeloj obitelji na pružanju beskrajne podrške kroz cijeli moj život.

Tomislav i Liam, riječi nisu dovoljne da vam se zahvalim za sve što ste prošli sa mnom kroz ovo putovanje i za bezuvjetnu potporu i ljubav koju ste mi cijelim putem pružali. Hvala Vam što ste ovo omogućili i podržali. Vi ste moje sve.



Doktorski rad je izrađen u sklopu projekta Razvoj i toplinska svojstva odjeće IP-2018-01-6363 (ThermIC) financiranog od Hrvatske zaklade za znanost.



Korišteni materijali i izrada odjevnih sustava su financirani od tvornice Konfeks d.o.o. Zagreb.

Tema doktorskog rada „Utjecaj vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće“ prihvaćena je na 5. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta, održanoj 17. veljače 2020. u akad. god. 2019./2020., te je odobrena od Senata na 2. redovitoj elektroničkoj sjednici Senata Sveučilišta u Zagrebu održanoj 10. studenog 2020. u 352. akad. god. 2021./2022.

SAŽETAK

U odjevnom inženjerstvu, pri tehničkom projektiranju odjeće dosad je bio nedovoljno istražen utjecaj vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće, a to je posebno važno kod namjenske odjeće za specijalne službe (vojska, policija, gorska služba spašavanja, vatrogasci i dr.). Istraživanja navedenih utjecaja provedena su na integriranom mjernom sustavu za cjelovita ispitivanja toplinskih svojstava odjeće instaliranom u Laboratoriju za termoizolacijska svojstva odjeće Zavoda za odjevnu tehnologiju na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu. Spomenuti mjerni sustav sastoji se od toplinskog manekena, vruće ploče, višenamjenskog diferencijalnog konduktometra i uređaja za mjerenje diferencijalnih gradijenata. Navedeni uređaji su osmišljeni, konstruirani, realizirani, umjereni i patentirani na Tekstilno-tehnološkom fakultetu. U istraživanjima su korišteni i uređaji za ispitivanje zrakopropusnosti te za ispitivanje otpora prolazu vodene pare.

Ispitivanja su provedena na šest ugradbenih materijala (tri materijala za vanjsku školjku i tri materijala za podstavu i/ili toplinski umetak) čijom kombinacijom je izrađeno 15 odjevnih kompozita i 15 odjevnih sustava podijeljenih u tri skupine. Svaka skupina sastoji se od pet odjevnih kompozita i odjevnih sustava koji se razlikuju prema broju slojeva ugradbenih materijala i njihovom redosljedu ugradnje, a skupine modela se međusobno razlikuju po vrsti materijala korištenom za izradu vanjskih školjki.

Navedena istraživanja pokazala su da vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita imaju znatan utjecaj na zbirna toplinska svojstva odjeće, te su poslužili kao temelj za uspostavu novih smjernica i metoda za tehničko projektiranje odjeće točno određenih toplinskih svojstava, za razliku od dosadašnjih koji su se u pravilu temeljili na iskustvenim spoznajama.

Doktorski rad je izrađen u sklopu projekta Razvoj i toplinska svojstva odjeće IP-2018-01-6363 (ThermIC) financiranog od Hrvatske zaklade za znanost.

Korišteni materijali i izrada odjevnih sustava su financirani od tvornice Konfeks d.o.o. Zagreb.

STRUKTURIRANI SAŽETAK

U odjevnom inženjerstvu, pri tehničkom projektiranju odjeće dosad je bio nedovoljno istražen utjecaj vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće, a to je posebno važno kod namjenske odjeće za specijalne službe (vojska, policija, gorska služba spašavanja, vatrogasci i dr.). Istraživanja navedenih utjecaja provedena su na integriranom mjernom sustavu za cjelovita ispitivanja toplinskih svojstava odjeće instaliranom u Laboratoriju za termoizolacijska svojstva odjeće Zavoda za odjevnu tehnologiju na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu. Spomenuti mjerni sustav sastoji se od toplinskog manekena, vruće ploče, višenamjenskog diferencijalnog konduktometra i uređaja za mjerenje diferencijalnih gradijenata. Navedeni uređaji su osmišljeni, konstruirani, realizirani, umjereni i patentirani na Tekstilno-tehnološkom fakultetu. U istraživanjima su korišteni i uređaji za ispitivanje zrakopropusnosti te za ispitivanje otpora prolazu vodene pare.

Ispitivanja su provedena na šest ugradbenih materijala (tri materijala za izradu vanjskih školjki i tri materijala za podstavu i/ili toplinske umetke) čijom kombinacijom je izrađeno 15 odjevnih kompozita i 15 odjevnih sustava podijeljenih u tri skupine. U svakoj skupini odjevni kompoziti i odjevni sustavi imaju istu vanjsku školjku, a razlikuju se prema broju slojeva ugradbenih materijala i njihovom redoslijedu ugradnje, a skupine modela se međusobno razlikuju po vrsti materijala korištenom za izradu vanjskih školjki.

U sklopu doktorskog rada provedena su ispitivanja zrakopropusnosti, otpora prolazu vodene pare i topline, te kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline u nestlačenom i stlačenom stanju za ugradbene materijale i odjevne kompozite, diferencijalnih gradijenata temperatura na odjevnim kompozitima i odjevnim sustavima, te toplinska svojstva odjevnih sustava u statičkom i dinamičkom modu. Valja napomenuti da se u odjevnom inženjerstvu kao mjerna jedinica za otpor prolazu topline i toplinsku izolaciju uobičajeno koristi mjerna jedinica Clo ($1 \text{ Clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$).

Korišteni dvoslojni i troslojni laminirani materijali za izradu vanjske školjke i podstave i/ili toplinskog umetka sadrže sloj zrakopropusne ili polupropusne membrane, dok materijali za

podstavu i/ili toplinski umetak imaju vrlo veliku zrakopropusnost. Rezultati ispitivanja zrakopropusnosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita pokazali su da laminirani materijali koji sadrže polupropusnu membranu propuštaju zrak iz unutrašnjosti odjevnog predmeta, ali ne dopuštaju ulazak zraka u unutrašnjost odjevnog predmeta te osiguravaju bolju dišljivost odjevnog predmeta. Najveću zrakopropusnost (409,83 mm/s), pri uvjetima propisanim normom ISO 9237:1995, ima ugradbeni materijal koji se uobičajeno koristi kao podstavni materijal gornjih odjevnih predmeta (sakoi, jakne, kaputi i sl.). Laminirani materijal s polupropusnom-membranom tek pri 300 Pa pokazuje zrakopropusnost od 3,46 mm/s zrak iz unutrašnjosti odjevnog predmeta prema okolišu, dok je obratno, kao i ostali laminati zrakonepropusan.

Ispitivanjem otpora prolazu vodene pare pojedinih ugradbenih materijala i odjevnih kompozita utvrđeno je da je ukupan otpor prolazu vodene pare odjevnog kompozita manji od zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu. Kao primjer, može se navesti jedan od reprezentativnih odjevnih kompozita čiji je otpor prolazu vodene pare 30,93 m²Pa/W, a sastoji se od dvoslojnog laminiranog materijala (otpor prolazu vodene pare 2,87 m²Pa/W), romboidno prošivene podstave (otpor prolazu vodene pare 5,93 m²Pa/W) i tzv. micro-fleece materijala (otpor prolazu vodene pare 12,73 m²Pa/W) čiji je zbroj serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala manji (21,53 m²Pa/W).

Rezultati ispitivanja su pokazali da postoji signifikantna razlika u otporu prolazu vodene pare između odjevnih kompozita koje sačinjavaju isti ugradbeni materijali, ali se razlikuju po redoslijedu njihove ugradnje u odjevni kompozit, odnosno da redosljed ugradnje materijala u odjevni kompozit utječe na otpor prolazu vodene pare.

Ispitivanjem otpora prolazu topline pojedinih ugradbenih materijala utvrđeno je da laminirani materijali imaju male vrijednosti toplinske izolacije, odnosno poprimaju svojstvo vodljivosti topline, a razlog su vrlo niske, pa čak i negativne, vrijednosti otpora prolazu topline (-0,0168-0,0061 m² °C/W), dok romboidno prošivena podstava i micro-fleece materijal, koji se uobičajeno koriste kao toplinski umetci pri namjenskoj odjeći, pokazuju bolja toplinska izolacijska svojstva (0,0181-0,0302 m² °C/W).

Također, utvrđeno je da je ukupan otpor prolazu topline odjevnog kompozita veći od zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu. Kao primjer, može se navesti odjevni kompozit čiji je otpor prolazu topline $0,0747 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$, a sastoji se od troslojnog laminiranog materijala (otpor prolazu topline $-0,0071 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$), romboidno prošivene podstave (otpor prolazu topline $0,0302 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$) i micro-fleece materijala (otpor prolazu topline $0,0181 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$) čiji je zbroj serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala $0,0412 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$.

Rezultati ispitivanja otpora prolazu topline su dokazali da ne postoji signifikantna razlika između otpora prolazu topline odjevnih kompozita koji se sastoje od istih ugradbenih materijala, ali imaju drugačiji redoslijed ugradnje u odjevni kompozit, odnosno da redoslijed ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu ne utječe na otpor prolazu topline odjevnih kompozita.

Odjevni sustavi izrađeni su na temelju rasporeda slojeva ugradbenih materijala u odjevnim kompozitima, te je za sve odjevne sustave izmjerena toplinska izolacija u statičkom modu (simulacija čovjeka u mirovanju) i dinamičkom modu (simulacija hodanja pri brzini od 45 ± 2 dvostruka koraka/min i 45 ± 2 dvostruka pokreta rukama/min). Vrijednosti toplinske izolacije promatanih odjevnih sustava kreću se u rasponu $0,0425 - 0,0671 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ u statičkom modu te $0,0131 - 0,0277 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ u dinamičkom modu.

Model jakne, prema kojem je načinjeno 15 odjevnih sustava, na donjem dijelu jakne ima ugrađenu elastičnu vrpcu koja se na bočnim dijelovima duljine jakne može regulirati, tj. može se stegnuti kako bi se spriječio prodor hladnog zraka u unutrašnjost jakne. Stoga su provedena ispitivanja toplinske izolacije u tzv. nestegnutom i stegnutom stanju donjeg dijela jakne. Uspoređeni su i statistički analizirani rezultati, koji su pokazali da nema signifikantne razlike između vrijednosti toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkom modu u nestegnutom i stegnutom stanju. Tako npr. kod jednog od reprezentativnih odjevnih sustava toplinska izolacija u nestegnutom stanju iznosi $0,0583 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$, a u stegnutom stanju $0,0551 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$.

Rezultati su pokazali da najveća razlika toplinske izolacije postoji između statičkog i dinamičkog moda u nestegnutom stanju. Kao primjer može se navesti odjevni sustav koji u statičkom modu u nestegnutom stanju ($0,0583 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$) ima 77,53 % veću vrijednost toplinske izolacije

od vrijednosti u dinamičkom modu u nestegnutom stanju ($0,0131 \text{ m}^2\text{°C/W}$).

Utvrđeno je da postoji značajna razlika između vrijednosti toplinske izolacije odjevnih sustava u nestegnutom i stegnutom stanju, dobivenih mjerenjem u dinamičkom modu, pa je tako kod jednog od reprezentativnih ispitivanih odjevnih sustava vrijednost u nestegnutom stanju $0,0169 \text{ m}^2\text{°C/W}$, a u stegnutom stanju $0,0267 \text{ m}^2\text{°C/W}$.

Pristupilo se i izračunu efikasnosti ugrađene tekstilne mase na toplinsku izolaciju reprezentativnih odjevnih sustava, odnosno određivanju mase odjevnog sustava koja je potrebna da bi odjevni sustav imao toplinsku izolaciju od 1 Clo ($0,0155 \text{ m}^2\text{°C/W}$). Utvrđeno je da je najoptimalniji odjevni sustav onaj koji ima najmanju masu ($1,37 \text{ kg}$) i najbolju efikasnost ugrađene tekstilne mase po jedinici Clo ($3,64 \text{ kg/Clo}$), s obzirom da, od reprezentativnih odjevnih sustava, ima najmanju ugrađenu masu, a najbolja toplinska izolacijska svojstva.

U cilju utvrđivanja utjecaja pojedinih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu, odnosno odjevnom sustavu izvedena su istraživanja diferencijalnih gradijenata temperatura. Diferencijalni gradijenati temperatura su se kod odjevnih kompozita mjerili samo na jednom mjestu, dok su se kod odjevnih sustava utvrđivali na prsima desnog prednjeg dijela, na struku desnog prednjeg dijela, te na stražnjem dijelu jakne. Kao najpovoljniji termoizolacijski materijal, kod odjevnih kompozita i odjevnih sustava pokazali su se romboidno prošivena podstava i micro-fleece materijal.

Provedena su istraživanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline u nestlačenom stanju pri sili od $0,95 \text{ N}$ te u stlačenom stanju pri sili od $9,50 \text{ N}$. Vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline u nestlačenom stanju za ugradbene materijale su u rasponu od $10,07 - 48,15 \text{ W/m}^2\text{°C}$, a za odjevne kompozite $3,75 - 4,75 \text{ W/m}^2\text{°C}$, dok su vrijednosti u stlačenom stanju za ugradbene materijale u rasponu od $13,71 - 59,58 \text{ W/m}^2\text{°C}$, a za odjevne kompozite $5,58 - 6,86 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Temeljem rezultata istraživanja vidljivo je da je zbroj serijskih vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa pojedinačnih ugradbenih materijala odjevnih kompozita veći od ukupnog kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline odjevnih kompozita.

Izmjerena je i stlačivost ugradbenih materijala i odjevnih kompozita, a rezultati su pokazali da najveću stlačivost ima podstavni materijal koji se uobičajeno koristi kao podstava kod gornje

odjeće, a ona iznosi 59,09 %. Prema intuitivnim pretpostavkama nije bilo za očekivati da u-pravo podstavni materijal ima najveću stlačivost. Razlog tome je u činjenici da je materijal tkan u atlasnom vezu, što između vlakana, tj. pređa, stvara specifičnu strukturu u kojoj su vlakna više ili manje izbočena, te su sklona stlačivosti. Najmanju stlačivost ima troslojni laminirani materijal u iznosu od 18,67 %. Na temelju rezultata i statističke analize utvrđeno je da se stlačivost reprezentativnih odjevnih kompozita signifikantno razlikuje. S obzirom da se reprezentativni odjevni kompoziti sastoje od različitih ugradbenih materijala vanjske školjke, a istih ugradbenih materijala za podstavu i toplinski umetak, može se zaključiti da je stlačivost odjevnih kompozita, korištenih u ovim istraživanjima, ovisila o stlačivosti materijala vanjske školjke.

Provedena istraživanja u ovom doktorskom radu su vrlo bitna u području odjevnog inženjerstva, te su pokazala da vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita imaju znatan utjecaj na zbirna toplinska svojstva odjeće, te su poslužili kao temelj za uspostavu novih smjernica i metoda za tehničko projektiranje odjeće određenih toplinskih svojstava, za razliku od dosadašnjih koji su se u pravilu temeljili na iskustvenim spoznajama.

Ključne riječi:

Odjevno inženjerstvo, ugradbeni materijali, odjevni kompoziti, odjevni sustavi, namjenska odjeća, zbirna toplinska svojstva, mjerne metode

STRUCTURED ABSTRACT

In clothing engineering, in the technical design of clothing, the influence of the type of embedded materials and the construction of clothing composites on the overall thermal properties of the clothing has been insufficiently researched, which is particularly important in the case of clothing for special services (army, police, mountain rescue service, firefighters, etc...). The research of the mentioned influences was carried out on an integrated measuring system for comprehensive testing of thermal properties of clothing, installed in the Laboratory for Thermal insulation properties of clothing of the Department of clothing technology at the University of Zagreb Faculty of Textile Technology. The mentioned measuring system consists of a thermal manikin, a hot plate, a multipurpose differential conductometer and a device for measuring differential gradients. The mentioned devices were designed, constructed, realized, measured and patented at the Faculty of Textile Technology. Devices for testing air permeability and water vapor resistance were also used in the research.

Tests were conducted on six embedded materials (three materials for the outer shell and three materials for the lining and/or thermal insert), the combination of which was used to produce 15 clothing composites and 15 clothing systems, which were divided into three groups. In each group, clothing composites and clothing systems have the same outer shell, but they differ in the number of layers of embedding materials and the order in which they are incorporated, and the model groups differ from each other in the type of material that makes up the outer shells.

Within the scope of the dissertation, investigations were carried out on air permeability, water vapor and heat resistance, and contact heat conduction in the uncompressed and compressed states for embedding materials and clothing composites, on differential temperature gradients on clothing composites and clothing systems, and on the thermal properties of clothing systems in static and dynamic modes. It should be noted that in clothing engineering, the unit of measurement Clo ($1 \text{ Clo} = 0.155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$) is commonly used as a unit of measurement for thermal resistance and thermal insulation.

The two-layer and three-layer laminated materials used to make the outer shell and lining and/or thermal insert contain a layer of air-permeable or semi-permeable membrane, while

the materials for the lining and/or thermal insert have very high air permeability. The results of testing the air permeability of embedding materials and clothing composites have shown that laminated materials containing a semi-permeable membrane allow air to pass through from the inside of the garment, but do not allow air to enter the inside of the garment and provide better breathability of the garment. The highest air permeability (409,83 mm/s), under the conditions prescribed by the standard ISO 9237:1995, has the embedding material, which is usually used as a lining material for outerwear (jackets, coats, etc.). Laminated material with a semi-permeable membrane only shows an air permeability of 3,46 mm/s from the inside of the garment to the environment at 300 Pa, while conversely, like other laminates, it is impermeable to air.

When testing the water vapor resistance of individual embedding materials and clothing composites, it was found that the total water vapor resistance of the clothing composite is lower than the sum of the serial water vapor resistance of the sum of the individual layers of embedding materials in the clothing composite. As an example, one of the representative clothing composites whose water vapor resistance is 30,93 m²Pa/W and which consists of a two-layer laminated material (water vapor resistance 2,87 m²Pa/W), a rhomboidal sewn lining (water vapor resistance 5,93 m²Pa/W) and the so-called micro-fleece material (water vapor resistance 12,73 m²Pa/W), whose sum of serial water vapor resistance of individual layers of embedding materials is lower (21,53 m²Pa/W).

The results of the test showed that there is a significant difference in water vapor resistance between clothing composites that consist of the same embedding materials but differ in the order of their incorporation into the clothing composite, i.e., the order of incorporation of the materials into the clothing composite affects water vapor resistance.

When testing the thermal resistance of individual embedding materials, it was determined that laminated materials have low values of thermal insulation, ie. they take on the property of thermal conduction, and the reason for this is very low and even negative values of thermal resistance (-0,0168-0,0061 m² °C/W), while rhomboidal sewn lining and micro-fleece material, commonly used as thermal inserts in special clothing, have better thermal insulation properties (0,0181-0,0302 m² °C/W).

It was also determined that the total thermal resistance of the clothing composite is greater than the sum of the series resistances to thermal resistance of the individual layers of embedded materials in the clothing composite. As an example, a clothing composite whose thermal resistance is $0,0747 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ and which consists of a three-layer laminated material (thermal resistance $-0,0071 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$), rhomboidal sewn lining (thermal resistance $0,0302 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$) and micro-fleece material (thermal resistance $0,0181 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$) whose sum of serial resistances to thermal resistance of the individual layers of the embedded materials is $0,0412 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ can be cited.

The results of the thermal resistance test showed that there is no significant difference between the thermal resistance of clothing composites composed of the same embedded materials but have a different order of incorporation into the clothing composite, i.e., the order of the embedded materials in the clothing composite has no effect on the thermal resistance of the clothing composites.

The clothing systems were made based on the arrangement of the layers of embedded materials in the clothing composites. Thermal insulation was measured for all clothing systems in static mode (simulation of a person at rest) and in dynamic mode (simulation of walking at a speed of 45 ± 2 double steps/min and 45 ± 2 double hand movements/min). The thermal insulation values of the observed clothing systems range from $0,0425 - 0,0671 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ in static mode and $0,0131 - 0,0277 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ in dynamic mode.

The model of the jacket, according to which 15 clothing systems are manufactured, has an elastic band attached to the lower part of the jacket, which can be adjusted on the side parts of the jacket length, that is, it can be tightened to prevent cold air from entering the inside of the jacket. For this reason, thermal insulation tests were carried out in the so-called relaxed and tightened state of the lower part of the jacket. The results were compared and statistically evaluated. It was found that there is no significant statistical difference between the thermal insulation value of clothing systems in static mode in relaxed and tightened state. For example, for one of the representative clothing systems, the thermal insulation in the relaxed state is $0,0583 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ and in the tightened state it is $0,0551 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$.

The results show that the greatest difference in thermal insulation is between the static and

dynamic modes in the relaxed state. As an example, we can cite a clothing system that has a 77,53% higher thermal insulation value in the static mode in the relaxed state ($0,0583 \text{ m}^2\text{°C/W}$) than the value in the dynamic mode in the relaxed state ($0,0131 \text{ m}^2\text{°C/W}$).

It was determined that there is a significant difference between the thermal insulation value of the clothing systems in the relaxed and in the tightend state, obtained by measurements in dynamic mode. Thus, the value for one of the tested representative clothing systems in the relaxed state is $0,0169 \text{ m}^2 \text{°C/W}$ and in the tightend state is $0,0267 \text{ m}^2 \text{°C/W}$.

The calculation of the effectiveness of the incorporated textile mass on the thermal insulation of representative clothing systems was performed, i.e., the mass of the clothing system required for the clothing system to have a thermal insulation of 1 Clo ($0,0155 \text{ m}^2 \text{°C/W}$) was determined. It was determined that the optimal clothing system is the one that has the lowest mass (1,37 kg) and the best efficiency of the installed textile mass per Clo unit (3,64 kg/Clo), since it has the smallest installed mass and the best thermal insulation properties among the representative clothing systems.

Differential temperature gradient studies were conducted to determine the influence of individual layers of embedding materials in the clothing composite, i.e., the clothing system. Differential temperature gradients were measured at only one location for clothing composites, while they were determined at the chest of the right front, at the waist of the right front, and at the back of the jacket for clothing systems. The rhomboid sewn lining and micro-fleece material were found to be the most favorable thermal insulation material for clothing composites and clothing systems.

The most favorable thermal insulation material is the one that has the greatest gradient drop, and at the same time the smallest thickness. Based on the results, it can be seen that the largest gradient drops of the embedding materials are the rhomboid sewn lining and the micro-fleece material. In some clothing systems (OS2, OS3, OS7, OS12 and OS13), when measuring differential temperature gradients on the back, where the temperature sensor is located behind the lining material, the so-called chimney effect occurs, which reduces the thermal insulation.

Studies were performed on contact conduction heat transfer in the uncompressed state at a force of 0,95 N and in the compressed state at a force of 9,50 N. Contact conduction heat

transfer values in the uncompressed state for embedding materials are in the range from 10,07 - 48,15 W/m² °C and 3,75 - 4,75 W/m² °C for clothing composites, while values in the compressed state range from 13,71 - 59,58 W/m² °C for embedding materials and 5,58 - 6,86 W/m² °C for clothing composites. From the research results, the sum of the serial values of Contact conduction heat transfer of the individual embedded materials of the clothing composites is greater than the total contact conduction heat transfer of the clothing composites.

The compressibility of embedding materials and clothing composites was also measured, and the results showed that the lining material, which is commonly used as lining in outerwear, had the highest compressibility, 59,09%. According to intuitive assumptions, it was not expected that the lining material would have the highest compressibility. This is due to the fact that the material is woven in atlas weave, which creates a specific structure between the fibers, i.e. the yarn, in which the fibers are more or less protruding and susceptible to compressibility. The three-layer laminated material has the lowest compressibility of 18,67%. Based on the results and statistical analysis, it was determined that the compressibility of representative clothing composites differs significantly. Considering that the representative clothing composites consist of different embedding materials for the outer shell and the same embedding materials for the lining and thermal insert, it can be concluded that the compressibility of the clothing composites used in these studies depends on the compressibility of the outer shell material.

The aforementioned studies are very important for the field of clothing engineering and have shown that the type of embedding materials and the construction of clothing composites have a significant impact on the collective thermal properties of clothing and served as a basis for the establishment of new guidelines and methods for the technical design of clothing with precisely defined thermal properties, in contrast to the previous ones, which were usually based on empirical knowledge.

Key words:

Clothing engineering, embedding materials, clothing composites, clothing systems, collective thermal properties, measurement methods

Sadržaj

1. UVOD	1
2. PREGLED TEMATIKE.....	3
2.1 FAKTORI KOJI UTJEČU NA TOPLINSKU UGODU	5
2.2 MJERNE JEDINICE ZA ODREĐIVANJE TOPLINSKE IZOLACIJE ODJEĆE	9
2.3 UGRADBENI MATERIJALI ZA PROIZVODNJU ZAŠTITNE ODJEĆE.....	14
2.4 MJERNI UREĐAJI ZA ISPITIVANJE ZBIRNIH TOPLINSKIH SVOJSTAVA ODJEVNIH KOMPOZITA I ODJEĆE	17
2.4.1 Togmetar	18
2.4.2 Suha vruća ploča	20
2.4.3 Vruća ploča sa simulacijom znojenja	21
2.4.4 Alambeta	23
2.4.5 Uređaj za određivanje propusnosti vodene pare tzv. metodom čaše	24
2.4.6 Permetest.....	25
2.4.7 Uređaj za mjerenje diferencijalnih gradijenata temperatura u odjevnim kompozitima i odjeći	25
2.4.8 Višenamjenski diferencijalni konduktometar za odjevne kompozite i odjeću	25
2.4.9 Toplinski manekeni	26
2.5 PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA ZBIRNIH TOPLINSKIH SVOJSTAVA ODJEVNIH KOMPOZITA I ODJEĆE	34
3. METODIKA RADA	51
3.1 TEHNIČKI CRTEŽ I KONSTRUKCIJA MODELA ODJEVNIH SUSTAVA	54
3.2 KORIŠTENI MATERIJALI ZA IZRADU ODJEVNIH PREDMETA.....	59
3.2.1 Tehničke karakteristike ugradbenih materijala	59
3.3 KORIŠTENE MJERNE METODE, MJERNI SUSTAVI I MJERNI UREĐAJI.....	62
3.3.1 Određivanje debljine ugradbenih materijala.....	62

3.3.2	Određivanje zrakopropusnosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita	62
3.3.3	Određivanje otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala i odjevnih kompozita.....	67
3.3.4	Određivanje otpora prolazu topline odjevnih kompozita i toplinske izolacije odjeće	69
3.3.5	Određivanje diferencijalnih gradijenata temperatura u odjevnim kompozitima i odjeći.....	75
3.3.6	Određivanje kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline i stlačivosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita	80
4.	REZULTATI	85
4.1	REZULTATI ODREĐIVANJA DEBLJINE UGRADBENIH MATERIJALA I REPREZENTATIVNIH ODJEVNIH KOMPOZITA	85
4.2	REZULTATI ODREĐIVANJA ZRAKOPROPUSNOSTI.....	89
4.2.1	Rezultati određivanja zrakopropusnosti ugradbenih materijala	89
4.3	REZULTATI ODREĐIVANJA OTPORA PROLAZU VODENE PARE.....	91
4.3.1	Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala	91
4.3.2	Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare na reprezentativnim odjevnim kompozitima	93
4.3.3	Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala i reprezentativnih odjevnih kompozita	95
4.4	REZULTATI ODREĐIVANJA OTPORA PROLAZU TOPLINE UGRADBENIH MATERIJALA I ODJEVNIH KOMPOZITA.....	106
4.4.1	Rezultati određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala	106
4.4.2	Rezultati određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita	107
4.4.3	Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita	109
4.5	REZULTATI ODREĐIVANJA TOPLINSKE IZOLACIJE ODJEVNIH SUSTAVA, MASE ODJEVNIH SUSTAVA I EFIKASNOSTI TOPLINSKE IZOLACIJE ODJEVNOG SUSTAVA	121
4.5.1	Rezultati određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkom modu	121
4.5.2	Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava.....	127

4.5.3 Rezultati određivanja mase odjevnih sustava i efikasnosti toplinske izolacije odjevnog sustava	144
4.6 REZULTATI ODREĐIVANJA DIFERENCIJALNIH GRADIJENATA	
TEMPERATURA ODJEVNIH KOMPOZITA I ODJEVNIH SUSTAVA	144
4.6.1 Rezultati određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura ugradbenih materijala i odjevnih kompozita	144
4.6.2 Rezultati određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura odjevnih sustava	148
4.7 REZULTATI ODREĐIVANJA KONTAKTNOG KONDUKCIJSKOG PRIJENOSA	
TOPLINE I STLAČIVOSTI UGRADBENIH MATERIJALA I ODJEVNIH KOMPOZITA	
.....	156
4.7.1 Statistička analiza rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita	163
5. RASPRAVA.....	179
5.1 RASPRAVA O REZULTATIMA ODREĐIVANJA ZRAKOPROPUSNOSTI	
UGRADBENIH MATERIJALA I ODJEVNIH KOMPOZITA.....	180
5.2 RASPRAVA O REZULTATIMA ODREĐIVANJA OTPORA PROLAZU VODENE	
PARE UGRADBENIH MATERIJALA I ODJEVNIH KOMPOZITA	181
5.3 RASPRAVA O REZULTATIMA ODREĐIVANJA OTPORA PROLAZU TOPLINE	
UGRADBENIH MATERIJALA I ODJEVNIH KOMPOZITA.....	183
5.4 RASPRAVA O REZULTATIMA ODREĐIVANJA TOPLINSKE IZOLACIJE	
ODJEVNIH SUSTAVA, MASE ODJEVNIH SUSTAVA I EFIKASNOSTI TOPLINSKE	
IZOLACIJE ODJEVNOG SUSTAVA.....	184
5.5 RASPRAVA O REZULTATIMA ODREĐIVANJA DIFERENCIJALNIH	
GRADIJENATA TEMPERATURA ODJEVNIH KOMPOZITA I ODJEVNIH SUSTAVA	
.....	186
5.6 RASPRAVA O REZULTATIMA ODREĐIVANJA KONTAKTNOG	
KONDUKCIJSKOG PRIJENOSA TOPLINE I STLAČIVOSTI UGRADBENIH	
MATERIJALA I ODJEVNIH KOMPOZITA.....	188

6. ZAKLJUČAK.....	191
7. LITERATURA	195
PRILOG 1	213
PRILOG 2	241
PRILOG 3	253
PRILOG 4	301
PRILOG 5	325
PRILOG 6	329

1. UVOD

Tehničko projektiranje namjenske odjeće složen je proces koji uključuje razmatranje utjecaja ljudske anatomije i fizioloških karakteristika, okoliša i aktivnosti u kojem će se odjevni predmet koristiti. U odjevnom inženjerstvu je bitno razmotriti utjecaj vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita od kojih će se odjevni predmet ili odjevni sustav izraditi, te konstrukcije odjevnog predmeta, kao i toplinsku ugodu, taktilnu ugodu i dr. Funkcija i uvjeti okoliša za koju se izrađuje odjevni predmet mora biti polazište tehničkog projektiranja pri čemu je naglasak na funkcionalnosti, kao prvom i temeljnom zahtjevu koji mora biti zadovoljen, a estetika i dizajn postaju sekundarni elementi namjenske odjeće.

Ugradbeni materijali koji se koriste za izradu namjenske odjeće (vojska, policija, gorska služba spašavanja i sl.) su materijali visokotehnoloških izvedbi i specifičnih svojstava prilagođenih potrebama korisnika. Tako se za izradu namjenske odjeće, kao npr. odjeća za policijske djelatnike ili cestovne radnike, koriste materijali koji će osigurati toplinsku ugodu i vodonepropusnost vanjske školjke, a istovremeno osigurati i dišljivost odjevnog predmeta. Navedena svojstva uobičajeno se postižu primjenom laminiranih materijala koji sadrže i specijalne membrane koje imaju značajnu ulogu pri osiguravanju takvih svojstava. Laminirani materijali koji se sastoje od više slojeva tekstilnih materijala (najmanje dva), te sloja membrane koji je najčešće na bazi politetrafluoretilena (PTFE). Kod definiranja optimalne slojevitosti potrebno je osigurati slobodu pokreta nosioca, jer se svakim dodatnim slojem smanjuje pokretljivost nosioca radi krutosti i mase odjevnog sustava.

Slojevitost ima značajnu ulogu u postizanju toplinske ugone odjeće. Prema dosadašnjim istraživanjima dokazano je da povećanje debljine materijala utječe na povećanje toplinske izolacije odjevnog predmeta.

S obzirom na velik broj parametara koji utječu na toplinska svojstva ugradbenih materijala, odjevnih kompozita i odjevnih sustava javlja se potreba za novim istraživanjima njihovih toplinskih svojstava primjenom većeg broja mjernih uređaja. Zbog toga se u ovom doktorskom radu po prvi puta provelo istraživanje utjecaja vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće.

Hipoteze ovog doktorskog rada su:

- H1: Ukupan otpor prolazu topline jednak je zbroju serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva odjevnih kompozita u odjevnom sustavu.
- H2: Ukupan otpor prolazu vodene pare jednak je zbroju serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva odjevnih kompozita u odjevnom sustavu.
- H3: Redoslijed slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu i odjevnom sustavu utječe na ukupni otpor prolazu topline.
- H4: Određivanjem diferencijalnih gradijenata temperatura između pojedinih slojeva u odjevnom kompozitu moguće je utvrditi utjecaj pojedinih slojeva kompozita u zbirnim toplinskim svojstvima odjevnih sustava.

2. PREGLED TEMATIKE

Ljudi doživljavaju okolinu oko sebe kroz osjetila dodira, okusa, mirisa, sluha i vida. Svako od tih osjetila može u većoj ili manjoj mjeri dovesti do osjećaja ugone, a oni mogu djelovati samostalno ili zajednički.

Prema HRN EN ISO 7730:2008 (HRN EN ISO 7730:2008, 2008) toplinska ugona definirana je kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo sa toplinskim uvjetima okoliša, u kojem se ne javlja potreba za korekcijom okolišnih uvjeta (Hensen, 1991; Djongyang et al., 2014; Grodzinsky & Sund Levander, 2020). Toplinska ugona je subjektivan osjećaj, te ovisi o mnogo parametara na koje utječu fizičke, fiziološke i psihološke karakteristike. Toplinska ugona postignuta je kada temperatura tijela varira u malim rasponima, a vlažnost kože je niska, te kada su potrebne minimalne fiziološke reakcije za regulaciju tjelesne temperature. Proučavanje toplinske ugone temelji se na proučavanju stanja toplinske ravnoteže okoliša i sposobnosti ljudskog tijela da se prilagodi toplinskim uvjetima okoliša ili sposobnost ljudi da prilagode uvjete okoliša kako bi ostvarili osjećaj toplinske ugone (Epstein & Moran, 2006).

Na sl. 1 prikazana je razmjena toplinske energije između ljudskog tijela i okoliša. Prijenos topline provodi se sve dok se ne uspostavi toplinska ravnoteža. Ljudsko tijelo proizvodi toplinu od oko 75 W tijekom spavanja i 1000 W tijekom napornog vježbanja. Višak topline se prenosi na okoliš konvekcijom, kondukcijom (u zrak 12%, na predmete 3%, zračenjem (neodjevenog ljudskog tijela na sobnoj temperaturi na okoliš 60%)) i evaporacijom (25%) (Havenith, 2002a; Tannam, 2012; Holopainen, 2012).

Prijenos topline je dinamičan proces pri kojem toplina spontano prelazi s tijela više temperature na tijelo niže temperature. Brzina prijenosa topline definirana je kao protok topline po jedinici površine. Količina topline koja se prenosi, odnosno ukupni toplinski tok, može se izračunati prema izrazu (Tannam, 2012):

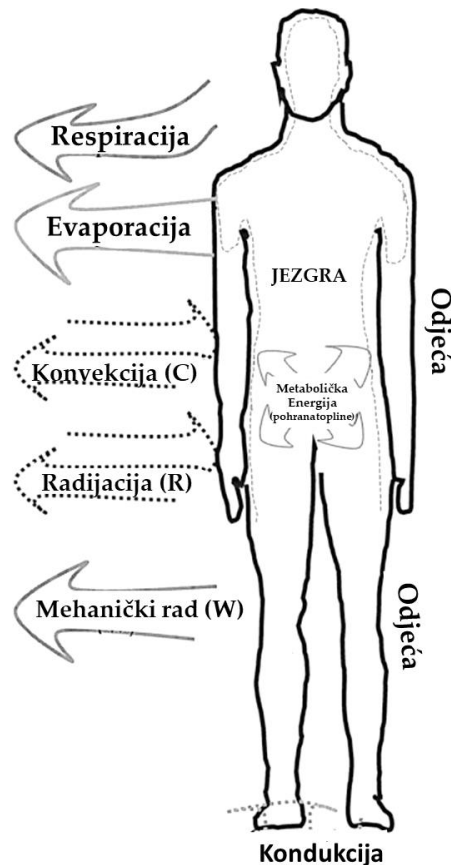
$$Q = q \cdot A \quad (1)$$

gdje je:

Q – ukupni toplinski tok [W]

q – gustoća toplinskog toka [W/m^2]

A – površina na kojoj se izvode mjerenja [m^2]

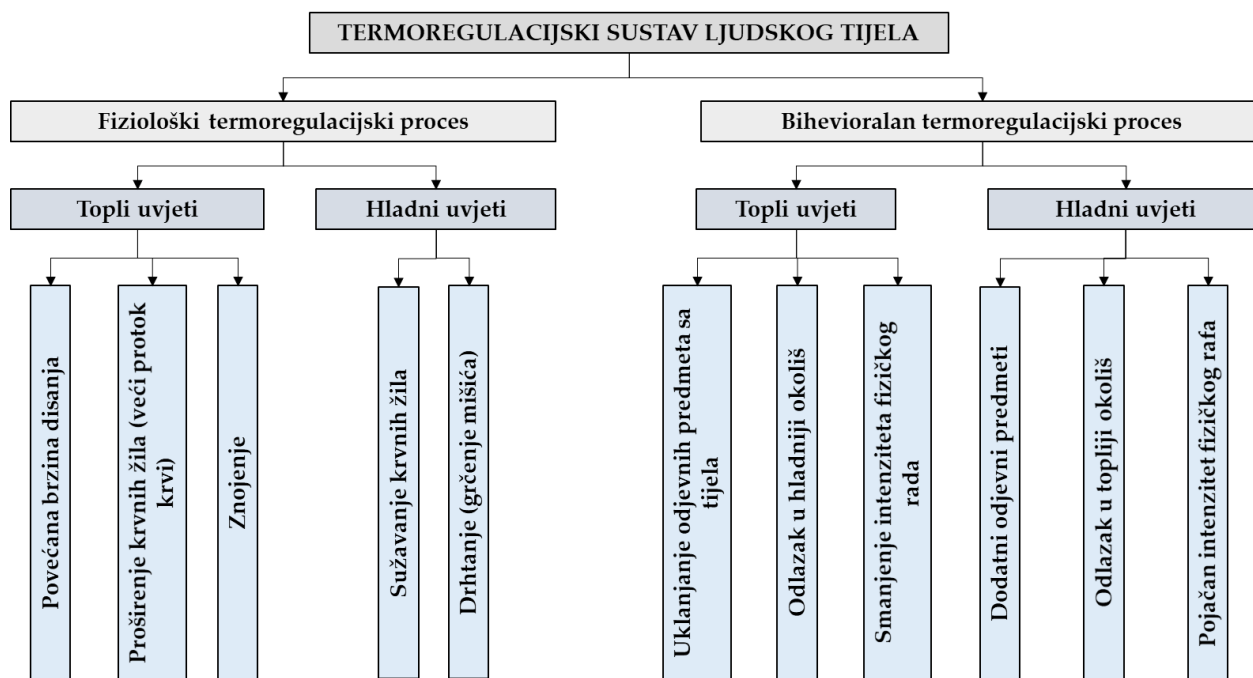


Sl. 1: Prikaz razmjene topline između ljudskog tijela i okoliša (Fabbri, 2015)

Kako bi se održala toplinska ravnoteža ljudskog tijela organizam pomoću termoregulacijskog sustava održava stalnu tjelesnu temperaturu tako da neprestano izjednačuje količinu proizvedene topline i količinu izgubljene topline (Termoregulacija, 2021). Količina izgubljene topline regulira se promjenama u protoku krvi. Tako se npr. u hladnim okolišnim uvjetima gubitak topline smanjuje sužavanjem krvnih žila u koži (vazokonstrikcija). U vrućim okolišnim uvjetima tijelo pokušava povećati gubitak topline proširenjem krvnih žila (vazodilatacija). Također, količina proizvedene topline u hladnim okolišnim uvjetima može se djelomično regulirati, npr. stvaranjem topline drhtanjem mišića. Termoregulacijski centri smješteni su u hipotalamusu, a upravljaju termoregulacijskim procesima na temelju podataka o promjenama vanjske temperature koje primaju od termoreceptora, odnosno osjetnih tjelešca smještenih u koži. Termoregulacija gubi učinkovitost pri vrlo niskim i vrlo visokim temperaturama okoliša što može uzrokovati toplinski udar ili smrzavanje organizma (Kenny & Flouris, 2014; Lim, 2020; Termoregulacija, 2021).

Raspon optimalne središnje tjelesne temperature iznosi $36,1^{\circ}\text{C}$ - $37,8^{\circ}\text{C}$, a održavanje središnje

tjelesne temperature u navedenom rasponu uključuje temperature dva paralelna procesa termoregulacije: bihevioralna i fiziološka regulacija temperature. Na sl. 2 prikazane su neke specifične reakcije tijela na uvjete okoliša, ovisno o vrsti termoregulacijskog procesa (De Dear & Brager, 1988; Rakovac, 2011).



Sl. 2: Slikovni prikaz termoregulacijskog sustava ljudskog tijela (Flouris, 2019)

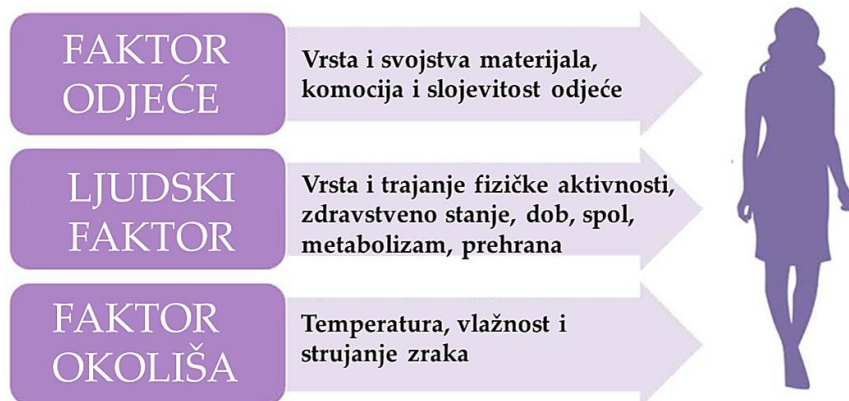
Bihevioralna temperaturna regulacija djeluje kroz svjesno ponašanje i može uključivati sva primjerena sredstva i postupke u cilju očuvanja ili odavanja topline, kao npr. otvaranje prozora ili odijevanje dodatnih slojeva odjeće. Fiziološka regulacija temperature djeluje putem reakcija koje se ne oslanjaju na svjesno i voljno ponašanje (De Dear & Brager, 1988; Rakovac, 2011; Périard, Eijsvogels & Daanen, 2021).

2.1 FAKTORI KOJI UTJEČU NA TOPLINSKU UGODU

Na toplinsku ugodu utječe ljudski faktor (vrsta i trajanje fizičke aktivnosti, zdravstveno stanje, dob, spol, metabolizam, prehrana), faktor okoliša (temperatura, vlažnost i strujanje zraka) te faktor odjeće (vrsta i svojstva materijala, komocija i slojevitost odjeće), sl. 3 (Fanger, 1970; Uttam, 2012; Tanam, 2012; Firšt Rogale, Rogale & Knezić, 2022).

Toplinska uroda uvelike ovisi o odjeći koju osoba nosi. To je razlog zbog kojeg se u toplijim razdobljima godine odijeva odjeća od laganih i prozračnih materijala koja ima izraženu

toplinsku vodljivost, a u hladnijim razdobljima od voluminoznih i debljih materijala koji imaju dobra toplinska izolacijska svojstva. Odjećom se osigurava toplinska ugodu nositelja u okolišu u kojem se on nalazi (Havenith, 2002). Toplinska vodljivost je svojstvo materijala koje izražava njegovu sposobnost da omogućava protok topline, a toplinska izolacija svojstvo odjeće da zadržava toplinu (Kurazumi et al., 2008; Oliveira & Quintela, 2008a; Lan et al., 2021).



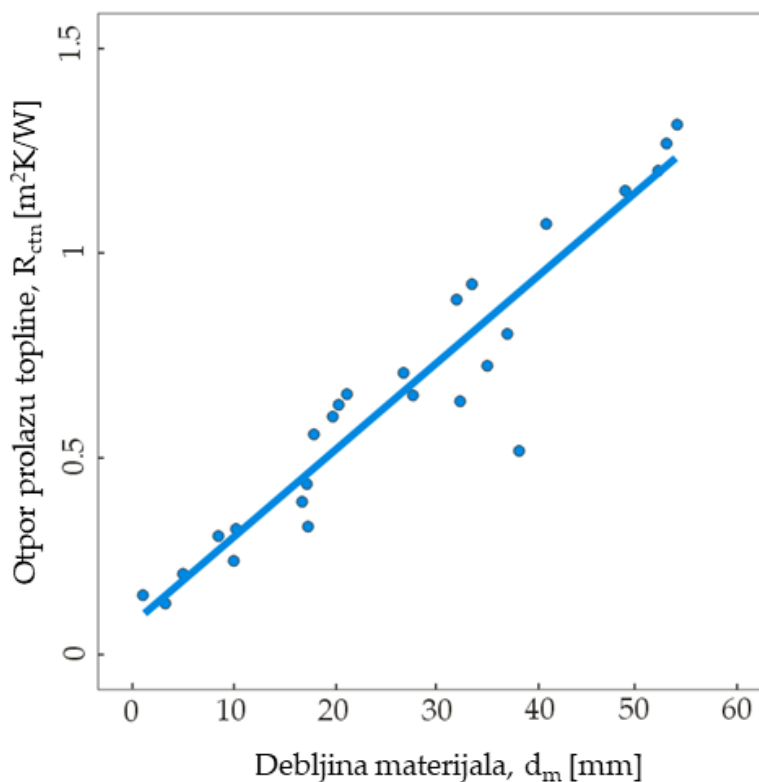
Sl. 3: Faktori koji utječu na toplinsku ugodu (Firšt Rogale, Rogale & Knezić, 2022)

Ljudsko tijelo reagira na razlike u temperaturama okoliša koje utječu na temperaturu kože ljudskog tijela i na cjelokupni osjećaj toplinske ugone. Stoga odjeća omogućava stanje psihološke, osjetilne i toplinske ugone, što ovisi o debljini materijala, te o vrsti, strukturi i duljini vlakana u kojima je zarobljen zrak, a time i toplina (Jendritzky, de Dear & Havenith, 2012; Kwon & Choi, 2012; Najjaran, Fotoohabadi & Shiri, 2013). Na sl. 4 prikazan je utjecaj debljine materijala na otpor prolazu topline, gdje je jasno vidljivo da se s povećanjem debljine materijala povećava i otpor prolazu topline. Ono što je najbitnije kod odjeće je njen utjecaj na izmjenu topline između ljudskog tijela i okoliša (Salloum, Ghaddar & Ghali, 2007; Supuren et al., 2011; Pan, 2019).

Na toplinska svojstva odjeće, odnosno materijala od kojih je ona izrađena, utječu i razne obrade kojima se materijal podvrgava kao što su obrade za vodonepropusnost i zrakonepropusnost, te ugrađene membrane (Havenith, 2002; Epstein & Moran, 2006; Supuren et al., 2011).

Pri razmatranju utjecaja ljudskih faktora koji utječu na toplinsku ugodu potrebno je uzeti u obzir i fizičku aktivnost, spol, dob, zdravstveno stanje i prehranu. Poseban utjecaj na konstrukciju odjeće ima anatomija ljudskog tijela (Firšt Rogale, Rogale & Knezić, 2022).

Tijekom fizičkih aktivnosti ljudsko tijelo proizvodi toplinu i temperatura tijela raste. Što je veća fizička aktivnost tijelo proizvodi više topline, te je potrebno smanjiti toplinu kako se tijelo ne bi pretjerano zagrijalo te da ne bi došlo do toplinskog udara (Havenith, 2002; Havenith, Holmér & Parsons, 2002b; Rakovac, 2011; Firšt Rogale, Rogale & Knezić, 2022).



Sl. 4: Utjecaj debljine tkanine na otpor prolazu topline (Havenith, Holmér & Parsons, 2002b)

Metabolička toplina je rezultat pretvorbe kisika i hranjivih tvari koje čovjek unosi u tijelo u mehaničku energiju, koja se tijekom fizičke aktivnosti pretvara u toplinu. Kontinuirana metabolička proizvodnja topline i termoregulacijski mehanizmi za očuvanje topline održavaju optimalnu središnju temperaturu tijela u blažim hladnim uvjetima. Ako se temperatura okoliša snižava metabolička proizvodnja topline i termoregulacijski mehanizmi više nisu dovoljni za održavanje toplinske ravnoteže ljudskog tijela, pa organizam uključuje dodatne mehanizme stvaranja topline, kao što je npr. drhtanje tijela koje pomaže pri sprječavanju daljnjeg gubitka topline (Havenith, Holmér & Parsons, 2002b; Rakovac, 2011; Hu et al., 2020; Shea et al., 2021).

Svjetska zdravstvena organizacija (engl. *World Health Organization-WHO*) definira fizičku aktivnost kao sve pokrete nastale aktivacijom skeletnih mišića, a iziskuju energetske potrošnje. Energetska potrošnja najčešće se mjeri u kilokalorijama, oznake kcal (Caspersen,

Powell & Christenson, 1985). Energija koju metabolizam proizvodi ovisi o fizičkoj aktivnosti koja povećava metaboličku proizvodnju topline za približno 15 puta, hormonima, tjelesnoj temperaturi, vrsti i količini konzumirane hrane, starosti (npr. metabolička brzina djeteta je dvostruko veća), spavanju i dr. (Balderrama et al., 2010; Jendritzky, de Dear & Havenith, 2012; Cramer & Jay, 2019).

Za definiranje metaboličke aktivnosti koristi se mjerna jedinica metabolički ekvivalent (eng. *Metabolic equivalents-Met*), koja predstavlja toplinsku energiju osobe koja je u stanju mirovanja, odnosno energetske potrošnje po jedinici površine, prema izrazu (Gagge, Burton & Bazett, 1941; Sahta et al., 2014; Shea et al., 2021):

$$1 \text{ Met} = 58,2 \text{ [Wh/m}^2\text{]} = 209,2 \text{ [kJ/m}^2\text{]} \quad (2)$$

Kada se 209 kJ preračuna u kilokalorije, tada se i izraz (2) može zapisati kao:

$$1 \text{ Met} = 58,2 \text{ [Wh/m}^2\text{]} = 50 \text{ [kcal/m}^2\text{]} \quad (3)$$

Navedena jedinica detaljnije je objašnjena u točki 2.2.

Temperatura okoliša ima veliki utjecaj na toplinsku ugodu. Što je viša temperatura zraka u okolišu ljudsko tijelo gubi manje topline putem procesa konvekcije, kondukcije i radijacije, a temperatura tijela se povećava. Tri su temperature okoliša koje utječu na toplinsku ugodu: temperatura zraka, temperatura zračenja i temperatura površina predmeta koji se nalaze u okolišu (Havenith, 2002a; Périard et al., 2021).

Brzina strujanja zraka u okolišu u kojoj se osoba nalazi utječe na gubitak topline konvekcijom i evaporacijom. S povećanjem brzine strujanja zraka povećava se i gubitak topline. Brzina strujanja zraka i njegova temperatura utječu na čovjekov osjećaj hladnoće ili topline (Holopainen, 2012; Périard et al., 2021).

Vlažnost zraka je mjerilo količine vodene pare u okolišu. Relativna vlažnost zraka (eng. *Relative Humidity - RH*) je pokazatelj udjela vlage u okolišu u obliku vodene pare, u odnosu na maksimalan udio vodene pare koju okoliš može sadržavati na određenoj temperaturi (Holopainen, 2012; Périard et al., 2021).

2.2 MJERNE JEDINICE ZA ODREĐIVANJE TOPLINSKE IZOLACIJE ODJEĆE

Prije 1940-ih godina nije se puno pažnje pridavalo kvantificiranju svojstava odjeće, osim rijetkih izvještaja nekoliko laboratorija u Americi (*Harvard Fatigue Laboratory, John B. Pierce Foundation Laboratory, Russell Sage Institute*) i u Engleskoj (*Shirley Institut*) (Gonzalez et al., 1989).

Prva istraživanja toplinske ugone odjeće proveli su u vojne svrhe **J. B. Pierce, A. P. Gagge i P. O. Fanger** koji su definirali parametre toplinske ugone: brzina proizvodnje topline, toplinska izolacija odjeće i temperatura okoliša. Također, definirali su mjerne jedinice i numeričke metode određivanja toplinske ugone. A. P. Gagge definirao je numerički model za određivanje toplinske ravnoteže ljudskog tijela (eng. *2-Node-Model*) (Gagge, Burton & Bazett, 1941). P. O. Fanger definirao je indekse toplinske ugone, revidirao Gagge-ovu jednadžbu, te numerički izrazio razmjenu energije ljudskog tijela i okoliša (Fabbri, 2015).

A. P. Gagge i sur. predložili su novu jedinstvenu mjernu jedinicu za toplinsku aktivnost Clo, koja je definirana kao 50 kalorija po satu po kvadratnom metru površine ljudskog tijela. Navedena mjerna jedinica opisana je u nastavku poglavlja (Gagge, Burton & Bazett, 1941). Odredili su njen iznos u korelaciji s dotadašnjim mjernim jedinicama, odnosno 1,0 Clo je definiran kao toplinska izolacija odjeće vrijednosti $0,18 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/kcal}$, što iznosi $0,155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ (Majstorović, 2015). Da bi se postigla jednostavnija percepcija ovih jedinica, treba istaknuti da neodjeveno ljudsko tijelo ima toplinsku izolaciju 0,0 Clo, a vrijednost 1,0 Clo toplinske izolacije predstavlja iznos kada odjeća uravnoteži proizvodnju i gubitak topline. To se odnosi na odjeću u koju je odjevena osoba (pamučno rublje i tipično poslovno odijelo), te osjeća toplinsku ugodu kada sjedi u provjetravanoj prostoriji, pri metaboličkoj aktivnosti od 1,0 Met, u kojoj je temperatura okoliša 21°C , strujanje zraka $0,1 \text{ ms}^{-1}$, te relativna vlažnost zraka manja od 50%.

Druga mjerna jedinica za toplinsku izolaciju je Tog te se koristi za izražavanje vrijednosti toplinskih svojstava tekstilnih materijala i odjeće (Firšt Rogale et al., 2021a). Definirana je u engleskom laboratoriju Shirley Institut, Engleska, kao alternativa jedinici $\text{m}^2\text{K/W}$ (odnosno $\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$), Međunarodnog sustava mjernih jedinica (fran. *Système International d'Unités –SI*), te se više koristi u Europi, dok se Clo više koristi u Americi (Ghosh et al., 2016).

Odnos Tog i Clo jedinice definiran je izrazima (Parsons, 1988; Rogale et al., 2020b):

$$1 \text{ Tog} = 0,1 [m^2K/W] = 0,645 [\text{Clo}] \quad (4)$$

$$1 \text{ Clo} = 1,55 \text{ Tog} = 0,155 [m^2K/W] \quad (5)$$

Veća vrijednost Tog i Clo jedinice označava bolju toplinsku izolaciju odjeće (Ukponmwan, 1993).

U tab. 1 prikazane su vrijednosti toplinske izolacije odjevnih predmeta, izražene u Clo i Tog jedinicama, a u tab. 2 vrijednosti toplinske izolacije za odjevne kombinacije.

Tab. 1: Toplinska izolacija odjevnih predmeta (De Dear & Brager, 1988; HRN EN ISO 7730:2008, 2008)

Opis odjevnih predmeta	[Clo]	[Tog]	Opis odjevnih predmeta	[Clo]	[Tog]
Gaće	0,03	0,05	Vesta bez rukava	0,12	0,19
Duge gaće	0,10	0,16	Tanka vesta	0,20	0,31
Potkošulja	0,04	0,06	Pulover	0,28	0,43
Majica	0,09	0,14	Debeli pulover	0,35	0,54
Košulja s dugim rukavima	0,12	0,19			
Gaće i grudnjak	0,03	0,05			
Košulja s kratkim rukavima	0,15	0,23	Lagana, ljetna jakna	0,25	0,39
Košulja od flanela	0,30	0,47	Radna jakna	0,30	0,47
Kratke hlače	0,06	0,09	Kaput	0,60	0,93
Ljetne hlače	0,20	0,31	Parka	0,70	1,09
Zimske hlače	0,28	0,43			
			Čarape	0,02	0,03
Ljetna suknja	0,15	0,23	Debele čarape do gležnja	0,05	0,08
Zimska suknja	0,25	0,39	Debele duge čarape	0,10	0,16
			Najlonke	0,03	0,05
			Cipele (tanak đon)	0,02	0,03
			Cipele (debeli đon)	0,04	0,06
Lagana haljina, kratki rukavi	0,20	0,31	Čizme	0,10	0,16
Zimska haljina, dugi rukavi	0,40	0,62	Rukavice	0,05	0,08

Metabolički ekvivalent predstavlja omjer brzine metabolizma osobe pri mirovanju i pri fizičkoj aktivnosti. Pomoću Met vrijednosti opisuje se intenzitet aktivnosti kao potrošnju energije u određenom vremenu, koja ovisi o dobi osobe, kondiciji, spolu i zdravstvenom stanju (Heydenreich et al., 2019). 1 Met označava količinu potrošnje kisika (O_2) pri mirovanju, što se naziva i osnovni metabolizam. Kod muškaraca ona iznosi oko 250 ml/min, a kod žena oko 200 ml/min. Aktivnosti niskog intenziteta definirane su vrijednostima manjima od 3 Met, umjerenim fizičkim aktivnostima smatraju se one u rasponu od 3 do 6 Met, a vrijednosti iznad 6 Met označavaju fizičke aktivnosti visokog intenziteta. Kako bi se odredila Met vrijednost fizičke aktivnosti potrebno je odrediti količinu potrošnje kisika VO_2 (Park, Shoemaker & Haub,

2008; Heydenreich et al., 2019; Shea et al., 2021).

Metabolički ekvivalent se izražava kao potrošnja kisika po jedinici tjelesne mase (Park et al., 2008; Shea et al., 2021):

$$1 \text{ Met} = 3,5 \left[\frac{O_2 \text{ ml}}{\text{kg} \cdot \text{min}} \right] \quad (6)$$

gdje je:

O_2 – potrošnja kisika osobe u mirovanju po jedinici tjelesne mase [ml/kg/min]

Tab. 2: Vrijednosti toplinske izolacije za uobičajene odjevne kombinacije (De Dear & Brager, 1988; HRN EN ISO 7730:2008, 2008)

Odjevna kombinacija	Toplinska izolacija		Odjevna kombinacija	Toplinska izolacija	
	[Clo]	[m ² K/W]		[Clo]	[m ² K/W]
Donje rublje (gaćice), košulja, hlače, čarape, cipele	0,75	0,12	Gaćice, podsuknja, čarape, lagana haljina s rukavima, sandale	0,45	0,07
Donje rublje (gaćice), košulja, hlače, jakna, čarape, cipele	0,85	0,14	Gaćice, čarape, košulja kratkih rukava, suknja, sandale	0,55	0,09
Donje rublje s dugim rukavima i nogavicama, termo-jakna, čarape, cipele	1,20	0,185	Gaćice, trenirka (pulover i hlače), duge čarape, tajice	0,75	0,12
Donje rublje s kratkim rukavima i nogavicama, košulja, hlače, jakna, termo-jakna i hlače, čarape, cipele	1,55	0,23	Gaćice, potkošulja kratkih rukava, košulja, hlače, pulover na V-izrez, čarape, cipele	0,95	0,15
Donje rublje s dugim rukavima i nogavicama, termo-jakna i hlače, parka, čarape, cipele, kapa, rukavice	2,20	0,34	Gaćice, čarape, bluza, duga suknja, jakna, cipele	1,10	0,17

Maksimalna potrošnja kisika pojedinca koja se može postići tijekom fizičke aktivnosti označava se sa VO_{2max} , a izražava se pomoću jedinice mlO₂/kg/min. Ako npr. osoba ima maksimalnu potrošnju kisika 20 mlO₂/kg/min, ekvivalentna Met vrijednost aktivnosti kojom se ta osoba bavi može se odrediti slijedećim izrazom (Park et al., 2008; Heydenreich et al., 2019; Shea et al., 2021):

$$Met_{max} = \frac{VO_{2max}}{1 \text{ Met}} \quad (7)$$

gdje je:

V – volumen [ml]

O_{2max} – maksimalna potrošnja kisika pojedinca tijekom fizičke aktivnosti [ml/min]

odnosno:

$$Met_{max} = \frac{20 \frac{O_2 ml}{kg \cdot min}}{3,5 \frac{O_2 ml}{kg \cdot min}} = 5,71 [Met] \quad (8)$$

Na temelju poznate Met vrijednosti neke fizičke aktivnosti moguće je odrediti i količinu kalorija koje se sagorijevaju tijekom njenog izvođenja, pomoću izraza:

$$\frac{Met_{max} \left[\frac{O_2 ml}{kg \cdot min} \right] \cdot 3,5 \left[\frac{O_2 ml}{kg \cdot min} \right] \cdot [kg]}{200 \left[\frac{ml}{kcal} \right]} = 7 [kcal/min] \quad (9)$$

gdje je:

200 – konverzijski faktor pretvorbe litara kisika u kalorije

Konverzijski faktor pretvorbe litara kisika u kalorije definiran je kao 200 na temelju slijedećeg izraza:

$$\frac{1l \text{ potrošenog kisika}}{5 \text{ kalorija}} = 0,2 [l/kcal] = 200 [ml/kcal] \quad (10)$$

Ako je tjelesna masa pojedinca npr. 50 kg, a on izvodi fizičku aktivnost oznake 8 Met, tada se količina sagorjelih kalorija izračunava prema izrazu:

$$\frac{8 \left[\frac{O_2 ml}{kg \cdot min} \right] \cdot 3,5 \left[\frac{O_2 ml}{kg \cdot min} \right] \cdot 50 [kg]}{200 [ml/kcal]} = 7 [kcal/min] \quad (11)$$

Vrijednosti Met definirane su međunarodnom normom ISO 7730:2005 ili se mogu izračunati u skladu s međunarodnom normom HRN EN ISO 8996:2022 (HRN EN ISO 8996:2022, 2022).

U tab. 3 prikazane su Met vrijednosti za neke uobičajene aktivnosti.

Tab. 3: Prikaz vrijednosti metaboličkog ekvivalenta Met za neke uobičajene aktivnosti (HRN EN ISO 7730:2008, 2008)

Fizička aktivnost	Met	Wh/m ²
1	2	3
<i>Aktivnosti malog stupnja zamora</i>	< 3	
• Spavanje	0,9	52,4
• Gledanje televizije	1,0	52,8
• Pisanje, rad za stolom, tipkanje	1,8	104,8
• Hodanje (2,7 km/h), po ravnoj površini, lagano, vrlo polako	2,3	133,9
• Hodanje, (4 km/h)	2,9	168,8

1	2	3
<i>Aktivnosti srednjeg stupnja zamora</i>	3 to 6	
• Vožnja bicikla	3,0	174,6
• Hodanje (4,8 km/h)	3,3	192,1
• Gimnastika tjelovježba (laganog ili umjerenog napora)	3,5	203,7
• Hodanje (5,5 km/h)	3,6	209,52
• Vožnja bicikla, (<16 km/h)	4,0	232,8
<i>Aktivnosti visokog stupnja zamora</i>	> 6	
• Opušteno trčanje laganim do umjerenim tempom (eng. <i>jogging</i>)	7,0	407,4
• Tjelovježba (sklekovi, trbušnjaci, zgibovi)	8,0	465,6
• Trčanje, trčanje na mjestu	8,0	465,6

J. Huang i W. Xu u svom radu (Huang & Xu, 2006) predlažu novu mjernu jedinicu naziva Com. Prema tvrdnjama autora, kupci odjeće bi temeljem jedinice Com jednostavnije mogli pojmiti značenje toplinske izolacije odjeće s obzirom da ova mjerna jedinica izravno ukazuje pri kojoj temperaturi zraka je moguće postići i održati osjećaj toplinske ugone kada čovjek miruje pri uvjetima okoliša 50% relativne vlažnosti zraka i brzini strujanja zraka od 0,1 m/s. Niža vrijednost Com jedinice uvjetuje i veću toplinsku izolaciju odjeće (Huang & Xu, 2006).

Kao razlog definiranja jedinice Com navode činjenicu da bi ona olakšala kupcima odjevnih predmeta percepciju svojstva toplinske izolacije odjevnog predmeta, u odnosu na mjerne jedinice po SI sustavu (m^2K/W), odnosno jedinice koje se uobičajeno koriste (Clo, Met) (Huang & Xu, 2006).

U tab. 4 prikazane su vrijednosti Com i Clo jedinica u ovisnosti o temperaturi okoliša. Na temelju podataka u tablici autori zaključuju da je smanjenjem temperature zraka za približno 6°C potrebno povećanje toplinske izolacije odjeće za 1,0 Clo kako bi se postigao osjećaj toplinske ugone.

Tab. 4: Usporedba numeričkih vrijednosti Clo i Com mjernih jedinica u odnosu sa temperaturom okoliša (Huang & Xu, 2006)

Temperatura okoliša pri kojoj nositelj osjeća toplinsku ugodu [°C]	Toplinska izolacija odjeće	
	[Clo]	[Com]
1	2	3
21,5	1	22
15,6	2	16
9,7	3	10
3,8	4	4

1	2	3
-2,1	5	-2
-8,0	6	-8
-14,0	7	-14
-20,0	8	-20
-26,0	9	-26
-32,0	10	-32

S obzirom da se u navedenom radu provela teoretska rasprava, a daljnjim pregledom literature nisu pronađeni drugi radovi sa ovom temom, upitno je da li se ova mjerna jedinica i dalje istražuje.

2.3 UGRADBENI MATERIJALI ZA PROIZVODNJU ZAŠTITNE ODJEĆE

U ovom doktorskom radu bit će prikazan utjecaj vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva zaštitne odjeće. Za izradu vanjske školjke namjenske odjeće često se koriste laminirani materijali koji imaju dobru dišljivost, a kao podstava ili unutarnji umetak koriste se tzv. micro-fleece tkanina ili romboidno prošivena podstava.

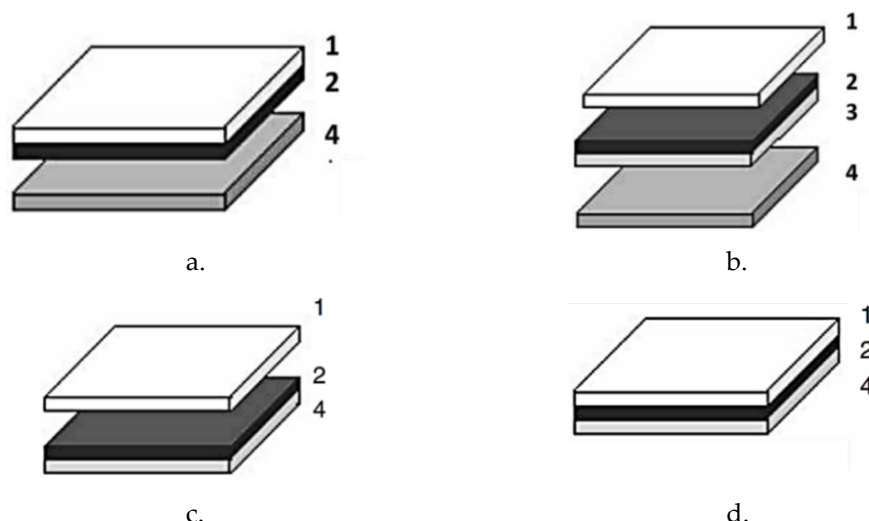
U tekstilnoj industriji se za izradu laminiranih materijala koriste tehnike suhog laminiranja i ultrazvučnog laminiranja. U počecima primjene laminiranih materijala one su često bile krute i neudobne, a dijelovi odjevnog predmeta su bili spajani metodom šivanja, te su šavovi bili vodopropusni. Tek razvojem visokotehnoloških metoda spajanja dobiveni su zrakonepropusni i vodonepropusni spojevi (Ebnesajjad, 2016; Shim, 2019).

Suho laminiranje se temelji na primjeni termoplastičnih adheziva u obliku tkanina, mrežica, koprene, folija ili praha umetnutih između slojeva materijala (kompozita). Oni se spajaju sljepljivanjem, djelovanjem topline i tlaka, pri čemu su najvažniji parametri: optimalno zagrijavanje kompozita, primjena jednolikog tlaka, pravilno hlađenje nakon sljepljivanja i pogodan odabir termoplastičnih adheziva u ovisnosti o obilježjima slojeva koji se laminiraju. Prednost tehnike suhog laminiranja je što je ona modularnog tipa te se može koristiti za različite vrste materijala u širokom rasponu površinskih masa i obilježja, a mogu se laminirati iskrojeni krojni dijelovi ili materijali namotani u smotke. Područje primjene tehnike suhog laminiranja je široko. Može se koristiti za izradu vrlo laganih i prozračnih materijala za proizvodnju odjeće, zaštitne odjeće, dekorativnih tekstilija, filtra, zaštitnih materijala za pakiranje pa sve do kompozitnih materijala posebnih namjena (Rogale & Dragčević, 2002).

Tehnika ultrazvučnog laminiranja omogućava spajanje različitih vrsta materijala pri čemu najmanje jedan sloj mora biti izrađen od termoplastičnih polimernih materijala. Njenom primjenom smanjuje se vrijeme rada jer nije potrebno čekati dostizanje radnih temperatura jer ne zahtijeva sustave za zagrijavanje i zone hlađenja, te nema gubitaka energije. Također nema topljenja vlakana na spojnim točkama kod postupka laminiranja, a nema ni naljepljivanja rastopljenih ili omekšanih čestica polimernih materijala na dijelove stroja. Postupak ultrazvučnog laminiranja temelji se na površinskom i dubinskom trenju makromolekula umjetnih polimernih materijala, zbog kojeg se ti materijali zagrijavaju i omekšavaju (Rogale & Dragčević, 2002).

Tekstilni laminirani materijali sastoje se od jednog ili dva sloja tekstilnog materijala koji se uobičajeno koristi kao vanjska školjka zaštitne odjeće, te sloja membrane koja daje dišljivost takvim materijalima. Pri izradi tekstilnih laminata membrana može biti naslojena na bilo koji sloj materijala koji sačinjavaju laminat, sl. 5. Tako se ona, u slučaju kada je naslojena na naličje vanjske školjke (1), a odjevni predmet nema podstavu, nalazi u izravnom kontaktu sa ljudskim tijelom (4), sl. 5a. Membrana (2) u nekim izvedbama može biti odvojena od materijala za izradu vanjske školjke, kao zaseban sloj, sl. 5b. Ona je naslojena na sloj materijala (3) koji se nalazi između podstave (4) i vanjske školjke (1) odjavnog predmeta, čime se stvaraju slojevi zarobljenog zraka. Membrana (2) se može naslojiti i na podstavni materijal (4), sl. 5c, čime je postignuto da ona nije u izravnom kontaktu s ljudskim tijelom. Na sl. 5d prikazana je membrana (2) koja je naslojena na dva sloja materijala (1 i 4), čineći tako troslojan laminat (Mukhopadhyay & Midha, 2008; Ebnesajjad, 2016).

R. Plunkett, koji je radio za tvrtku **DuPont**, 1938. godine razvio je politetrafluoretilen (PTFE) koji je tvrtka kasnije zaštitila pod nazivom Teflon®. Prema zahtjevu američke vojske taj izum je zaštićen kao vojna tajna, te su ga koristili isključivo za vojne potrebe tijekom Drugog svjetskog rata, stoga DuPont nije mogao komercijalizirati svoj proizvod. Tvrtki DuPont je dozvoljena samo jedna prijava patenta 1941. godine kako bi tvrtka ipak zaštitila svoje pravo na korištenje izuma, te njegovu komercijalizaciju po završetku rata. Međutim, tvrtka je i dalje razvijala teflon poboljšanih svojstava radi potreba vojske, koji je po završetku rata bio spreman za komercijalizaciju, a tada ulazi i u širu upotrebu (Ebnesajjad, 2016).



Sl. 5: Različite pozicije ugradnje membrane unutar laminiranog materijala: a. membrana naslojena na naličje materijala vanjske školjke; b. naslojena membrana umetnuta kao zaseban, slobodan sloj; c. membrana naslojena na podstavni materijal; d. membrana naslojena na naličje vanjske školjke i na podstavni materijal (Mukhopadhyay & Midha, 2008)

Na sl. 6 prikazana je jakna izrađena od laminiranog materijala koja sadrži i ePTFE membranu.



Sl. 6: Primjer primjene Gore-Tex membrane (Gore-tex, 2022)

B. Gore, koji je radio na razvoju PTFE-a u DuPont-u, nije imao razumijevanja od nadređenih za daljnji razvoj, te je 2008. osnovao vlastitu tvrtku **W. L. Gore & Co.** Njegova ideja je bila razviti PTFE koji bi imao pojačana svojstva poroznosti, propusnosti zraka i čvrstoće što je dobio postupkom ekspaniranja, te je novorazvijenu membranu nazvao ePTFE. Nastavio je sa razvojem te usavršio tzv. ekspanirani politetrafluoretilen (ePTFE), te ga zaštitio pod imenom

Gore-Tex. ePTFE membrane su debljine $< 1 \mu\text{m}$, a 1 cm^2 sadrži preko 1,4 bilijuna pora. Te pore su 20 000 puta manje od kapljice vode, te 700 puta veće od molekule vodene pare. Upravo je to ono što omogućava vodootpornost uz istovremenu dišljivost odjeće (Ebnesajjad, 2016). Tzv. micro-fleece materijali, koriste se kao toplinski izolacijski materijal, koji se može koristiti za izradu gornjeg odjevnog predmeta, kao podstava ili toplinski umetak. Fleece materijali su vrlo udobni, mekani na dodir, te pružaju dobra toplinska svojstva.

Romboidno prošivena podstava se također koristi kao toplinski izolacijski materijal, odnosno za izradu toplinskog umetka ili podstave, sl. 7. Izrađena je od tri sloja: dva sloja vanjskog materijala (najčešće podstavni materijal) i punila.



Sl. 7: Prikaz romboidno prošivene podstave

Navedena vrsta podstave može biti izrađena i od pet slojeva gdje se uz prethodno navedene slojeve nalaze još dva sloja tzv. blokade, koje služe za sprječavanje izlaska poliesterskih vlakana i punila.

2.4 MJERNI UREĐAJI ZA ISPITIVANJE ZBIRNIH TOPLINSKIH SVOJSTAVA ODJEVNIH KOMPOZITA I ODJEĆE

Kako bi se objektivno vrednovala zbirna toplinska izolacijska svojstva odjevnih kompozita i odjeće koriste se mjerni sustavi i mjerne metode za određivanje parametara kao što su otpor

prolazu topline tekstilnih materijala, toplinska izolacija odjeće, otpor prolazu vodene pare, toplinska vodljivost, te zrakopropusnost. Definiranje toplinskih karakteristika odjevnih kompozita i odjeće bitno je pri razvoju novih proizvoda, uzimajući u obzir njihovu namjenu, kvalitetu i zadovoljavanje potreba krajnjih korisnika.

Za ispitivanje toplinsko izolacijskih svojstva pri standardiziranim uvjetima najčešće se koriste mjerni uređaji Togmetar, vruća ploča (eng. *skin model*; eng. *guarded hot plate*), Alambeta i toplinski manekeni (Pamuk, 2008; Uttam, 2012).

Navedeni mjerni instrumenti opisani su u nastavku ovog doktorskog rada.

2.4.1 Togmetar

Togmetar mjeri temperaturnu razliku i protok topline kroz mjerni uzorak, na temelju čega je moguće odrediti njegova toplinska svojstva. Na Togmetru se izvode mjerenja metodom s jednom pločom i metodom s dvije ploče, sl. 8. Uređaj se sastoji od termostatski upravljane donje grijane ploče koja se prekriva referentnim uzorkom poznatog otpora prolazu topline. Također, sastoji se od gornje, tzv. hladne ploče čija se temperatura održava na temperaturi okoliša ili temperaturi nižoj od temperature okoliša. Temperatura se mjeri na obje ploče, a grijač ploča je prilagođen tako da može održavati temperaturu u rasponu od 31 do 35°C. Iznad uređaja struji zrak. Uvjeti okoliša u kojem se provode ispitivanja, definirani normama, su temperatura okoliša $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ i relativna vlažnost zraka $65\% \pm 5\%$ (Jonston, 2011; Uttam, 2012; Dolezal, Hes & Bal, 2019).

Zrak iznad uzorka za ispitivanje ima značajan utjecaj na rezultate mjerenja, tako da metoda mjerenjem Togmetrom predstavlja mjerenje otpora prolazu topline uzorka uključujući i sloj zraka uz mjernu površinu. Iz tog razloga, kod obje metode mjerenja, provodi se kalibracija mjernog uređaja, kako bi se izmjerila vrijednost otpora prolazu topline zraka R_{air} . Za određivanje otpora prolazu topline zraka, provodi se mjerenje gdje uređaj postiže toplinsku ravnotežu bez smještenog uzorka, a kada se postigne toplinska ravnoteža, određuje se otpor prolazu topline zraka prema izrazu (Jonston, 2011; Uttam, 2012):

$$R_{air} = R_{std} \cdot \frac{T_{p2} - T_{p3}}{T_{p1} - T_{p2}} \quad (12)$$

gdje je:

R_{air} – otpor prolazu topline zraka [m^2K/W]

R_{std} – otpor prolazu topline referentnog uzorka $R = 0,0684$ [m^2K/W]

T_{p1} – temperatura donje ploče Togmetra [K]

T_{p2} – temperatura donje strane mjernog uzorka, između donje ploče Togmetra i referentnog uzorka [K]

T_{p3} – metoda sa jednom pločom: temperatura iznad površine mjernog uzorka [K]

T_{p3} – metoda s dvije ploče: temperatura gornje strane mjernog uzorka, između mjernog uzorka i gornje ploče Togmetra [K]

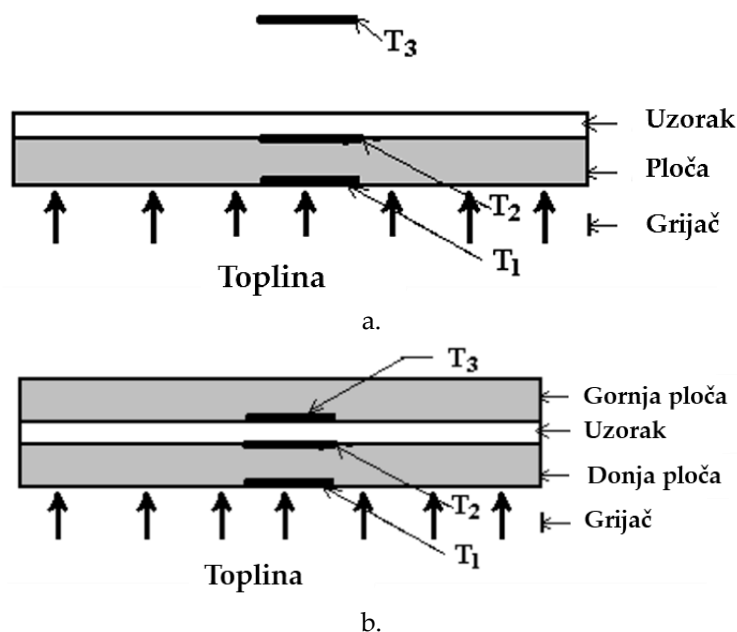
Da bi se odredio otpor prolazu topline uzorka mjerenje se ponavlja tako da se uzorak postavlja na donju ploču, a uređaj za mjerenje ponovno doseže toplinsku ravnotežu. Otpor prolazu topline uzorka izračunava se pomoću izraza (Jonston, 2011; Uttam, 2012):

$$R_{sample} = R_{std} \cdot \frac{T_{p2} - T_{p3}}{T_{p1} - T_{p2}} - R_{air} \quad (13)$$

gdje je:

R_{sample} – otpor prolazu topline uzorka [m^2K/W]

Primjenom metode sa jednom pločom, sl. 8a, uzorak se nalazi na donjoj grijanoj ploči, a gornji dio se ostavlja nepokriven, te se gornja ploča koristi za mjerenje temperature zraka (T_3).



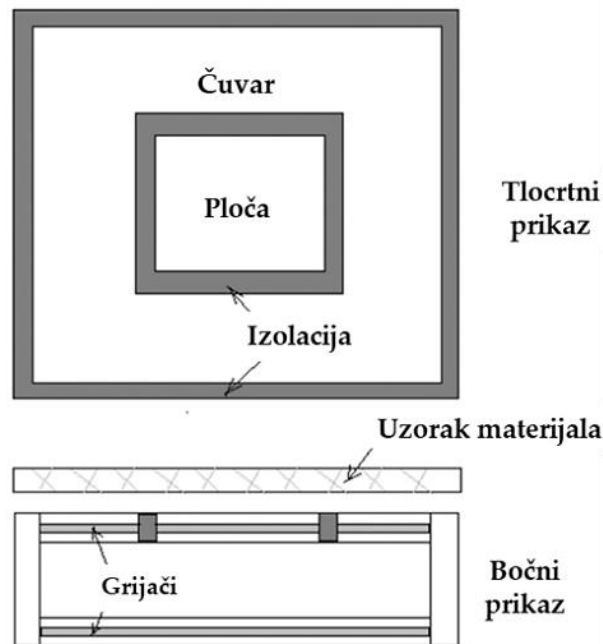
Sl. 8: Mjerni uređaj Togmetar: a. metoda s jednom pločom; b. metoda s dvije ploče (Uttam, 2012)

Tijekom ispitivanja metodom s dvije ploče, sl. 8b, mjerni uzorak postavlja se na referentni materijal poznatog otpora prolazu topline koji se grije pomoću termostatski upravljane grijane donje ploče. Mjerni uzorak postavlja se između gornje i donje ploče, uz određen pritisak koji osigurava jednoličnu debljinu mjernog uzorka na mjernoj površini. Gornja ploča postavlja se na način da se izbjegne stlačivanje uzorka. Pri stacionarnim uvjetima mjerenjem se dobiju tri

temperature: temperatura donje grijane ploče T_1 , temperatura između gornje površine referentnog materijala (lica) i donje površine mjernog uzorka (naličja) T_2 te temperatura između gornje površine mjernog uzorka i gornje ploče T_3 (Jonston, 2011). Metoda s jednom pločom, gdje iznad mjernog uzorka nema druge ploče, uobičajeno se koristi za uzorke materijala koji se na gotovom odjevnom predmetu nalaze u izravnom kontaktu s okolišem. Metoda s dvije ploče koristi se za uzorke materijala koji se nalaze u odjevnom kompozitu ili odjevnom sustavu te koji nisu u izravnom kontaktu s okolišem. Gornja ploča tada pomaže u simulaciji zatvorenog sustava, tj. materijala koji nije u kontaktu s okolišem (Jonston, 2011).

2.4.2 Suha vruća ploča

Suha vruća ploča koristi se za određivanje otpora prolazu topline, a sastoji se od grijane ploče, tzv. čuvara i donje ploče, sl. 9.



Sl. 9: Tlocrtni i bočni prikaz uređaja vruća ploča s čuvarima (Uttam, 2012)

Čuvar je metalna ploča u čije je udubljenje ugrađena grijana ploča koja se koristi za ispitivanje, a njezina temperatura se održava zasebnim sustavom za grijanje, koji ju održava na temperaturi jednakoj onoj na ploči za mjerenje. Čuvar osigurava da sva proizvedena toplina ravnomjerno prolazi kroz uzorak, odnosno da ne dolazi do rasipanja i gubitka topline sa strane, što je bitno kako bi rezultati mjerenja bili točni i precizni. Sve tri ploče imaju stalnu

temperaturu u rasponu u kojem se kreće temperatura kože na ljudskom tijelu, odnosno u rasponu od 33°C do 36°C, a koja se održava pomoću grijača smještenih ispod mjerne površine i koji osiguravaju da se toplina provodi prema gore, samo uzduž smjera debljine uzorka (Tiwari, 2010; Uttam, 2012).

Prije mjerenja na uzorku provodi se kalibracijsko mjerenje pri kojem se mjeri električna snaga potrebna za održavanje zadane temperature mjerne ploče (W), odnosno određuje se konstanta vruće ploče. Mjerni uređaj se pokreće bez postavljenog uzorka kako bi se odredio otpor prolazu topline prazne mjerne površine i zraka iznad mjerne površine na udaljenosti 500 mm iznad ploče. Prije provođenja mjerenja na uzorku on mora biti kondicioniran pri okolišnim uvjetima u kojima će se provoditi mjerenje. Nakon provedbe kalibracijskog mjerenja na mjernu površinu postavlja se mjerni uzorak te se uređaj ponovno pokreće. Izmjereni otpor prolazu topline sastoji se od otpora prolazu topline mjernog uzorka i otpora prolazu topline zraka iznad materijala koji nije zanemariv (Uttam, 2012; Kim, 2021).

Prema normi ASTM D 1518-85 mjernom metodom vruće ploče određuje se ukupan prijenos topline uzrokovan kombiniranim djelovanjem kondukcije, konvekcije i zračenja na tekstilne i druge materijale, koji imaju otpor prolazu topline u rasponu od 0,7 do 14 m²K/W, a debljina im nije veća od 50 mm (ASTM D 1518-85:2003, 2003; Tiwari, 2010; Uttam, 2012).

2.4.3 Vruća ploča sa simulacijom znojenja

Metoda vruće ploče koja može simulirati znojenje, prema međunarodnoj normi ISO 11092, je identična metodi opisanoj u točki 2.4.2. Uzorak veličine 50,8x50,8 cm kondicioniran je na uvjetima temperature okoliša 20°C i relativnoj vlažnosti zraka 65% te se postavlja na perforiranu površinu grijane ploče koja je prekrivena PTFE membranom koja propušta paru, ali sprječava vlaženje uzorka vodom. Ploča i membrana simuliraju znojenje ljudskog tijela. Održava se konstantna temperatura ploče na $35 \pm 0,5$ °C pri relativnoj vlažnosti zraka od 40% i brzini strujanja zraka 1 m/s. Voda koja prolazi kroz ploču i membranu isparava, a električna energija koja je potrošena na održavanje temperature ploče predstavlja parametar otpora prolazu vodene pare. Otpor prolazu vodene pare uzorka određuje se mjerenjem gubitka topline evaporacijom, pomoću izraza (13), a trajanje jednog mjerenja je od jedan do dva sata što je i najveći nedostatak ove mjerne metode (McCullough, Kwon & Shim, 2003; Uttam, 2012;

Kim, 2021).

Dišljivost materijala za sve vrste odjeće vrlo je bitna, a posebno kod odjeće namijenjene za interventne službe, kao što su vatrogasci, policija, vojska, gorska služba spašavanja i sl., te radnika koji dulje vrijeme borave i rade na otvorenom prostoru, npr. šumski radnici, poštari, radnici na održavanju repetitora i sl. Njihova fizička aktivnost iznosi 300-415 W, pri čemu dolazi do porasta tjelesne temperature i znojenja. Ukoliko se znoj ne isparava i ne odvodi brzinom približno jednakoj brzini njegova nastajanja, on ostaje unutar odjeće kao tekućina koja stvara neugodan mokar osjećaj, a dodatno se smanjuje vrijednost toplinske izolacije (Regent, 2019).

Prijenos vodene pare kroz materijal može se odvijati na nekoliko načina: difuzijom, apsorpcijom-desorpcijom i prisilnom konvekcijom. Za određivanje otpora prolazu vodene pare često je potrebno dulje vrijeme, a primjenjuje se nekoliko metoda kojima se on određuje, npr. vruća ploča koja može simulirati znojenje, mjerni uređaj Permetest i sl. Vrijednost otpora prolazu vodene pare (R_{et}) iskazuje se u m^2Pa/W (Das et al., 2007).

Otpor prolazu vodene pare kroz pore materijala ovisi o razlici tlaka vodene pare na cijelom sloju materijala. Često se određuje mjerenjem gubitka topline isparavanjem na unutarnjoj strani sloja materijala u izotermnim uvjetima, prema izrazu (Williams, 2009):

$$R_{et} = A \cdot \frac{(p_s - p_a)}{Q} \quad (14)$$

gdje je:

R_{et} – otpor prolazu vodene pare [m^2Pa/W]

p_s – tlak zasićene vodene pare na površini mjernog elementa [Pa]

p_a – parcijalni tlak vodene pare u okolišu [Pa]

A – površina na kojoj se izvode mjerenja [m^2]

Q – gubitak topline isparavanjem [W]

U tab. 5 prikazane su vrijednosti otpora prolazu vodene pare za zaštitnu odjeću koja je namijenjena zaštiti od kiše, prema normi HRN EN 343:2019 (Williams, 2009; HRN EN 343:2019, 2019).

Klasifikacija vrijednosti otpora prolazu vodene pare definirana je kroz 4 klase, pri čemu klasa oznake 4 označava najveću razinu zaštite od kiše, a klasa oznake 1 najmanju razinu zaštite od kiše, odnosno najmanji i najveći otpor prolazu vodene pare (Williams, 2009; HRN EN 343:2019,

2019).

Tab. 5: Klasifikacija vrijednosti otpora prolazu vodene pare za odjeću za zaštitu od kiše (Williams, 2009)

Klasa	Otpor prolazu vodene pare, Ret [$\text{m}^2\text{Pa/W}$]
1	> 40
2	25 - 40
3	15 - 25
4	≤ 15

Klasa 4 ima najmanji otpor prolazu vodene pare što znači da odjevni predmeti koji se nalaze u njoj imaju najveću propusnost vodene pare, odnosno najbolje odvede vodenu paru od tijela u okoliš, a time pružaju i najbolju toplinsku ugodu s aspekta otpora prolazu vodene pare.

2.4.4 Alambeta

Alambeta je uređaj za mjerenje debljine materijala, toplinske vodljivosti, toplinske difuzije, toplinske apsorpcije, otpora prolazu topline, omjera između maksimalne i konstantne gustoće protoka topline i konstantne gustoće protoka topline na mjestu dodira gornje i donje mjerne glave, sl. 10 (Uttam, 2012; Tesinova & Atalie, 2022).



Sl. 10: Prikaz Alambeta mjernog uređaja (Kaziur et al., 2022)

Instrument se sastoji od dvije mjerne glave između kojih se postavlja uzorak za ispitivanje. Obje mjerne glave su opremljene senzorima za protok topline. Donja glava za mjerenje je

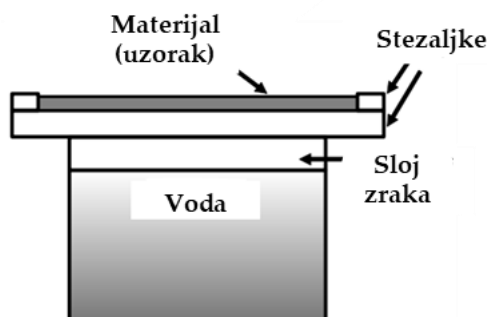
podešena na temperaturu okoliša, a gornja, grijana glava, održava konstantnu temperaturu. Kada se gornja mjerna glava spusti na uzorak može se mjeriti protok topline na gornjoj i donjoj površini uzorka za ispitivanje. Osnovni princip mjerenja podrazumijeva mjerenje i obradu protoka topline u ovisnosti o vremenu (Uttam, 2012; Tesinova & Atalie, 2022).

2.4.5 Uređaj za određivanje propusnosti vodene pare tzv. metodom čaše

Evaporacija je važan mehanizam pomoću kojeg tijelo gubi višak topline. Dva su oblika evaporacije (Arabuli et al., 2010; Marolleau et al., 2020):

- u obliku pare koja sa tijela prelazi na materijal i sa materijala u okoliš, te
- u obliku znoja gdje materijal upija tekućinu (znoj) i postaje mokar.

Na sl. 11 prikazano je određivanje propusnosti vodene pare tzv. metodom čaše. Prije samoga ispitivanja provodi se vaganje mase uzorka.



Sl. 11: Prikaz ispitivanja propusnosti vodene pare tzv. metodom čaše (McCullough, Kwon & Shim, 2003)

Nakon propisanog vremena ponovno se provodi vaganje mase uzorka čime se dobije podatak o količini vodene pare koju je uzorak upio. Ispitivanja se provode u standardiziranim uvjetima za ispitivanje, a uzorak se učvrsti u posudi. Ispod njega se nalazi destilirana voda, a između vode i uzorka se nalazi zračni prostor visine 10 mm. Indeks propusnosti vodene pare izračunava se na temelju svojstva uzorka da propušta vodenu paru (WVP) prema izrazu (Arabuli et al., 2010; Marolleau et al., 2020):

$$WVP = \frac{24 \cdot M}{A_u \cdot t} [g/m^2/dan] \quad (15)$$

gdje je:

WVP – propusnost vodene pare [$g/m^2/dan$]

24 – vremensko trajanje evaporacije destilirane vode u čaši nakon kojeg se provodi vaganje uzorka [24h]

M – gubitak mase mjernog uzorka [g]

t – vrijeme između vaganja mjernog uzorka [dan]

A_u – unutarnja površina čaše za ispitivanje [m^2]

Indeks propusnosti vodene pare (I_{mt}) izračunava se metodom čaše, prema izrazu:

$$I_{mt} = \frac{(WVP)_f \cdot 100}{(WVP)_r} [\%] \quad (16)$$

gdje je:

$(WVP)_f$ – propusnost vodene pare mjerenog uzorka [$g/m^2/dan$]

$(WVP)_r$ – propusnost vodene pare referentnog uzorka [$g/m^2/dan$]

Vrijednost propusnosti vodene pare je recipročna vrijednosti otpora prolazu vodene pare, pa je veći otpor negativan za nositelja (Regent, 2019; Marolleau, 2020).

2.4.6 Permetest

Permetest je uređaj za nedestruktivno određivanje otpora prolazu topline i vodene pare. Najveće prednosti su mu brzo i nedestruktivno provođenje mjerenja. Mjerni uređaj patentirao je **L. Hes** sa **Technical University of Liberec, Department of Textile Evaluation** (Hes, Bal & Dolezal, 2021b).

S obzirom da je Permetest korišten u eksperimentalnom dijelu ovoga rada, detaljno je opisan u Metodici.

2.4.7 Uređaj za mjerenje diferencijalnih gradijenata temperatura u odjevnim kompozitima i odjeći

Uređaj za mjerenje diferencijalnih gradijenata temperatura u odjevnim kompozitima i odjeći koristi se za simultana mjerenja otpora prolazu topline i diferencijalnih gradijenata temperatura. Navedeni mjerni uređaj korišten je u eksperimentalnom dijelu rada te je detaljno opisan u Metodici.

2.4.8 Višenamjenski diferencijalni konduktometar za odjevne kompozite i odjeću

Višenamjenski diferencijalni konduktometar osmišljen je, konstruiran, patentiran, realiziran i

instaliran u Laboratoriju za termoizolacijska svojstva odjeće, u Zavodu za odjevnu tehnologiju Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta. Navedeni mjerni uređaj koristi se za određivanje (PK20171643, 2020; Firšt Rogale & Rogale, 2021b):

- kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline i stlačivosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita pri specifičnim tlakovima i određenim silama
- diferencijalnih gradijenata temperatura ugradbenih materijala i odjevnih kompozita
- debljine ugradbenih materijala i odjevnih kompozita
- otpora prolazu topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita.

Navedeni mjerni uređaj korišten je u eksperimentalnom dijelu doktorskog rada te je detaljnije opisan u Metodici.

2.4.9 Toplinski manekeni

Toplinski manekeni, sl. 12, su mjerni sustavi u obliku ljudskog tijela koji se koriste za određivanje toplinskih izolacijskih svojstava odjeće. Razlikuju se po svojoj veličini, obliku, broju segmenata, načinu upravljanja i načinu mjerenja. Iako su takvi sustavi za mjerenje ekonomski relativno skupi, visoka cijena njihove izrade i korištenja opravdana je činjenicom da su primjenjivi za sve vrste odjeće.

U odjevnom inženjerstvu se koriste pri tehničkom razvoju odjevnih sustava točno određenih toplinskih svojstava odjeće (Holmér, 1999; Fan, 2006; Pamuk, 2008).

Uz razvoj toplinskih manekena, razvijaju se i specijalni mjerni instrumenti koji simuliraju prijenos topline na pojedinačnim dijelovima tijela ovisno o primjeni, npr. za ispitivanje otpora prolazu topline za obuću, rukavice, kacige i sl. Kao primjer mogu se navesti slijedeći anatomski oblikovani mjerni uređaji (Thermetrics, 2020):

- toplinski torzo za mjerenje toplinske izolacije odjeće, sl. 12a.
- toplinska stopala za mjerenje toplinske izolacije obuće, sl. 12b.
- toplinske ruke za mjerenje toplinske izolacije rukavica, sl. 12c.

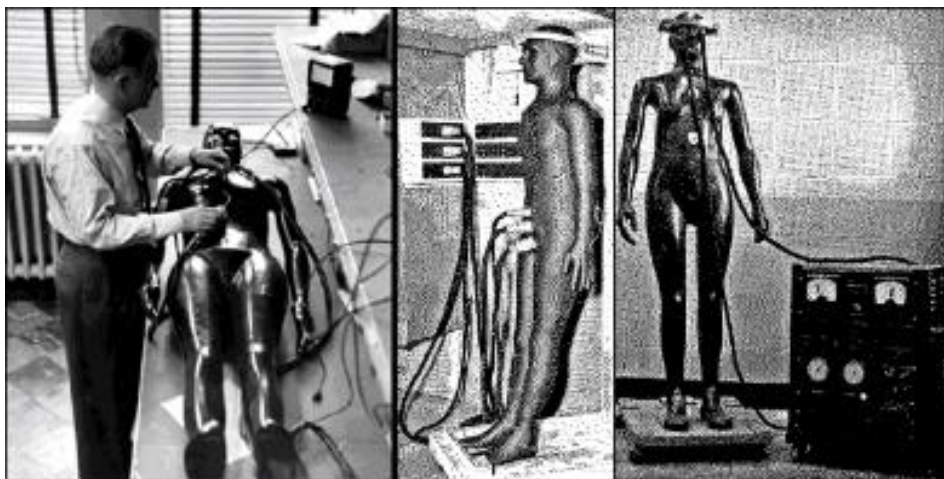
- toplinske glave za mjerenje toplinske izolacije raznih pokrivala za glavu, sl. 12d.



Sl. 12: Prikaz anatomski oblikovanih mjernih uređaja za mjerenje toplinske izolacije: a. toplinski torzo; b. toplinsko stopalo; c. toplinska ruka i d. toplinska glava (Thermetrics, 2020)

Razvijen je velik broj toplinskih manekena, više od sto, a prvi toplinski maneken razvijen je 1940-ih godina u SAD-u za potrebe američke vojske, sl. 13. Bio je izrađen od bakra, a sastojao se od jednog segmenta, te je korišten za mjerenja u statičkom modu. Jedan toplinski izvor bio je zadužen za grijanje cjelokupnog manekena, a toplina se prenosila tijelom pomoću

ventilatora. Pri razvijanju manekena i na temelju rezultata mjerenja, postalo je jasno da on mora biti sposoban reagirati na toplinsko okruženje i podražaje kao što bi reagiralo i ljudsko tijelo, a kako bi se to postiglo trebalo je unaprijediti tehničku izvedbu manekena i učiniti ga pokretnim kako bi mogao simulirati ljudsko kretanje, kao npr. hodanje, trčanje, penjanje, sjedenje i dr. S povećanjem broja segmenata od kojih se sastoji toplinski maneken, mjerenja su mogla biti preciznija (Fan, 2006; Pamuk, 2008; Firšt Rogale et al., 2014).



Sl. 13: Prikaz prvih toplinskih manekena izrađenih u potpunosti od bakra (Fan, 2006)

Za izradu manekena koriste se plastika i aluminij. Znatna napredak u razvoju toplinskih manekena omogućila je pojava digitalnog načina upravljanja sustavom za mjerenje i mjernih tehnika sa poboljšanjem preciznosti mjerenja. Daljnji razvoj toplinskih manekena odnosi se na ostvarivanje mogućnosti simulacije znojenja koje je bitno za održavanje tjelesne temperature čovjeka. 1989. godine izrađen je i prvi toplinski maneken anatomskog ženskoga oblika tijela. Glavni razlog razvoja je bio taj što u ženskoj odjeći potencijalno postoji više varijacija, odnosno modela odjevnih predmeta, konstrukcija, materijala, slojeva i sl.

Razvijeni su i toplinski manekeni s anatomskim oblikom dječjeg tijela kako bi se dodatno proširilo njihovo područje primjene na dječju odjeću. Posljednje unapređenje toplinskih manekena odnosi se na simulaciju disanja. Svi toplinski manekeni izrađeni u novije vrijeme imaju najmanje 15 segmenata koji su toplinski neovisni, kao što su npr. glava, prsa, leđa, šake, podlaktice, bedra, natkoljenice, potkoljenice, stopala (Holmér, 1999; Pamuk, 2008; Psikuta, 2009). Karakteristike nekih od najznačajnijih toplinskih manekena su navedene u tab. 6 (Pamuk, 2008; Firšt Rogale et al., 2014).

Tab. 6: Prikaz vrsta razvijenih toplinskih manekena sa značajnim karakteristikama (Pamuk, 2008; Firšt Rogale, et al., 2014)

	Broj segmenata	Naziv	Materijal od kojeg je izrađen	Način upravljanja	Položaj tijela/pokretljivost	Zemlja porijekla
1	2	3	4	5	6	7
1.	1	SAM	bakar	analogni	uspravan (stojeći)	Sjedinjene Američke Države, 1945.
2.	11	ALMANKIN	aluminij	analogni	uspravan (stojeći)	Ujedinjeno kraljevstvo, 1964.
3.	Više segmenata, radijacijski maneken	CEPAT400	aluminij	analogni	uspravan (stojeći)	Francuska, 1972.
4.	16	HENRIK2	plastika	analogni	pokretljivi	Danska, 1973.
5.	16	CHARLIE	plastika	analogni	pokretljivi	Njemačka, 1978.
6.	16	SIBMAN	plastika	digitalni	sjedeći, uspravan, pokretljivi	Švedska, 1980.
7.	Više segmenata	-	plastika	digitalni	pokretljivi	Sjedinjene Američke Države
8.	36	ASSMAN	plastika	digitalni	sjedeći	Švedska, 1983.
9.	19	TORE	plastika	digitalni	uspravan	Švedska, 1984.
10.	7	CLOUSSEAU	plastika	analogni	pokretljivi	Švedska, 1987.
11.	18	COPELIUS	plastika	digitalni	pokretljivi	Finska, 1988.
12.	-	Maneken za ispitivanje u vatrogastvu	aluminij	digitalni	-	Kanada, 1988.
13.	-	Maneken namijenjen ispitivanjima uronjenog tijela	aluminij	digitalni	pokretljivi	Japan, 1988. Finska, 1988. SAD, 1994.
14.	16	NILLE	plastika	digitalni	sjedeći	Danska, 1989.
15.	33+3	HEATMAN	plastika	digitalni	-	Švedska, 1991.
16.	1	WALTER	većinom kompozitni materijali	digitalni, zagrijavanje vode	pokretljivi	Hong Kong, 1991.
17.	36	HEATMAN	plastika	digitalni	pokretljivi	Francuska, 1995.
18.	-	NILLE	plastika	digitalni	pokretljivi	Danska, 1996.

1	2	3	4	5	6	7
19.	30	SAM	plastika	digitalni	pokretljivi	Švicarska, 2001.
20.	26	TOM	bakar	digitalni	pokretljivi	Sjedinjene Američke Države, 2003.
21.	126	ADAM	kompozitni materijali	digitalni	pokretljivi	Sjedinjene Američke Države, 2003.
22.	-	CHARLENE	sintetički materijali	digitalni	-	Njemačka, 2008.
23.	Više segmenata (24)	-	aluminij	digitalni, umreženih 12 mikrokontrolera i 3 PC računala	pokretljivi	Hrvatska, 2012.

Toplinski maneken Sam (eng. *Sweating Agile Thermal Manikin*) je višesegmentni, anatomske oblikovani toplinski maneken izrađen od nehrđajućeg čelika i aluminija, s pomičnim spojevima u području kukova, koljena, ramena i laktova, što omogućava simulaciju ljudskih pokreta kao npr. hodanje, trčanje, penjanje i sl., ali i statičkih položaja kao što su stajanje, sjedenje i dr., sl. 14a. Na segmentima ima ukupno 125 zona za znojenje, odnosno rupa kroz koju prolazi tekućina koja simulira znojenje (Psikuta, 2009).

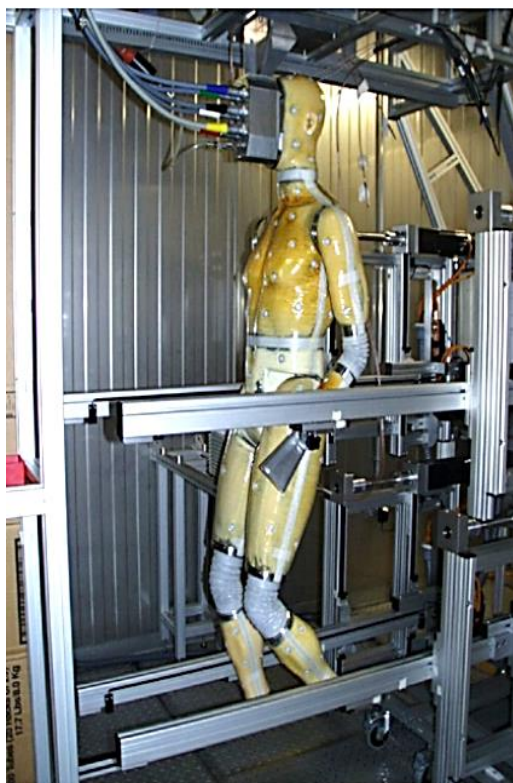
Višesegmentni toplinski maneken Adam proizveden je u Americi, sl. 14b. Sva potrebna oprema za rad manekena nalazi se unutar tijela manekena (baterije, rezervoar s vodom, napajanje, kontrola i prikupljanje podataka), a primarna namjena mu je za testiranje klimatskih uvjeta okoliša u automobilima, avionima i slično (Burke, Rugh & Farrington, 2003).

Toplinski maneken Newton se primjenjuje kod ispitivanja toplinskih svojstava odjeće i vreća za spavanje, sl. 14c. Veći broj pokretnih elemenata (gležanj, lakat, koljena, ruke i kukovi) omogućavaju mu sposobnost simulacije različitih čovjekovih kretnji (Burke et al., 2009).

Toplinski maneken Nemo je namijenjen za testiranje opreme i odjeće za ronioce, vojnih odijela za marince te ostale zaštitne odjeće, sl. 15a. Izrađen je od aluminija i ima 23 segmenta. Testiranje se provodi na način da se toplinski maneken potpuno uranja u vodu i to do dubine od tri metra (Mohamad, 2015).

Toplinski maneken Charlie je razvijen sa svrhom testiranja vreća za spavanje, sl. 15b. Daljnjim unapređivanjem razvijen je i toplinski maneken Charlie 3 koji se sastoji od 16 segmenata

(Mohamad, 2015).



a.



b.



c.

Sl. 14: Prikaz toplinskih manekena: a. Sam, b. Adam, c. Newton (Burke et al., 2003; Psikuta, 2009; Burke et al., 2009)



a.



b.



c.



d.

Sl. 15: Toplinski manekeni: a. Nemo; b. Charlie; c. Charlene; d. Baby Ruth (Mohamad, 2015; Thermetrics, 2020)



a.



b.



c.

Sl. 16: Toplinski manekeni: a. Sherlock; b. Walter; c. Liz (Mohamad, 2015; Mandal et al., 2017; Thermetrics, 2020)

Charlene, sl. 15c, je anatomski toplinski maneken s oblikom i fizičkim karakteristikama djeteta. Izrađen je od polimernih materijala i ima više segmenata, a primjenjuje za testiranje posteljine za dječje krevete (Mohamad, 2015). Toplinski maneken koji se sastoji od jedanaest segmenata, tzv. Baby Ruth, sl. 15 d, razvijen je kako bi se omogućila procjena toplinske izolacije odjeće za bebe, posteljine, automobilske sjedalice i sl. (Thermetrics, 2020).

Toplinski maneken Sherlock može simulirati znojenje, sl. 16a. Ima više segmenata te se može postaviti u razne položaje. Predviđen je za testiranje raznih vrsta stolaca kao npr. uredski stolci, automobilska sjedišta, sjedala u avionima itd. (Mohamad, 2015).

Toplinski maneken Walter može simulirati znojenje, sl. 16b. Ono što ga razlikuje od ostalih manekena s tom mogućnosti je to što je djelomično izrađen od tkanine, odnosno više slojeva i membrane. Također ima ugrađen sustav cirkulacije vode u cijelom tijelu, koji simulira cirkulaciju krvi kod ljudi, te postiže simulaciju znojenja na svim dijelovima tijela i to sa velikom preciznošću (Mohamad, 2015).

Anatomski oblikovan prema ženskom tijelu, toplinski maneken Liz izrađen je pomoću 3D CAD računalnog sustava za modeliranje i skeniranjem stvarnih osoba kako bi toplinski maneken bio fiziološki što sličniji ženskom tijelu, sl. 16c. Kako je izrada ovog toplinskog manekena temeljena na toplinskom manekenu Newton, i Liz ima sposobnost simulacije znojenja.

Na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu, osmišljen je i realiziran mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinsko izolacijskih svojstava kompozita i odjeće. Mjerni sustav je patentno zaštićen, a sastoji se od vruće ploče i toplinskog manekena koji se nalaze u zajedničkoj klima komori. Maneken i njegov način rada detaljnije su opisani u točki 3.3.4.

2.5 PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA ZBIRNIH TOPLINSKIH SVOJSTAVA ODJEVNIH KOMPOZITA I ODJEĆE

Znanstvenici i drugi stručnjaci iz područja odjevnog inženjerstva se bave toplinskom ugodom materijala i odjeće kroz istraživanja toplinskih izolacijskih svojstva ugradbenih materijala, odjevnih kompozita, odjevnih predmeta i odjevnih sustava različitim metodama i mjernim

uređajima. Pri inženjerskom projektiranju novih odjevnih predmeta nije moguće izvesti egzaktno tehničko projektiranje odjeće ukoliko se ne poznaju toplinski parametri ugradbenih materijala koji sačinjavaju odjevne kompozite, te uspješnost ugradnje tih kompozita u odjeću, te konstrukcije odjeće na završna toplinska svojstva novo projektiranog i proizvedenog odjevnog predmeta. Razlog dosadašnje nemogućnosti određivanja toplinskih svojstava kompozita i odjeće djelomično je riješen pojavom tzv. toplinskih manekena, no mnogi mjerni uređaji su još uvijek u fazi razvoja te se zbog toga još ne primjenjuju u većem obimu (Firšt Rogale et al., 2021a).

U nastavku su navedena značajna istraživanja zbirnih toplinskih svojstava odjevnih kompozita i odjeće.

M. Matusiak ispituje odnose toplinskih izolacijskih svojstava odjevnih kompozita i njihovih pojedinih slojeva koji se koriste za zimsku odjeću, na mjernom uređaju Alambeta (Matusiak, 2006). Rezultati su potvrdili pretpostavke autora da toplinska svojstva odjevnih kompozita ovise o konfiguraciji pojedinih slojeva, a autor zaključuje da je moguće približno definirati svojstva odjevnog kompozita na temelju svojstva pojedinačnih slojeva materijala.

U drugom radu **G. Kosiuk** i **M. Matusiak** ispituju utjecaj broja slojeva materijala u odjevnom kompozitu na njegov otpor prolazu topline (Kosiuk & Matusiak, 2021). Mjerenja su provedena na mjernom uređaju Permetest, a rezultati su potvrdili pretpostavke autora da se s povećanjem broja slojeva materijala koji sačinjavaju odjevni kompozit povećava i otpor prolazu topline.

A. Das i sur. na vrućoj ploči istražuju utjecaj različitih načina prijenosa topline na otpor prolazu topline (Das et al., 2012). Mjerenja su proveli na vrućoj ploči, na pet odjevnih kompozita različitih kombinacija slojeva ugradbenih materijala. Prema autorima, otpor prolazu topline odjevnih kompozita povećava se s povećanjem debljine zarobljenog sloja zraka između slojeva materijala, a otpor prolazu topline svih odjevnih kompozita, pri bilo kojoj debljini sloja zraka, najveći je u načinu prijenosa topline bez konvekcije.

P. Lizak i sur. proučili su utjecaj pletene strukture materijala izrađenog od polipropilenskog vlakna na prijenos topline koji je eksperimentalno izmjeren na šest uzoraka materijala, a svaki uzorak ispitan je na tri mjerna uređaja: Alambeta, Togmetar i mjerni uređaj PSM2 (Lizák, Legerská & Mojumdar, 2013). Prema autorima, rezultati su pokazali da ovisnost između

promatраниh svojstava i otpora prolazu topline nije velika, te da je uređaj Alambeta najobjektivnija metoda za mjerenje toplinskih parametara pletenih materijala radi brzine mjerenja i reproducibilnosti rezultata.

Sličnim istraživanjem bave se i **D. Kopitar** i sur. s time da proučavaju utjecaj mehaničke obrade materijala kalenderom (kalandiranje) na polipropilensku netkanu strukturu, te otpor prolazu topline (Kopitar, Skenderi & Mijović, 2014).

F. Z. H. Tabarestani i sur. objektivnom i subjektivnom metodom istražuju utjecaj ugradbenog materijala, koji se koristi kao toplinski izolator u odjevnom kompozitu za izradu rukavica za zaštitu od hladnoće, na njegov otpor prolazu topline (Tabarestani, Mousazadegan & Ezazshahabi, 2021). Primjenom sloja toplinskog izolatora povećao se otpor prolazu topline rukavica radi povećanja debljine odjavnog kompozita i volumena sloja zraka koji je zarobljen između slojeva materijala. Prema autorima, s povećanjem brzine strujanja zraka povećava se i gubitak topline putem konvekcije, te postoji visoka korelacija rezultata objektivnog i subjektivnog ispitivanja.

D. Atalie i sur. bave se proučavanjem utjecaja razine uvijenosti potke na toplinsku vodljivost tkanog pamučnog materijala (Atalie, Tesema & Rotich, 2018). Mjerenja su pokazala da se s povećanjem razine uvijenosti potke povećava i toplinska vodljivost materijala, što znači da se otpor prolazu topline smanjuje.

S. Mohapatra i sur. proučavaju toplinsku vodljivost materijala izrađenih od poliestera (Mohapatra et al., 2021). Autori promatraju utjecaj strukture materijala na toplinsku vodljivost te zaključuju da ona značajno utječe na nju.

Sličnim istraživanjem bavi se i **Z. E. Kanat** (Kanat, Özdil & Marmarali, 2014).

Neki autori proučavaju utjecaj strukture i vrste materijala te površinskih obrada materijala na svojstva toplinske vodljivosti i toplinske apsorpcije s ciljem definiranja osjećaja udobnosti materijala u smislu toplo/hladnog osjećaja pri kontaktu s ljudskim tijelom (Schacher, Adolphe & Drean, 2000; Gunesoglu, Meric & Gunesoglu, 2005; Akcagun, Bogusławska-Bączek & Hes, 2019; Manasoglu et al., 2021). U nekim radovima autori zanemaruju debljinu materijala koja ima vrlo značajan utjecaj na toplinska svojstva.

U sličnom istraživanju L. Hes istražuje svojstva toplinske vodljivosti, otpora prolazu topline i taktilni osjet pri kontaktu s tijelom na 15 umjetnih krzna i 16 životinjskih krzna (Hes, 2008). Za mjerenja su korišteni mjerni uređaji Alambeta i Permetest. Autor zaključuje da umjetna krzna imaju manji otpor prolazu topline, ali pružaju bolji osjet topline pri kontaktu s tijelom. Pri usporedbi propusnosti vodene pare između prirodnih i umjetnih krzna, prirodna krzna imaju manju propusnost i to u prosjeku 5%, ali autor smatra da su njihova toplinska svojstva i dalje vrlo dobra radi druge prednosti koje imaju, a to je visoka apsorpcija vlage.

Stlačivost materijala ima značajnu ulogu pri prijenosu topline sa ljudskog tijela na odjevni predmet, kao i na uporabna svojstva gotovih odjevnih predmeta. Toplinska vodljivost materijala ovisi o njegovom svojstvu da upija toplinu, odnosno o toplinskoj apsorpciji za koju se smatra da definira taktilni osjećaj toplo/hladno pri kontaktu.

A. Begum i **V. Subramanjam** proučavaju stlačivost pletiva izrađenih u osnovinom pletivu i sa različitim duljinama očica (Begum & Subramanjam, 1994). Prema autorima, na stlačivost materijala utječu duljina očica i gustoća pletiva.

D. Alimaa i sur. provode slično istraživanje na materijalima izrađenim od vlakana sirovinskog sastava kašmir i teksturiranog materijala sirovinskog sastava poliester (Alimaa et al., 2000). Prema autorima, na stlačivost materijala utječe struktura materijala, što se odnosi na njegovu masu, vrstu vlakana od kojeg je izrađen, te duljine očica.

A. Asayesh i sur. proveli su slično istraživanje u kojem proučavaju utjecaj vrste tkanja i gustoće potke na stlačivost materijala (Asayesh, Mirgoli & Gholamhosseini, 2018).

K. A. Asanovic i sur. bave se proučavanjem stlačivosti tkanih materijala (Asanovic, Mihailovic & Cerovic, 2017). Prema autorima, najbolja svojstva stlačivosti pokazali su materijali sirovinskog sastava mješavine pamuka i poliester izrađeni u keper vezu, a najlošija svojstva materijali sirovinskog sastava pamuk, izrađeni u platnenom vezu.

Slično istraživanje proveo je i **J. O. Ukponmwan** koji proučava i učinak habanja u mokrim i vlažnim uvjetima na ponašanje materijala pri stlačivanju (Ukponmwan, 1994).

Radi njihove široke primjene, mnogi autori bave se proučavanjem stlačivosti tzv. spacer materijala (Datta, Behera & Goyal, 2019; Asayesh & Amini, 2021; Lou & Chen, 2022). U

radovima proučavaju utjecaj njihove strukture, debljine, slojevitosti odjevnog kompozita kojeg sačinjava i spacer materijal, šavova i prošiva, te drugih parametara na stlačivost. U svim radovima autori zaključuju da navedeni parametri imaju izražen utjecaj na stlačivost spacer materijala.

Proučavanjem diferencijalnih gradijenata temperatura u odjeći, koji pružaju detaljan uvid o utjecaju pojedinih slojeva ugradbenih materijala koji sačinjavaju odjevni kompozit od kojeg se izrađuje odjevni predmet, bavi se mali broj autora.

W. E. Mell i **J. Lawson** su proveli studiju o numeričkom modelu provođenja topline kroz tekstilne materijale koji su namijenjeni za izradu zaštitne odjeće za vatrogasce (Mell & Lawson, 2000). Odjeća se sastojala od vanjskog sloja, odnosno sloja vanjske školjke, te dva unutarnja sloja. Prvi sloj do tijela je tzv. toplinski sloj, a između njega i vanjske školjke nalazio se treći sloj parapropusnog materijala. Između slojeva nalazili su se zračni jastuci. Predviđanja pada temperatura između unutarnjih slojeva odjevnog sustava numeričkim modelom razlikovala su se od rezultata dobivenih eksperimentalnim mjerenjem za $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Kod predviđanja pada gradijenta temperature između vanjskih uvjeta i zračnog jastuka nakon vanjske školjke numeričkim modelom dobivene su temperature i do 24°C veće od temperatura dobivenih eksperimentalnim mjerenjem. Autori zaključuju da su ta istraživanja bila vrlo uspješna, međutim, upitno je da li se rezultati dobiveni numeričkim modelom i eksperimentalnim mjerenjem sa tako velikim razlikama mogu zaista smatrati uspješnim. Autori ne navode uvjete u kojima su proveli eksperimentalna mjerenja, odnosno parametre koje su koristili pri numeričkom modelu.

Na sličan način i **D. Miedzińska** numeričkom metodom istražuje utjecaj slojeva zraka koji se nalaze u strukturi materijala, između slojeva odjevnog kompozita namijenjenog za izradu zaštitne odjeće za vatrogasce, na raspodjelu temperature kroz slojeve (Miedzińska, 2019). U radu je prikazana usporedba distribucije diferencijalnih gradijenata temperatura mjernog uzorka odjevnog kompozita. Mjerenja su pokazala vidljiv utjecaj promjena oblika zračnih komora i povećanja debljine zračnih komora na povećanje temperaturnih gradijenata.

Sličnim istraživanima bave se **M. Schmid** i sur. (Schmid et al., 2016).

Utjecaj debljine zračnih slojeva na otpor prolazu topline na jednoslojnim i dvoslojnim

materijalima istražuje i **D. Gupta** i sur. (Gupta, Srivastava & Kale, 2013). Mjerenja provode na mjernim uređajima Alambeta i Permetest (proizvođač Sensora) i FX 3300 (proizvođač Testex) za mjerenje zrakopropusnosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita, ali ne prikazuju diferencijalne gradijente temperatura. Prema autorima, otpor prolazu topline izrazito se povećava s dodavanjem sloja materijala u odjevni kompozit, kao i sa povećanjem sloja zraka između slojeva materijala, a on se može mijenjati regulacijom slojeva zraka između slojeva materijala.

Y. Sun i sur. proveli su slično istraživanje, ali koriste numeričke modele (Sun et al., 2010).

E. Onofrei i sur. u svojim istraživanjima prikazuju numerička predviđanja raspodjele temperature u materijalu ovisno o vremenu (Onofrei et al., 2014). Istraživanje provode na materijalima koji se koriste za izradu odjeće za zaštitu od topline, te odjevnim kompozitima koji se sastoje od tri sloja materijala. Određena je debljina pojedinačnih slojeva, a korištena je suha vruća ploča.

M. Venkataraman i sur. navode da je toplinska vodljivost približno konstantna za materijale i da je obrnuto proporcionalna njihovoj debljini (Venkataraman, Mishra & Militky, 2017). Autori navode da se s povećanjem debljine materijala, kao i brojem slojeva, a zbog povećane količine zarobljenog zraka, povećava i otpor prolazu topline.

N. Pan proučava gubitak topline ovisno o temperaturi okoliša (Pan, 2019). Navodi da se ljudsko tijelo ponaša kao unutarnji izvor topline u odjevnom sustavu čime se uspostavljaju diferencijalni gradijenti temperatura između unutarnje mikroklimе odjeće i okoliša. Ovisno o temperaturi okoliša, koja može biti veća, manja ili jednaka od temperature tijela, predznak diferencijalnog gradijenta temperatura se mijenja.

J-Y. Xu i sur. proučava utjecaj višeslojne zaštitne odjeće koja se sastoji od vanjskog sloja, sloja za pohranu topline, PCM sloja i vanjske školjke na toplinsku ugodu, s time da PCM sloj i sloj za pohranu topline zamjenjuju mjesta (Xu, et al., 2013). Pri tome analizira diferencijalne gradijente temperatura između tijela ispitanika, višeslojne zaštitne odjeće i okoliša, u ovisnosti o vremenu. Na temelju dobivenih temperaturnih gradijenata pokazano je da PCM sloj uglavnom apsorbira toplinu okoliša, ali i toplinu ljudskog tijela, što povećava toplinsku ugodu.

B. Yu i sur. također istražuju utjecaj debljine pojedinog sloja u odjeći na toplinska svojstva, ali ne prikazuju diferencijalne gradijente temperatura između slojeva, nego ukupan pad temperature u ovisnosti o vremenu mjerenja (Yu et al., 2019).

V. Dupade i sur. proučavaju utjecaj pozicije pojedinačnih slojeva materijala u odjevnom kompozitu na otpor prolazu topline, pri temperaturama okoliša koje se spuštaju ispod 0°C (Dupade et al., 2022). Autori provode istraživanje na vrućoj ploči, na dva odjevna kompozita od kojih je jedan dvoslojni i jedan troslojni, a oba sačinjavaju netkani materijali. Prema autorima, otpor prolazu topline netkanog odjevnog kompozita povećava se s porastom temperature okoliša, a utvrđeno je i se toplinska vodljivost pojedinačnih slojeva materijala smanjuje u smjeru od tijela prema okolišu. Autori također navode da na protok topline i otpor prolazu topline kroz pojedinačne slojeve materijala ne utječe njihova pozicija u odjevnom kompozitu ako je prijenos topline konvekcijom izrazito nizak.

Mnogi autori se bave utjecajem odjeće na toplinsko-fiziološku ugodu čovjeka pri različitim okolišnim uvjetima, ali ne ispituju pri tome utjecaj diferencijalnih gradijenata temperatura između pojedinih slojeva u odjevnom sustavu (Dotti et al., 2016).

Na toplinsku ugodu značajno utječu i svojstva vezana uz prijenos vlage, stoga su u nastavku navedena neka značajna istraživanja koja se bave proučavanjem prijenosa vlage u materijalima i odjevnim predmetima

U području istraživanja utjecaja vodene pare na toplinsku ugodu odjevnih predmeta ističe se **L. Hes** koji se već dugi niz godina bavi proučavanjem mjernih metoda, te konstrukcijom uređaja koji omogućuju egzaktno mjerenje svojstava vezanih uz prijenos vlage (Dolezal & Hes, 2003; Dolezal et al., 2019). Izradio je i patentirao uređaj za mjerenje toplinskih svojstava materijala Alambeta. Također je izradio i patentirao Permetest koji se koristi za mjerenje otpora prolazu vodene pare i topline, a koji je korišten i u ovom doktorskom radu. **L. Hes** i sur. većinom se bave proučavanjem toplinskih svojstava materijala i odjevnih predmeta, te svojstava vezanih uz prijenos vlage, a dokazali su i da je moguće provesti mjerenje propusnosti vodene pare polimernih folija različitih debljina na mjernom uređaju Permetest, kao i procjenu svojstva hlađenja kod mokrih materijala (Hes et al., 1996; Hes, 1999; Hes & Ursache, 2011).

M. K. Imrith i sur. također proučavaju utjecaj debljine, ali i poroznost materijala na toplinska

svojstva materijala i odjernih kompozita, pri čemu koriste mjerni uređaj Alambetu i Permetest (Imrith, Rosunee & Unmar, 2022).

I. Salopek Čubrić i sur. istražuju promjene otpora prolazu vodene pare, mase i debljine materijala sa specijalnim završnim poliuretanskim premazom nakon izlaganja vremenskim uvjetima u trajanju od tri mjeseca, u razdoblju ljeta i zime (Salopek et al., 2017). Autori zaključuju da masa i debljina materijala utječu na vrijednosti otpora prolazu vodene pare, te da se uzorcima nakon izloženosti ljetnim vremenskim uvjetima otpor prolazu vodene pare smanjio za 11,4%, a debljina za 3,2%. Nakon izloženosti zimskim uvjetima otpor prolazu vodene pare smanjio se za 16,7%, a debljina za 3,16%.

A. Razzaque i sur. također provode istraživanja vezano uz utjecaj završnih obrada laminiranih materijala, te na otpor prolazu vodene pare (Razzaque et al., 2017; Razzaque et al., 2019).

J. Arabuli i sur. ispituju svojstva propusnosti vodene pare i otpora prolazu vodene pare goveđih koža namijenjenih izradi profesionalne obuće (Arabuli et al., 2010). Rezultati pokazuju da kod istovrsnih obrada uzorak velura manje debljine ima manji otpor prolazu vodene pare u odnosu na uzorak velura veće debljine, te da propusnost vodene pare ovisi o obradi lica ispitivane kože.

Slična istraživanja proveli su **J. Akalović** i sur. (Akalović et al., 2018), te **Z. Skenderi** i sur. (Skenderi et al., 2019).

Neki autori provode kompleksnija istraživanja u kojima istražuju i otpor prolazu topline i otpor prolazu vodene pare. Tako se u svojim radovima **Z. Skenderi** i sur. bave istraživanjem utjecaja konstrukcijskih karakteristika pređa i materijala, te laminiranih materijala na otpor prolazu vodene pare i topline (Salopek Čubrić & Skenderi, 2010; Skenderi & Salopek Čubrić, 2011; Salopek Čubrić et al., 2012; Skenderi & Salopek Čubrić, 2014). Također, istražuju utjecaj starenja materijala na otpor prolazu vodene pare i topline, kada su one izložene realnim klimatskim uvjetima u zimskom i ljetnom periodu godine (Salopek Čubrić, Skenderi & Havenith, 2013; Skenderi & Salopek Čubrić, 2014; Potočić Matković, Salopek Čubrić & Skenderi, 2014). Pri tome se koriste tzv. suhom vrućom pločom i vrućom pločom sa simulacijom znojenja. U većini navedenih radova istražuju otpor prolazu vodene pare i otpor prolazu topline pređa ili materijala pri specifičnim uvjetima okoliša za radnu, sportsku,

specijalnu ili konvencionalnu odjeću. Autori na temelju rezultata navedenih istraživanja zaključuju da postoji značajan utjecaj konstrukcijskih parametara materijala na otpor prolazu vodene pare, te završnih obrada materijala i zraka zarobljenog u strukturi materijala na smanjenje otpora prolazu topline. Također, zaključuju da razlike u otporu prolazu topline između materijala na gotovim odjevnim predmetima nisu velike, te da naslojavanje materijala uzrokuje prosječno povećanje njegovog otpora prolazu topline za 143%, kao i povećanje njegove mase.

Proučavanjem utjecaja konstrukcijskih karakteristika materijala na njihov otpor prolazu topline i svojstva vezana uz prijenos vodene pare bave se i **L. Hes** i sur. (Dal et al., 2016; Bajzik, Hes & Dolezal, 2016; Boughattas et al., 2018). Na temelju rezultata autori zaključuju kako se povećanjem vlage u materijalu i pri realnim uvjetima korištenja toplinska uгода znatno smanjuje u odnosu na mjerenja provedena na suhim uzorcima, te da masa i kompozicija materijala utječu na toplinska svojstva odjevnih kompozita. Prema autorima, prijenos topline kondukcijom i apsorpcija topline povećavaju se u mokrom stanju materijala, te postoji izravan međusobni utjecaj količine vlage u materijalu i propusnosti vodene pare, kao i fizioloških svojstava materijala. **L. Hes** i **M. de Arujo** također istražuju propusnost vodene pare mokrih pamučnih materijala, te utjecaj slojeva zraka između kože i materijala na ukupni relativni protok topline (eng. *cooling effect*) (Hes & de Araujo, 2010).

I H. Özdemir u svom radu određuje otpor prolazu topline i vodene pare za materijale koji se uobičajeno koriste za izradu odjeće (Özdemir, 2017). Rezultati su pokazali da materijali različitog sirovinskog sastava i različitog omjera, u ovom slučaju poliestera i pamuka, imaju različite otpore prolazu topline i vodene pare. Prema autorima, materijal koji je najbolji izolator, odnosno ima najveći otpor prolazu topline, je materijal sirovinskog sastava 65% poliester i 35% pamuk. Autori također zaključuju da je materijal koji ima najveću propusnost vodene pare, odnosno najmanji otpor prolazu vodene pare, onaj sirovinskog sastava 33% poliester i 67% pamuk.

M. B. Sampath i sur. istražuju utjecaj završnih obrada materijala na toplinska izolacijska svojstva pletenih materijala različitih sirovinskih sastava i omjera (Sampath et al., 2012). Mjerenja su pokazala da završna obrada materijala ima značajan utjecaj na njegova toplinska izolacijska svojstva jer povećava toplinsku vodljivost i apsorpciju topline, kao i otpor prolazu

vodene pare. **B. B. Yilma** te **B. Mijović** i sur. provode slično istraživanje u kojem istražuju utjecaj toplinskih svojstava materijala i njihove završne obrade na ukupni prijenos topline i vodene pare (Mijović, Salopek Čubrić & Skenderi, 2012; Yilma, 2022).

J. Fan i **H. Wu** razmatraju kombinacije vatelina različitih karakteristika u dva odjevna kompozita i njihov utjecaj na otpor prolazu topline i vlage kroz odjevne kompozite (Wu & Fan, 2008). Prema autorima, istraživanje je pokazalo da je utjecaj pozicije vatelina u odjevnom kompozitu značajan za praktičnu implementaciju, te da je moguće optimizirati performanse odjevnog predmeta koristeći iste materijale, ali postavljajući ih na različite pozicije.

G. Kosiuk i **M. Matusiak** proučavaju utjecaj prošiva kod prošivenih materijala, kao npr. materijali koji se koriste za poplune, na otpor prolazu topline i otpor prolazu vodene pare pri čemu koriste mjerne uređaje Alambeta i Permetest (Kosiuk & Matusiak, 2020). Na temelju rezultata autori zaključuju da veličina kvadratnih prošiva, vrsta šava, te debljina konca i igle koji se koriste za šivanje utječu na otpor prolazu topline, a uzorci prošiveni cik-cak ubodom pokazuju bolje rezultate kod mjerenja otpora prolazu vodene pare.

L. Hes i sur. istražuju utjecaj ugradnje pojedinih slojeva materijala u odjevni kompozit koji se, u ovom radu, koristi za muško poslovno odijelo na otpor prolazu topline i vodene pare (Hes, Bal & Dolezal, 2021). Mjerenja su pokazala da otpor prolazu topline odjevnog kompozita nije jednak zbroju otpora prolazu topline pojedinih slojeva materijala od kojih je odjevni kompozit izrađen, već su manjih vrijednosti. Otpor prolazu vodene pare odjevnog kompozita relativno odgovara zbroju vrijednosti otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva.

Slično istraživanje provode i **R. A. Angelova** i sur. (Angelova et al., 2018).

U svom radu **S. H. Eryuruk** istražuje utjecaj odjevnih kompozita i njihovih različitih kombinacija na toplinska svojstva odjevnih kompozita (Eryuruk, 2019). Mjerenja su pokazala da različiti slojevi u odjevnom kompozitu, kao i različite kombinacije odjevnih kompozita, značajno utječu na toplinska svojstva materijala. Autor zaključuje da toplinska vodljivost materijala koji se koristi kao toplinska zaštita, te materijala koji se koristi kao vanjska školjka, ima značajan utjecaj na toplinsku vodljivost odjevnog kompozita. Također, autor zaključuje da se s povećanjem debljine odjevnog kompozita povećao se i njegov otpor prolazu topline i vodene pare.

Sličnim istraživanjem bave se i **B. Sentil Kumar** i **T. Murugan** (Senthil Kumar & Murugan, 2022).

Kako bi se uspješno predvidjela toplinska izolacijska svojstva gotovih odjevnih predmeta potrebno je smisleno povezati rezultate istraživanja toplinskih svojstava pojedinačnih ugradbenih materijala i odjevnih kompozita sa istraživanjima koja se odnose na proučavanje toplinskih svojstava gotovih odjevnih predmeta koji su izrađeni od njih. Mnogi autori se bave ispitivanjem toplinskih svojstava zaštitne odjeće za ekstremno hladne vremenske uvjete te toplija podneblja (Tang et al., 2020; Zemzem, Halle & Vinches, 2023). Kod hladnih uvjeta je zanimljivo to što odjeća mora ograničiti i spriječiti prijenos topline s ljudskog tijela u okoliš te pružiti zaštitu od vjetrova, a da pri tome ne ograničava ili smanjuje pokretljivost nosioca. Također, bitno je osigurati toplinsku ugodu kroz slojevitost, sa što manjim povećanjem mase odjevnog predmeta ili odjevnog sustava. Kod toplijih podneblja potrebna su drugačija toplinska svojstva materijala i odjevnih predmeta. Potrebna su visoka toplinska vodljivost materijala koja će osigurati da se toplina s tijela brzo prenese u okoliš, odnosno potreban je što manji otpor prolazu topline materijala i što manja toplinska izolacija odjevnih predmeta (Kuklane, Toma & Lucas, 2020; Švecová et al., 2021; Huang, Deng & Li, 2022). Vrlo je bitno i osigurati brzo odvođenje vlage s ljudskog tijela na materijal, te sa materijala u okoliš.

M. Matusiak i **W. Sybilska** proveli su istraživanje u kojem su analizirali odnos između otpora prolazu topline materijala i toplinske izolacije na gotovim odjevnim predmetima (Matusiak & Sybilska, 2016). Ispitivanja su provedena na Alambeti i ženskom toplinskom manekenu. Prema autorima, rezultati su pokazali snažnu korelaciju između otpora prolazu topline materijala i toplinske izolacije gotovih odjevnih predmeta, s time da su rezultati dobiveni mjerenjem na Alambeti mnogo niži od rezultata dobivenih mjerenjem na toplinskom manekenu, što autori objašnjavaju pojavom dva zračna sloja pri ispitivanju na manekenu: između manekena i odjeće, te vanjskog sloja zraka uz površinu odjevnog predmeta.

M. Konarska i sur. provode istraživanje na tri odjevna sustava namijenjena za upotrebu u vrlo hladnim vremenskim uvjetima (Konarska et al., 2006). U radu nisu navedene osnovne karakteristike materijala od kojih su izrađeni odjevni predmeti. Rezultati su pokazali da se s povećanjem brzine strujanja zraka u klima komori smanjuje i toplinska izolacija, a način kontrole prijenosa električne energije za zagrijavanje toplinskog manekena nema veći utjecaj.

Sličnim istraživanjem bave se i J. Fan i J. H. Keighley te Y. Key i sur. (Fan & Keighley, 1991; Ke et al., 2014).

M. Konarska i sur. također provode istraživanje o subjektivnoj percepciji toplinske ugone. Istraživanja su provedena na tri odjevna sustava namijenjena za jednokratno korištenje u medicini, objektivnim mjerenjem na toplinskom manekenu i subjektivnom metodom (Konarska et al., 2007).

X-Q. Dai i **G. Havenith** proveli su istraživanje utjecaja svojstva zrakopropusnosti i otpora prolazu vodene pare materijala korištenih za izradu jakni na ventilaciju, te na prijenos topline i vlage (Dai & Havenith, 2016). Korišten je toplinski maneken Newton, a pri mjerenju su postavljene različite brzine strujanja zraka, pri čemu je toplinski maneken bio statičan ili u pokretu. Rezultati su pokazali da se već pri početku kretanja tijela i gibanja zraka ventilacija povećava, što je imalo velik utjecaj na otpor prolazu vodene pare, ali ne i na toplinsku izolaciju odjevnih sustava.

Utjecaj znojenja na toplinsku izolaciju odjeće je značajan, stoga su u radu **J. Fan** i sur. proveli ispitivanje na 12 odjevnih sustava, na toplinskom manekenu koji simulira znojenje pri različitim razinama (Fan, Chen & Zhang, 2005). U radu nisu navedeni detaljni podaci o korištenim materijalima. Na temelju rezultata autori zaključuju da se toplinska izolacija odjeće smanjuje tijekom znojenja, i to između 2-8%, a to smanjenje povezano je s akumulacijom vode unutar odjevnog sustava.

Proučavanjem prijenosa vodene pare bave se i **F. Fung** i sur. (Fung et al., 2020) koji su proveli mjerenje otpora prolazu vodene pare na Permetestu i toplinskom manekenu Tore, te su dokazali da je mjerenjem otpora prolazu vodene pare materijala moguće predvidjeti otpor prolazu vodene pare gotovih odjevnih predmeta.

B. Holland istražuje toplinsku izolaciju sedam različitih vreća za spavanje te subjektivnu percepciju toplinske ugone pri istim uvjetima (Holland, 1999). Istraživanje provodi na ženskom toplinskom manekenu. U radu nisu navedene karakteristike materijala od kojih su izrađene vreće za spavanje. Usporedba rezultata pokazuje da su dobiveni rezultati identični, a manje vrijednosti dobivene subjektivnom procjenom korisnika autor objašnjava subjektivnim osjećajem koji se javlja pri pojavi tzv. hladnih točaka, npr. hladna stopala.

Sličnim istraživanjem bave se **K. Jussila** i sur. koji provode objektivno i subjektivno istraživanje toplinske izolacije na zaštitnoj odjeći koju koriste rudari u Finskoj, Švedskoj, Norveškoj i Rusiji (Jussila et al., 2017).

Cilj istraživanja koje su proveli **A. V. M. Oliveira** i sur. bio je određivanje toplinske izolacije devet odjevnih sustava, u statičkom i dinamičkom modu mjerenja na ženskom toplinskom manekenu Maria i usporedba dobivenih rezultata (Oliveira, Gaspar & Quintela, 2011). Rezultati su pokazali da su vrijednosti dobivene mjerenjem u dinamičkom modu uvijek manje od vrijednosti dobivenih mjerenjem u statičkom modu.

U drugom radu **A. V. M. Oliveira** i sur. bave se komparativnom analizom metoda mjerenja toplinske izolacije odjeće sa toplinskim manekenom pri čemu su razmatrane serijska, paralelna i globalna metoda mjerenja na 30 odjevnih predmeta i devet odjevnih sustava (Oliveira et al., 2008b). Rezultati su pokazali da serijska metoda uvijek daje najviše vrijednosti toplinske izolacije, te da je globalna metoda jedina prikladna za korištenje u svim modelima upravljanja manekenom.

U Zavodu za odjevnju tehnologiju Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu provedena su istraživanja toplinskih svojstava odjevnih kompozita i odjeće.

D. Rogale i sur. predstavili su sustav za ispitivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava tekstilnih kompozita odjeće koji se sastoji od vruće ploče za mjerenje toplinsko izolacijskih svojstava tekstilnih kompozita, te toplinskog manekena za određivanje statičkih i dinamičkih mjerenja u skladu s simuliranim ljudskim hodom (Rogale, Firšt Rogale & Špelić, 2014). Mjerenja se provode u skladu s međunarodnom normom HRN EN ISO 15831:2005, a sustav omogućava mjerenje toplinskih svojstava prema serijskom ili paralelnom modelu. Navedeni mjerni sustav omogućava mjerenje intenziteta vrijednosti toplinske zaštite kompozita, konvencionalne, zaštitne i inteligentne odjeće kroz proces tehničkog projektiranja i konstrukcije novih odjevnih predmeta sa željenim toplinskim svojstvima. Također se može koristiti kako bi se odabrao najtopliji odjevni predmet između više njih.

Na navedenom toplinskom manekenu na različitim muškim odjevnim sustavima utvrđeno je da potrebna električna snaga za održavanje konstantne temperature pada s povećanjem odjevnih slojeva u odjevnom sustavu, a time raste otpor prolasku topline (Firšt Rogale, Benić &

Rogale, 2017). Egzaktnim mjerenjima na toplinskom manekenu utvrđeno je da primjena različitih odjevnih kombinacija može utjecati na toplinsku izolaciju odjevnog sustava, odnosno na prolazak topline s ljudskog tijela u okoliš. Mjerenja su pokazala da se slojevitim oblačenjem povećava ukupna toplinska izolacija odjevnog sustava.

Na toplinskom manekenu su, do sada, provedena istraživanja u sklopu tri doktorska rada na kojima je mentor bio **D. Rogale** (Čubrić, 2012; Majstorović, 2015; Špelić, 2016).

G. Čubrić je istraživao toplinska svojstva komora ugrađenih u inteligentnu odjeću s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima (Čubrić, 2012).

Također su ispitivana toplinska svojstva inteligentnog odjevnog predmeta s aktivnom termičkom zaštitom zajedno sa vanjskom školjkom. Mjerenja su provedena sa aktivnim i neaktivnim toplinsko izolacijskim komorama, u statičkom i dinamičkom operativnom radu manekena (Firšt Rogale, Rogale & Majstorović, 2012).

Slična istraživanje proveli su **W. Song** i sur., na toplinskom manekenu Newton (Song et al., 2021).

G. Majstorović se u doktorskom radu bavi proučavanjem toplinske izolacije vanjske školjke, toplinskih umetaka i odjevnih sustava, kao i višeslojnih toplinskih umetaka ugrađenih u namjenske jakne namijenjene za upotrebu pri hladnim uvjetima (Majstorović, 2015). Mjerenja su provedena na toplinskom manekenu, a rezultati su pokazali da se s povećanjem mase odjevnog sustava povećava i toplinska izolacija. Na istim mjernim uzorcima namjenskih jakni istraživana je i efikasnost toplinske izolacije ugradbenih materijala EI_{tu} (Rogale, et al., 2020b) te je utvrđen novi izraz za njezin izračun, koji definira potrebnu masu toplinskog izolatora pri kojoj odjevni sustav pruža toplinsku izolaciju od 1 Clo, a izračunava se prema izrazu:

$$EI_{os} = \frac{1}{Clo_{\Sigma}} \cdot m_{os} \quad (17)$$

$$EI_{tu} = \frac{1}{(Clo_{\Sigma} - Clo_{vs})} \cdot m_{tu} \quad (18)$$

Gdje je:

EI_{os} - efikasnost toplinske izolacije odjevnog sustava, [kg/Clo]

EI_{tu} - efikasnost toplinske izolacije toplinskog umetka, [kg/Clo]

Clo_{Σ} - toplinski otpor odjevnog sustava, [Clo]

Clo_{vs} - toplinski otpor vanjske školjke, [Clo]

m_{os} - masa odjevnog sustava, [kg]

m_{tu} - masa toplinskog umetka, [kg]

Temeljem izraza (17) jasno je da je efikasnost toplinske izolacije odjevnog sustava izražena kao omjer mase odjevnog sustava i njegove toplinske izolacije, dok je efikasnost toplinske izolacije ugradbenih materijala izražena kao omjer toplinske izolacije toplinskog umetka, pri čemu je potrebno od toplinske izolacije odjevnog sustava oduzeti toplinsku izolaciju vanjske školjke, i mase toplinskog umetka, (17).

Također, određen je izraz za izračun efikasnosti ugrađene tekstilne mase na toplinsku izolaciju odjevnog sustava (18) i toplinskog umetka (19):

$$EM_{os} = \frac{1}{m_{op}} \cdot Clo_{\Sigma} \quad (19)$$

$$EM_{tu} = \frac{1}{m_{tu}} \cdot (Clo_{\Sigma} - Clo_{vs}) \quad (20)$$

Gdje je:

EM_{os} - efikasnost ugrađene tekstilne mase odjevnog sustava, [kg/Clo]

EM_{tu} - efikasnost ugrađene tekstilne mase ugradbenih materijala toplinskog umetka, [kg/Clo]

Izraz za efikasnost ugrađene tekstilne mase odjevnog sustava (EM_{os}) definira vrijednost toplinske izolacije koja je ostvarena primjenom ugradbenih materijala mase 1 kg. Autori zaključuju da je na temelju navedenih izraza moguće načiniti ocjenu relativne uspješnosti projektiranja odjevnog sustava, temeljem koje se provodi i odabir ugradbenih materijala koji, uz što manju masu, ostvaruju potrebnu toplinsku izolaciju odjevnog sustava.

I. Špelić provodi objektivno istraživanje na navedenom toplinskom manekenu, te subjektivno istraživanje o utjecaju konstrukcijskih parametara (konstrukcijski dodatak komocije odjevnog predmeta i duljina kroja odjevnog predmeta) na toplinska svojstva muških jakni. Također, provodi i istraživanje subjektivne percepcije toplinske ugone (Špelić, 2016).

Velik broj znanstvenih radova opisuju istraživanja koeficijenta prijenosa topline u različitim položajima tijela nositelja odjevnog predmeta, brzinama strujanja zraka i njegovog smjera, ali ono na što nije stavljan naglasak je reproducibilnost rezultata (De Dear et al., 1997).

Iz pregleda dosadašnjih istraživanja vidljivo je da su autori u svojim radovima istraživali toplinska svojstva tekstilnih materijala i odjevnih kompozita ovisno o sirovinskom sastavu, stru-

kturi te površinskim obradama tekstilnih materijala, te varijabilnim uvjetima mjerenja na različitim mjernim uređajima.

Također, vidljivo je da se ukazuje potreba za novim istraživanjima zbirnih toplinskih izolacijskih svojstava odjeće.

3. METODIKA RADA

U ovom poglavlju bit će opisani modeli odjevnog predmeta koji su korišteni u istraživanju utjecaja vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće, kao i ugradbeni materijali od kojih su ti modeli izrađeni. Također će biti opisane mjerne metode i mjerni sustavi za određivanje navedenih utjecaja. U tab. 7 prikazana je metodologija doktorskog rada.

Za potrebe istraživanja utjecaja vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće provedena je konstrukcija baznog kroja zaštitne muške jakne kod koje je naglasak na funkcionalnosti i udobnosti, modeliranje odjevnih sustava, odabir ugradbenih materijala, te izrada odjevnih sustava. Ispitni modeli odjevnih sustava razlikuju se po vrstama ugradbenih materijala za izradu vanjske školjke (višeslojni laminirani materijali) i podstave i/ili toplinskog umetka. Na dvije skupine odjevnih sustava, gdje je vanjska školjka izrađena od dvoslojnog i troslojnog laminiranog materijala, primijenjena je kombinacija spajanja metodom šivanja i visokotehnološkom metodom toplinskog spajanja konvekcijom koja omogućuje vodonepropusnost i zrakonepropusnost šavova. Treća skupina odjevnih sustava izrađena je samo metodom šivanja. Odjevni sustavi realizirani su u tvornici odjeće Konfeks d.o.o čiji se dugogodišnji rad, preko 75 godina, temelji na proizvodnji visokokvalitetne radne i zaštitne odjeće, a izrađeni su na suvremenim strojevima na kojima su radili kvalificirani radnici. Za materijale korištene za izradu odjevnih sustava tvrtka **Konfeks** ustupila je djelomične podatke o laboratorijskim ispitivanjima relevantnih fizikalno-kemijskih karakteristika.

U cilju istraživanja utjecaja vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće koristit će se integrirani mjerni sustav za ispitivanje zbirnih toplinskih svojstava odjevnih kompozita i odjeće koji je instaliran u **Laboratoriju za termoizolacijska svojstva odjeće u Zavodu za odjevenu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta**. Mjerni sustav se sastoji od:

- mjernog sustava za određivanje toplinskih svojstava odjevnih kompozita i odjeće (vruće ploče i toplinskog manekena),

Tab. 7: Plan istraživanja doktorskog rada



- uređaja za određivanje diferencijalnih gradijenata temperatura na odjevnim kompozitima i odjeći,
- višenamjenskog diferencijalnog konduktometra,
- uređaja za nedestruktivno određivanje otpora prolazu vodene pare Permetest,
- uređaja za određivanje zrakopropusnosti TF164, Testex,
- klima komore za niske temperature,
- klima komore za srednje temperature te
- pripadajuće programske podrške.

Od svih navedenih uređaja, samo uređaj za određivanje zrakopropusnosti i uređaj za nedestruktivno određivanje otpora prolazu vodene pare su nabavljeni iz sredstava znanstveno-istraživačkih i tehnoloških projekta te Kratkoročnih potpora istraživanju Sveučilišta u Zagrebu, dok su ostali osmišljeni, konstruirani, realizirani, patentirani, umjereni i instalirani na Tekstilno-tehnološkom fakultetu.

Hipoteze ovog doktorskog rada su sljedeće:

- H1: Ukupan otpor prolazu topline jednak je zbroju serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva odjevnih kompozita u odjevnom sustavu.
- H2: Ukupan otpor prolazu vodene pare jednak je zbroju serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva odjevnih kompozita u odjevnom sustavu.
- H3: Redoslijed slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu i odjevnom sustavu utječe na ukupni otpor prolazu topline.
- H4: Određivanjem diferencijalnih gradijenata temperatura između pojedinih slojeva u odjevnom kompozitu moguće je utvrditi utjecaj pojedinih slojeva kompozita u zbirnim toplinskim svojstvima odjevnih sustava.

Prikupit će se nove spoznaje s aspekata postavljenih hipoteza o utjecaju vrsta ugradbenih materijala i načina konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinsko izolacijska svojstva odjeće, što će poslužiti kao temelj za uspostavu novog, znanstveno utemeljenog i tehnički

zasnovanog pristupa projektiranju svojstava odjeće s aspekta zbirnih toplinskih svojstava, za razliku od dosadašnjih koji se temelje na iskustvenim spoznajama.

3.1 TEHNIČKI CRTEŽ I KONSTRUKCIJA MODELA ODJEVNIH SUSTAVA

Kao odjevni sustav korišten je model muške zaštitne jakne, koji se proizvodi, kao dio proizvodnog asortimana radne i zaštitne odjeće, u tvrtki Konfeks d.o.o. Sl. 17 prikazuje razvoj modela muške jakne na primjeru izrade vanjske školjke.

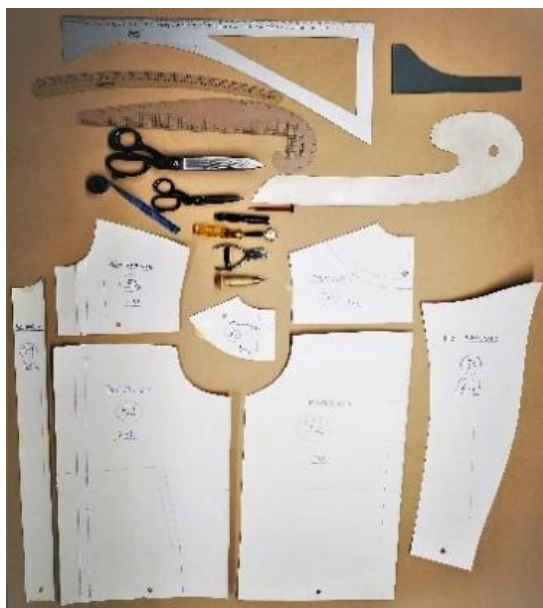
Konstrukcija modela muške zaštitne jakne izvedena je konvencionalnom metodom, sl. 17a. Krojni dijelovi modela odjevnog predmeta unijeti su u CAD/CAM sustav za računalnu konstrukciju, modeliranje i izradu krojnih slika tvrtke Lectra, koji je instaliran u tvrtki Konfeks, sl. 17b, te su provedene potrebne korekcije i priprema krojnih dijelova, sl. 17c, za izradu krojnih slika, sl. 17d.

Nakon izrade krojnih slika provedeno je iskrojavanje modela i priprema za tehnološki proces šivanja. S obzirom da su muške zaštitne jakne izrađene od vodonepropusnih, laminiranih materijala (vanjske školjke) u tehnološkom procesu šivanja korištena je konvencionalna metoda šivanja, te visokotehnološka metoda toplinskog spajanja konvekcijom koja osigurava vodonepropusnost jakni na šavovima.

U nastavku su prikazani i tehnički crteži i opis modela odjevnih sustava korištenih u ovome doktorskom radu, sl. 18. Prednji dio jakne sastoji se iz četiri krojna dijela, dva donja prednja dijela (lijevi i desni dio), te dva gornja, prsna dijela (lijevi i desni dio), sl. 18a. Prednja sredina odjevnog sustava zatvara se pomoću patentnog zatvarača, tzv. brizgani zatvarač, koji je našiven po cijeloj duljini prednje sredine.

Na prednjem dijelu nalaze se dva našivena, prsna džepa s poklopcima koji se zatvaraju pomoću čičak trake. Na donjem dijelu prednjih dijelova nalaze se dva urezana džepa s paspulom.

Stražnji dio vanjske školjke sastoji se od dva dijela: donji dio leđa i oplećnice, sl. 18b. Na donjem dijelu jakne se nalazi elastična vrpca koja se na bočnim dijelovima jakne može regulirati, tj. na donjem dijelu jakne može se stegnuti kako bi se spriječio prodor hladnog zraka u unutrašnjost jakne. Odjevni sustav ima klasičnu osnovu bez džepova.



a.



b.



c.

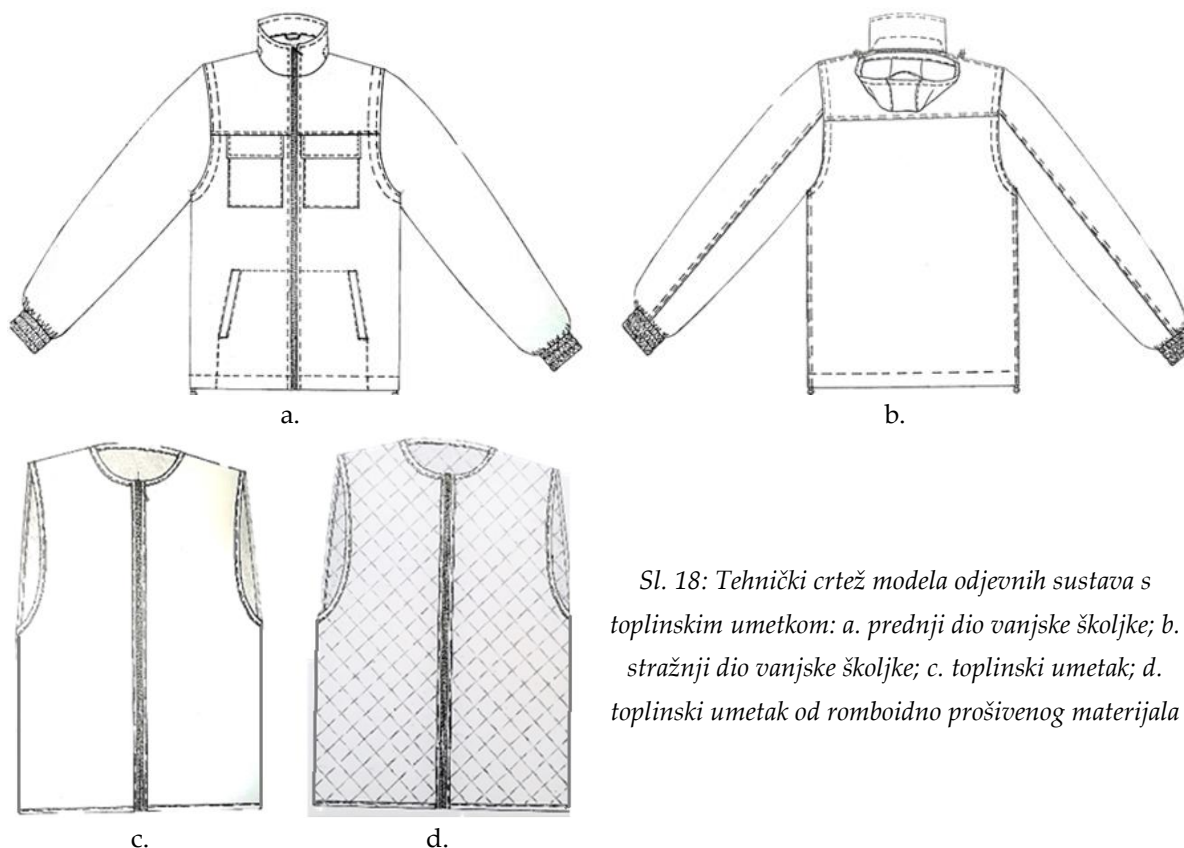


d.

Sl. 17: Prikaz razvoja modela muške zaštitne jakne: a. pribor za konvencionalnu metodu konstrukcije odjevnih predmeta s krojnim dijelovima osnovne tkanine vanjske školjke; b. unos krojnih dijelova u CAD/CAM sustav za računalnu konstrukciju odjeće; c. obrada, modeliranje i priprema krojnih dijelova za izradu krojnih slika; d. izrada krojnih slika u sustavu za računalnu konstrukciju odjevnih predmeta

Rukavi su iz dva dijela, a na duljini rukava našivena je orukvica s gumenom trakom koja služi za zatezanje duljine rukava kako bi se spriječio prolaz zraka kroz otvor duljine rukava, sl. 18a

i b. Rukavi se mogu odvojiti od jakne pomoću patentnog zatvarača koji je ušiven na kuglu rukava i u orukavlje jakne.



Sl. 18: Tehnički crtež modela odjevnih sustava s toplinskim umetkom: a. prednji dio vanjske školjke; b. stražnji dio vanjske školjke; c. toplinski umetak; d. toplinski umetak od romboidno prošivenog materijala

Visoki stojeći ovratnik izrađen je tako da se u njega može smjestiti kapuljača koja služi za dodatnu zaštitu glave.

Toplinski umetak sastoji se od prednjeg i stražnjeg dijela, bez rukava, sl. 18c i d. Na prednjoj sredini ima patent zatvarač pomoću kojeg se spaja na jaknu. Toplinski umetak se, po potrebi, može nositi i samostalno.

Na sl. 19 prikazani su modeli odjevnih sustava koji su korišteni u ovome radu. Slika prikazuje tri vanjske školjke koje su podijeljene u tri skupine odjevnih sustava, sl. 19a, sl. 19b i sl. 19c.

Unutar svake skupine izrađeno je po pet jakni, odnosno pet odjevnih sustava na kojima se izmjenjuje raspored slojeva materijala, s izuzetkom vanjske školjke koja je uvijek ista na svim odjevnim sustavima unutar skupine. Slika prikazuje i toplinske umetke izrađene od dvije vrste materijala, sl. 19d i sl. 19e.

U tab. 8 prikazane su oznake i način označavanja ugrađenih materijala, odjevnih kompozita

i odjevnih sustava. Za potrebe izrade doktorskog rada izrađeno je 15 odjevnih sustava odjevne veličine 52. Svi odjevni sustavi su s konstrukcijskog stajališta isti model, ali se razlikuju s obzirom na ugradbene materijale, tab. 9. Modeli odjevnih sustava podijeljeni su u tri skupine koje se razlikuju po vrsti laminiranog materijala korištenog za vanjsku školjku jakne. Unutar svake skupine nalazi se po pet odjevnih sustava kod kojih je vanjska školjka jednaka za sve odjevne sustave, a mijenjaju se vrste ugradbenih materijala od kojih su izrađene podstave i toplinski umeci.

Tab. 8: Oznake i način označavanja ugradbenih materijala, odjevnih kompozita i odjevnih sustava

Oznaka	Vrsta materijala/odjevnog sustava
MV	ugradbeni materijal za izradu vanjske školjke odjevnih sustava i odjevnih kompozita
MP	ugradbeni materijal za izradu podstava i/ili toplinskih umetaka odjevnih kompozita i odjevnih sustava
OK	odjevni kompoziti
OS	odjevni sustavi
OS _s	odjevni sustavi na kojima je provedeno ispitivanje u statičkom modu
OS _{ss}	odjevni sustavi na kojima je provedeno ispitivanje u statičkom modu i sa stegnutom duljinom odjevnog sustava
OS _d	odjevni sustavi na kojima je provedeno ispitivanje u dinamičkom modu
OS _{ds}	odjevni sustavi na kojima je provedeno ispitivanje u dinamičkom modu i sa stegnutom duljinom odjevnog sustava

Tab. 9: Podjela modela odjevnih sustava i odjevnih kompozita prema vrsti materijala

Oznaka skupine modela	Oznaka kombinacija materijala u odjevnom sustavu	Oznaka odjevnih kompozita	Oznaka odjevnog sustava
1	MV1 + MP1	OK1	OS1
	MV1 + MP1 + MP3	OK2	OS2
	MV1 + MP1 + MP2	OK3	OS3
	MV1 + MP3 + MP2	OK4	OS4
	MV1 + MP2 + MP3	OK5	OS _{5s} , OS _{5ss} , OS _{5d} , OS _{5ds}
2	MV2 + MP1	OK6	OS6
	MV2 + MP1 + MP3	OK7	OS7
	MV2 + MP1 + MP2	OK8	OS8
	MV2 + MP3 + MP2	OK9	OS9
	MV2 + MP2 + MP3	OK10	OS _{10s} , OS _{10ss} , OS _{10d} , OS _{10ds}
3	MV3 + MP1	OK11	OS11
	MV3 + MP1 + MP3	OK12	OS12
	MV3 + MP1 + MP2	OK13	OS13
	MV3 + MP3 + MP2	OK14	OS14
	MV3 + MP2 + MP3	OK15	OS _{15s} , OS _{15ss} , OS _{15d} , OS _{15ds}

Karakteristike ugradbenih materijala (MV1, MV2, MV3, MP1, MP2 i MP3) prikazane su u

točki 3.2.



Sl. 19: Prikaz vanjskih školjki i toplinskih umetaka: a. model vanjske školjke izrađene od ugradbenog materijala oznake MV1; b. model vanjske školjke izrađene od ugradbenog materijala oznake oznake MV2; c. vanjske školjke izrađene od ugradbenog materijala oznake oznake MV3; d. toplinski umetak izrađen od materijala oznake MP2; e. toplinski umetak izrađen od materijala oznake MP3

3.2 KORIŠTENI MATERIJALI ZA IZRADU ODJEVNIH PREDMETA

U ovom doktorskom radu korišteni su ugradbeni materijali koji se uobičajeno koriste u profesionalnoj proizvodnji zaštitnih jakni. Njihova svojstva i karakteristike omogućavaju pružanje adekvatne zaštite gotovog odjevnog predmeta, obzirom na njihovu predviđenu namjenu (točka 2.3).

Ugradbeni materijali korišteni u eksperimentalnom dijelu ovog dokorskog rada su razvrstani na materijale od kojih su izrađene vanjske školjke (MV) i podstave (MP), odnosno toplinski umetci, tab. 10.

Tab. 10: Pregled ugradbenih materijala

Oznaka uzorka materijala	Vrsta materijala
MV1	Laminirani materijal
MV2	Laminirani materijal
MV3	Laminirani materijal
MP1	Podstavna tkanina
MP2	Romboidno prošivena podstava
MP3	Micro-fleece materijal

Iz tablice je vidljivo da su korištena tri različita laminirana materijala za vanjsku školjku odjevnih predmeta i tri ugradbena materijala za izradu podstave, od kojih se dva koriste i za izradu toplinskih umetaka.

3.2.1 Tehničke karakteristike ugradbenih materijala

Laboratorijske analize ugradbenih materijala dobivene su od proizvođača materijala. Podaci o proizvođačima ne smiju biti javno objavljeni, kao ni svi podaci koji su dobiveni laboratorijskom analizom, radi poslovne politike tvrtke u kojoj su jakne izrađene.

Tehničke karakteristike dvoslojno laminiranog materijala s ePTFE membranom oznake MV1 prikazane su u tab. 11. Navedeni materijal se koristi za izradu vanjske školjke.

Tab. 11: Pregled analiziranih tehničkih karakteristika uzorka ugradbenog materijala MV1

MV1 - dvoslojni laminat		
Elementi ispitivanja	Vrijednosti	Mjerna jedinica
1	2	3
Sirovinski sastav		
• Lice materijala: poliester	100	%

1	2	3
• Membrana: ePTFE	100	%
Površinska masa	169,8	g/m ²
Otpor na prodiranje vode		
• Prije obrade	> 20 000	Pa
• Nakon pranja		
• Nakon kemijskog čišćenja		
Otpor na površinsko močenje		
• Prije obrade	5	Ocjena 1-5
• Nakon pranja	4	
• Nakon kemijskog čišćenja	3	

Ugradbeni materijal oznake MV2 je troslojni laminirani materijal čije su lice i naličje od poliester, a membrana je ePTFE-DUO. ePTFE-DUO predstavlja sustav laminiranog materijala koji se sastoji od vrlo dišljive mikro-porozne membrane u kombinaciji sa poliuretanskim (PU) premazom otpornim na visoke temperature (točka 2.3). U tab. 12 prikazane su tehničke karakteristike ugradbenog materijala oznake MV2.

Ugradbeni materijal oznake MV3 je troslojni laminirani materijal kojem je lice od poliester, membrana je PTFE, a naličje je plošni tekstil izrađen od micro-fleece materijala. U tab. 13 prikazane su tehničke karakteristike ugradbenog materijala oznake MV3.

Ugradbeni materijal oznake MP1 je poliesterski podstavni materijal, a u tab. 14 prikazane su njegove tehničke karakteristike.

Ugradbeni materijal oznake MP2 je romboidno prošivena podstava koja je u radu korištena kao podstavni materijal za jaknu, te kao toplinski umetak. U tab. 15 prikazane su tehničke karakteristike materijala oznake MP2.

Ugradbeni materijal oznake MP3 je troslojni poliesterski materijal, gdje su lice i naličje micro-fleece, a između njih je poliesterska membrana. Navedeni materijal je u radu korišten kao podstavni materijal za jaknu, te kao toplinski umetak. U tab. 16 prikazane su tehničke karakteristike ugradbenog materijala oznake MP3.

Tab. 12: Pregled analiziranih tehničkih karakteristika uzorka ugradbenog materijala MV2

MV2 - troslojni laminat		
Elementi ispitivanja	Vrijednosti	Mjerna jedinica
1	2	3
Sirovinski sastav		
• Lice materijala: poliester	100	%

1	2	3
• Membrana: ePTFE DUO	100	%
• Naličje materijala: poliester	100	%
Površinska masa	266,9	g/m ²
Hidrofobnost	> 20 000	Pa
• Prije obrade		
• Nakon pranja		
• Nakon kemijskog čišćenja		
Otpor na površinsko močenje		
• Prije obrade	5	Ocjena 1-5
• Nakon pranja	5	
• Nakon kemijskog čišćenja	3	

Tab. 13: Pregled analiziranih tehničkih karakteristika uzorka ugradbenog materijala MV3

MV3 - troslojni laminat		
Elementi ispitivanja	Vrijednosti	Mjerna jedinica
Sirovinski sastav		
• Lice materijala: poliester	100	%
• Membrana: PTFE	100	%
• Naličje materijala: micro-fleece	100	%
Površinska masa	290,0	g/m ²

Tab. 14: Pregled analiziranih tehničkih karakteristika uzorka ugradbenog materijala MP1

MP1 – podstavna tkanina		
Elementi ispitivanja	Vrijednosti	Mjerna jedinica
Sirovinski sastav		
• poliester	100	%
Površinska masa	59,0	g/m ²

Tab. 15: Pregled analiziranih tehničkih karakteristika uzorka ugradbenog materijala MP2

MP2 – romboidno prošivena podstava		
Elementi ispitivanja	Vrijednosti	Mjerna jedinica
Sirovinski sastav		
• Lice/podstava: poliester	100	%
• Membrana/punilo: polipropilen	100	%
• Naličje/podstava: poliester	100	%
Površinska masa	316,0	g/m ²
Gustoća podstave (na 1 cm)	Osnova: 79 Potka: 33	-

Tab. 16: Pregled analiziranih tehničkih karakteristika uzorka ugradbenog materijala MP3

MP3 – micro-fleece materijal		
Elementi ispitivanja	Vrijednosti	Mjerna jedinica
Sirovinski sastav		
• Lice materijala: micro-fleece	100	%
• Membrana: poliester	100	%
• Naličje materijala: micro-fleece	100	%
Površinska masa	304,0	g/m ²

3.3 KORIŠTENE MJERNE METODE, MJERNI SUSTAVI I MJERNI UREĐAJI

U ovom poglavlju opisane su metode i mjerni sustav za određivanje utjecaja vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće koji su korišteni za potrebe ovog doktorskog rada.

3.3.1 Određivanje debljine ugradbenih materijala

Debljina ugradbenih materijala određena je pomoću Dino – Lite digitalnog USB mikroskopa. Pomoću mikroskopa se pri povećanju u rasponu od 50-200 puta, ovisno o debljini materijala i njegovim karakteristikama, odredila debljina ugradbenih materijala. Za dvoslojne i troslojne laminirane materijale (MV1, MV2, MV3), podstavni materijal (MP1), romboidno prošivenu podstavu (MP2) te micro-fleece materijal (MP3) korišteno je povećanje od 50 puta. S obzirom na veću debljinu reprezentativnih odjevnih kompozita, za određivanje njihove debljine korišteno je povećanje od 40 puta. Nakon što se pomoću mikroskopa dobila uvećana slika materijala, u programskoj podršci zvanj Dino Capture se na dobivenoj slici pet puta izmjerila debljina materijala, te se izračunom aritmetičke sredine izmjerenih vrijednosti odredila prosječna debljina materijala.

3.3.2 Određivanje zrakopropusnosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita

Uređaj za određivanje zrakopropusnosti, sl. 20a, oznake TF164 proizvođača TESTEX (Kina) pogodan je za sve vrste pletenih, tkanih, netkanih materijala, materijala s različitim površinskim obradama i premazima, kože itd. Na sl. 20b prikazano je određivanje zrakopropusnosti na uzorku materijala. Mjerna metoda je definirana prema međunarodnoj normi ISO 9237:1995 (ISO 9237, 1995). Uređajem se može upravljati pomoću dodirnog zaslona sa instaliranim printerom za ispis analize testiranja, sl. 21a, ili pomoću PC kompjuterske jedinice sa programskom podrškom za testnu stanicu TF164B, Testex, sl. 21b (TestexTextile, 2022).

Zrakopropusnost je definirana kao brzina protoka zraka koji okomito prolazi kroz ispitni uzorak, pri određenim okolišnim uvjetima prostorije u kojem se određivanje provodi, tlaka i vremena (ISO 9237:1995, 1995). Brzina okomitog protoka zraka kroz promatranu površinu

uzorka materijala određuje se pri zadanoj razlici tlaka (pad tlaka) na površini uzorka materijala i tijekom određenog vremenskog razdoblja.

Ovisno o vrsti ispitivanog materijala odabire se mjerna glava različitog promjera: 5 cm², 20 cm², 38 cm², 50 cm² ili 100 cm², te mlaznica određenog promjera, tab. 17, sl. 22. Određivanje zrakopropusnosti moguće je provesti na uzorcima debljine ≤ 8 mm, a točnost mjerenja je $< \pm 2\%$. Moguće je odrediti zrakopropusnost u rasponu vrijednosti od 0,1 ~ 12 000 mm/s.

Tab. 17: Oznake mlaznica s pripadajućim vrijednostima njihovog promjera

Oznaka mlaznice	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Promjer mlaznice [mm]	0,8	1,2	2	3	4	6	8	10	12	16	20



a.



b.

Sl. 20: Uređaj za određivanje zrakopropusnosti, TF164B, Testex: a. prikaz mjernog uređaja; b. prikaz mjerenja na uređaju

Za postupak određivanja zrakopropusnosti potrebno je osigurati primjerene i normom definirane uvjete okoliša, te provesti kalibracijsko mjerenje. Za kalibriranje mjernog uređaja koriste se četiri mlaznice različitih dimenzija, dvije ploče za kalibriranje, tlak od 127 Pa i mjerna

glava veličine 38,3 cm², tab. 18, sl. 22. Postupak kalibriranja provodi se tako da se provede mjerenje na obje ploče za kalibriranje, primjenom mlaznica definiranih dimenzija i oznaka, odnosno potrebno je provesti četiri mjerenja. Svi rezultati mjerenja moraju odgovarati dozvoljenoj relativnoj pogrešci mjerenja od $\Delta \leq \pm 2\%$, a kada je to postignuto uređaj je spreman za rad. Provjera dobivenih vrijednosti kalibracijskog mjerenja provodi se izrazom:

$$\Delta = \frac{Q_z - Q_s}{Q_s} \cdot 100 [\%] \quad (21)$$

gdje je:

Δ – relativna pogreška određene vrijednosti zrakopropusnosti [%]

Q_z – određena vrijednost zrakopropusnosti [mm/s]

Q_s – zadana/nominalna vrijednost zrakopropusnosti [mm/s]

Tab. 18: Parametri kalibracijskog mjerenja mjernog uređaja za ispitivanja zrakopropusnosti TF164B, Testex

Oznaka mlaznice	Veličina kalibracijske ploče [mm]	Tlak [Pa]	Površina mjerne glave [cm ²]	Standardna vrijednost [mm/s]
3	7,8	127	38,3	114,5
4	7,8			
6	21,6			855
7	21,6			

Ako je $\Delta \geq \pm 2\%$ ili je Δ sa pozitivnim predznakom, npr. $\Delta = 2,10\%$, potrebno je provjeriti da li je uređaj ispravno postavljen, te da li su sve komponente uređaja ispravno postavljene. Kada je kalibracijsko mjerenje uspješno provedeno moguće je provesti postupak određivanja zrakopropusnosti na uzorcima. Uzorci moraju biti kondicionirani u uvjetima okoliša koji su predviđeni prema normi HRN EN ISO 139:2008 (HRN EN ISO 139:2008), a za postupak određivanja zrakopropusnosti preporuka je koristiti površinu mjerne glave od 20 cm², pad tlaka od 100 Pa za materijale koji se koriste za izradu odjeće, te pad tlaka od 200 Pa za materijale koji se koriste u industrijske svrhe. U slučaju nemogućnosti provedbe ispitivanja pri spomenutim uvjetima potrebno je promijeniti površinu mjerne glave i tlak. Uzorak materijala postavlja se na kružno postolje, tzv. držač uzorka, pri čemu je potrebno koristiti primjerenu napetost da bi se uklonili nabori na uzorku. Potrebno je izbjegavati rubove uzorka, te dijelove na kojima su nabori ili bilo kakva oštećenja. Kada se ispituje uzorak materijala koji je s jedne strane obložen specijalnim premazom, ili ima naslojenu membranu, u izvještaju je potrebno navesti koja je strana uzorka ispitana (lice ili naličje). Isto tako, takav uzorak materijala trebalo bi stegnuti tako da je obložena strana uzorka okrenuta prema strani djelovanja nižeg tlaka

kako bi se spriječilo propuštanje zraka sa strane. Svaki uzorak potrebno je ispitati najmanje 10 puta.

Rezultati statističke obrade rezultata određivanja zrakopropusnosti, koji uključuju aritmetičku sredinu, koeficijent varijacije te 95% interval pouzdanosti, prikazuju se po završetku mjerenja, a provodi ju programska podrška mjernog uređaja, tokom i na kraju samog mjerenja.

Zrakopropusnost R se izračunava pomoću izraza:

$$R = \frac{\bar{q}_V}{A} \cdot 167 \text{ [mm/s]} \quad (22)$$

gdje je:

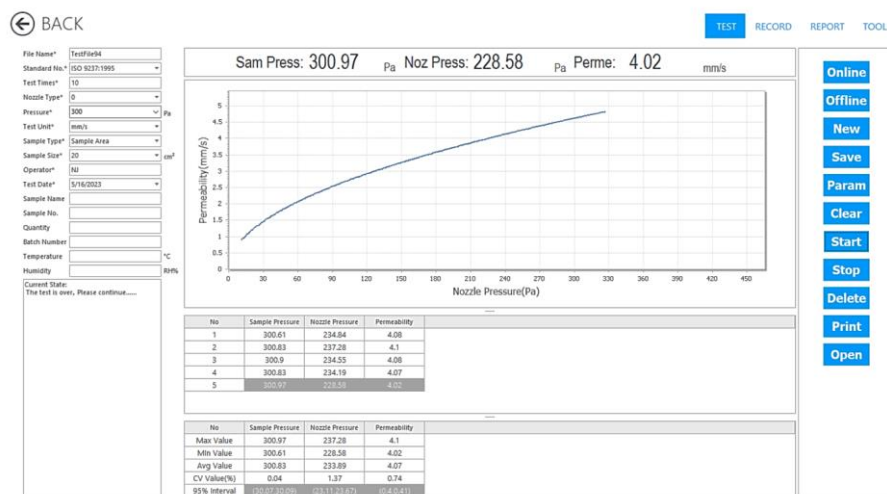
\bar{q}_V - aritmetička srednja vrijednost protoka zraka [l/min]

A - promatrana površina; površina uzorka materijala [cm²]

167 - faktor pretvorbe kubnih decimetara, ili litre, u minuti po kvadratnom centimetru u milimetre po sekundi



a.



b.

Sl. 21: Upravljanje mjernim uređajem TF164B, Testex: a. dodirni zaslon sa instaliranim printerom za ispis analize testiranja; b. programska podrška PC računalne jedinice

Za materijale i netkane materijale u raširenom stanju, propusnost zraka R može se izraziti u milimetrima po sekundi pomoću izraza:

$$R = \frac{\bar{q}_V}{A} \cdot 0,167 \text{ [mm/s]} \quad (23)$$



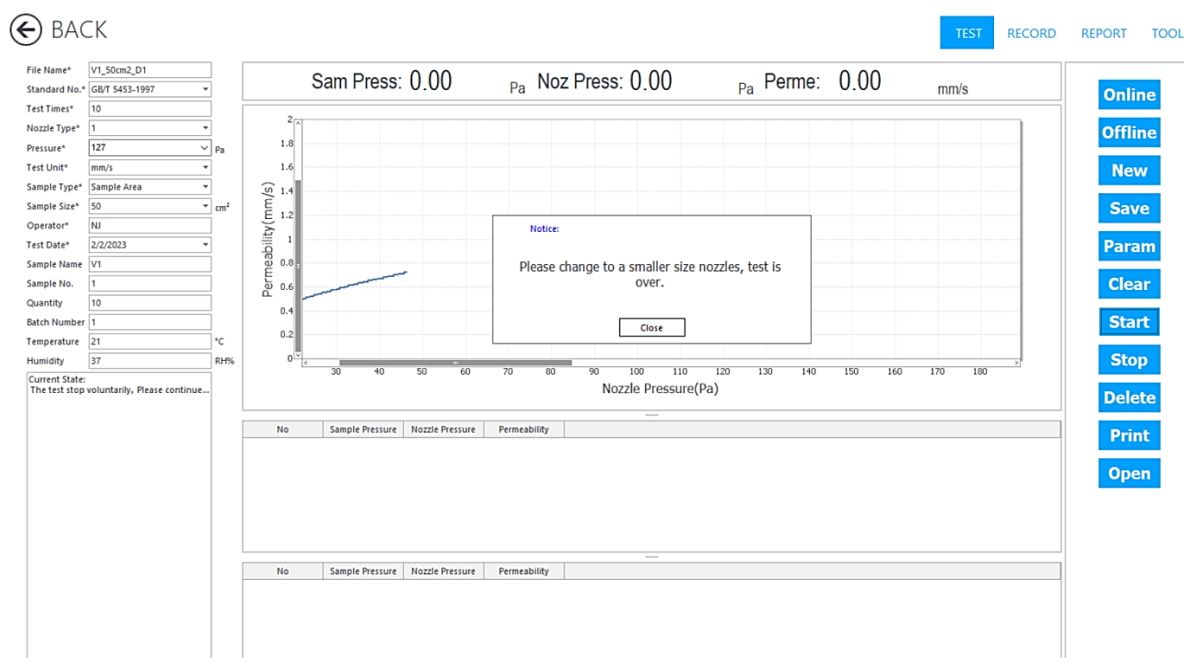
Sl. 22: Prikaz mlaznica, kalibracijskih ploča te mjernih glava mjernog uređaja za ispitivanje zrakopropusnosti TF164B, Testex

Programska podrška mjernog uređaja osigurava da uređaj automatski staje s radom kada se dostigne zadana vrijednost tlaka, a ako nije moguće odrediti zrakopropusnost, na zaslonu se prikazuje poruka koja sugerira nastavak mjerenja uz promjenu veličine mlaznice, sl. 23.

Programska podrška sugerira da li je potrebna manja ili veća mlaznica što pojednostavljuje proces određivanja zrakopropusnosti.

Prema normi po kojoj su provedena ispitivanja, za materijale koji se koriste za izradu odjeće preporučena je primjena tlaka od 100 Pa, ali u normi se također navodi da se mogu primijeniti

i drugi tlakovi, ovisno o dogovoru i zahtjevima naručitelja ispitivanja.



Sl. 23: Prikaz programskog sučelja mjernog uređaja za ispitivanja zrakopropusnosti TF164B, Testex nakon neuspješno provedenog određivanja zrakopropusnosti na uzorku

3.3.3 Određivanje otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala i odjevnih kompozita

Na sl. 24 prikazan je mjerni uređaj za nedestruktivno određivanje otpora prolazu vodene pare Permetest, tvrtke Senzora, prema normi EN ISO 20344:2012 (Hes, Bernardo & Queirós et al., 1996).

Prednosti Permetesta su njegove male dimenzije (540×230×130 mm) i težina (7kg), relativno kratko vrijeme trajanja mjerenja, te nedestruktivna mjerenja. Sastoji se od kućišta s elektroničkim elementima, te tzv. zračnog tunela. Okrugla mjerna glava učvršćena je na zračni tunel, a sastoji se od kružne i porozne vruće ploče promjera 8 cm, te se može okomito pomicati kako bi se umetnuo uzorak materijala.

Na sl. 25 prikazano je sučelje programske podrške Permetesta, pomoću kojeg se provode mjerenja.

Relativna propusnost toplinskog toka dobivena je izrazom (Akalović et al., 2018):

$$P = \frac{q_s}{q_0} \cdot 100 \quad (24)$$

gdje je:

q_s - toplinski tok s uzorkom [W/m²]

q_0 - toplinski tok bez uzorka [W/m²]

Otpor prolazu vodene pare definiran je izrazom (Akalović et al., 2018):

$$R_{et} = (P_m - P_a) \cdot (q_s^{-1} - q_0^{-1}) \quad (25)$$

gdje je:

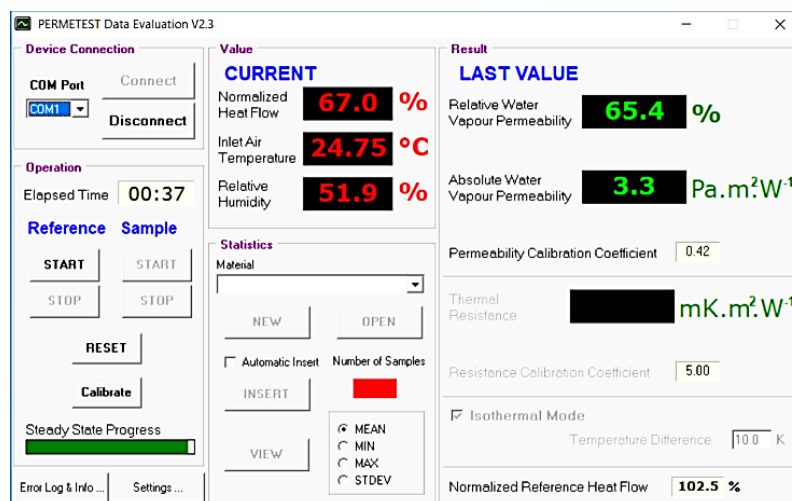
R_{et} - otpor prolazu vodene pare [m²Pa/W]

P_m - parcijalni tlak zasićene vodene pare za temperaturu ambijenta/prostorije u kojoj se provodi ispitivanje [Pa]

P_a - parcijalni tlak vodene pare ambijenta/laboratorija gdje se provodi ispitivanje [Pa]



Sl. 24: Uređaj za nedestruktivno mjerenje otpora prolazu topline, propusnost vodene pare i otpora prolazu vodene pare, Permetest



Sl. 25: Programska podrška Permetesta

Permetest se nalazi u klima komori u kojoj je moguće točno odrediti uvjete okoliša. Mjerenja otpora prolazu vodene pare se provode pri temperaturi okoliša 20-25°C i relativnoj vlažnosti zraka 40-50 %. Prvo je potrebno kalibrirati uređaj pomoću standardiziranog uzorka materijala

čija je vrijednost otpora prolazu vodene pare $4,6 \text{ m}^2\text{Pa/W}$.

3.3.4 Određivanje otpora prolazu topline odjevnih kompozita i toplinske izolacije odjeće

Mjerni sustav za određivanje toplinskih svojstava odjevnih kompozita i odjeće, sl. 26, sastoji se od vruće ploče na kojoj se mjeri otpor prolazu topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita, toplinskog manekena na kojem se mjeri toplinska izolacija odjeće i pripadajućih mjernih softvera (PK20130350, 2015).



Sl. 26: Integrirani mjerni sustav za određivanje toplinskih svojstava odjevnih kompozita i odjeće

Mjerna metoda je uspostavljena prema normi HRN EN ISO 15831 (HRN EN ISO 15831:2005, 2005). Kako bi se mjerenja na oba uređaja odvijala pri istim uvjetima okoliša, instalirani su u zajedničku klima komoru.

Vruća ploča je uređaj koji se koristi za određivanje otpora prolazu topline kako bi se odredio utjecaj vrste ugradbenih materijala i konstrukcija odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće, sl. 27.

Mjerenje otpora prolazu topline na korištenoj vrućoj ploči izvodi se pri turbulentnom strujanju (kod ostalih vrućih ploča koje se mogu naći na tržištu mjerenja se provode pri laminarnom strujanju), kao i mjerenje toplinske izolacije odjeće na toplinskom manekenu koji je smješten u istoj klima komori. Time se mogu dobiti mjerni rezultati otpora prolazu topline kroz odjevne kompozite i toplinske izolacije gotovih odjevnih predmeta pri istim uvjetima okoliša.



Sl. 27: Vruća ploča za određivanje otpora prolazu topline odjevnih kompozita

Toplinski maneken je konstruiran na način da se mjerenja mogu izvoditi na svim ili samo određenim segmentima, kojih je ukupno 24. Oznake, nazivi i površina pojedinog segmenta prikazana je u tab. 19.

Unutar toplinskog manekena instalirani su električni grijači, 14 mikrokontrolerskih sklopova i pneumatski sustav za pokretanje ruku i nogu te senzori temperature. Njime se može mjeriti toplinska izolacija u statičkom modu (simulacija čovjeka u mirovanju) i dinamičkom modu (simulacija hodanja pri brzini od 45 ± 2 dvostruka koraka/min i 45 ± 2 dvostruka pokreta rukama/min).

Na lijevom dijelu sučelja programske podrške za upravljanje i mjerenje vrućom pločom, sl. 28,

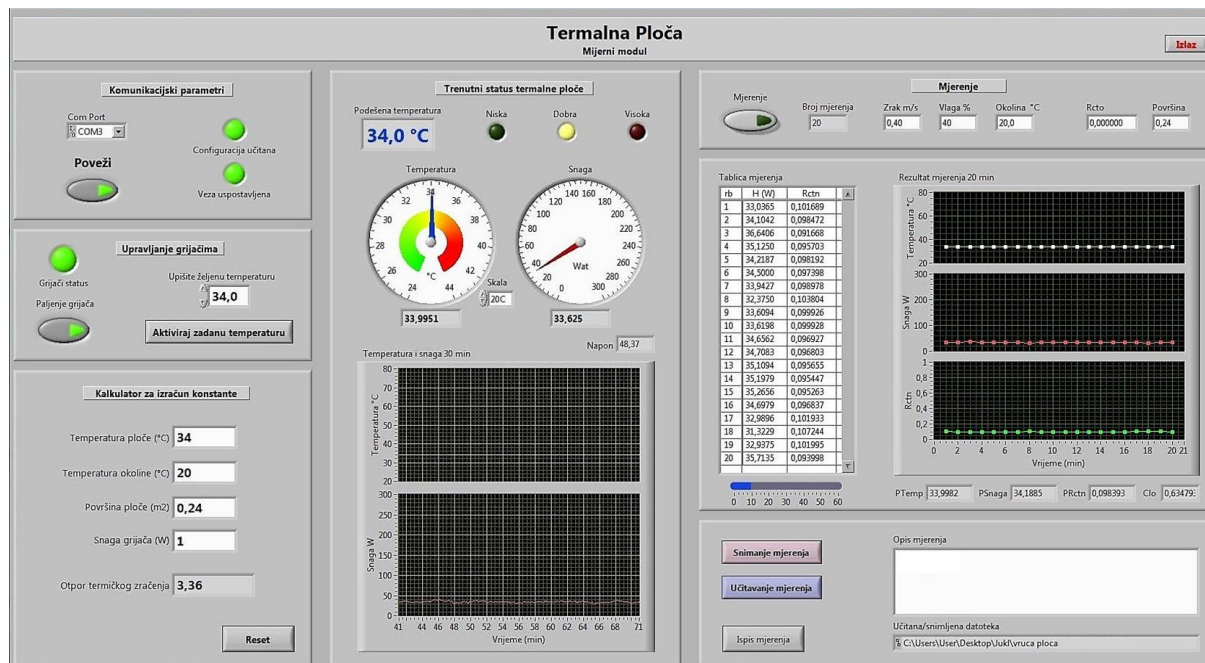
se nalaze parametri za uspostavljanje veze između vruće ploče i računala, te dio za uključivanje grijača, te aktiviranje zadane temperature. Na donjem desnom dijelu sučelja nalazi se kalkulator za izračunavanje konstante toplinskog otpora, a na središnjem dijelu trenutni status mjerenih parametara. Ispod analognih mjernih pokazivača iscrtavaju se dijagrami temperature vruće ploče i potrebne snage koja je potrebna da vruća ploča održava zadanu temperature. Desni dio prikaza na monitoru predstavlja mjerno područje gdje se očitava temperatura vruće ploče, snaga grijača vruće ploče i otpor prolazu topline za vruću ploču za svaku minutu mjerenja. Ispod dijagrama se automatski upisuje prosječna temperatura, prosječna utrošena snaga, te ukupni otpor prolazu topline. Na donjem dijelu prikaza na monitoru moguće je upisati važne podatke mjerenja.

Tab. 19: Segmenti na toplinskom manekenu instaliranom u Laboratoriju za termoizolacijska svojstva odjeće

Broj segmenta	Oznaka segmenta	Naziv segmenta	Površina segmenta /m ²
1.	GL-L	Glava - lijevo	0,05727
2.	GL-D	Glava - desno	0,05555
3.	PRSA	Prednji dio trupa	0,28031
4.	LEĐA	Stražnji dio trupa	0,28446
5.	RLN – U	Ruka, lijeva nadlaktica - unutarnja	0,02915
6.	RLN - V	Ruka, lijeva nadlaktica - vanjska	0,04433
7.	RDN – U	Ruka, desna nadlaktica - unutarnja	0,02960
8.	RDN – V	Ruka, desna nadlaktica - vanjska	0,04157
9.	RLP – U	Ruka, lijeva podlaktica - unutarnja	0,03603
10.	RLP – V	Ruka, lijeva podlaktica - vanjska	0,02294
11.	RDP – U	Ruka, desna podlaktica - unutarnja	0,03496
12.	RDP – V	Ruka, desna podlaktica - vanjska	0,02471
13.	RL – Š	Ruka, lijeva - šaka	0,03213
14.	RD - Š	Ruka, desna - šaka	0,03117
15.	NLN – U	Noga, lijeva natkoljenica - unutarnja	0,11539
16.	NLN – V	Noga, lijeva natkoljenica - vanjska	0,09821
17.	NDN – U	Noga, desna natkoljenica - unutarnja	0,11327
18.	NDN – V	Noga, desna natkoljenica - vanjska	0,10210
19.	NLP – U	Noga, lijeva potkoljenica - unutarnja	0,05698
20.	NLP - V	Noga, lijeva potkoljenica - vanjska	0,06783
21.	NDP – U	Noga, desna potkoljenica - unutarnja	0,05866
22.	NDP - V	Noga, desna potkoljenica - vanjska	0,06758
23.	NL - S	Noga, lijeva - stopalo	0,04186
24.	ND - S	Noga, desna - stopalo	0,04315
Ukupno:			1,76921

Na lijevom dijelu sučelja za upravljanje toplinskim manekenom, sl. 29, nalaze se komunikacijski parametri za uspostavljanje veze između toplinskog manekena i računala, a na središnjem dijelu zaslona prikazan je toplinski maneken s naznačenim segmentima. 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.

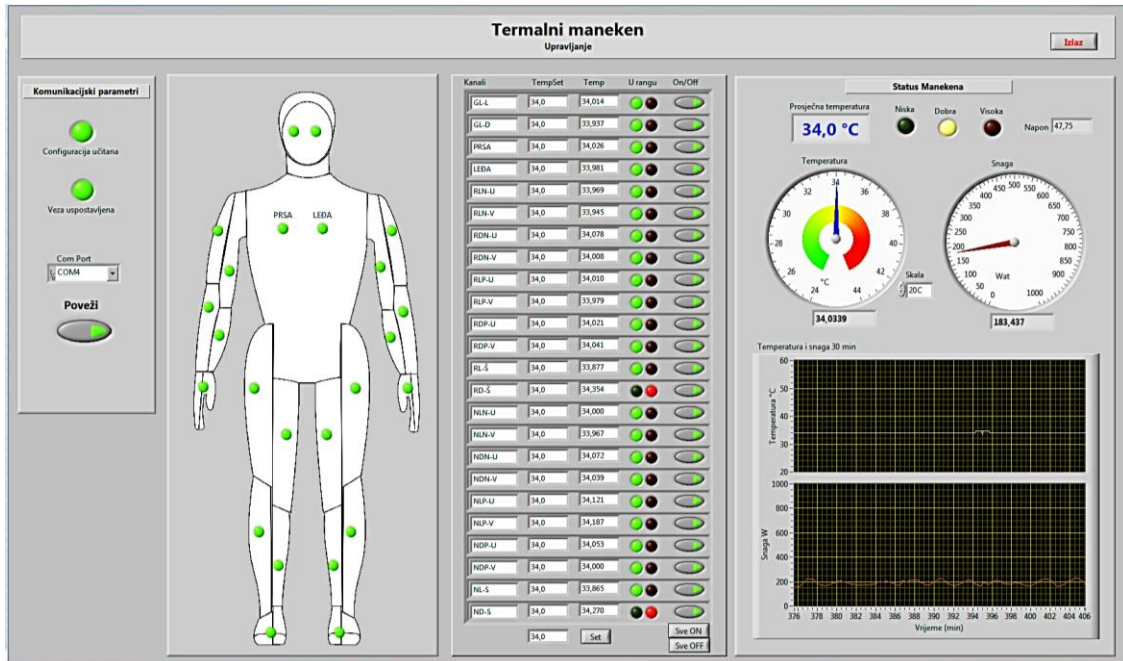


Sl. 28: Sučelje programske podrške za upravljanje i mjerenje vrućom pločom

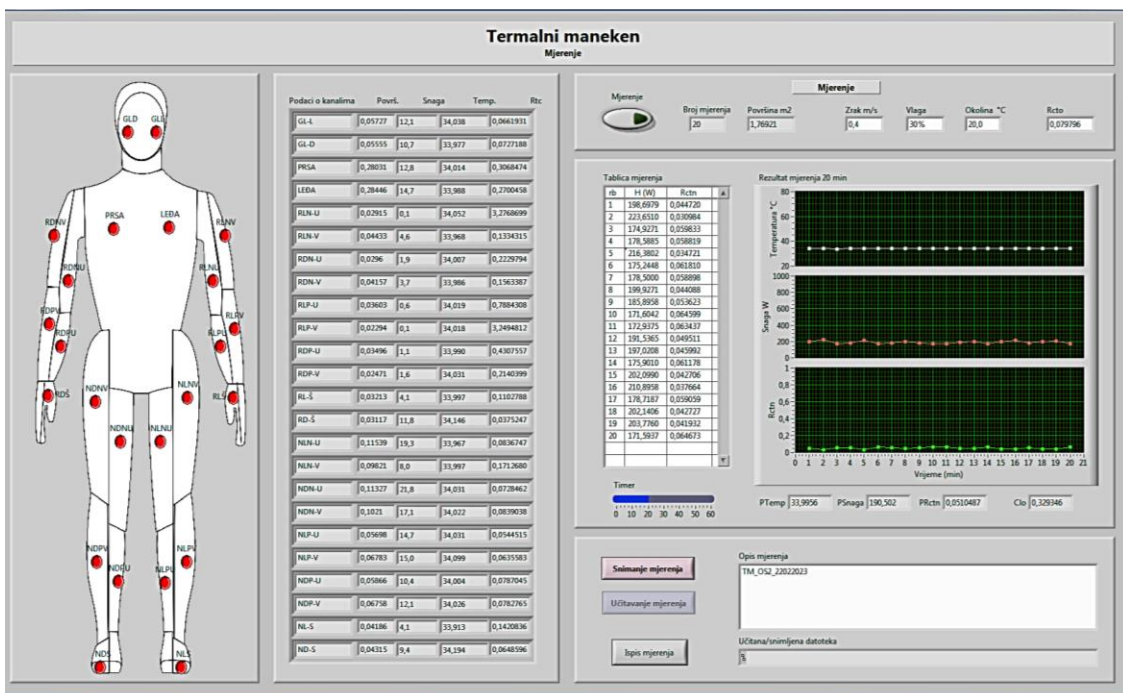
Zaslon za mjerenje na toplinskom manekenu, sl. 30, se sastoji od prikaza toplinskog manekena s naznačenim segmentima. Za svaki segment prikazana je površina, trenutna snaga koja je potrebna da se segment održava na zadanoj temperaturi, trenutne temperature segmenata i toplinske izolacije pojedinog segmenta. Desni dio zaslona predstavlja mjerno područje u kojem su vidljivi mjereni parametri, odnosno prosječna temperatura i snaga grijača mjenjenih segmenata, te dijagrami prosječne izmjerene temperature, prosječna snage grijanja i prosječna toplinska izolacija 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 mjenjenih segmenata, prosječna utrošena snaga, te ukupna toplinska izolacija. Na donjem dijelu zaslona moguće je upisati važne podatke mjerenja.

Tijekom održavanja konstantnih temperatura mjerne površine vruće ploče, odnosno toplinskog manekena, mjeri se električna snaga potrebna za zagrijavanje mjerne površine uređaja. Tijek mjerenja se prati na sučeljima programske podrške, a dobiveni mjerni rezultati,

se arhiviraju u bazu podataka te se naknadno analiziraju i statistički obrađuju.



Sl. 29: Sučelje programske podrške za upravljanje toplinskim manekenom

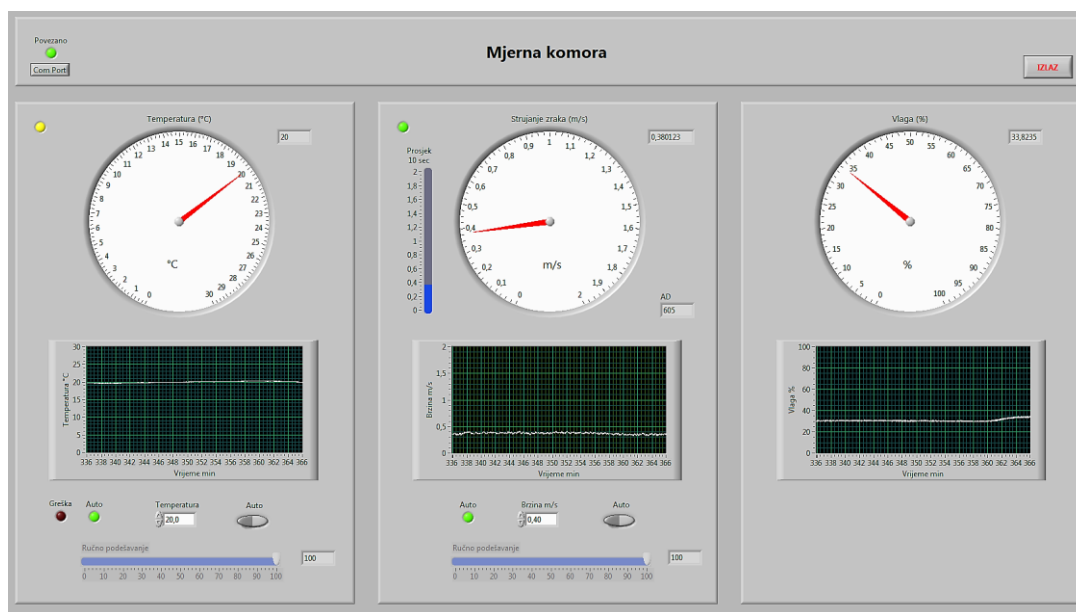


Sl. 30: Sučelje programske podrške za mjerenje na toplinskom manekenu

Prije početka mjerenja potrebno je podesiti parametre okoliša: temperaturu, strujanje zraka i relativnu vlažnost zraka. Nakon uspostave stabilnih okolišnih uvjeta, određuje se konstanta vruće ploče i/ili toplinskog manekena. Nakon određivanja konstante polaže se sloj odjevnog

kompozita na površinu vruće ploče ili se toplinski maneken oblači u odabrani odjevni predmet (ili odjevni sustav), te se prati rad uređaja do postizanja nove toplinske ravnoteže. Po postizanju ravnoteže, odnosno po stabilizaciji vrijednosti parametara izvode se mjerenja i izračunavanja otpora prolazu topline na vrućoj ploči, odnosno toplinske izolacije na toplinskom manekenu (Jukl et al., 2022).

Sučelje za upravljanje parametrima u klima komori, sl. 31, se sastoji od segmenta za upravljanje temperaturom u klima komori (lijevo), segmenta za upravljanje brzinom strujanja zraka (sredina), te segmenta za praćenje vlažnosti zraka u klima komori (desno).



Sl. 31: Sučelje programske podrške za upravljanje klima komorom

Kad se uspostave stabilni okolišni uvjeti u klima komori potrebno je odrediti tzv. konstantu vruće ploče i/ili toplinskog manekena R_{ct0} koja se određuje sljedećim izrazom:

$$R_{ct0} = \frac{(T_s - T_a) \cdot A}{H_0} \quad (26)$$

gdje je:

R_{ct0} - ukupni otpor prolazu topline prazne površine mjernog uređaja zajedno s graničnim slojem zraka uz površinu, [$m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$]

A - površina na kojoj se izvode mjerenja, [m^2]

T_s - površinska temperatura mjerne površine, [$^\circ\text{C}$]

T_a - temperatura okoliša u klima komori, [$^\circ\text{C}$]

H_0 - električna snaga potrebna za zagrijavanje prazne mjerne površine, [W]

Nakon određivanja konstante R_{ct0} polaže se sloj ugradbenog materijala ili slojevi odjevnih kompozita na površinu vruće ploče ili se na toplinski maneken odijeva odjevni predmet i prati

se rad uređaja do postizanja nove toplinske ravnoteže.

Po postizanju ravnoteže, što se vidi po stabilizaciji vrijednosti parametara (brojčano i putem dijagrama), izvodi se niz mjerenja i izračunavanja toplinskog otpora R_{ct} prema izrazu:

$$R_{ctn} = \frac{(T_s - T_a) \cdot A}{H} - R_{ct0} \quad (27)$$

gdje je:

H - električna snaga potrebna za održavanje temperature mjerne površine na kojoj se nalazi mjerni uzorak (ugradbeni materijal, odjevni kompozit ili odjeća), [W]

3.3.5 Određivanje diferencijalnih gradijenata temperatura u odjevnim kompozitima i odjeći

Za mjerenje na novorazvijenom, patentiranom i umjerenom uređaju za određivanje diferencijalnih gradijenata temperatura unutar slojeva odjevnih kompozita i odjeće uspostavljena je nova metoda. U daljnjem tekstu bit će prikazane teoretske postavke metode, a potom i konstrukcijske značajke mjernog sustava (P20211208A, 2021).

U ugradbenim materijalima te odjevnim kompozitima, prijenos topline odvija se pretežno u jednom smjeru (smjer x). Takvi slučajevi nastaju osobito onda kada su dimenzije u drugim smjerovima, y i z , znatno veće (npr. duljina i širina tekstilnih plošnih proizvoda spram njihove debljine) ili kada je toplinski tok u tim smjerovima namjerno sprječavan postavljanjem toplinske izolacije materijala kroz koje je provođenje topline vrlo slabo zbog malog koeficijenta vodljivosti topline λ (npr. granice radnih prostora u mjernom uređaju). U stacionarnom stanju ne mijenja se oblik temperaturnog polja u krutoj tvari pa svaka materijalna točka krute tvari prima jednaku količinu topline od toplijih susjednih materijalnih točaka i isto toliko predaje hladnijim susjednim materijalnim točkama. Stacionarno stanje se opisuje iskazom da je $Q = \text{konst.}$ Za takvo stanje približno vrijedi: $Q_x = Q_{\text{konst.}}$, dok su $Q_y = 0$ i $Q_z = 0$ teorijska pretpostavka, moguća samo uz idealnu izolaciju u smjerovima y i z (Firšt Rogale et al., 2021a).

Za ovaj fizikalni model je karakteristično da je površina ravnog toplinsko izolacijskog sloja kroz koji prolazi toplinski tok konstantna, $A = \text{konst.}$ Kako je u stacionarnom stanju $Q = \text{konst.}$, to je u ovom slučaju i $q = Q/A = \text{konst.}$, sl. 32 (Firšt Rogale et al., 2021a).

U skladu s ranije usvojenim pretpostavkama da cijela površina sloja A_1 na lokaciji x_1 ima jednaku temperaturu T_1 , a cijela ploha A_2 na lokaciji x_2 ima temperaturu T_2 , Fourierova jednažba za diferencijalni sloj debljine dx glasi (Firšt Rogale et al., 2021a):

$$q = \frac{Q}{A} = -\lambda \frac{dT}{dx} = \text{const.} \quad (28)$$

odnosno:

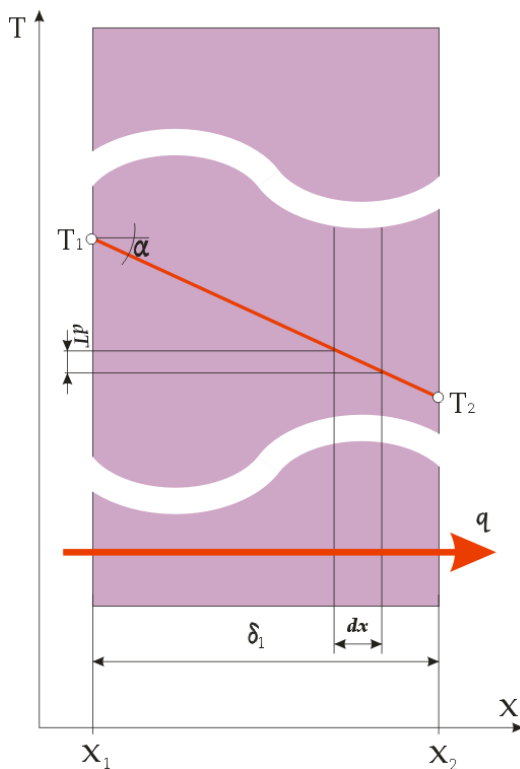
$$q dx = -\lambda dT \quad (29)$$

Uzimajući u obzir da je $q = \text{konst.}$ i pretpostavljajući također $\lambda = \text{konst.}$ može se jednažba (29) integrirati,

$$q \int_{x_1}^{x_2} dx = -\lambda \int_{T_1}^{T_2} dT \quad (30)$$

nakon čega se dobiva:

$$q \cdot (x_2 - x_1) = -\lambda \cdot (T_2 - T_1) \quad (31)$$



Sl. 32: Temperaturno polje u ravnom toplinsko izolacijskom sloju za slučaj $q = \text{konst.}$ (Firšt Rogale et al., 2021)

Kako je $x_2 - x_1 = \delta$, to konačni rezultat glasi:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (T_1 - T_2) \quad (32)$$

Redosljed indeksa prema matematičkim pravilima je u smjeru pozitivne osi x , pa je iz tog razloga $\delta > 0$, a pozitivan smjer vektora gustoće toplinskog toka, q , poklapa se sa smjerom x . To znači da bi u slučaju kada je $T_1 < T_2$ dobili $q < 0$, sa smjerom prema negativnoj osi x . Obično se pri proračunima na mjestu T_1 upisuje veća, a na mjestu T_2 manja temperatura (obje u °C ili K), tako da je rezultat $q > 0$, a smjer toplinskog toka je jasan iz fizikalne situacije.

Jednadžba (32) može se napisati u obliku:

$$q = \frac{\Delta T}{\frac{\delta}{\lambda}} \quad (33)$$

gdje je $\Delta T = T_1 - T_2$ uzrok prijenosa topline, a (δ/λ) otpor provođenju topline.

Diferencijalni gradijent temperature je dobar pokazatelj za procjenu toplinsko izolacijskih svojstava materijala. On se u skladu s prikazom na sl. 32 može prikazati kao omjer pada temperatura na površinama materijala $(T_1 - T_2)$ i debljine materijala δ .

$$\text{tg } \alpha = \frac{(T_1 - T_2)}{\delta} \quad (34)$$

Kod tekstilnih materijala, prema izrazu (29), će bolja toplinsko izolacijska svojstva imati onaj materijal koji ima veći ostvareni diferencijalni gradijent $\text{tg } \alpha$, odnosno ostvareni veći pad temperatura na gornjem i donjem sloju materijala $(T_1 - T_2)$ uz što manju debljinu materijala δ .

Prijenos topline kroz višeslojni ravni kompozit može se odrediti primjenom jednadžbe (31) na svaki pojedinačni sloj. Na primjer, za troslojnu stjenku prikazanu na sl. 33 (koja se često koristi u odjeći kao podstava, toplinska izolacija, vanjski sloj) mogu se napisati tri jednadžbe:

$$q_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} \cdot (T_1 - T_2) = q \quad (35)$$

$$q_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} \cdot (T_2 - T_3) = q \quad (36)$$

$$q_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} \cdot (T_3 - T_4) = q \quad (37)$$

Množenjem jednačbi s odgovarajućim (δ/λ) na desnim stranama ostaju samo razlike temperature. Zbrajanjem jednačbi dokidaju se temperature među slojevima, T_2 i T_3 , a nakon sređivanja dobiva se:

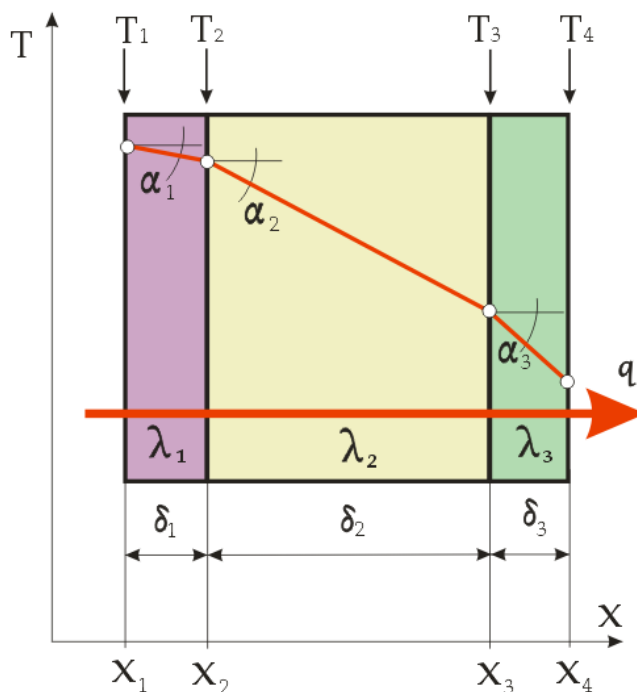
$$q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \quad (38)$$

gdje se u brojniku nalazi razlika temperatura vanjskih ploha, a u nazivniku ukupni otpor prolazu topline.

Za višeslojni ravni kompozit s proizvoljnim brojem slojeva, $i = 2, 3, \dots, n$, i krajnjim temperaturama, T_1 i T_{n+1} , vrijedi jednačba:

$$q = \left(\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right)^{-1} \cdot (T_1 - T_{n+1}) \quad (39)$$

gdje se u nazivniku na desnoj strani nalazi suma pojedinačnih otpora provođenju topline svih slojeva kompozita.



Sl. 33: Temperaturno polje u troslojnom ravnom odjevnom kompozitu ($\lambda = \text{konst.}$) (Firšt Rogale et al., 2021)

Kako svaka ploha, A_i , u svim točkama ima istu temperaturu, T_i , ma kakva ona bila, tada se ukupni toplinski tok može izračunati prema: $Q = q_i \cdot A_i = \text{konst.}$

Diferencijalni gradijenti temperatura prema sl. 33 tada su:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{(T_1 - T_2)}{\delta} \quad (40)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{(T_2 - T_3)}{\delta} \quad (41)$$

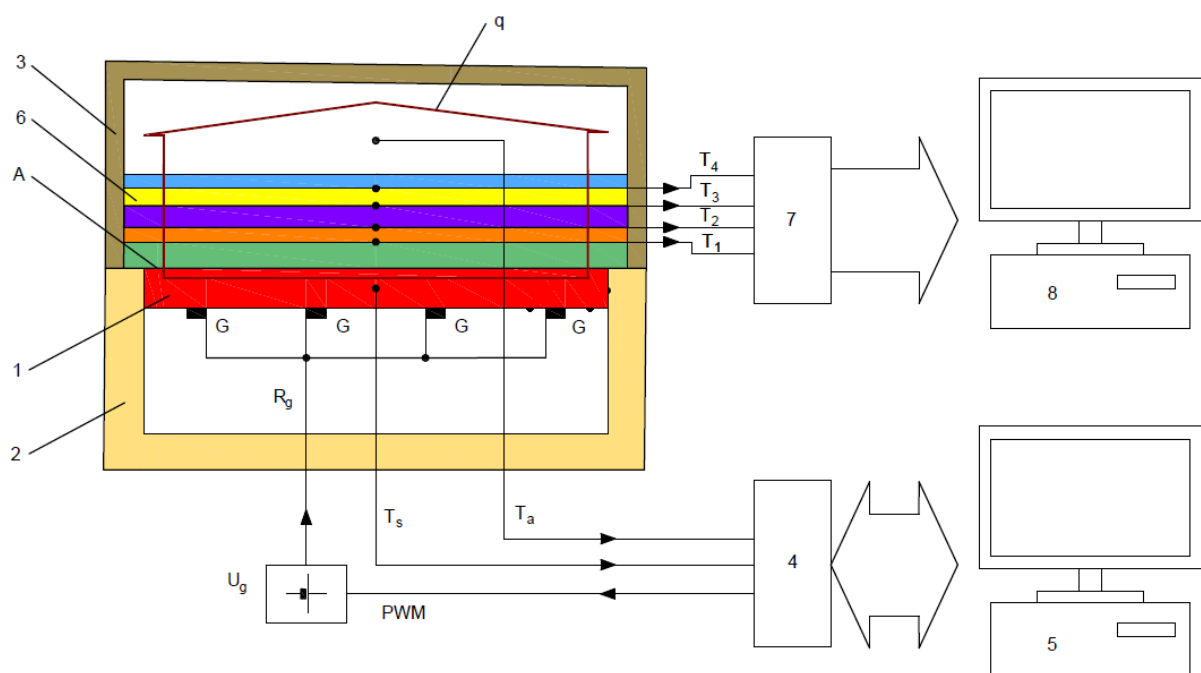
$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{(T_3 - T_4)}{\delta} \quad (42)$$

odnosno općenito za n-ti sloj:

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{(T_n - T_{n+1})}{\delta_n} \quad (43)$$

Za određivanje toplinskih karakteristika kompozita koristi se mjerni sustav prikazan na sl. 34.

Izračun temperaturnih gradijenata i grafički prikaz pada temperatura pri prijenosu topline kroz slojeve, sl. 35, pri čemu se u omjeru ucrta i njihova debljina, vrlo zorno prikazuje toplinsko izolacijski značaj svakog sloja u odjevnom kompozitu.

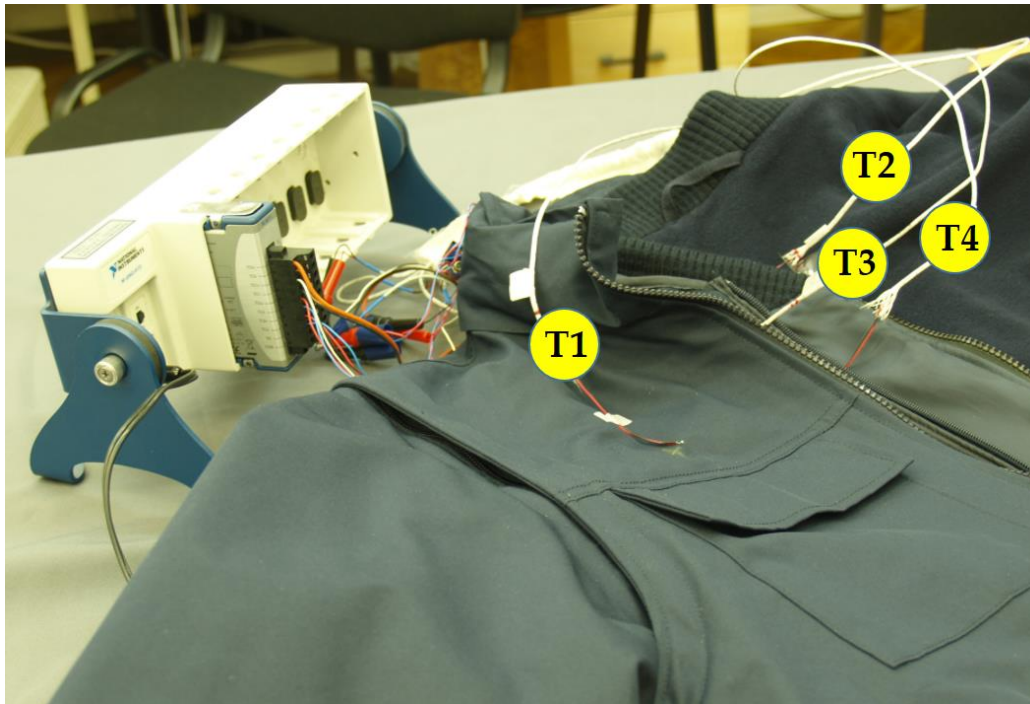


Sl. 34: Uređaj za mjerenja temperaturnih gradijenata u odjevnim kompozitima i odjeći (Firšt Rogale et al., 2021)

Najbolje značajke ima onaj toplinsko izolacijski sloj u kompozitu čija je vrijednost diferencijalnog gradijenta najveća, odnosno koji ostvaruje najveći pad temperatura pri

prijenosu topline kroz njega, a istodobno ima najmanju debljinu.

Mjerenja temperaturnih gradijenata također započinju nakon uspostave stacionarnog stanja i odvijaju se na način da se vrijednosti temperatura T_1 do T_4 sa senzora postavljenih između slojeva odjevnog kompozita dovode do mjernog pojačala i kompenzatora temperature hladnog kraja termoelemenata 7 i potom u mjerno računalo 8. Postavljanje senzora između slojeva odjeće prikazano je na sl. 35.



Sl. 35: Mjerenje temperaturnih gradijenata unutar slojeva odjevnog predmeta

Termoelementi K tipa su izabrani kao senzori temperature jer imaju male dimenzije i ne utječu na deformacije ili promjene debljine slojeva u odjevnom kompozitu. Za mjerno pojačalo odabran je modul za mjerenja temperature s kompenzacijom hladnog kraja termoelementa NI 9211 zajedno s platformom NI cDAQ-9172 tvrtke National Instruments (Firšt Rogale et al., 2021a).

3.3.6 Određivanje kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline i stlačivosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita

Višenamjenski diferencijalni konduktometar, sl. 36 se koristi za određivanje kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline i stlačivosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita, što

je vrlo bitno za utvrđivanje kvalitete gotovih odjevnih predmeta kao i pri projektiranju budućih odjevnih predmeta sa zadanim toplinskim svojstvima (P20171643, 2020; Rogale et al., 2023).



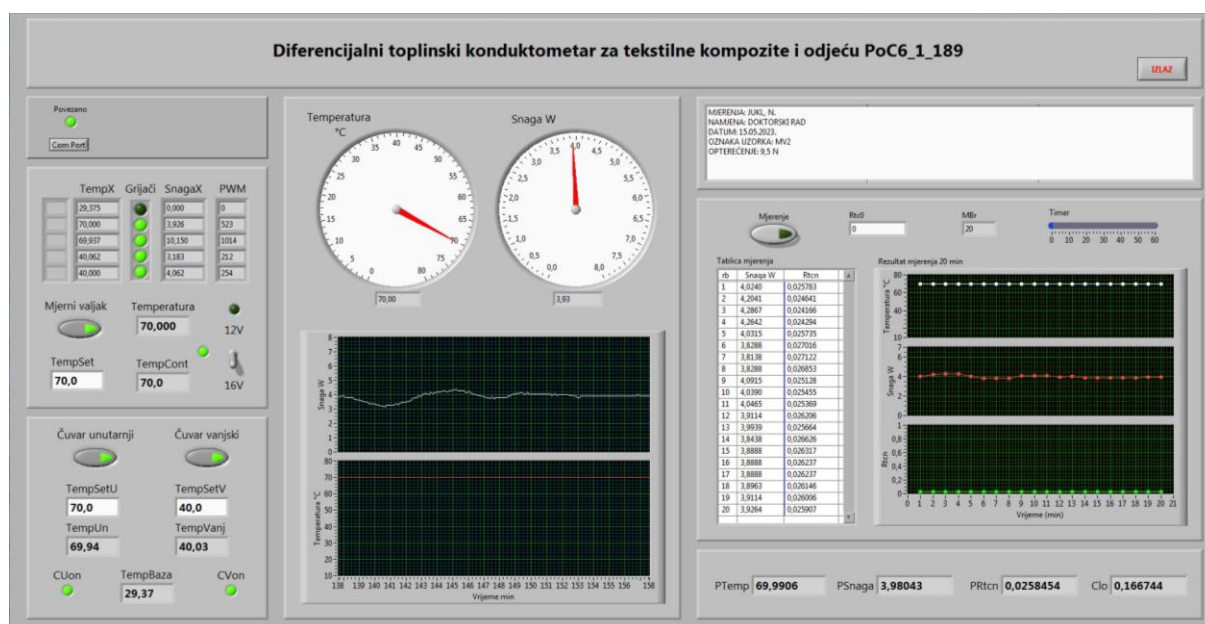
Sl. 36: Višenamjenski diferencijalni konduktometar za odjevne kompozite i odjeću

Višenamjenski diferencijalni konduktometar osim kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline i stlačivosti na pojedinim mjestima odjevnih predmeta, odnosno na ugradbenim materijalima i odjevnim kompozitima, mjeri njihovu debljinu i utjecaj pojedinih slojeva u odjeći ili slojeva u mjernim uzorcima na otpor prolazu topline i to u slobodnom (nestlačenom) stanju i pri djelovanju pritisnih sila koje stlačuju mjerni uzorak (što se događa pri nošenju odjeće i uporabi odjevnih kompozita) (P20171643, 2020).

Ključne tehničke karakteristike uređaja su mehanički dio konduktometra, električni dio grijanih površina, senzorski dio mjerenja temperatura, regulacijski dio za održavanje konstantnih zadanih temperatura, sustav za mjerenje električne snage grijača mjerne površine,

upravljačko mjerno mikroročunalo, međusklop za komunikaciju s osobnim računalom i softveri za mikroročunalo i osobno računalo za prijem podataka, pohranjivanje podataka, prikaz podataka mjerenja i potrebnih izračuna u grafičkom i tabelarnom prikazu na sučelju programske podrške, te za ispis podataka. Mjerni sustav regulira snagu pri održavanju parametara kod uspostave termodinamičke ravnoteže na temelju koje je moguće izmjeriti ukupnu toplinsku vodljivost odjevnih kompozita i dijelova odjeće te utvrditi utjecaj svakog pojedinog sloja na ukupnu kontaktnu toplinsku vodljivost.

Na sl. 37 prikazano je sučelje programske podrške za upravljanje višenamjenskim diferencijalnim konduktometrom.



Sl. 37: Sučelje programske podrške za upravljanje višenamjenskim diferencijalnim konduktometrom

U trenutku uspostave toplinske ravnoteže (stacionarnog stanja), izračunava se potrebna snaga mjernog valjka za održavanje toplinske ravnoteže mjernog valjka (H_c) primjenom izraza:

$$H_c = \frac{U_g^2 \cdot P_{PWM}}{R_g} \quad (1)$$

gdje je:

U_g - napon stabiliziranog izvora kojim se napajaju neinduktivni točkasti grijači [V]

P_{PWM} - postotni udio širine PWM impulsa [%]

R_g - ukupni električki otpor neinduktivnih točkastih otpornika [Ω]

Kada se izraz (43) uvrsti u izraz (25) izračun otpora prolazu topline poprima oblik:

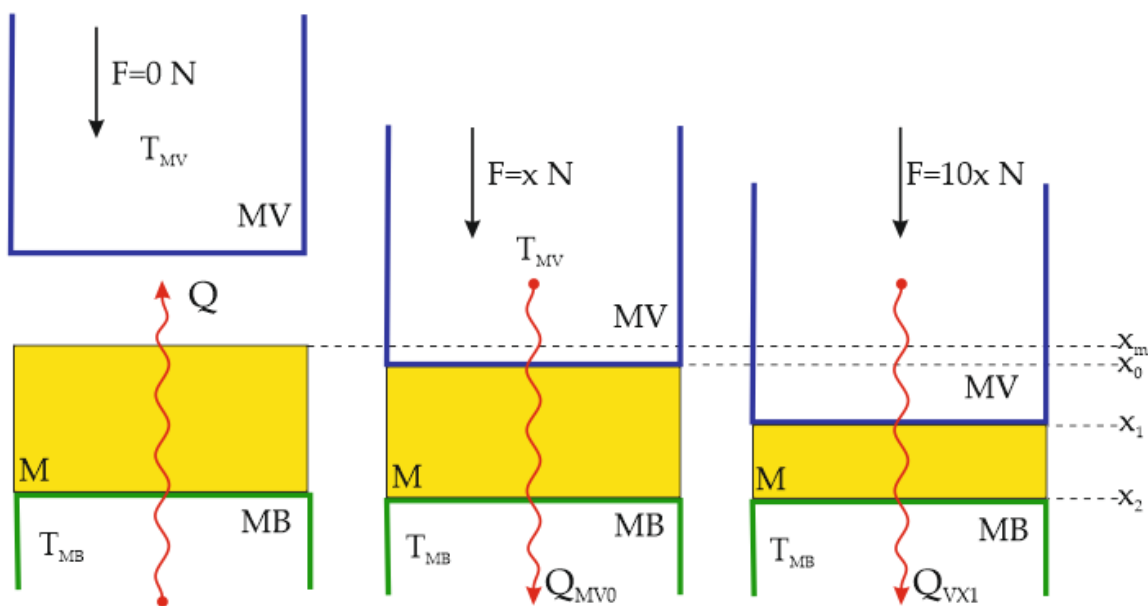
$$R_{ctn} = \frac{(T_s - T_a) \cdot R_g}{U_g^2 \cdot P_{PWM}} \quad (2)$$

Prema izrazu:

$$U = \frac{1}{R_{ctn}} \quad (3)$$

izračunava se kontaktni kondukcijski prijenos topline [W/m²K].

Na sl. 38 prikazano je mjerenje karakterističnih parametara na višenamjenskom diferencijalom konduktometru.



Sl. 38: Mjerenje karakterističnih parametara na višenamjenskom diferencijalom konduktometru (Rogale et al., 2023)

Kod mjerenja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline na višenamjenskom diferencijalnom konduktometru, zagrijava se mjerni valjak MV, sl. 38 tako da se formira toplinski tok Q od mjernog valjka temperature T_{MV} kroz materijal M u mjernu bazu MB temperature T_{MB} , sl. 38a. Mjerni valjak tlači materijal određenom silom prema normi HRN EN ISO 5084:2003 (HRN EN ISO 5084:2003, 2003) za mjerenje debljine materijala, pri čemu dolazi do malog spljoštenja materijala. Visina koju je zauzeo valjak pri toj sili je vrijednost x_0 , odnosno početna referentna pozicija. Pri njoj se formira i mjeri toplinski tok Q_{MV0} , sl. 38. Povećanje tlačne sile mjernog valjka, za 10 puta, dolazi do još većeg stlačivanja materijala pri čemu valjak

zauzme poziciju x_1 . Pri tome se formira i izmjeri toplinski tok Q_{MV1} (Rogale et al., 2023).

Na kraju mjerenja se izvadi mjerni uzorak, a mjerni valjak MV se spušta na visinu x_2 , sl. 38 c.

Tako se stlačivost može izračunati izrazom:

$$S = \frac{x_1}{x_2} \cdot 100 [\%] \quad (4)$$

4. REZULTATI

U ovom poglavlju prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće. Provedena su mjerenja debljine ugradbenih materijala (točka 4.1), određivanje zrakopropusnosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita (točka 4.2), određivanje otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala i odjevnih kompozita (točka 4.3), određivanje otpora prolazu topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita (točka 4.4), određivanje toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkom i dinamičkom modu (točka 4.5) pri čemu je duljina jakne, korištena kao model za realizaciju odjevnih sustava bila u nestegnutom i stegnutom stanju. Provedeno je i mjerenje mase odjevnih sustava, te određivanja efikasnosti toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava (točka 4.5.3).

Nadalje, izvedeno je određivanje diferencijalnih gradijenata temperatura odjevnih kompozita (točka 4.6.1), te odjevnih sustava (točka 4.6.2) kao i određivanje kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline i stlačivosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita (točka 4.7).

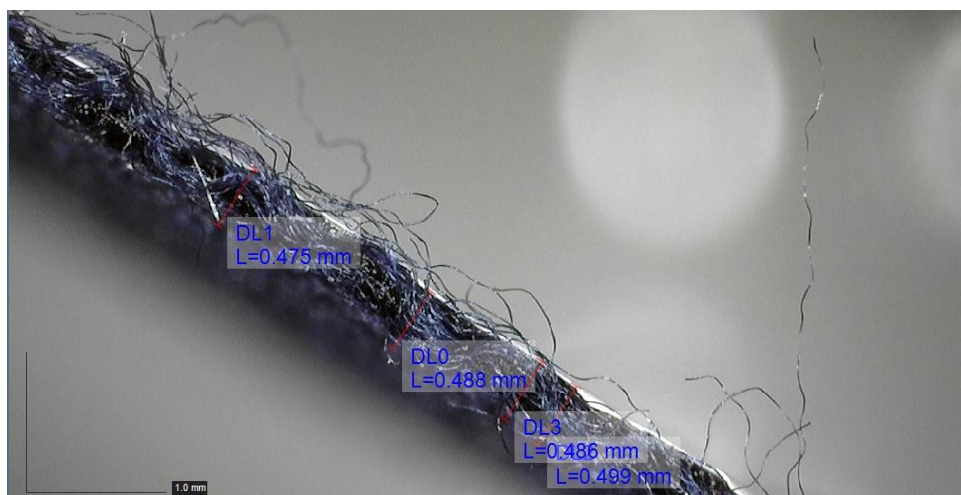
4.1 REZULTATI ODREĐIVANJA DEBLJINE UGRADBENIH MATERIJALA I REPREZENTATIVNIH ODJEVNIH KOMPOZITA

Debljina ugradbenih materijala i reprezentativnih odjevnih kompozita mjerena je uređajem i metodom opisanim u točki 3.3.1. Pri određivanju debljina provedeno je mjerenje na pet različitih mjesta, te je izračunata aritmetička srednja vrijednost za svaki mjereni uzorak. Rezultati mjerenja debljine prikazani su u tab. 20, izgled poprečnih presjeka ugradbenih materijala na sl. 39, te izgled poprečnih presjeka reprezentativnih odjevnih kompozita na sl. 40.

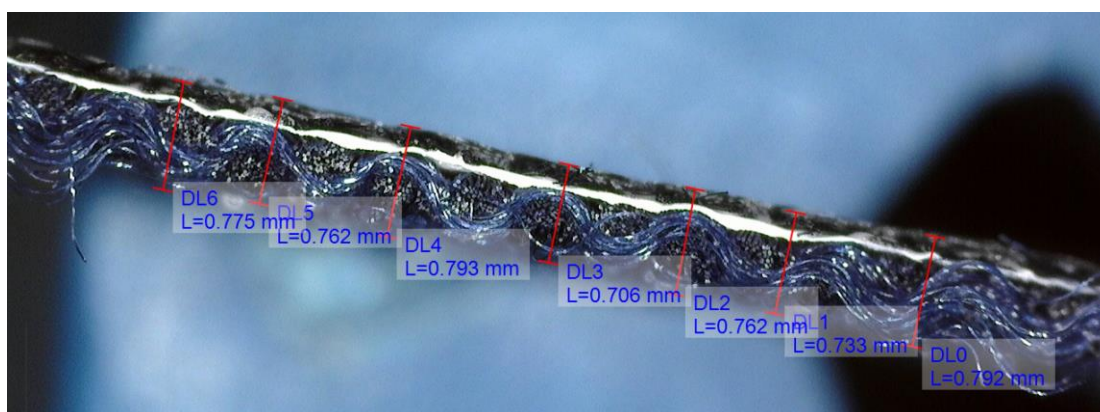
Tab. 20: Rezultati mjerenja debljine ugradbenih materijala

Oznaka uzorka	Debljina materijala, d_m [mm]					\bar{x}
	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7
MV1	0,475	0,488	0,486	0,484	0,475	0,49
MV2	0,775	0,762	0,793	0,706	0,775	0,76
MV3	1,683	1,799	1,670	1,779	1,734	1,73

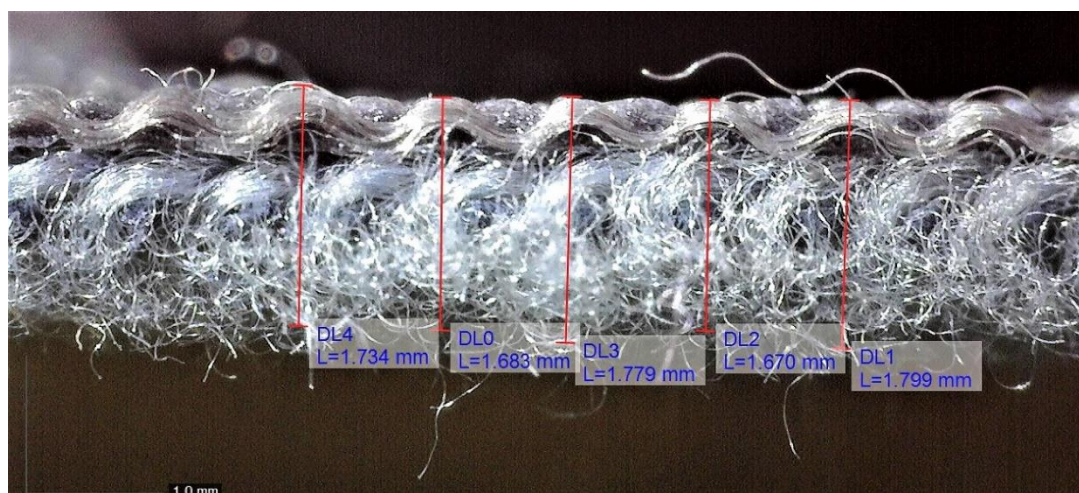
1	2	3	4	5	6	7
MP1	0,244	0,204	0,237	0,214	0,218	0,22
MP2	2,425	2,425	2,488	2,457	2,361	2,43
MP3	3,025	2,904	2,841	2,764	2,777	2,86
OK5	4,816	4,743	4,752	4,704	4,680	4,74
OK10	6,383	6,228	6,207	6,219	6,196	6,25
OK15	7,551	7,479	7,419	7,323	7,284	7,41



a.



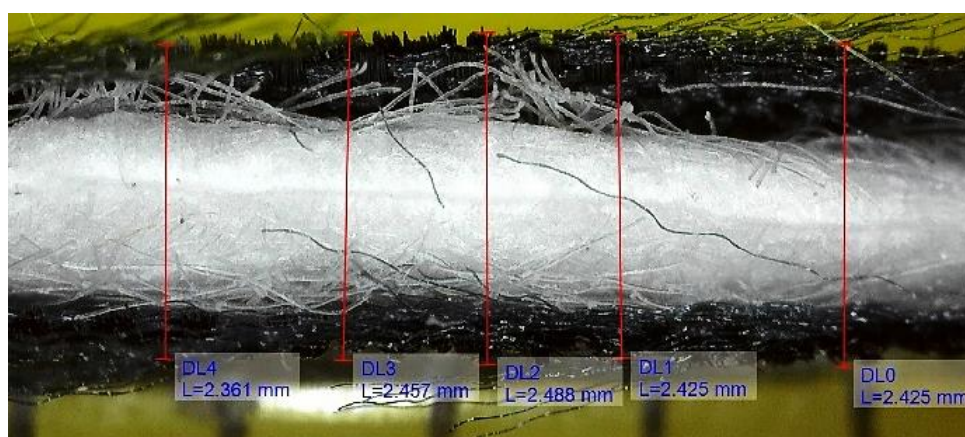
b.



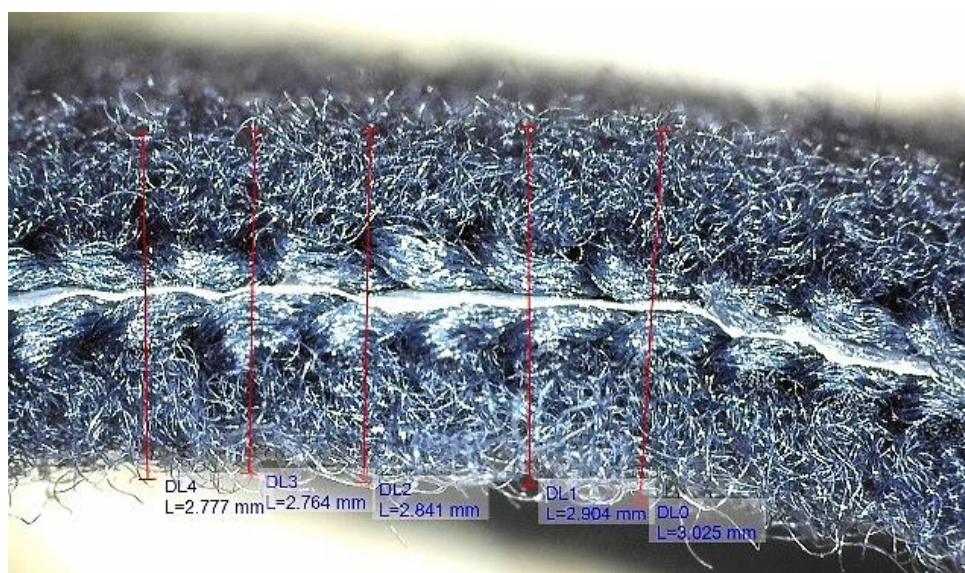
c.



d.

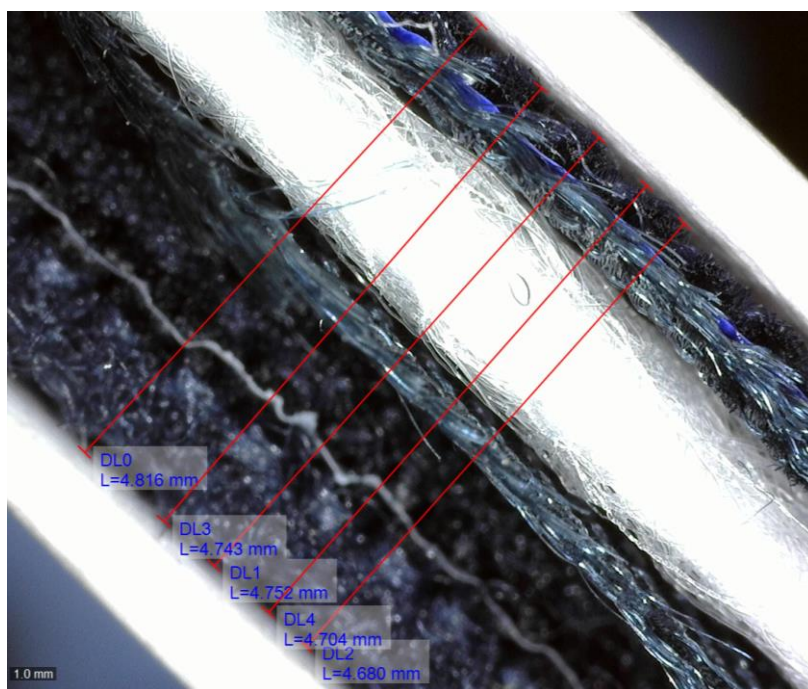


e.

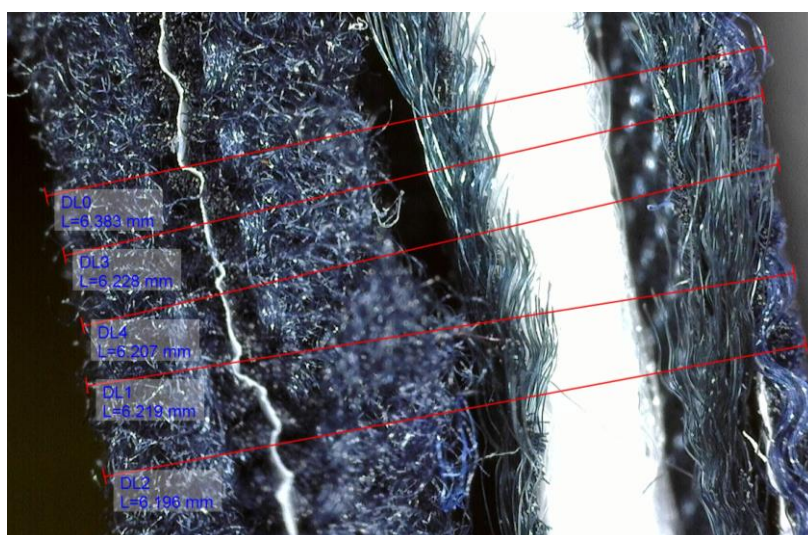


f.

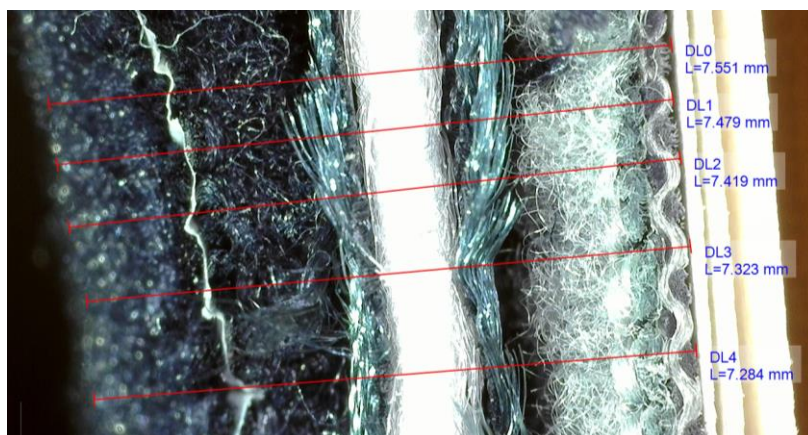
Sl. 39: Poprečni presjeci ugradbenih materijala s prikazanim vrijednostima mjerenja njihove debljine Dino-Lite digitalnim mikroskopom: a. dvoslojni laminirani materijal (MV1); b. troslojni laminirani materijal (MV2); c. troslojni laminirani materijal (MV3); d. podstavni materijal (MP1); e. romboidno prošivena podstava (MP2); f. micro-fleece materijal (MP3)



a.



b.



c.

Sl. 40: Poprečni presjeci odjevnih kompozita s prikazanim vrijednostima mjerenja njihove debljine Dino-Lite digitalnim mikroskopom: a. OK5 (MV1+MP2+MP3); b. OK10 (MV2+MP2+MP3); c. OK15 (MV3+MP2+MP3)

4.2 REZULTATI ODREĐIVANJA ZRAKOPROPUSNOSTI

U nastavku doktorskog rada, koristeći mjernu metodu, te uređaj koji je opisan u točki 3.3.2, prikazani su rezultati određivanja zrakopropusnosti ugradbenih materijala, te reprezentativnih odjevnih kompozita svake skupine, kao i statistička analiza dobivenih podataka.

4.2.1 Rezultati određivanja zrakopropusnosti ugradbenih materijala

Provedena su mjerenja zrakopropusnosti svih ugradbenih materijala. Ispitna mjerna površina je 20 cm², tlak primijenjen na uzorku 100 Pa, a veličina mlaznice 6 mm. Mjerenja su provedena pri uvjetima okoliša: prosječna temperatura okoliša 25°C i relativna vlažnost zraka 43%.

Dvoslojni laminirani materijal (MV1) i troslojni laminirani materijali (MV2, MV3 i MP3) su, pri navedenim mjernim uvjetima, zrakonepropusni s lica i naličja.

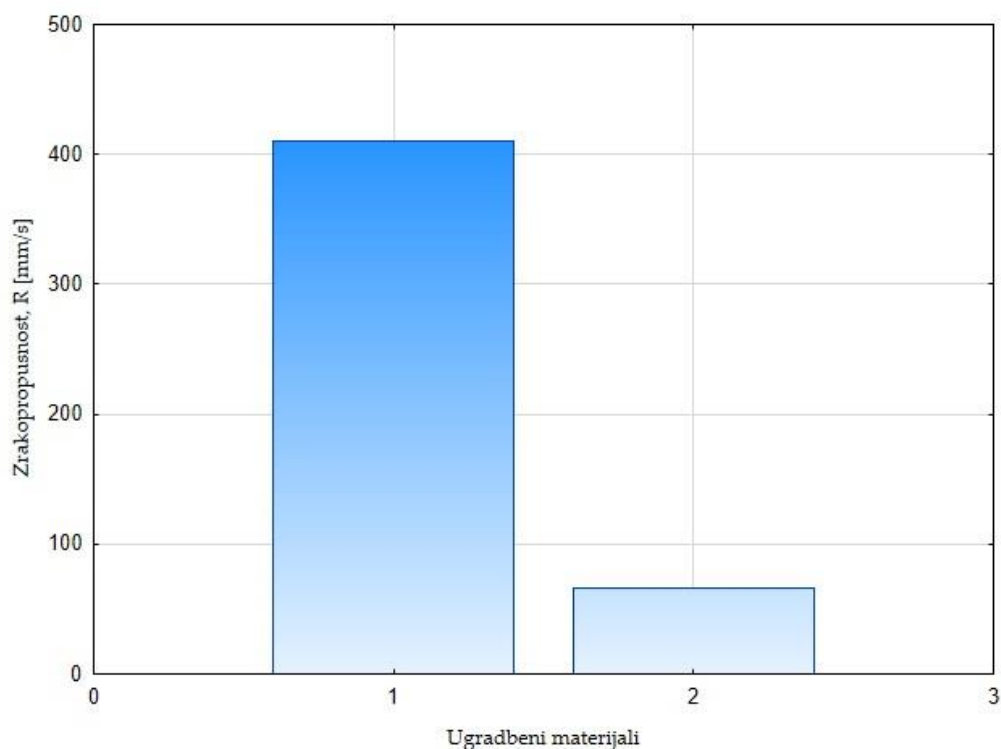
Rezultati ispitivanja zrakopropusnosti podstavnog materijala (MP1) i romboidno prošivene podstave (MP2) prikazani su u tab. 21-22.

Tab. 21: Rezultati određivanja zrakopropusnosti podstavnog materijala MP1

		Tlak primijenjen na uzorku [Pa]	Tlak mlaznice [Pa]	Zrakopropusnost, R [mm/s]
Redni broj mjerenja	1	100,39	580,36	405,44
	2	99,81	585,83	407,35
	3	100,97	594,98	410,52
	4	100,61	594,12	410,22
	5	100,61	590,30	408,90
	6	100,90	597,36	411,34
	7	100,61	605,50	414,13
	8	100,90	597,14	411,26
	9	100,02	584,83	4070
	10	100,75	599,66	412,13
Najveća izmjerena vrijednost zrakopropusnosti, R _{max} [mm/s]		100,97	605,50	414,13
Najmanja izmjerena vrijednost zrakopropusnosti, R _{min} [mm/s]		99,81	580,36	405,44
Zrakopropusnost, R [mm/s]		100,56	593,01	409,83
Koeficijent varijacije [%]		0,38	1,29	0,65
95% interval vrijednosti		(100,132; 100,79)	(588,26; 597,75)	(408,19; 411,47)

Tab. 22: Rezultati određivanja zrakopropusnosti romboidno prošivene podstave MP2

		Tlak primijenjen na uzorku [Pa]	Tlak mlaznice [Pa]	Zrakopropusnost, R [mm/s]
Redni broj mjerenja	1	100,24	16,27	67,90
	2	100,90	16,85	69,09
	3	100,53	16,78	68,94
	4	100,10	16,63	68,65
	5	100,82	16,56	68,50
	6	100,46	16,27	67,90
	7	100,68	14,98	65,14
	8	100,90	14,33	63,71
	9	100,46	13,90	62,75
	10	100,46	14,62	64,35
Najveća izmjerena vrijednost zrakopropusnosti, R_{\max} [mm/s]		100,90	16,85	69,09
Najmanja izmjerena vrijednost zrakopropusnosti, R_{\min} [mm/s]		100,10	13,90	62,75
Zrakopropusnost, R [mm/s]		100,56	15,72	66,69
Koeficijent varijacije [%]		0,27	7,20	3,64
95% interval vrijednosti		(100,39; 100,72)	(15,02; 16,42)	(65,19; 68,20)



Sl. 41: Grafički prikaz rezultata mjerenja zrakopropusnosti ugradbenih materijala

Napomena: oznake na sl. 41 su: 1-ugradbeni materijal MP1, 2-ugradbeni materijal MP2

4.3 REZULTATI ODREĐIVANJA OTPORA PROLAZU VODENE PARE

U nastavku su prikazani rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare na ugradbenim materijalima: dvoslojnom laminiranom materijalu (MV1), troslojnim laminiranim materijalima (MV2, MV3), podstavnom materijalu (MP1), romboidno prošivenoj podstavi (MP2) i micro-fleece materijalu (MP3), na odjevnim kompozitima OK4, OK9 i OK14, te na reprezentativnim odjevnim kompozitima OK5, OK10 i OK15. Odjevni kompozit OK4 sastoji se od dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), micro-fleece materijala (MP3) i romboidno prošivene podstave (MP2), odjevni kompozit OK9 od troslojnog laminiranog materijala (MV2), micro-fleece materijala (MP3) i romboidno prošivene podstave (MP2), a odjevni kompozit OK14 od troslojnog laminiranog materijala (MV3), micro-fleece materijala (MP3) i romboidno prošivene podstave (MP2). Reprezentativni odjevni kompozit OK5 sačinjava dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3), a odjevni kompozit OK10 troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3). Odjevni kompozit OK15 sačinjavaju troslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3).

4.3.1 Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala

Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), te troslojno laminiranih materijala (MV2 i MV3) prikazani su u tab. 23-25. Ispitivanja su provedena pri prosječnoj temperaturi okoliša od 24°C, te relativnoj vlažnosti zraka od 53%.

Tab. 23: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare za dvoslojni laminirani materijal (MV1)

Broj mjerenja:	1	2	3	\bar{x}
Otpor prolazu vodene pare referentnog materijala, Ret [m ² Pa/W]	4,70	4,60	4,60	4,63
Otpor prolazu vodene pare uzorka MV1, Ret [m ² Pa/W]	3,00	2,80	2,80	2,87
Relativna propusnost vodene pare, W [%]	66,40	68,00	68,50	67,63

U nastavku su prikazani rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala koji su korišteni kao podstavni materijali i/ili materijali za izradu toplinskih umetaka (MP1, MP2 i MP3), tab. 26-30.

Tab. 24: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare za troslojni laminirani materijal (MV2)

Broj mjerenja:	1	2	3	\bar{x}
Otpor prolazu vodene pare referentnog materijala, Ret [m ² Pa/W]	4,20	4,70	4,90	4,60
Otpor prolazu vodene pare uzorka MV2, Ret [m ² Pa/W]	3,00	2,80	2,90	2,90
Relativna propusnost vodene pare, W [%]	64,60	66,60	66,50	65,90

Tab. 25: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare za troslojni laminirani materijal (MV3)

Broj mjerenja:	1	2	3	\bar{x}
Otpor prolazu vodene pare referentnog materijala, Ret [m ² Pa/W]	4,50	4,70	4,90	4,70
Otpor prolazu vodene pare uzorka MV3, Ret [m ² Pa/W]	10,10	10,40	10,00	10,17
Relativna propusnost vodene pare, W [%]	36,50	36,10	36,10	36,23

Tab. 26: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare za podstavni materijal (MP1)

Broj mjerenja	1	2	3	\bar{x}
Otpor prolazu vodene pare referentnog materijala, Ret [m ² Pa/W]	4,70	4,70	4,60	4,67
Otpor prolazu vodene pare uzorka MP1, Ret [m ² Pa/W]	0,50	0,50	0,90	0,63
Relativna propusnost vodene pare, W [%]	85,30	79,80	81,20	82,70

Tab. 27: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare za romboidno prošivenu podstavu (MP2)

Broj mjerenja	1	2	3	\bar{x}
Otpor prolazu vodene pare referentnog materijala, Ret [m ² Pa/W]	4,30	4,90	4,80	4,67
Otpor prolazu vodene pare uzorka MP2, Ret [m ² Pa/W]	5,70	6,00	6,10	5,93
Relativna propusnost vodene pare, W [%]	49,90	49,00	48,50	49,13

Tab. 28: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare za micro-fleece materijal (MP3)

Broj mjerenja	1	2	3	\bar{x}
Otpor prolazu vodene pare referentnog materijala, Ret [m ² Pa/W]	4,4	4,8	4,6	4,60
Otpor prolazu vodene pare uzorka MP3, Ret [m ² Pa/W]	12,80	12,60	12,80	12,73
Relativna propusnost vodene pare, W [%]	30,80	31,30	31,20	31,10

Sva mjerenja provedena su u skladu s mjernom metodom opisanom u točki 3.3.3, u klima komori pri definiranim uvjetima mjerenja u skladu s normama.

4.3.2 Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare na reprezentativnim odjevnim kompozitima

Mjerenja su izvedena pri uvjetima okoliša: temperatura 24 ± 5 °C i relativna vlažnost zraka $53\pm 1\%$. Prikazani su rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare na reprezentativnim odjevnim kompozitima oznaka OK5, OK10 i OK15, koji se sastoje od tri sloja, odnosno različitih kombinacija tri ugradbena materijala. Varijacije kombinacija su u promjeni ugradbenog materijala koji se koristi kao vanjska školjka na gotovim odjevnim sustavima, dok su druga dva sloja romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3), koji imaju isti redoslijed ugradnje u odjevni kompozit. Prvi sloj materijala, koji je ujedno i najbliži ljudskom tijelu, je micro-fleece materijal (MP3) od kojeg je izrađen toplinski umetak. Drugi sloj materijala je romboidno prošivena podstava (MP2) koji je u odjevnom sustavu korišten kao podstavni materijal. Treći sloj odjevnog kompozita su ugradbeni materijali korišteni za izradu vanjskih školjki: kod OK5 dvoslojni laminirani materijal (MV1), kod OK10 troslojni laminirani materijal (MV2) i kod OK15 troslojni laminirani materijal (MV3). Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare na odjevnim kompozitima OK4, OK9 i OK14 prikazani su u tab. 52-54 (Prilog 2).

Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare na odjevnom kompozitu oznake OK5 prikazani su u tab. 29, za odjevni kompozit OK10 u

tab. 30 i za OK15 u tab. 31.

Tab. 29: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare kroz reprezentativni uzorak odjevnog kompozita oznake OK5

Broj mjerenja:	1	2	3	\bar{x}
Otpor prolazu vodene pare referentnog materijala, Ret [$\text{m}^2\text{Pa/W}$]	4,80	4,90	4,30	4,67
Otpor prolazu vodene pare uzorka OK5, Ret [$\text{m}^2\text{Pa/W}$]	30,10	30,90	31,80	30,93
Relativna propusnost vodene pare, W [%]	16,30	16,20	16,10	16,20

Tab. 30: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare kroz reprezentativni uzorak odjevnog kompozita oznake OK10

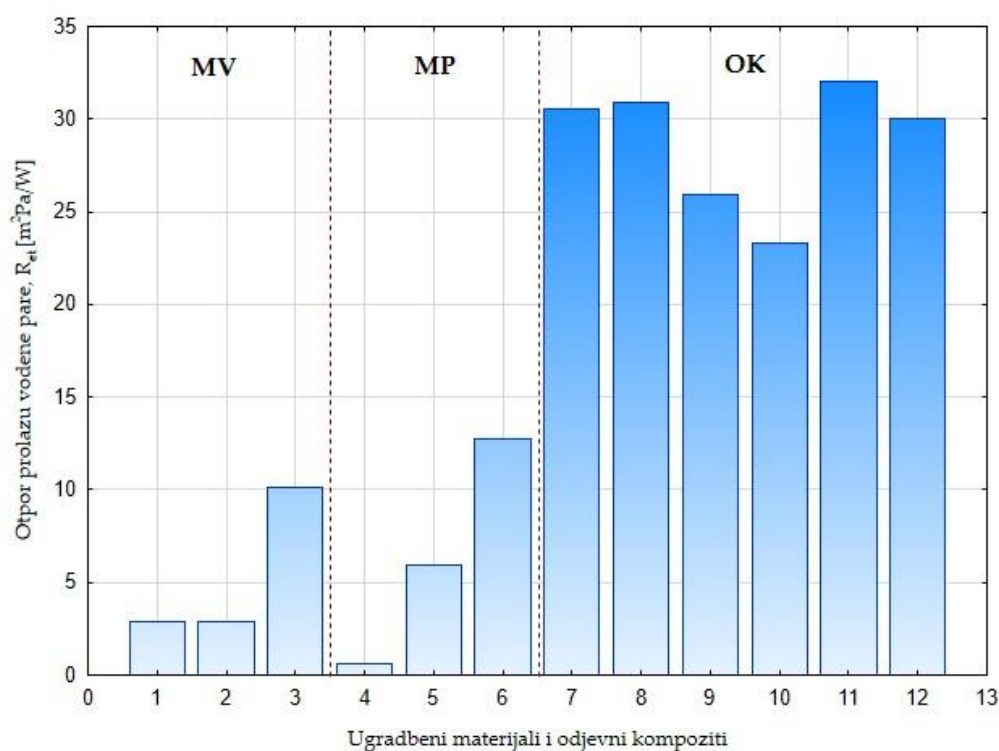
Broj mjerenja:	1	2	3	\bar{x}
Otpor prolazu vodene pare referentnog materijala, Ret [$\text{m}^2\text{Pa/W}$]	4,70	4,60	4,90	4,73
Otpor prolazu vodene pare uzorka OK10, Ret [$\text{m}^2\text{Pa/W}$]	22,80	23,00	24,10	23,30

Relativna propusnost vodene pare, W [%]	20,60	29,60	19,00	23,07
---	-------	-------	-------	-------

Tab. 31: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare kroz reprezentativni uzorak odjevnog kompozita oznake OK15

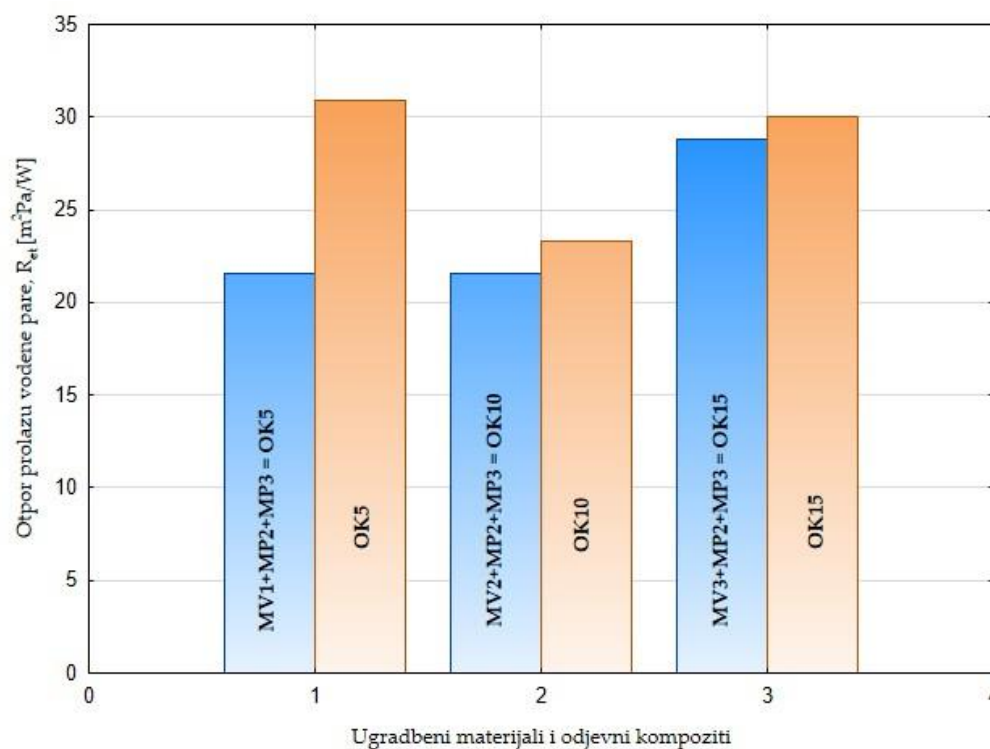
Broj mjerenja:	1	2	3	\bar{x}
Otpor prolazu vodene pare referentnog materijala, Ret [m ² Pa/W]	4,70	4,60	4,80	4,70
Otpor prolazu vodene pare uzorka OK15, Ret [m ² Pa/W]	29,40	30,30	30,40	30,03
Relativna propusnost vodene pare, W [%]	16,14	15,90	16,10	16,05

Na sl. 42 prikazani su rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala i odjevnih kompozita, a na sl. 43 usporedbe rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare. Uspoređeni su rezultati dobiveni zbrojem serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala s rezultatima mjerenja otpora prolazu vodene pare na reprezentativnim odjevnim kompozitima.



Sl. 42: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala i odjevnih kompozita

Napomena: oznake na sl. 42 su: 1-dvoslojni laminirani materijal (MV1); 2-troslojni laminirani materijal (MV2); 3-troslojni laminirani materijal (MV3); 4-podstavni materijal (MP1); 5-romboidno prošivena podstava (MP2); 6-micro-fleece materijal (MP3); 7-odjevni kompozit OK4; 8-representativni odjevni kompozit OK5; 9-odjevni kompozit OK9; 10-representativni odjevni kompozit OK10; 11-odjevni kompozit OK14; 12-representativni odjevni kompozit OK15.



Sl. 43: Rezultati zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva odjevnih kompozita i rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare reprezentativnih odjevnih kompozita

Napomena: oznake na sl. 43 su: 1-representativni odjevni kompozit OK5; 2- representativni odjevni kompozit OK10; 3- representativni odjevni kompozit OK15.

4.3.3 Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala i reprezentativnih odjevnih kompozita

Temeljem provedene statističke analize rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare svih ugradbenih materijala, tab. 63. (Prilog 4), na sl. 44 prikazan je raspon srednjih vrijednosti rezultata otpora prolazu vodene pare s naznačenim varijacijama za sve ugradbene materijale.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnih laminiranih materijala (MV2, MV3, MP3), podstavnog materijala (MP1) i romboidno prošivene podstave (MP2)?

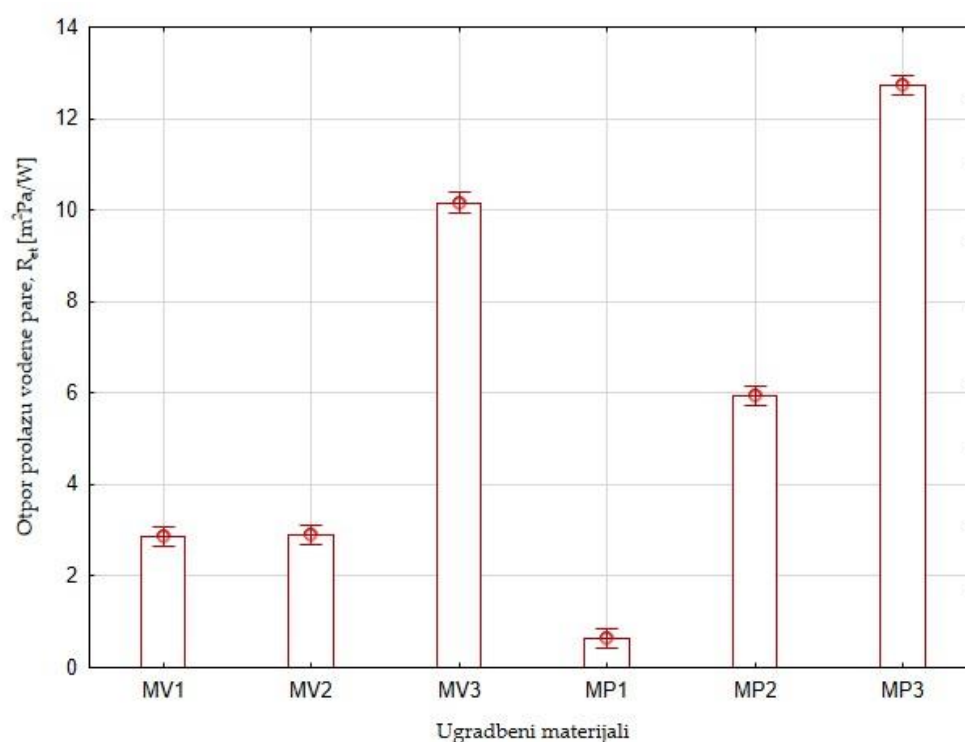
Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičke sredine skupine podataka otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1),

troslojnih laminiranih materijala (MV2, MV3, MP3), podstavnog materijala (MP1) i romboidno prošivene podstave (MP2).

H1: Postoji značajna statistička razlika između aritmetičke sredine skupina podataka otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnih laminiranih materijala (MV2, MV3, MP3), podstavnog materijala (MP1) i romboidno prošivene podstave (MP2).

$p < \alpha (0,05)$, odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji značajna statistička razlika između aritmetičke sredine skupina podataka otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnih laminiranih materijala (MV2, MV3, MP3), podstavnog materijala (MP1) i romboidno prošivene podstave (MP2).



Sl. 44: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare s naznačenim varijacijama svih ugradbenih materijala

Na sl. 45 prikazan je raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare s naznačenim varijacijama reprezentativnih odjevnih kompozita, a u tab. 64 **Reference source not found.** (Prilog 4) statistička analiza.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)), OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3))?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičke sredine skupine podataka otpora prolazu vodene pare reprezentativnih odjevnih kompozita OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)), OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)).

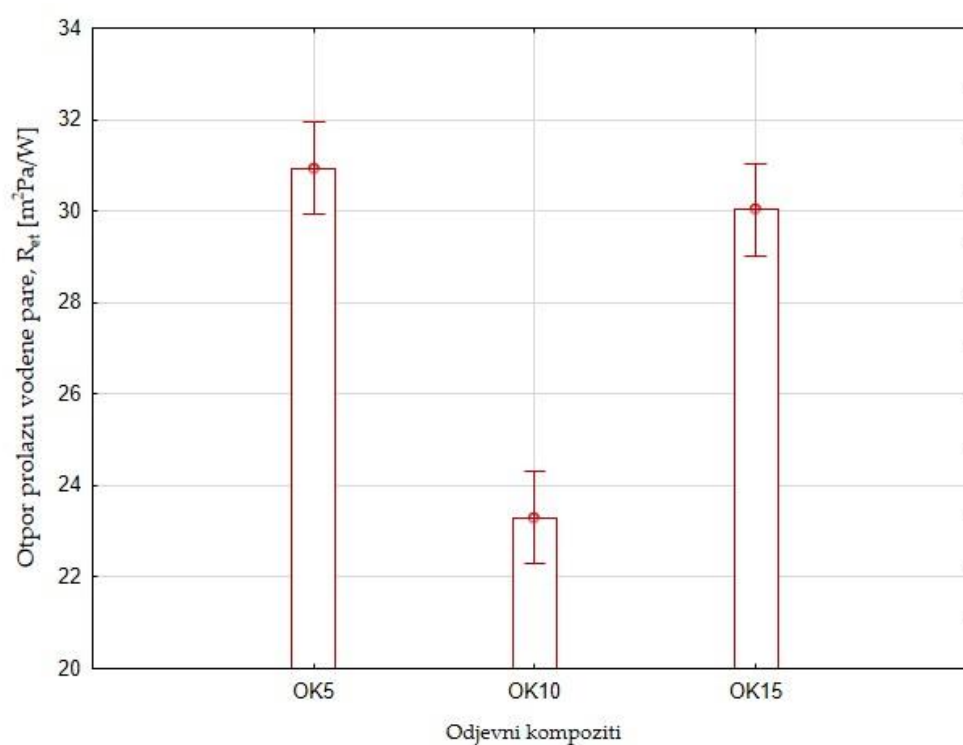
H1: Postoji značajna statistička razlika između aritmetičke sredine dvije skupine podataka otpora prolazu vodene pare reprezentativnih odjevnih kompozita OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)), OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)).

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji značajna statistička razlika između aritmetičke sredine dvije skupine podataka otpora prolazu vodene pare reprezentativnih odjevnih kompozita OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)), OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3),

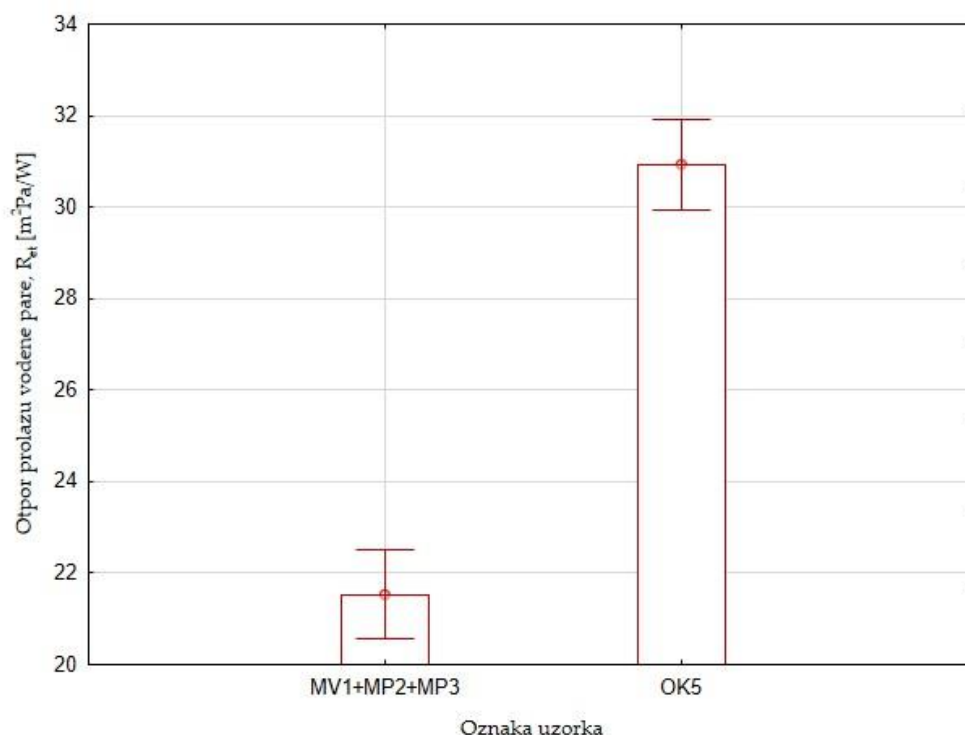
romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)).

Na sl. 46 prikazan je raspon srednjih vrijednosti zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala (dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 s naznačenim varijacijama. U tab. 65 (Prilog 4) je prikazana statistička analiza.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5?



Sl. 45: Raspon srednjih vrijednosti rezultata statističke analize rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare reprezentativnih odjevnih kompozita (OK5, OK10 i OK15) s naznačenim varijacijama



Sl. 46: Raspon srednjih vrijednosti rezultata zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 s naznačenim varijacijama

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičke sredine zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 .

H1: Postoji značajna statistička razlika između aritmetičke sredine zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza

H1 da postoji značajna statistička razlika između aritmetičke sredine zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 .

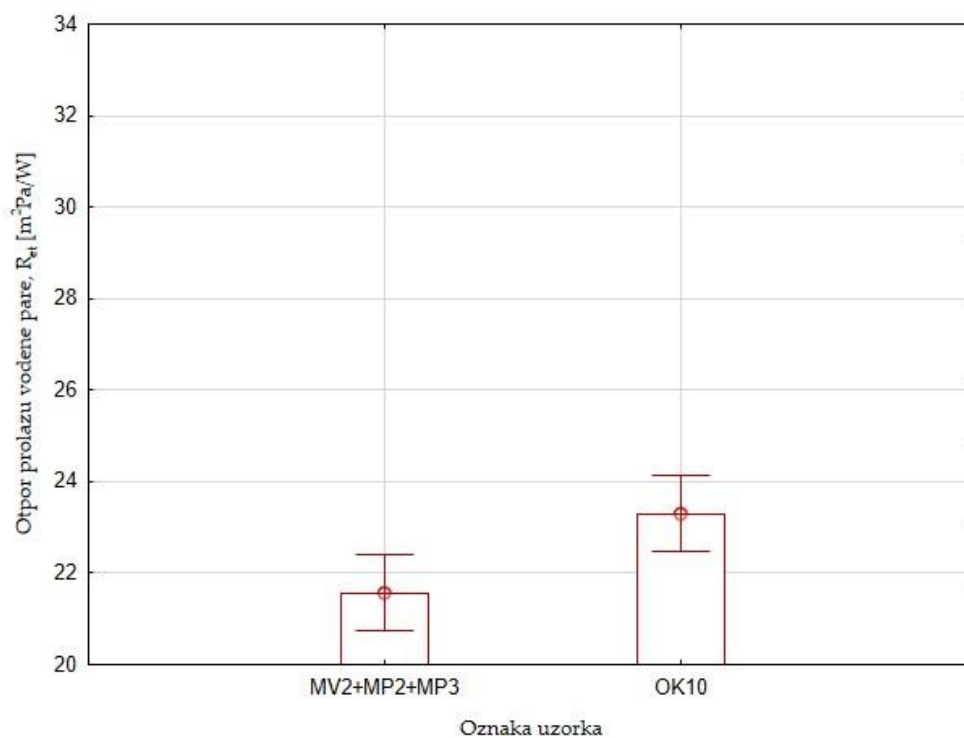
Na sl. 47 prikazan je raspon srednjih vrijednosti rezultata statističke analize usporedbe zbroja vrijednosti otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita (OK10) s naznačenim varijacijama. U tab. 66 (Prilog 4) je prikazana statistička analiza.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva odjevnih kompozita OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK10?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina skupina podataka zbroja vrijednosti otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva odjevnih kompozita OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK10.

H1: Postoji značajna statistička razlika između aritmetičke sredine skupina podataka zbroja vrijednosti otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva odjevnih kompozita OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK10.



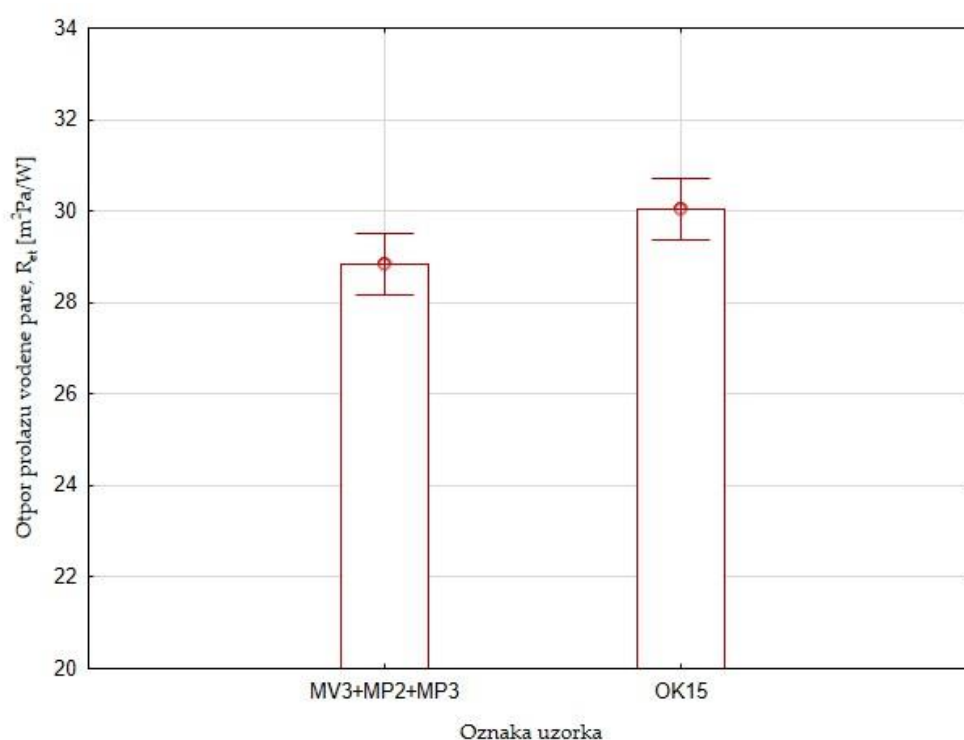
Sl. 47: Raspon srednjih vrijednosti zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita (OK10) s naznačenim varijacijama

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H_1 da postoji značajna statistička razlika između aritmetičke sredine skupina podataka zbroja vrijednosti otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva odjevnih kompozita OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 .

Na sl. 48 prikazan je raspon srednjih vrijednosti statističke analize zbroja vrijednosti otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 s naznačenim varijacijama. U tab. 67 (Prilog 4) prikazana je statistička analiza.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3),

romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK15?



Sl. 48: Raspon srednjih vrijednosti zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita (OK15) s naznačenim varijacijama

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičke sredine skupine podataka zbroja vrijednosti otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK15.

H1: Postoji značajna statistička razlika između aritmetičke sredine skupine podataka zbroja vrijednosti otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK15.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza

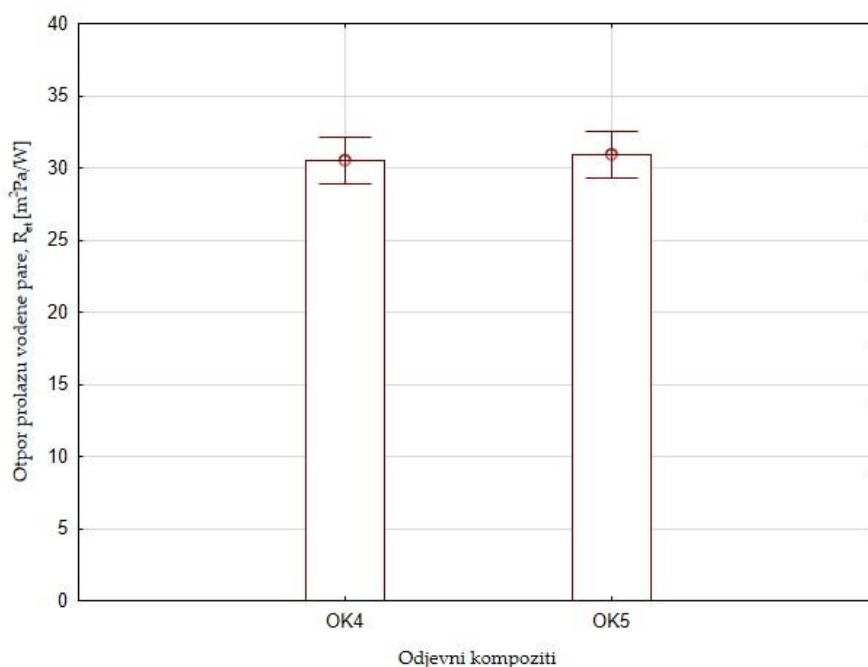
H1 da postoji značajna statistička razlika između aritmetičke sredine skupine podataka zbroja vrijednosti otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK15.

Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnih kompozita OK4 i OK5 s naznačenim varijacijama prikazan je na sl. 49, a u tab. 68 (Prilog 4) je prikazana statistička analiza.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja zrakopropusnosti odjevnog kompozita OK4 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5?

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata određivanja zrakopropusnosti odjevnog kompozita OK4 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5.

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata određivanja zrakopropusnosti odjevnog kompozita OK4 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5.

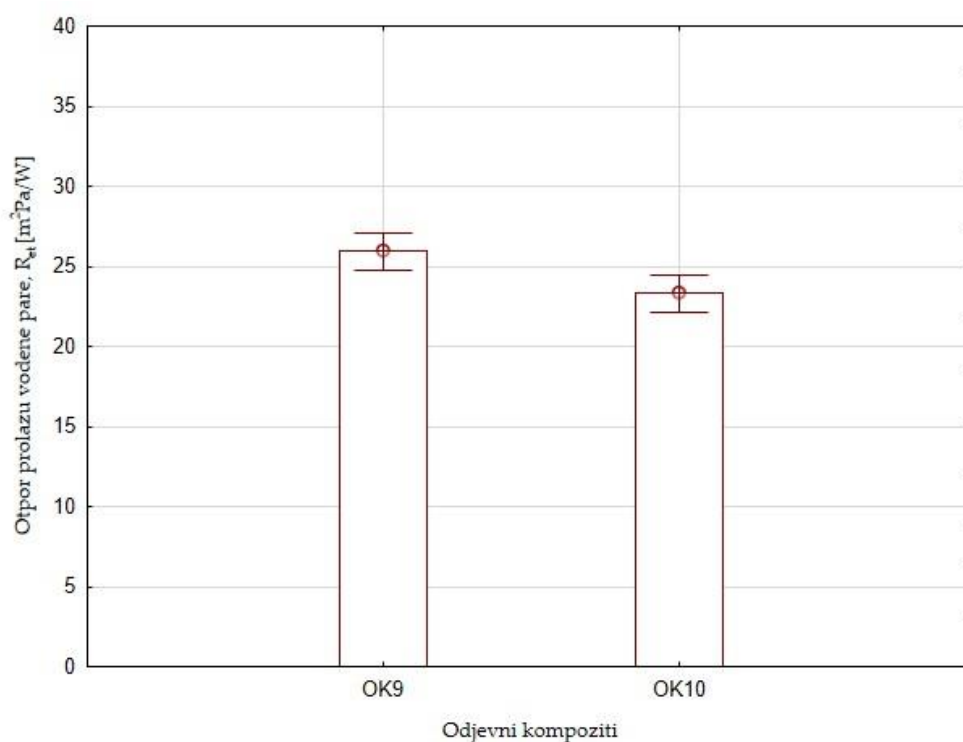


Sl. 49: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK4 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 s naznačenim varijacijama

$p > \alpha (0,05)$, odbacuje se prva hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza

H0 da ne postoji statistički značajna razlika između rezultata određivanja zrakopropusnosti odjevnog kompozita OK4 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5.

Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnih kompozita OK9 i OS10 s naznačenim varijacijama prikazan je na sl. 50, a tab. 69 (poglavljje Prilozi) je prikazana statistička analiza.



Sl. 50: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK9 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 s naznačenim varijacijama

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK9 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10?

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK9 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10.

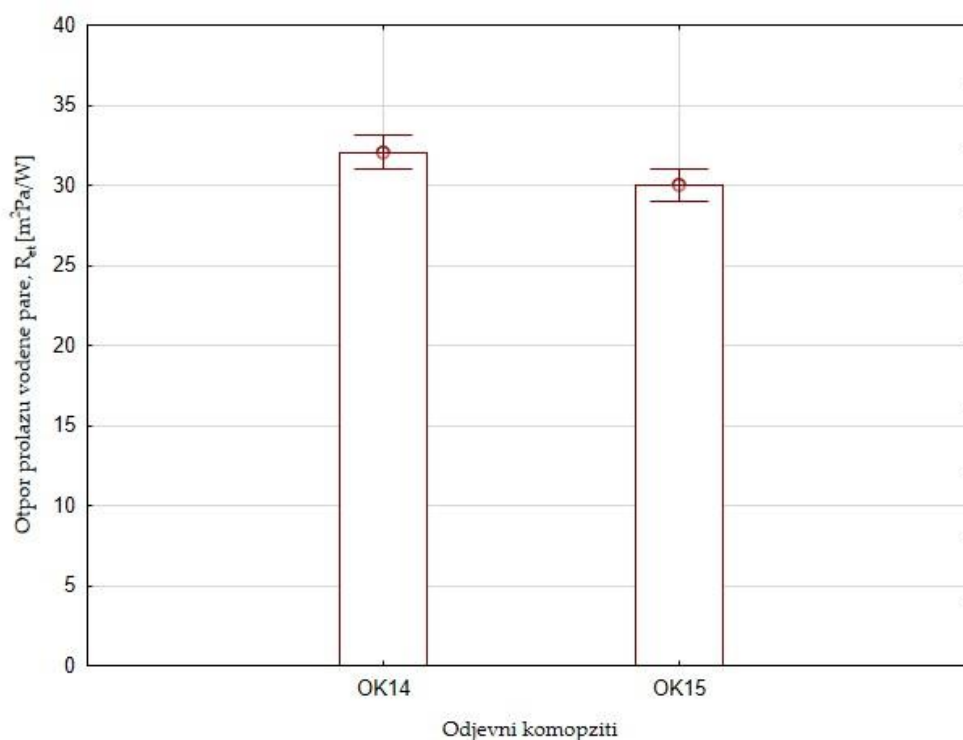
H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK9 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između rezultata određivanja otpora prolazu vodene

pare odjevnog kompozita OK9 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10.

Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnih kompozita OK14 i OS15 s naznačenim varijacijama prikazan je na sl. 51, a u tab. 70 (Prilog 4) je prikazana statistička analiza.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK14 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15?



Sl. 51: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK14 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 s naznačenim varijacijama

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK14 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15.

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK14 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK14 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15.

4.4 REZULTATI ODREĐIVANJA OTPORA PROLAZU TOPLINE UGRADBENIH MATERIJALA I ODJEVNIH KOMPOZITA

Prikazani su rezultati određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita na mjernom uređaju i prema mjernoj metodi opisanoj u točki 3.3.4.

4.4.1 Rezultati određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala

Prikazani su rezultati određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala, tab. 32.

Tab. 32: Rezultati određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnih laminiranih materijala (MV2, MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)

Br. mj.	MV1		MV2		MV3	
	P [W]	R _{ctn} [m ² °C/W]	P [W]	R _{ctn} [m ² °C/W]	P [W]	R _{ctn} [m ² °C/W]
1	2	3	4	5	6	7
1.	41,92	-0,0108	38,21	-0,0029	35,08	0,0024
2.	39,44	-0,0056	39,92	-0,0068	33,16	0,0080
3.	38,58	-0,0038	42,08	-0,0110	34,95	0,0027
4.	38,54	-0,0037	39,86	-0,0065	33,70	0,0063
5.	42,31	-0,0115	38,24	-0,0030	33,09	0,0081
6.	42,13	-0,0111	39,73	-0,0063	34,79	0,0032
7.	38,04	-0,0025	39,09	-0,0049	36,07	-0,0003
8.	44,16	-0,0149	42,08	-0,0111	34,66	0,0036
9.	42,14	-0,0110	42,15	-0,0111	32,11	0,0113
10.	36,96	0,0001	38,80	-0,0043	32,57	0,0097
11.	39,80	-0,0065	38,57	-0,0038	35,33	0,0017
12.	42,84	-0,0124	41,97	-0,0109	33,22	0,0078
13.	39,34	-0,0054	40,70	-0,0083	32,38	0,0104
14.	37,95	-0,0023	40,16	-0,0072	32,40	0,0103
15.	38,79	-0,0043	40,44	-0,0078	34,04	0,0053
16.	39,80	-0,0064	39,93	-0,0067	32,98	0,0085
17.	38,03	-0,0025	36,38	0,0016	32,84	0,0089
18.	41,77	-0,0105	38,05	-0,0027	33,30	0,0074
19.	42,02	-0,0109	43,31	-0,0133	34,73	0,0033
20.	39,93	-0,0067	39,53	-0,0058	34,47	0,0041
\bar{x}	40,22	-0,0071	39,96	-0,0066	33,79	0,0061
Br. mj.	MP1		MP2		MP3	
	P [W]	R _{ctn} [m ² °C/W]	P [W]	R _{ctn} [m ² °C/W]	P [W]	R _{ctn} [m ² °C/W]
1.	42,57	-0,0145	27,08	0,0307	32,94	0,0114
2.	43,54	-0,0162	26,41	0,0338	30,85	0,0184
3.	44,31	-0,0176	27,28	0,0297	31,75	0,0152
4.	42,57	-0,0145	28,12	0,0261	31,81	0,0150
5.	42,29	-0,0140	25,31	0,0394	30,54	0,0195
6.	43,09	-0,0154	26,40	0,0339	30,21	0,0206
7.	43,40	-0,0160	26,71	0,0324	30,22	0,0206
8.	42,58	-0,0145	26,91	0,0314	30,02	0,0213

1	2	3	4	5	6	7
9.	43,21	-0,0157	27,15	0,0304	30,49	0,0196
10.	45,70	-0,0199	27,30	0,0296	30,08	0,0211
11.	45,69	-0,0199	28,17	0,0258	31,08	0,0175
12.	45,36	-0,0193	27,06	0,0308	30,45	0,0197
13.	46,94	-0,0218	27,06	0,0308	30,63	0,0190
14.	45,42	-0,0194	27,94	0,0268	30,27	0,0204
15.	43,95	-0,0169	28,90	0,0228	31,66	0,0154
16.	43,54	-0,0162	27,44	0,0291	32,43	0,0130
17.	43,27	-0,0157	26,63	0,0328	30,59	0,0193
18.	44,11	-0,0172	28,03	0,0264	29,49	0,0233
19.	43,37	-0,0159	27,23	0,0300	30,45	0,0197
20.	42,71	-0,0147	27,04	0,0309	32,51	0,0127
\bar{x}	43,88	-0,0168	27,21	0,0302	30,92	0,0181

4.4.2 Rezultati određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita

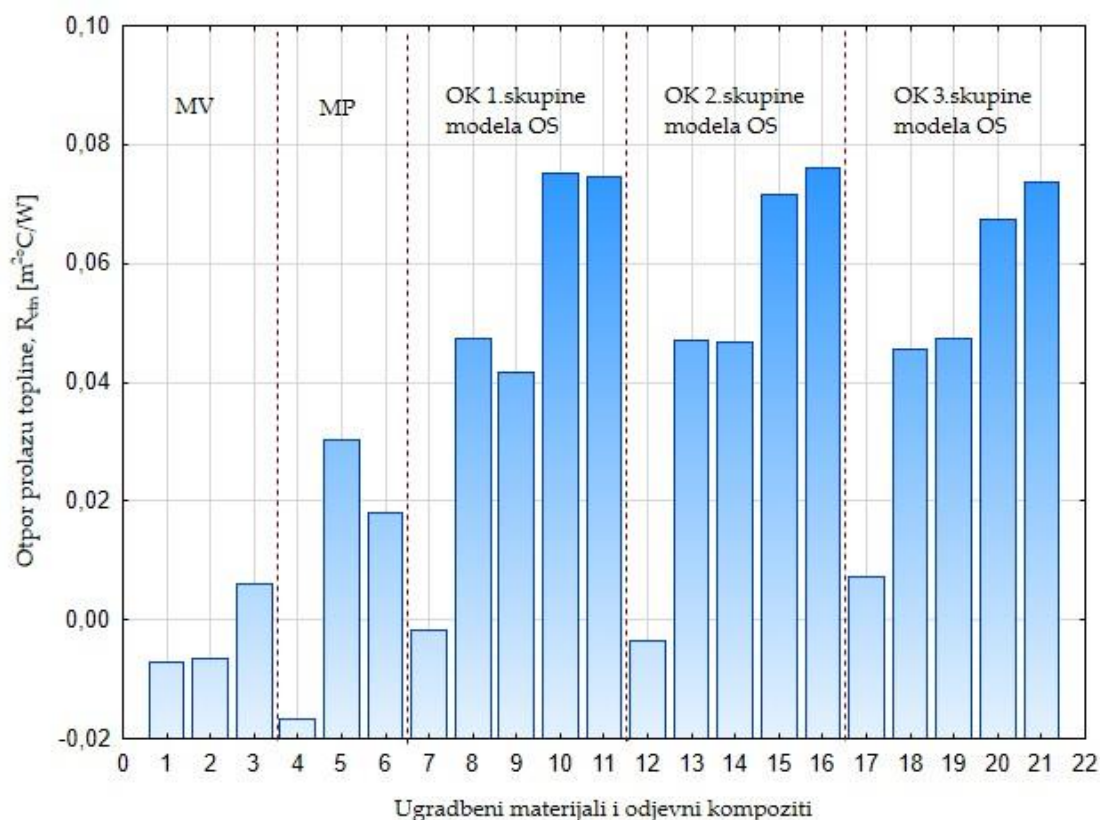
Rezultati određivanja otpora prolazu topline reprezentativnih odjevnih kompozita prikazani su u tab. 33, a rezultati određivanja otpora prolazu topline ostalih odjevnih kompozita prikazani su u tab. 55-57 (Prilog 2).

Tab. 33: Rezultati određivanja otpora prolazu topline reprezentativnih odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15

Br. mj.	OK5=MV1+MP2+MP3			OK10=MV2+MP2+MP3			OK15=MV3+MP2+MP3		
	P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}	
[m ² °C/W]		[Clo]	[m ² °C/W]		[Clo]	[m ² °C/W]		[Clo]	
1.	19,46	0,0818	0,5275	18,77	0,0880	0,5680	19,47	0,0701	0,4522
2.	20,71	0,0713	0,4599	22,86	0,0560	0,3611	18,26	0,0815	0,5259
3.	20,67	0,0717	0,4625	21,96	0,0622	0,4014	19,19	0,0725	0,4676
4.	20,58	0,0723	0,4667	18,29	0,0929	0,5994	18,90	0,0752	0,4853
5.	21,69	0,0640	0,4129	19,93	0,0776	0,5008	20,23	0,0635	0,4097
6.	19,17	0,0846	0,5455	20,91	0,0698	0,4505	20,36	0,0625	0,4034
7.	18,85	0,0874	0,5638	20,67	0,0717	0,4628	18,23	0,0818	0,5279
8.	19,54	0,0810	0,5225	19,29	0,0834	0,5379	19,30	0,0715	0,4615
9.	20,89	0,0699	0,4511	19,52	0,0812	0,5239	19,52	0,0696	0,4493
10.	20,74	0,0711	0,4588	20,81	0,0705	0,4551	18,49	0,0792	0,5111
11.	19,02	0,0859	0,5541	20,58	0,0724	0,4674	18,97	0,0746	0,4810
12.	20,12	0,0760	0,4906	18,01	0,0958	0,6181	18,44	0,0796	0,5137
13.	20,46	0,0733	0,4730	19,19	0,0841	0,5429	19,46	0,0701	0,4521
14.	21,92	0,0624	0,4024	22,23	0,0602	0,3882	19,50	0,0698	0,4500
15.	21,35	0,0665	0,4291	21,81	0,0633	0,4083	18,99	0,0743	0,4795
16.	20,27	0,0750	0,4836	18,65	0,0895	0,5773	18,21	0,0820	0,5292
17.	19,95	0,0776	0,5005	20,34	0,0742	0,4789	19,44	0,0702	0,4530
18.	20,40	0,0738	0,4763	20,22	0,0752	0,4855	19,92	0,0661	0,4265
19.	19,63	0,0803	0,5183	20,79	0,0708	0,4568	18,08	0,0834	0,5379
20.	21,08	0,0685	0,4417	19,42	0,0822	0,5302	18,95	0,0747	0,4816
\bar{x}	20,32	0,0747	0,4820	20,21	0,0761	0,4907	19,10	0,0736	0,4749

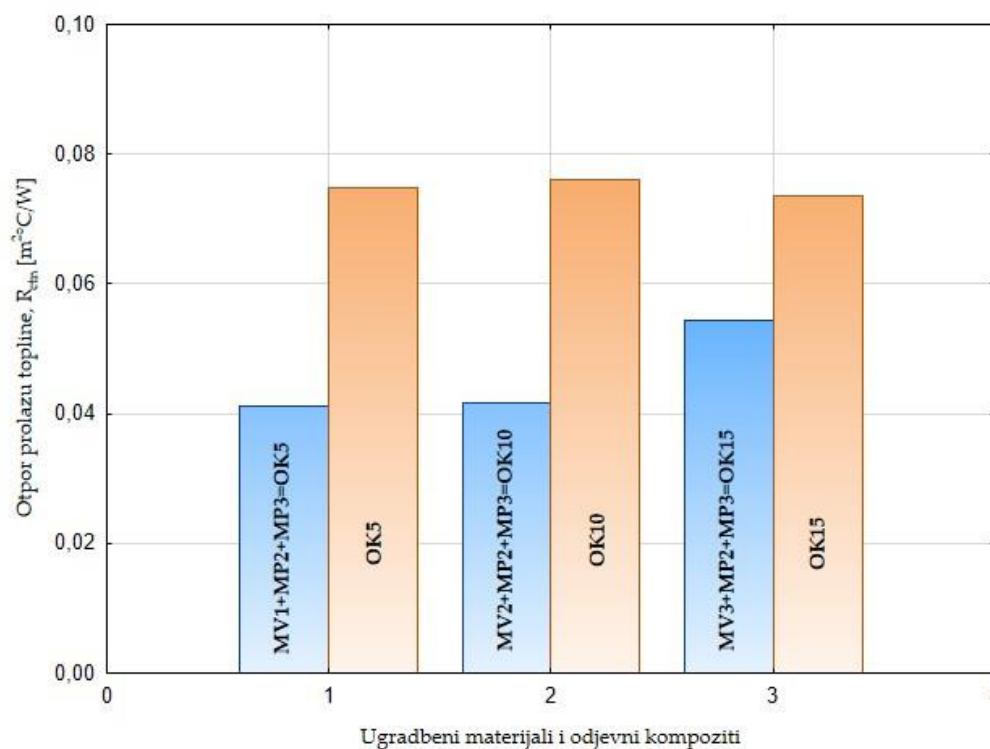
Na sl. 52 prikazani su rezultati određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala i

odjevnih kompozita, a na sl. 53 usporedba rezultata zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu i otpora prolazu topline reprezentativnih odjevnih kompozita.



Sl. 52: Grafički prikaz rezultata određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita

Napomena: oznake na sl. 52 su: 1-dvoslojni laminirani materijal (MV1); 2-troslojni laminirani materijal (MV2); 3-troslojni laminirani materijal (MV3); 4-podstavni materijal (MP1); 5-romboidno prošivena podstava (MP2); 6-micro-fleece materijal (MP3); 7-odjevni kompozit OK1; 8-odjevni kompozit OK2; 9-odjevni kompozit OK3; 10- odjevni kompozit OK4; 11- odjevni kompozit OK5; 12- odjevni kompozit OK6; 13- odjevni kompozit OK7; 14- odjevni kompozit OK8; 15- odjevni kompozit OK9; 16- odjevni kompozit OK10; 17- odjevni kompozit OK11; 18- odjevni kompozit OK12; 19- odjevni kompozit OK13; 20- odjevni kompozit OK14; 21- odjevni kompozit OK15



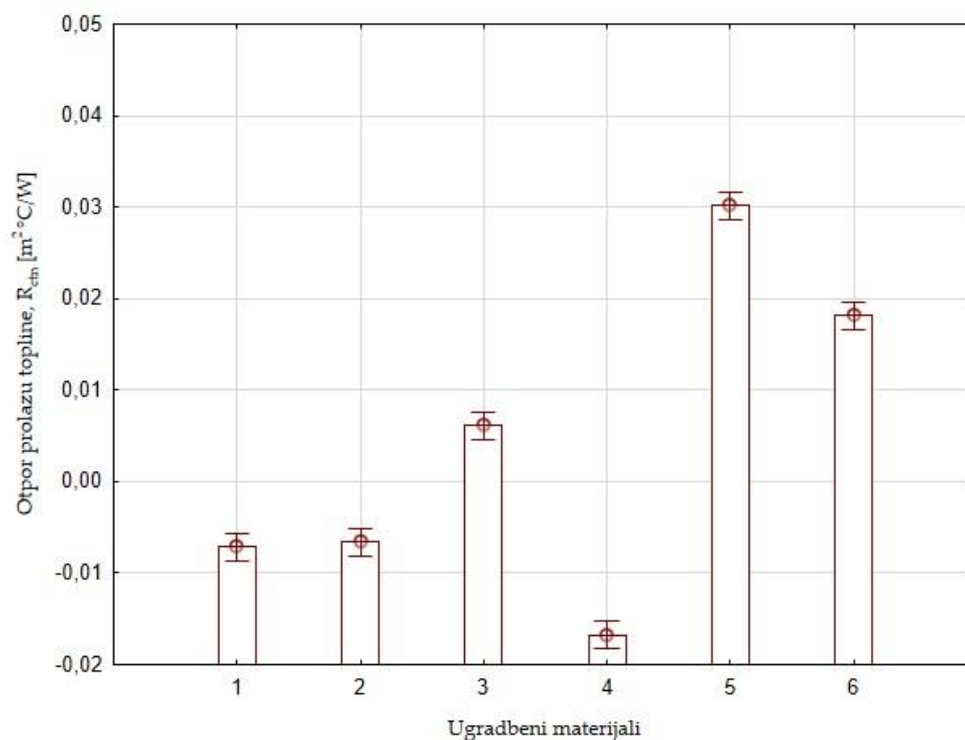
Sl. 53: Grafički prikaz usporedbe rezultata zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu i otpora prolazu topline reprezentativnih odjevnih kompozita

Napomena: oznake na sl. 53 su: 1-reprezentativni odjevni kompozit OK5; 2- reprezentativni odjevni kompozit OK10; 3- reprezentativni odjevni kompozit OK15.

4.4.3 Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita

Temeljem provedene statističke analize rezultata određivanja otpora prolazu topline svih ugradbenih materijala, tab. 71 (Prilog 4), na sl. 54 prikazan je raspon srednjih vrijednosti rezultata za sve ugradbene materijale s naznačenim varijacijama. Rezultati određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita prikazani su u tab. 72 (Prilog 4), a na sl. 55 raspon njihovih vrijednosti.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata otpora prolazu topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojnog laminiranog materijala (MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)?



Sl. 54: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala s naznačenim varijacijama

Napomena: oznake na sl. 54 su: 1-dvoslojni laminirani materijal (MV1); 2-troslojni laminirani materijal (MV2); 3-troslojni laminirani materijal (MV3); 4-podstavni materijal (MP1); 5-romboidno prošiven podstavni materijal (MP2); 6-micro-fleece materijal (MP3).

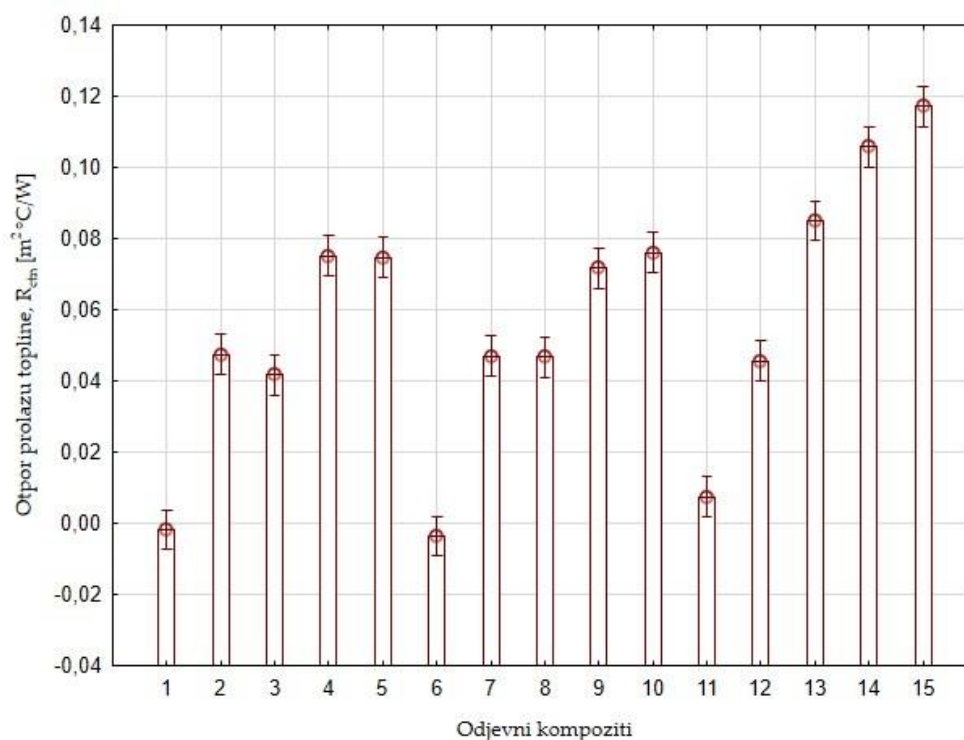
Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata otpora prolazu topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojnog laminiranog materijala (MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijala (MP3).

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata otpora prolazu topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojnog laminiranog materijala (MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijala (MP3).

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata otpora prolazu topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojnog laminiranog materijala (MV3), podstavnog

materijala (MP1), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijala (MP3).



Sl. 55: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita s naznačenim varijacijama

Napomena: oznake na sl. 55 su: 1-odjevni kompozit OK1; 2-odjevni kompozit OK2; 3-odjevni kompozit OK3; 4-odjevni kompozit OK4; 5-representativni odjevni kompozit OK5; 6-odjevni kompozit OK6; 7-odjevni kompozit OK7; 8-odjevni kompozit OK8; 9-odjevni kompozit OK9; 10-representativni odjevni kompozit OK10; 11-odjevni kompozit OK11; 12-odjevni kompozit OK12; 13-odjevni kompozit OK13; 14-odjevni kompozit OK14; 15-representativni odjevni kompozit OK15)

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata otpora prolazu topline svih odjevnih kompozita, od OK1 do OK15?

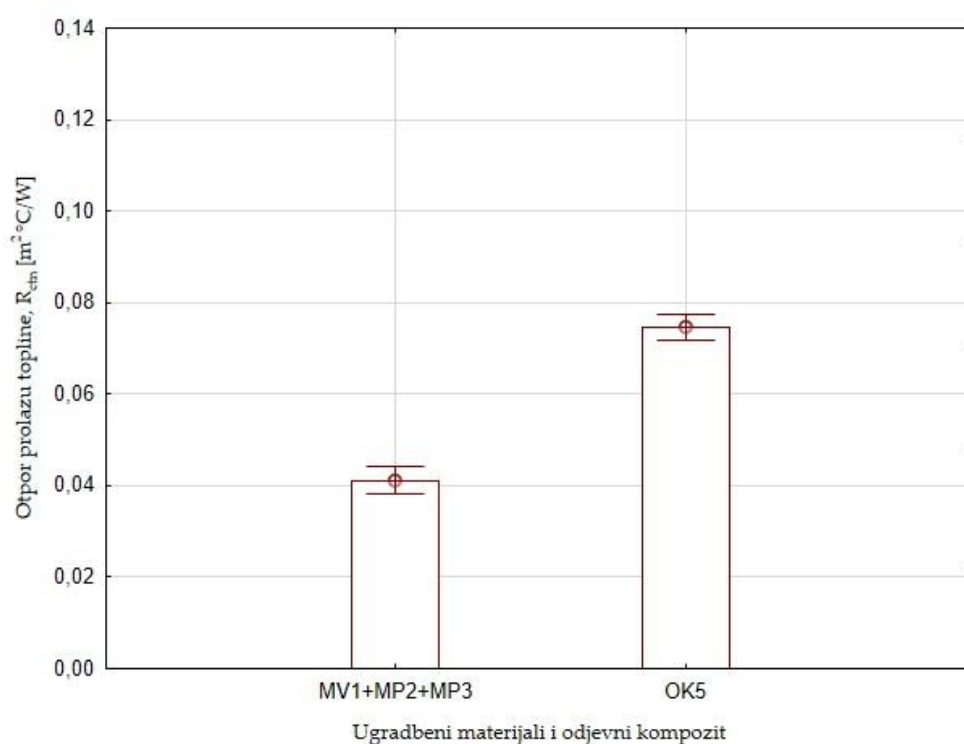
Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata otpora prolazu topline svih odjevnih kompozita, od OK1 do OK15.

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata otpora prolazu topline svih odjevnih kompozita, od OK1 do OK15.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata otpora prolazu topline svih odjevnih kompozita, od OK1 do OK15.

Raspon srednjih vrijednosti rezultata zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK5 i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 s naznačenim varijacijama prikazan je na sl. 56, a raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 s naznačenim varijacijama na sl. 57. U tab. 73-74 (Prilog 4) je prikazana statistička analiza.

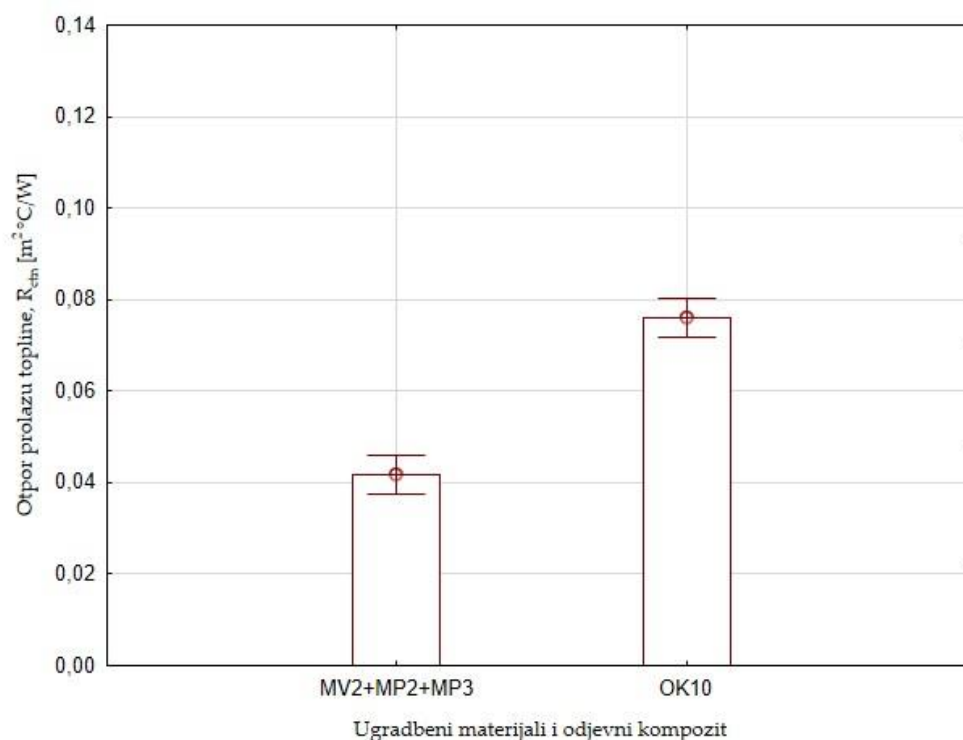


Sl. 56: Raspon srednjih vrijednosti rezultata zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (MV1+MP2+MP3) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 s naznačenim varijacijama

Na sl. 58 prikazan je raspon srednjih vrijednosti rezultata zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 s naznačenim varijacijama, a u tab. 75 (Prilog 4) prikazana je statistička analiza.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu topline

reprezentativnog odjevnog kompozita OK5?



Sl. 57: Raspon srednjih vrijednosti rezultata zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK10 (MV2+MP2+ MP3) i odjevnog kompozita OK10 s naznačenim varijacijama

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5.

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5.

$p < \alpha (0,05)$, odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora

prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5.

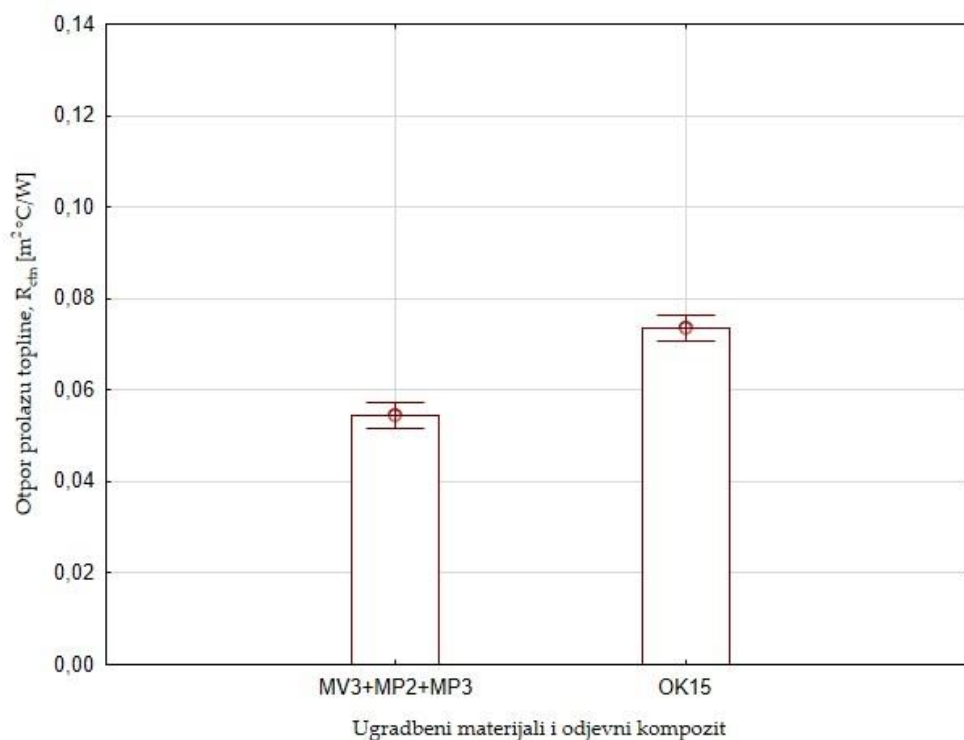
Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK10?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK10.

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK10.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK10.



Sl. 58: Raspon srednjih vrijednosti rezultata zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK15 (MV3+MP2+MP3) i odjavnog kompozita OK15 s naznačenim varijacijama

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu topline reprezentativnog odjavnog kompozita OK15?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu topline reprezentativnog odjavnog kompozita OK15.

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena

podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK15.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja vrijednosti otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i ukupnog otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK15.

Na sl. 59 prikazan je raspon srednjih vrijednosti rezultata otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK4 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 s naznačenim varijacijama, a u tab. 76 (Prilog 4) prikazana je statistička analiza.

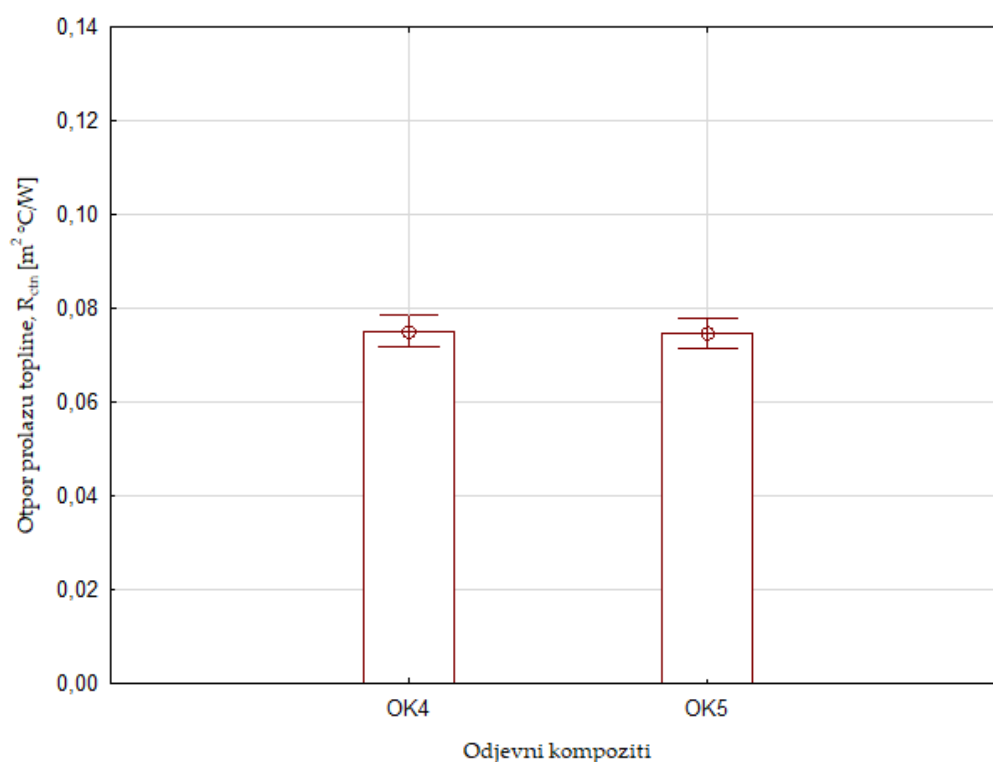
Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina vrijednosti otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK4 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV1), micro-fleece materijal (MP3) i romboidno prošivena podstava (MP2)) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijala (MP3))?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina vrijednosti otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK4 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV1), micro-fleece materijal (MP3) i romboidno prošivena podstava (MP2)) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)).

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina vrijednosti otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK4 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV1), micro-fleece materijal (MP3) i romboidno prošivena podstava (MP2)) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-

fleece materijala (MP3)).

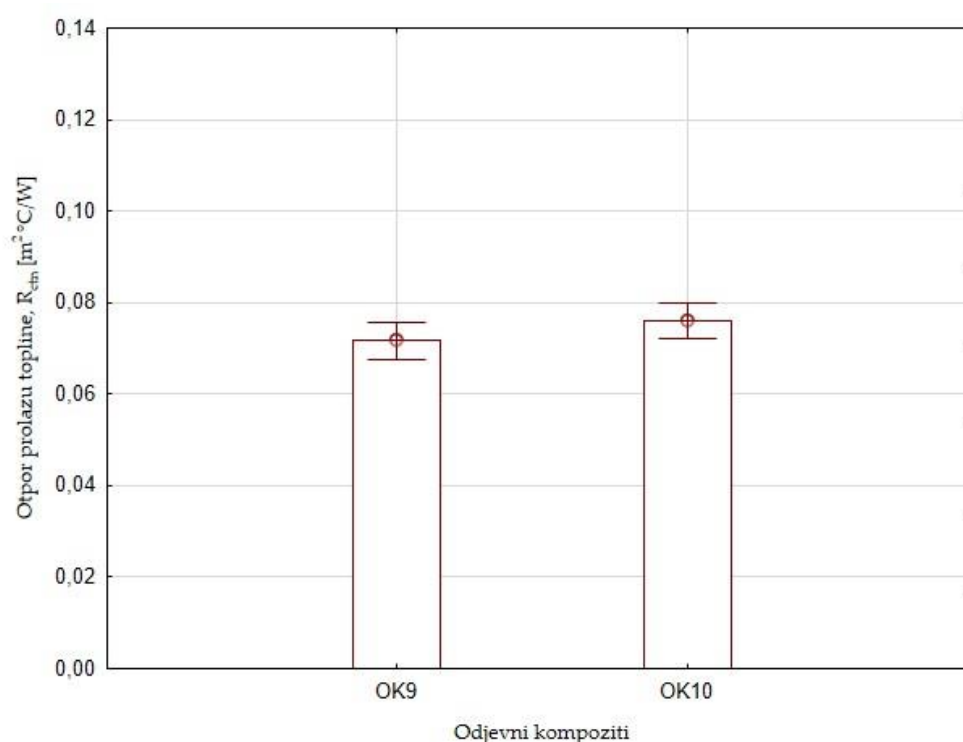


Sl. 59: Raspon srednjih vrijednosti rezultata otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK4 (MV1+MP3+MP2) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (MV1+MP2+MP3) s naznačenim varijacijama $p > \alpha$ (0,05), odbacuje se prva hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H_0 da ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina vrijednosti otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK4 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV1), micro-fleece materijal (MP3) i romboidno prošivena podstava (MP2)) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)).

Na sl. 60 prikazan je raspon srednjih vrijednosti rezultata otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK9 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 s naznačenim varijacijama, a u tab. 77 (Prilog 4) prikazana je statistička analiza.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina vrijednosti otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK9 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), micro-fleece materijal (MP3) i romboidno prošivena podstava (MP2)) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 (koji se sastoji od ugradbenih

materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3))?



Sl. 60: Raspon srednjih vrijednosti rezultata otpora prolazu topline odjavnog kompozita OK9 (MV2+MP3+MP2) i reprezentativnog odjavnog kompozita OK10 (MV2+MP2+MP3) s naznačenim varijacijama

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina vrijednosti otpora prolazu topline odjavnog kompozita OK9 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), micro-fleece materijal (MP3) i romboidno prošivena podstava (MP2)) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjavnog kompozita OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)).

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina vrijednosti otpora prolazu topline odjavnog kompozita OK9 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), micro-fleece materijal (MP3) i romboidno prošivena podstava (MP2)) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjavnog kompozita OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-

fleece materijal (MP3)).

$p > \alpha$ (0,05), odbacuje se prva hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H_0 da ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina vrijednosti otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK9 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), micro-fleece materijal (MP3) i romboidno prošivena podstava (MP2)) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)).

Na sl. 61 prikazan je raspon srednjih vrijednosti rezultata otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK14 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 s naznačenim varijacijama, a u tab. 78 (Prilog 4) prikazana je statistička analiza.

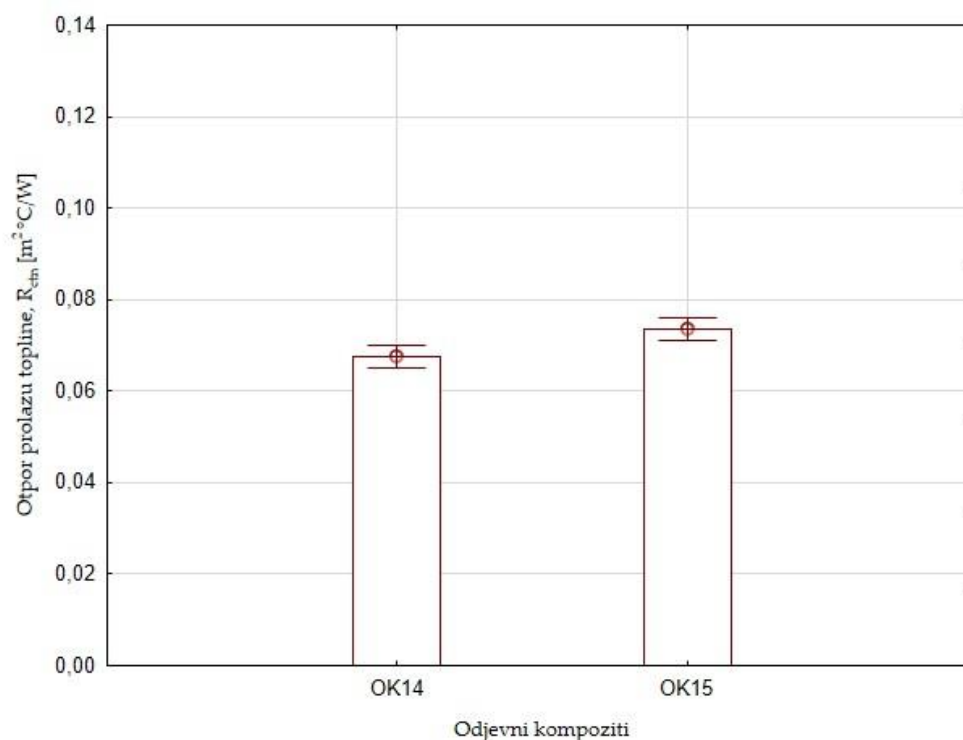
Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina vrijednosti otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK14 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), micro-fleece materijal (MP3) i romboidno prošivena podstava (MP2)) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3))?

Postavljena hipoteza:

H₀: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina vrijednosti otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK14 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), micro-fleece materijal (MP3) i romboidno prošivena podstava (MP2)) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)).

H₁: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina vrijednosti otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK14 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), micro-fleece materijal (MP3) i romboidno prošivena podstava (MP2)) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava

(MP2) i micro-fleece materijal (MP3)).



Sl. 61: Raspon srednjih vrijednosti rezultata otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK14 (MV3+MP3+MP2) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 (MV3+MP2+MP3) s naznačenim varijacijama

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H_1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina vrijednosti otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK14 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), micro-fleece materijal (MP3) i romboidno prošivena podstava (MP2)) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 (koji se sastoji od ugradbenih materijala: troslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)).

4.5 REZULTATI ODREĐIVANJA TOPLINSKE IZOLACIJE ODJEVNIH SUSTAVA, MASE ODJEVNIH SUSTAVA I EFIKASNOSTI TOPLINSKE IZOLACIJE ODJEVNOG SUSTAVA

U ovom poglavlju prikazani su rezultati određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava (OS5, OS10 i OS15) u statičkom i dinamičkom modu, pri čemu su mjerenja provedena na način da je duljina modela jakne korištena za realizaciju odjevnih sustava bila u nestegnutom (opuštenom) i stegnutom stanju. Za sve odjevne sustave ispitivanja su provedena na toplinskom manekenu, u klima komori, pri standardiziranim uvjetima i prema metodi opisanoj u točki 3.3.4. Provedena je i statistička analiza, jednofaktorska analiza varijanci ANOVA, u programu Statistica.

4.5.1 Rezultati određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkom modu

Rezultati kalibracijskog mjerenja provedenog na neodjevenom toplinskom manekenu prikazani su u tab. 34.

Provedena su mjerenja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava OS5, OS10 i OS15. Navedeni odjevni sustavi sastoje se od istih ugradbenih materijala koji su korišteni za izradu njihove podstave i/ili toplinskih umetaka, romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijala (MP3), a razlikuju se po ugradbenom materijalu od kojeg je izrađena vanjska školjka (dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnih laminiranih materijala (MV2 i MV3)).

U tab. 35-37 prikazane su vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava na kojima je mjerenje provedeno u nestegnutom stanju u statičkom (OS5_s, OS10_s, OS15_s) i dinamičkom (OS5_d, OS10_d i OS15_d) modu. Isti sustavi ispitani su u statičkom i dinamičkom modu u stegnutom stanju (OS5_{ss}, OS10_{ss}, OS15_{ss}, OS5_{ds}, OS10_{ds} i OS15_{ds}).

Na sl. 62 prikazani su rezultati određivanja toplinske izolacije svih odjevnih sustava, a grafički prikaz rezultata određivanja toplinske izolacije tri modela odjevnih sustava u statičkom i dinamičkom modu na sl. 63.

Tab. 34: Rezultati određivanja ukupnog toplinskog otpora prazne površine toplinskog manekena zajedno s graničnim slojem zraka uz površinu

Br. mj.	T [°C]	P [W]	R _{ctn}	
			[m ² °C/W]	[Clo]
1.	34,01	278,13	0,0891	0,5750
2.	33,97	322,17	0,0767	0,4949
3.	34,03	325,78	0,0762	0,4914
4.	34,13	281,75	0,0887	0,5723
5.	33,98	327,11	0,0756	0,4877
6.	34,02	356,42	0,0696	0,4489
7.	34,04	301,99	0,0823	0,5308
8.	33,97	312,80	0,0790	0,5099
9.	33,99	356,74	0,0694	0,4475
10.	34,04	318,16	0,0781	0,5038
11.	34,00	292,24	0,0848	0,5468
12.	33,98	325,40	0,0760	0,4903
13.	34,02	332,70	0,0746	0,4811
14.	34,02	281,88	0,0880	0,5678
15.	33,97	307,74	0,0803	0,5183
16.	34,01	335,38	0,0739	0,4768
17.	34,04	281,77	0,08817	0,5689
18.	33,99	275,01	0,0900	0,5807
19.	33,98	333,57	0,0741	0,4783
20.	34,04	305,03	0,0814	0,5252
\bar{x}	34,0115	312,5885	0,0797985	0,51482

Tab. 35: Rezultati određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom ($OS5_s$, $OS5_{ss}$) i dinamičkom modu ($OS5_d$, $OS5_{ds}$) u nestegnutom i stegnutom stanju na duljini jakne

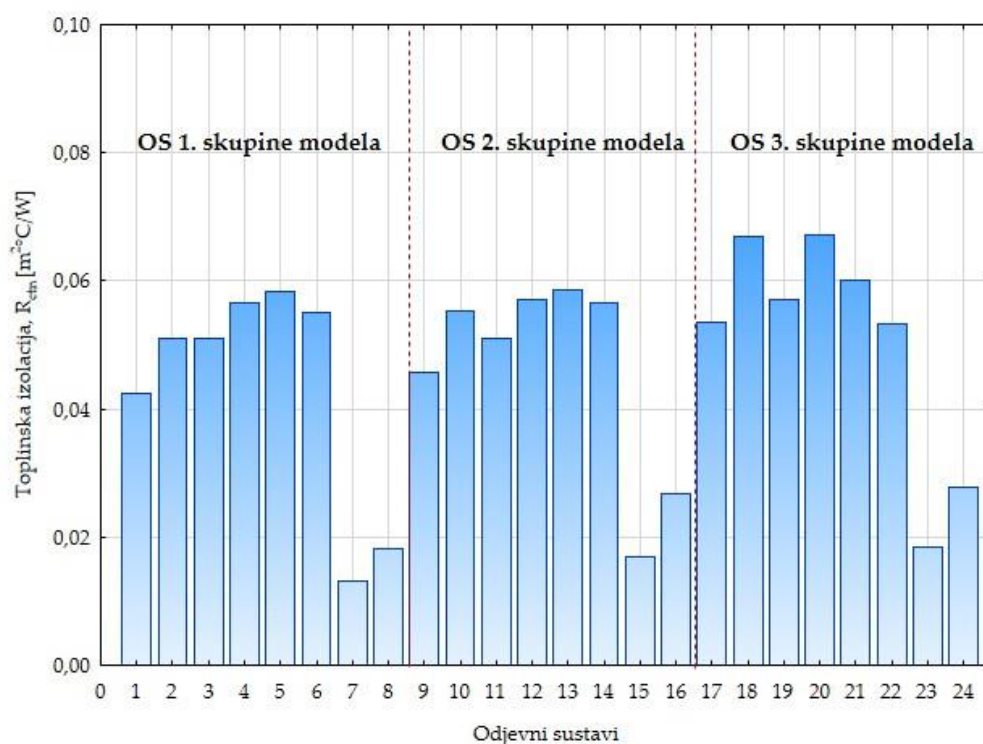
Br. mj.	OS5 _s			OS5 _{ss}			OS5 _d			OS5 _{ds}		
	P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}	
		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]
1.	182,15	0,0561	0,3622	194,93	0,0473	0,3053	366,03	-0,0124	-0,0797	272,48	0,0106	0,0686
2.	191,76	0,0473	0,3053	177,07	0,0602	0,3881	273,10	0,0114	0,0735	300,88	0,0027	0,0172
3.	184,14	0,0548	0,3536	177,32	0,0600	0,3871	180,78	0,0573	0,3698	214,52	0,0360	0,2323
4.	192,30	0,0492	0,3171	187,07	0,0526	0,3395	304,44	0,0012	0,0075	224,36	0,0304	0,1959
5.	184,96	0,0541	0,3490	190,03	0,0506	0,3267	311,59	-0,0001	-0,0004	304,69	0,0014	0,0087
6.	171,40	0,0649	0,4184	179,57	0,0585	0,3777	201,43	0,0435	0,2807	270,41	0,0121	0,0778
7.	171,14	0,0652	0,4204	166,59	0,0690	0,4449	269,35	0,0115	0,0742	223,72	0,0309	0,1996
8.	197,95	0,0452	0,2918	179,91	0,0580	0,3742	287,36	0,0065	0,0419	277,13	0,0094	0,0605
9.	181,28	0,0570	0,3680	163,22	0,0723	0,4664	233,90	0,0258	0,1667	270,56	0,0120	0,0772
10.	131,45	0,1091	0,7038	169,13	0,0667	0,4300	284,81	0,0070	0,0454	223,97	0,0309	0,1993
11.	172,32	0,0638	0,4116	187,91	0,0521	0,3359	284,40	0,0074	0,0477	268,18	0,0124	0,0802
12.	194,42	0,0484	0,3121	187,33	0,0525	0,3390	250,09	0,0193	0,1244	263,72	0,0143	0,0921
13.	174,07	0,0626	0,4041	185,36	0,0538	0,3470	279,68	0,0086	0,0558	221,80	0,0320	0,2064
14.	165,29	0,0701	0,4524	184,68	0,0544	0,3513	300,41	0,0027	0,0174	260,08	0,0153	0,0987
15.	183,01	0,0555	0,3581	198,70	0,0446	0,2876	277,00	0,0097	0,0627	267,10	0,0131	0,0843
16.	207,91	0,0394	0,2543	215,78	0,0351	0,2265	259,99	0,0155	0,1002	234,19	0,0260	0,1680
17.	183,42	0,0554	0,3575	173,80	0,0631	0,4071	272,83	0,0110	0,0708	238,83	0,0239	0,1543
18.	171,01	0,0651	0,4200	184,49	0,0545	0,3516	278,12	0,0093	0,0599	249,38	0,0195	0,1261
19.	187,32	0,0524	0,3383	202,46	0,0426	0,2746	266,63	0,0132	0,0851	263,79	0,0141	0,0907
20.	191,56	0,0497	0,3206	184,26	0,0548	0,3534	264,67	0,0137	0,0886	255,46	0,0173	0,1113
\bar{x}	180,94	0,0583	0,3759	184,48	0,0551	0,3557	272,33	0,0131	0,0846	255,26	0,0182	0,1175

Tab. 36: Rezultati određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s, OS10_{ss}) i dinamičkom modu (OS10_a, OS10_{ds}) u nestegnutom i stegnutom stanju na duljini jakne

Br. mj.	OS10 _s			OS10 _{ss}			OS10 _a			OS10 _{ds}		
	P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}	
		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]
1.	151,36	0,0839	0,5413	176,35	0,0610	0,3938	276,37	0,0098	0,0632	240,81	0,0230	0,1481
2.	181,61	0,0564	0,3641	177,37	0,0596	0,3844	249,66	0,0196	0,1263	228,49	0,0288	0,1860
3.	191,02	0,0500	0,3226	209,91	0,0382	0,2464	232,14	0,0270	0,1740	203,93	0,0416	0,2686
4.	161,55	0,0737	0,4755	187,20	0,0528	0,3404	281,01	0,0082	0,0527	262,07	0,0146	0,0940
5.	187,26	0,0523	0,3375	157,59	0,0775	0,5001	292,97	0,0048	0,0312	236,58	0,0252	0,1627
6.	226,27	0,0297	0,1913	197,28	0,0457	0,2950	240,04	0,0237	0,1530	205,00	0,0411	0,2654
7.	183,57	0,0555	0,3579	191,89	0,0496	0,3197	253,39	0,0179	0,1158	261,66	0,0146	0,0945
8.	159,85	0,0754	0,4863	154,71	0,0805	0,5194	296,72	0,0035	0,0226	262,34	0,0148	0,0956
9.	198,14	0,0451	0,2907	184,05	0,0546	0,3523	248,92	0,0199	0,1285	210,83	0,0380	0,2452
10.	200,68	0,0438	0,2823	189,71	0,0509	0,3287	245,53	0,0211	0,1361	227,30	0,0290	0,1871
11.	165,83	0,0699	0,4511	151,01	0,0847	0,5464	301,56	0,0025	0,0161	279,90	0,0085	0,0548
12.	181,21	0,0568	0,3663	174,92	0,0590	0,3804	241,55	0,0230	0,1484	245,68	0,0213	0,1372
13.	196,86	0,0461	0,2973	207,83	0,0395	0,2546	224,40	0,0314	0,2027	194,16	0,0482	0,3109
14.	157,54	0,0778	0,5021	168,19	0,0679	0,4378	275,29	0,0101	0,0649	237,77	0,0241	0,1556
15.	175,37	0,0619	0,3997	171,72	0,0645	0,4162	267,34	0,0130	0,0840	281,18	0,0082	0,0532
16.	191,22	0,0497	0,3209	192,49	0,0489	0,3152	217,66	0,0342	0,2209	204,27	0,0420	0,2708
17.	146,63	0,0896	0,5778	191,63	0,0495	0,3193	246,98	0,0204	0,1313	190,04	0,0506	0,3264
18.	177,41	0,0596	0,3846	201,76	0,0430	0,2772	293,61	0,0045	0,0292	261,35	0,0149	0,0963
19.	223,51	0,0309	0,1996	196,04	0,0467	0,3014	257,71	0,0165	0,1067	261,74	0,0147	0,0951
20.	169,49	0,0668	0,4307	178,61	0,0589	0,3803	232,85	0,0266	0,1717	224,68	0,0304	0,1963
\bar{x}	181,32	0,0587	0,3790	183,01	0,0566	0,3654	258,79	0,0169	0,1090	235,99	0,0267	0,1722

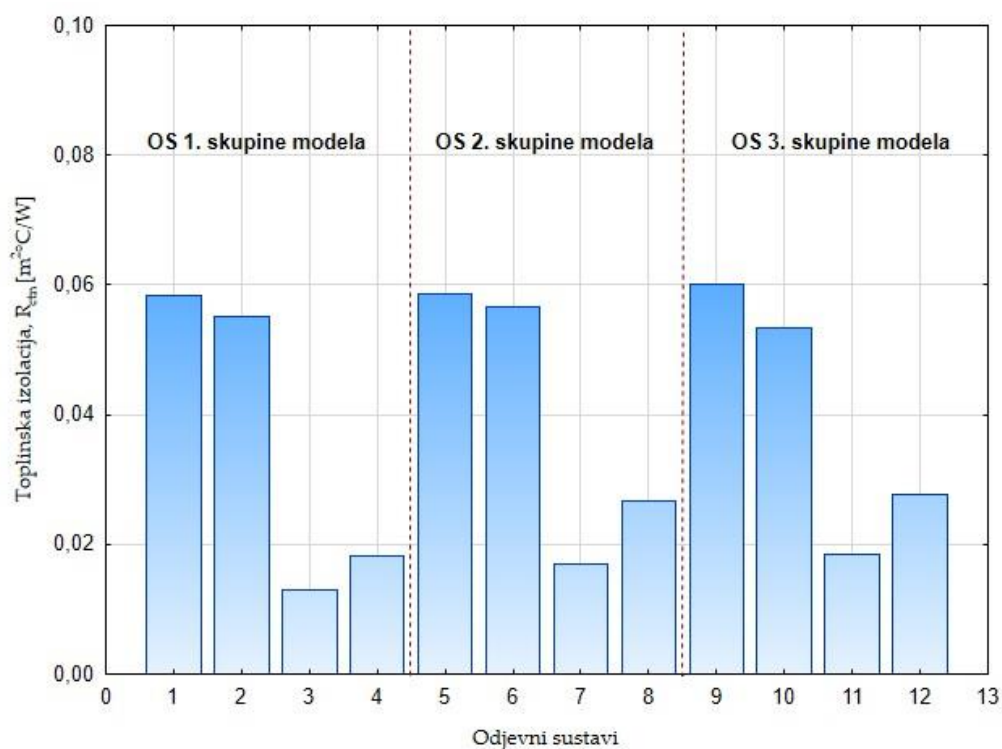
Tab. 37: Rezultati određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s, OS15_{ss}) i dinamičkom modu (OS15_d, OS15_{ds}) u nestegnutom i stegnutom stanju na duljini jakne

Br. mj.	OS15 _s			OS15 _{ss}			OS15 _d			OS15 _{ds}		
	P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}	
		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]
1.	218,16	0,0338	0,2182	180,94	0,0571	0,3683	240,98	0,0232	0,1498	271,63	0,0114	0,0736
2.	169,32	0,0668	0,4310	200,47	0,0437	0,2821	294,06	0,0044	0,0283	229,04	0,0286	0,1844
3.	175,17	0,0616	0,3971	180,53	0,0577	0,3720	241,14	0,0233	0,1501	198,91	0,0448	0,2893
4.	189,38	0,0511	0,3295	173,80	0,0627	0,4047	215,74	0,0351	0,2263	237,66	0,0243	0,1566
5.	175,49	0,0615	0,3966	187,93	0,0520	0,3355	270,09	0,0118	0,0758	267,41	0,0128	0,0828
6.	180,64	0,0573	0,3697	171,73	0,0646	0,4166	260,78	0,0139	0,0897	205,84	0,0409	0,2640
7.	177,48	0,0599	0,3863	178,84	0,0588	0,3795	218,54	0,0338	0,2182	201,26	0,0432	0,2784
8.	176,16	0,0609	0,3931	177,99	0,0595	0,3837	272,47	0,0097	0,0626	267,04	0,0128	0,0828
9.	174,84	0,0619	0,3995	203,29	0,0415	0,2681	253,23	0,0184	0,1185	227,61	0,0294	0,1898
10.	170,51	0,0655	0,4228	188,27	0,0528	0,3405	224,96	0,0305	0,1965	197,06	0,0458	0,2958
11.	177,78	0,0596	0,3844	176,63	0,0607	0,3914	267,08	0,0129	0,0833	250,30	0,0189	0,1222
12.	178,43	0,0591	0,3812	186,11	0,0532	0,3435	267,16	0,0130	0,0842	235,95	0,0255	0,1645
13.	154,65	0,0805	0,5193	215,43	0,0352	0,2271	253,61	0,0179	0,1154	200,95	0,0436	0,2813
14.	165,55	0,0698	0,4506	184,19	0,0550	0,3552	262,04	0,0144	0,0928	236,95	0,0247	0,1593
15.	182,19	0,0562	0,3627	187,22	0,0526	0,3393	259,61	0,0157	0,1014	270,33	0,0119	0,0770
16.	175,33	0,0615	0,3970	202,11	0,0430	0,2775	256,11	0,0169	0,1093	219,34	0,0334	0,2154
17.	167,85	0,0678	0,4375	179,65	0,0586	0,3779	252,76	0,0183	0,1183	208,06	0,0394	0,2539
18.	176,17	0,0609	0,3926	179,05	0,0586	0,3780	239,50	0,0237	0,1530	255,19	0,0172	0,1107
19.	204,65	0,0412	0,2658	205,19	0,0393	0,2533	251,83	0,0185	0,1196	264,63	0,0139	0,0897
20.	171,59	0,0648	0,4181	176,50	0,0611	0,3940	260,42	0,0154	0,0996	224,27	0,0311	0,2006
\bar{x}	178,07	0,0601	0,3876	186,79	0,0534	0,3444	253,11	0,0185	0,1196	233,47	0,0277	0,1786



Sl. 62: Grafički prikaz rezultata određivanja toplinske izolacije svih odjevnih sustava u statičkom modu te reprezentativnih odjevnih sustava u statičkom i dinamičkom modu u nestegnutom i stegnutom stanju na duljini jakne

Napomena: oznake na sl. 62 su: 1-OS1; 2-OS2; 3-OS3; 4-OS4; 5-OS5_s; 6-OS5_{ss}; 7-OS5_d; 8-OS5_{ds}; 9-OS6; 10-OS7; 11-OS8; 12-OS9; 13-OS10_s; 14-OS10_{ss}; 15-OS10_d; 16-OS10_{ds}; 17-OS11; 18-OS12; 19-OS13; 20-OS14; 21-OS15_s; 22-OS15_{ss}; 23-OS15_d; 24-OS15_{ds}

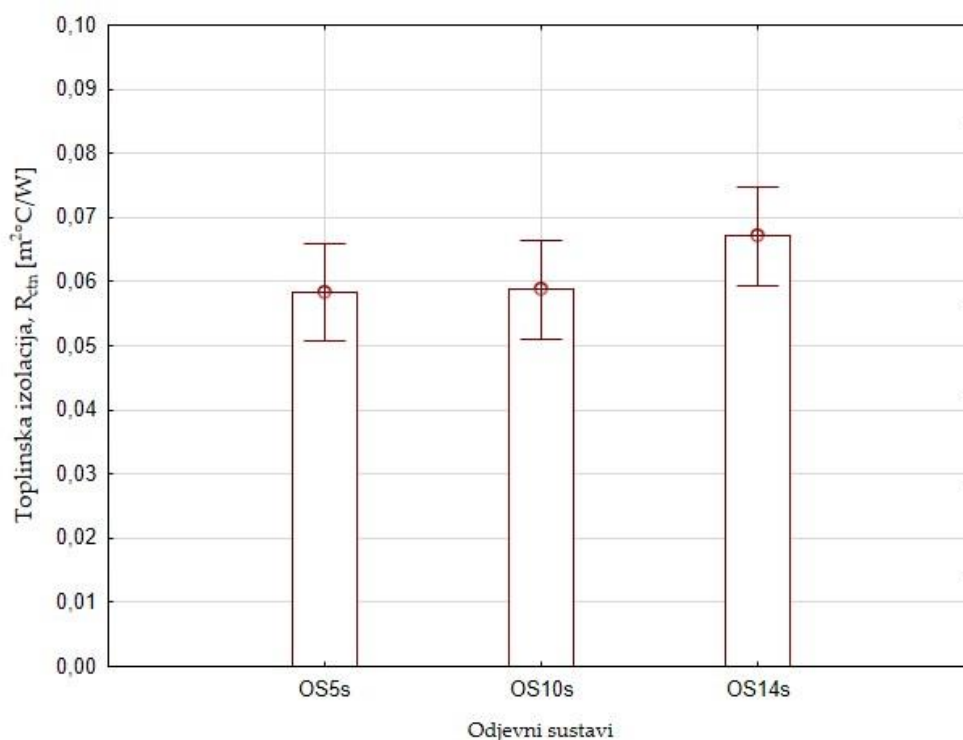


Sl. 63: Grafički prikaz rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava u statičkom i dinamičkom modu te u stegnutom i nestegnutom stanju duljine jakne

Napomena: oznake na sl. 63 su: 1-OS5s; 2-OS5ss; 3-OS5d; 4-OS5ds; 5-OS10s; 6-OS10ss; 7-OS10d; 8-OS10ds; 9-OS15s; 10-OS15ss; 11-OS15d; 12-OS15ds.

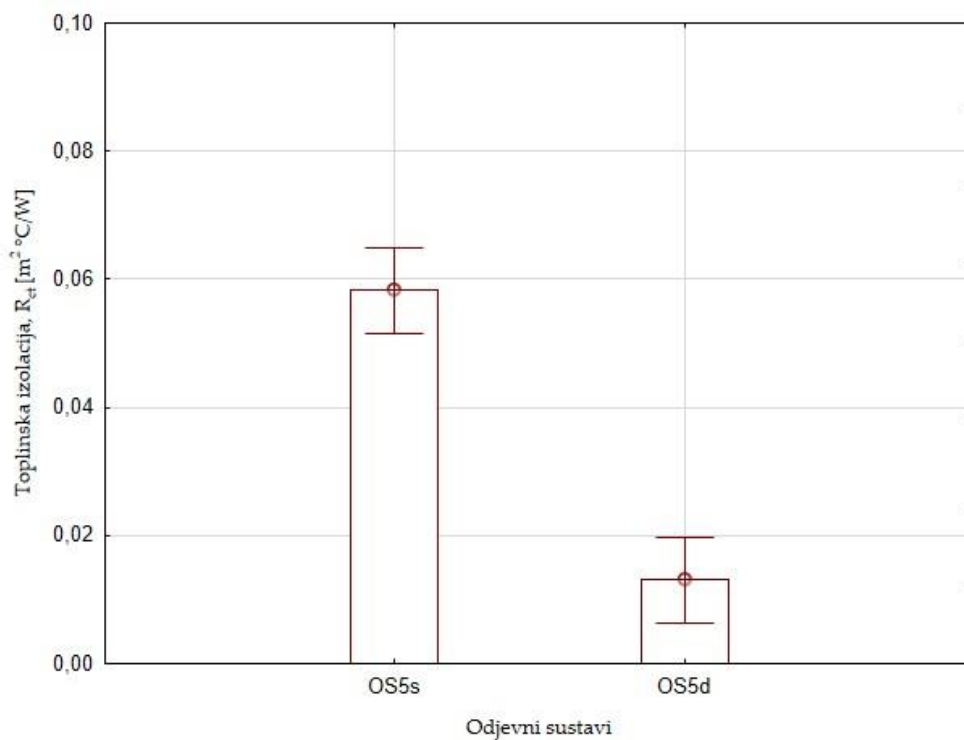
4.5.2 Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava

Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije tri reprezentativna odjevna sustava iz pojedinih skupina modela s najvećim izmjerenim vrijednostima toplinske izolacije prikazan je na sl. 64, a u tab. 79 (Prilog 4) je prikazana statistička analiza.

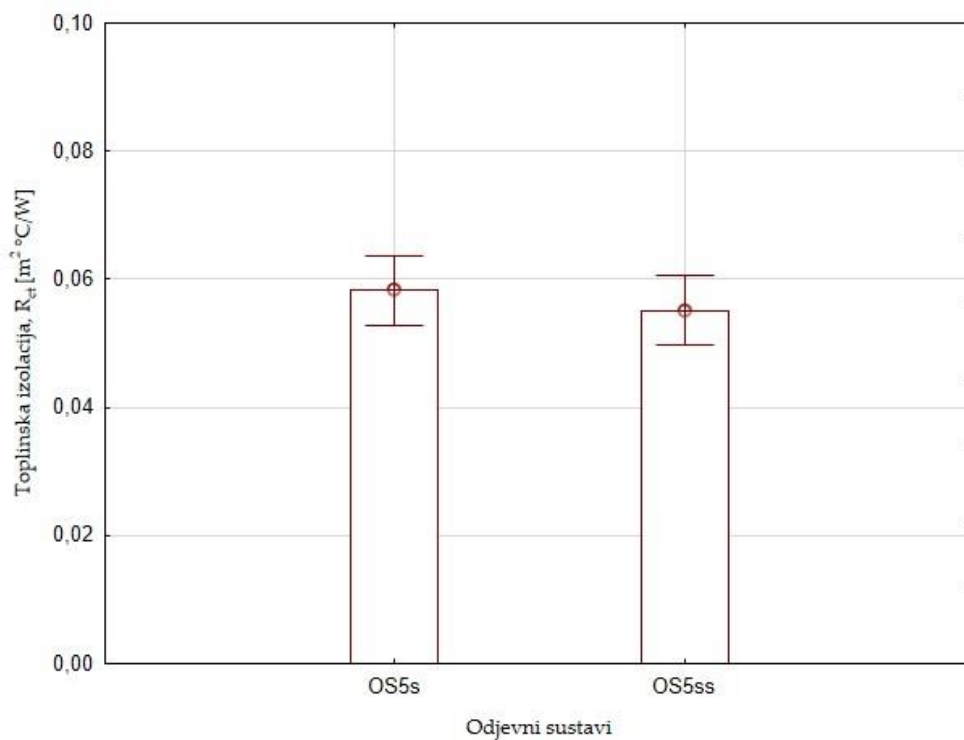


Sl. 64: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava iz pojedinih skupina modela s najvećim vrijednostima toplinske izolacije s naznačenim varijacijama

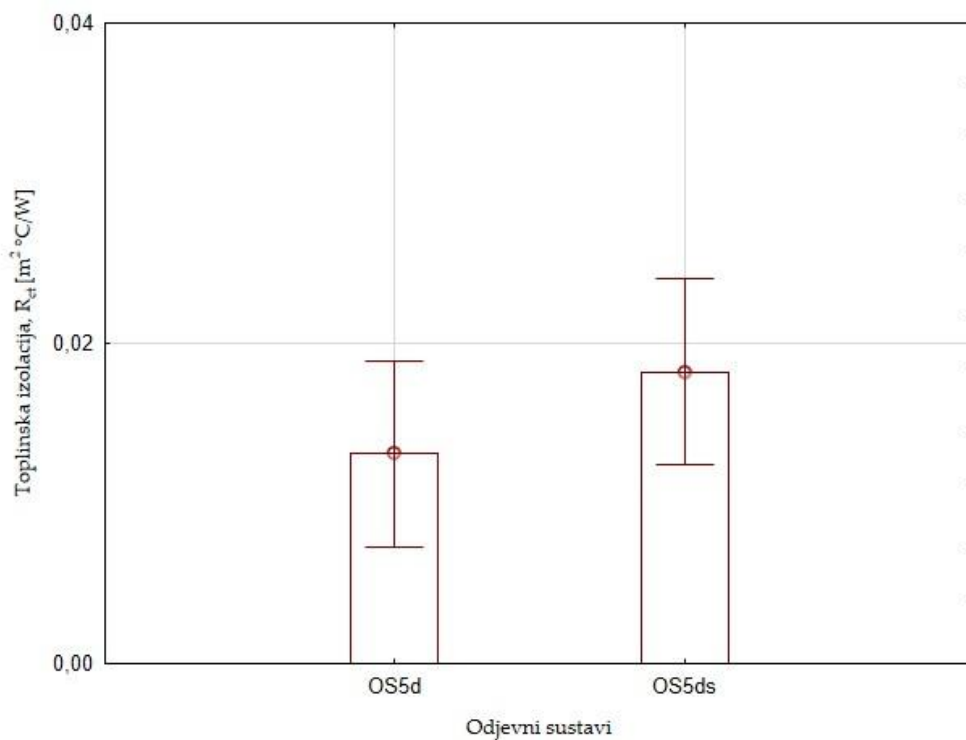
Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5s) i dinamičkom modu (OS5a) s naznačenim varijacijama prikazan je na sl. 65, a u statičkom (OS5s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5ss) na sl. 66. Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u dinamičkom modu (OS5a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5ds) prikazan je na sl. 67, a u statičkom modu (OS5ss) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5ds) na sl. 68. U tab. 80-83 (Prilog 4) su prikazane statističke analize.



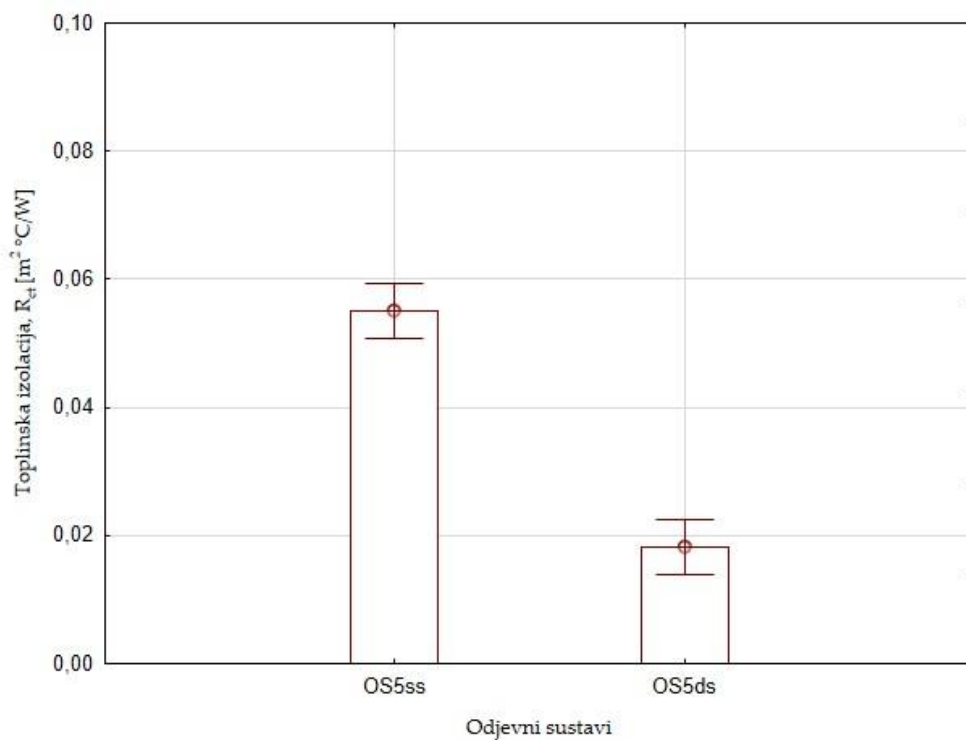
Sl. 65: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i dinamičkom modu (OS5_d) s naznačenim varijacijama



Sl. 66: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ss}) s naznačenim varijacijama



Sl. 67: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u dinamičkom modu (OS5_d), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ds}) s naznačenim varijacijama



Sl. 68: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom modu (OS5_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ds}) s naznačenim varijacijama

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava iz pojedinih skupina modela, s najvećim izmjerenim vrijednostima toplinske izolacije (OS5_s, OS10_s, OS14_s)?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava iz pojedinih skupina modela s najvećim izmjerenim vrijednostima toplinske izolacije (OS5_s, OS10_s, OS14_s)

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava iz pojedinih skupina modela s najvećim izmjerenim vrijednostima toplinske izolacije (OS5_s, OS10_s, OS14_s)

$p > \alpha$ (0,05), odbacuje se prva hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativnu hipoteza H0 da ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava iz pojedinih skupina modela s najvećim izmjerenim vrijednostima toplinske izolacije (OS5_s, OS10_s, OS14_s).

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i dinamičkom modu (OS5_a)?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i dinamičkom modu (OS5_a).

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i dinamičkom modu (OS5_a).

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i dinamičkom modu (OS5_a).

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom modu(OS5_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ss})?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom modu (OS5_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ss}).

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom modu (OS5_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ss}).

$p > \alpha$ (0,05), odbacuje se prva hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H0 da ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom modu (OS5_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ss}).

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u dinamičkom modu (OS5_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ds})?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u dinamičkom modu (OS5_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ds}).

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u dinamičkom modu (OS5_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ds}).

$p > \alpha$ (0,05), odbacuje se prva hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H0 da ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u dinamičkom modu (OS5_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ds}).

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom modu (OS5_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ds})?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom modu ($OS5_{ss}$) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom ($OS5_{ds}$).

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom modu ($OS5_{ss}$) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom ($OS5_{ds}$).

$p < \alpha (0,05)$, odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom modu ($OS5_{ss}$) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom ($OS5_{ds}$).

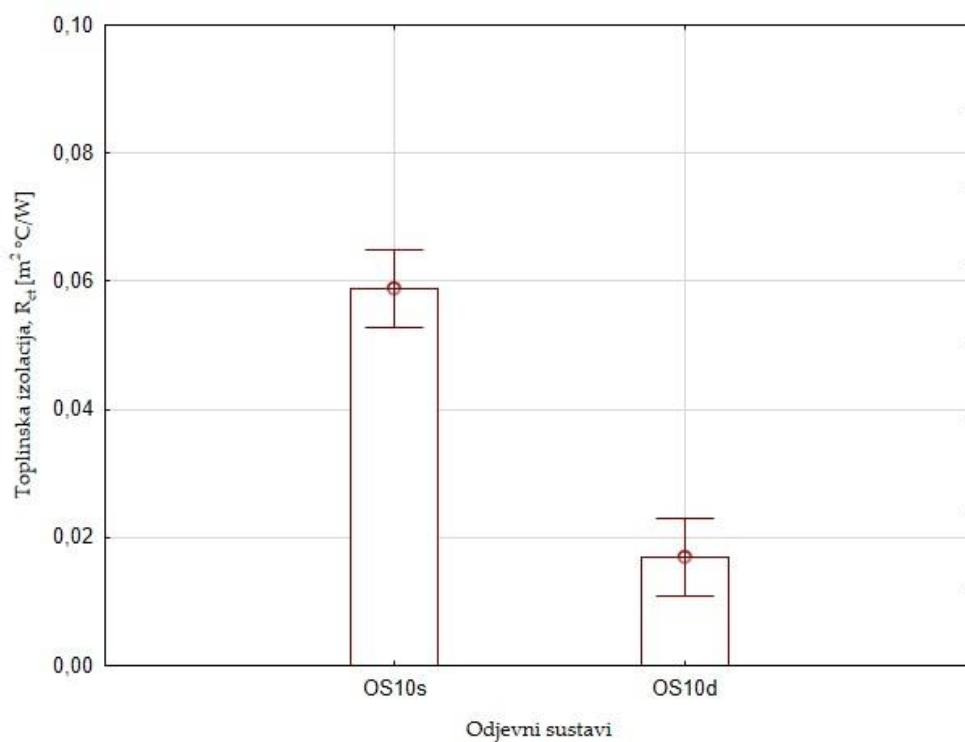
Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom ($OS10_s$) i dinamičkom modu ($OS10_d$) s naznačenim varijacijama prikazan je na sl. 69, a u statičkom ($OS10_s$) i statičkom modu sa stegnutom duljinom ($OS10_{ss}$) na sl. 70. Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u dinamičkom modu ($OS10_d$), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom ($OS10_{ds}$) prikazan je na sl. 71, a u statičkom modu ($OS10_{ss}$) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom ($OS10_{ds}$) na sl. 72. U tab. 84-87 (Prilog 4) su prikazane statističke analize.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom ($OS10_s$) i dinamičkom modu ($OS10_d$)?

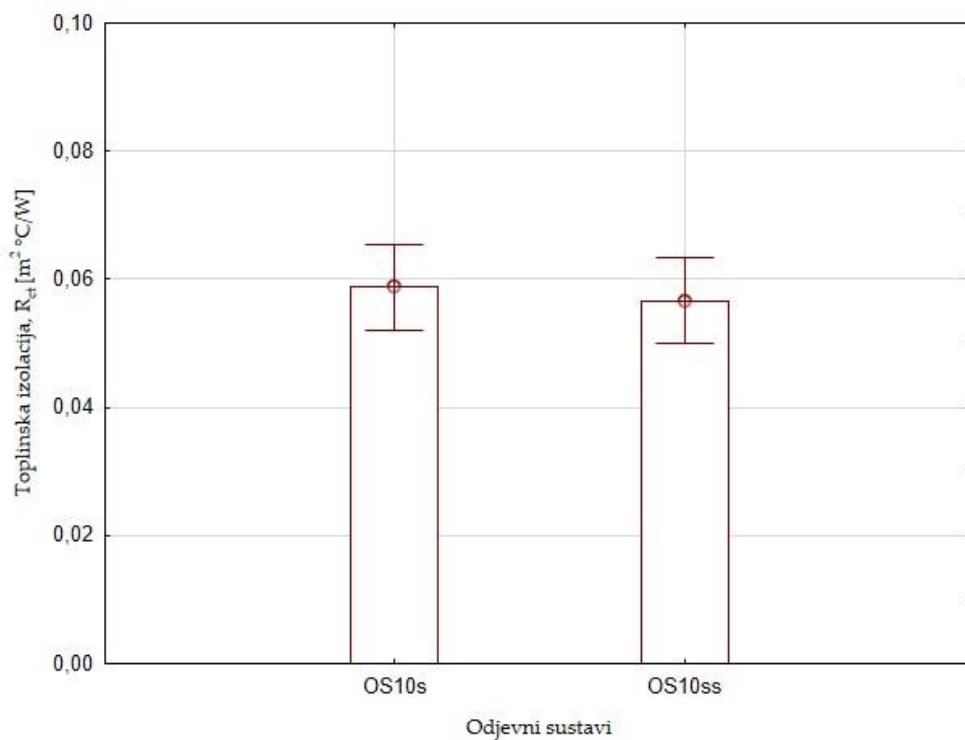
Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom ($OS10_s$) i dinamičkom modu ($OS10_d$).

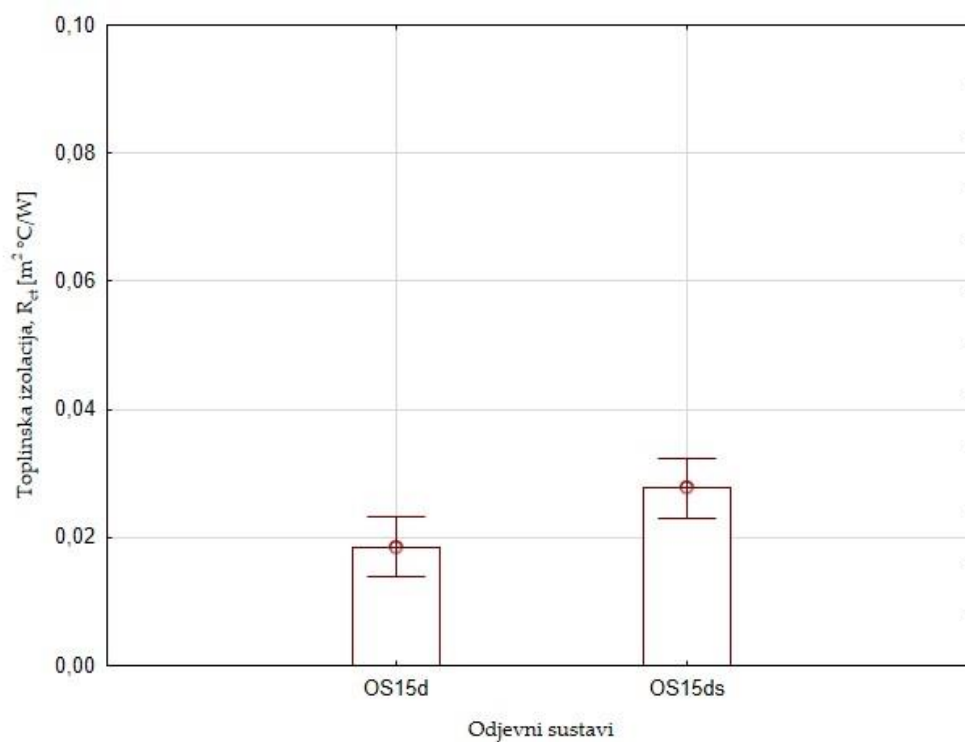
H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom ($OS10_s$) i dinamičkom modu ($OS10_d$).



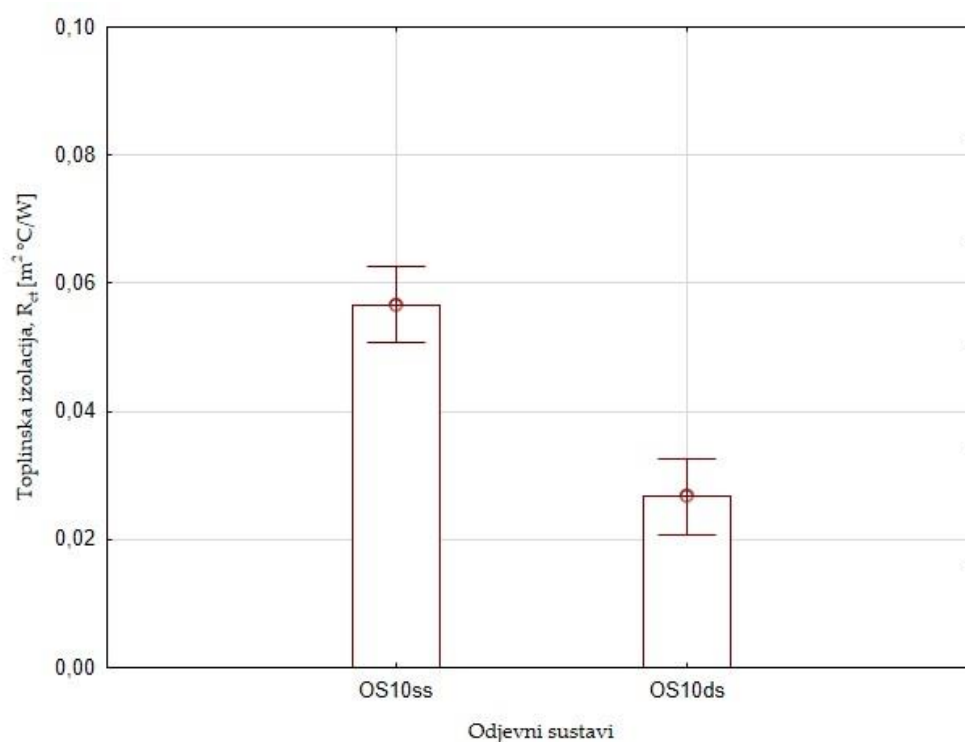
Sl. 69: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i dinamičkom modu (OS10_d) s naznačenim varijacijama



Sl. 70: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ss}) s naznačenim varijacijama



Sl. 71: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u dinamičkom modu (OS10_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{as}) s naznačenim varijacijama



Sl. 72: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom modu (OS10_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds}) s naznačenim varijacijama

$p < \alpha (0,05)$, odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i dinamičkom modu (OS10_a).

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom modu (OS10_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ss})?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom modu (OS10_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ss}).

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom modu (OS10_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ss}).

$p > \alpha (0,05)$, odbacuje se prva hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H0 da ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom modu (OS10_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ss}).

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u dinamičkom modu (OS10_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds})?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u dinamičkom modu (OS10_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds}).

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u dinamičkom modu (OS10_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds}).

$p < \alpha (0,05)$, odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1

da postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u dinamičkom modu (OS10_d), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds}).

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom modu (OS10_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds})?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom modu (OS10_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds}).

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom modu (OS10_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds}).

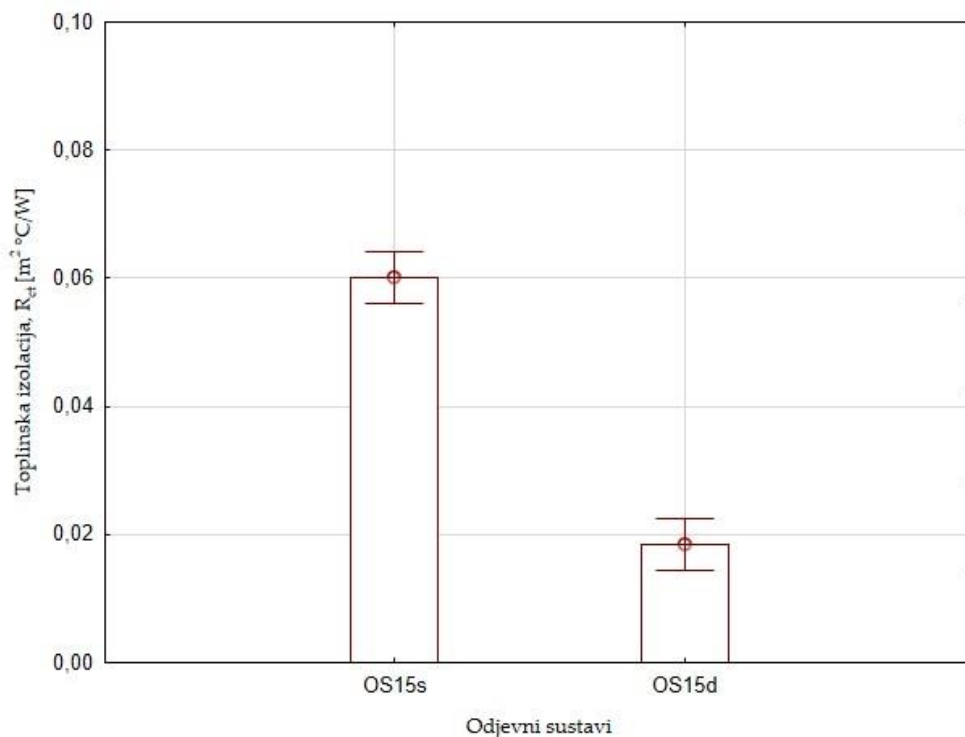
$p < \alpha (0,05)$, odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom modu (OS10_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds}).

Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_d) s naznačenim varijacijama prikazan je na sl. 73, a u statičkom (OS15_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ss}) na sl. 74. Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u dinamičkom modu (OS15_d), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds}) prikazan je na sl. 75, a u statičkom modu (OS15_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds}) na sl. 76. U tab. 88-91 (Prilog 4) su prikazane statističke analize.

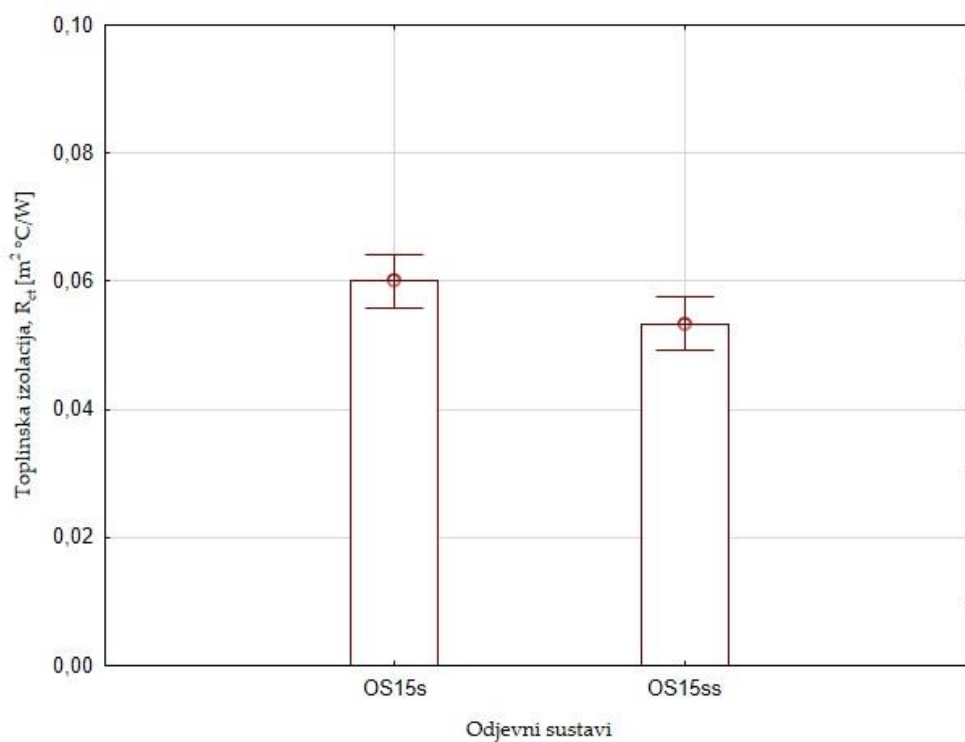
Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_d)?

Postavljena hipoteza:

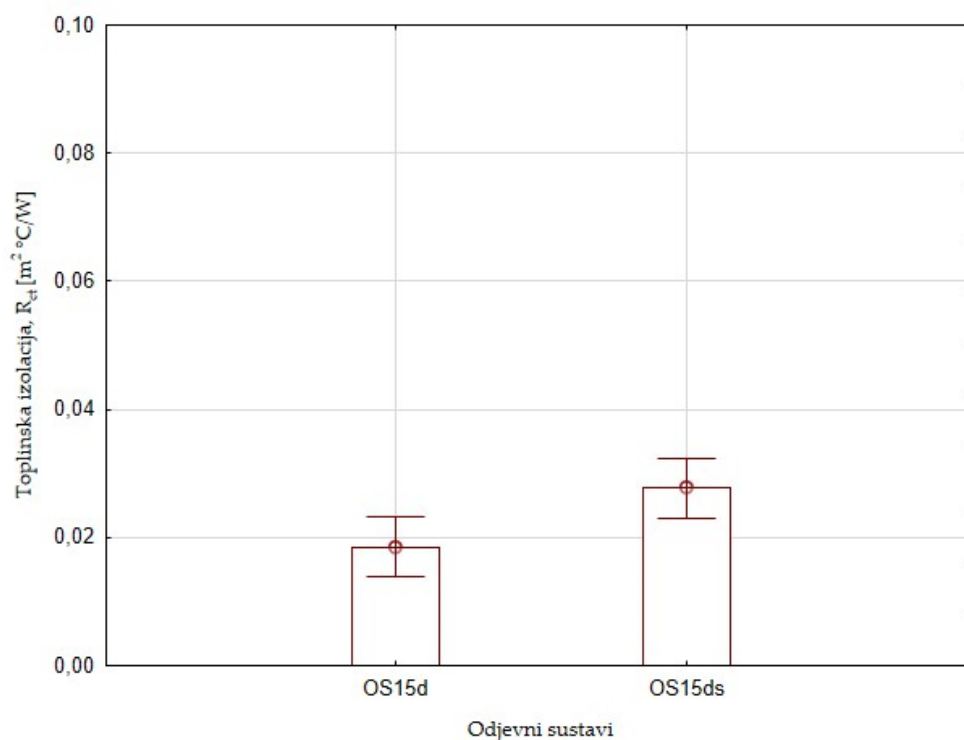
H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_a).



Sl. 73: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_a) s naznačenim varijacijama



Sl. 74: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ss}) s naznačenim varijacijama



Sl. 75: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u dinamičkom modu (OS15d), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15ds) s naznačenim varijacijama

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_d).

$p < \alpha (0,05)$, odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_d).

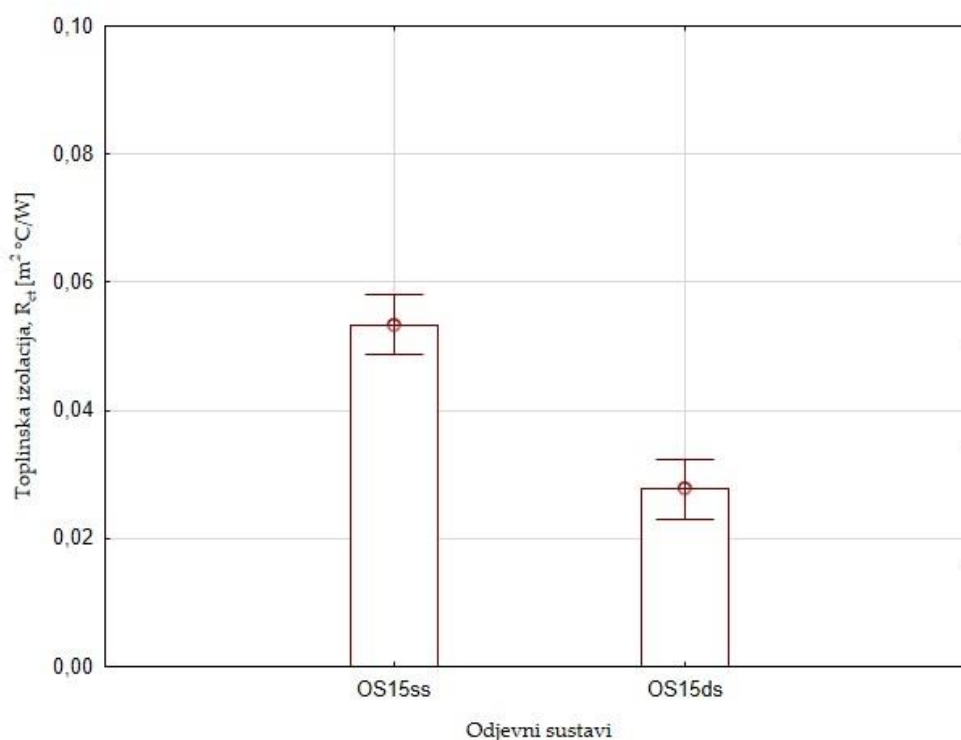
Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom modu (OS15_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ss})?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom modu (OS15_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ss}).

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom modu (OS15_s) i statičkom modu sa

stegnutom duljinom (OS15_{ss}).



Sl. 76: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom modu (OS15_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds}) s naznačenim varijacijama

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom modu (OS15_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ss}).

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u dinamičkom modu (OS15_d), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds})?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u dinamičkom modu (OS15_d), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds}).

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u dinamičkom modu (OS15_d), te dinamičkom modu sa

stegnutom duljinom (OS15_{ds}).

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u dinamičkom modu (OS15_d), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds}).

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom modu (OS15_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds})?

Postavljena hipoteza:

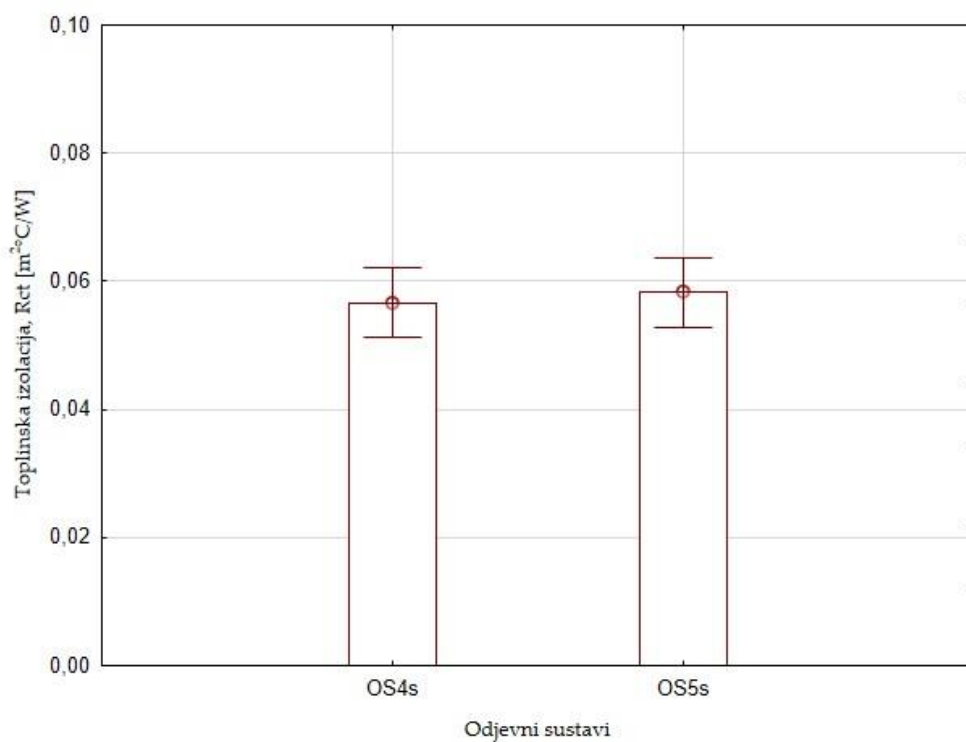
H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom modu (OS15_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds}).

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom modu (OS15_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds}).

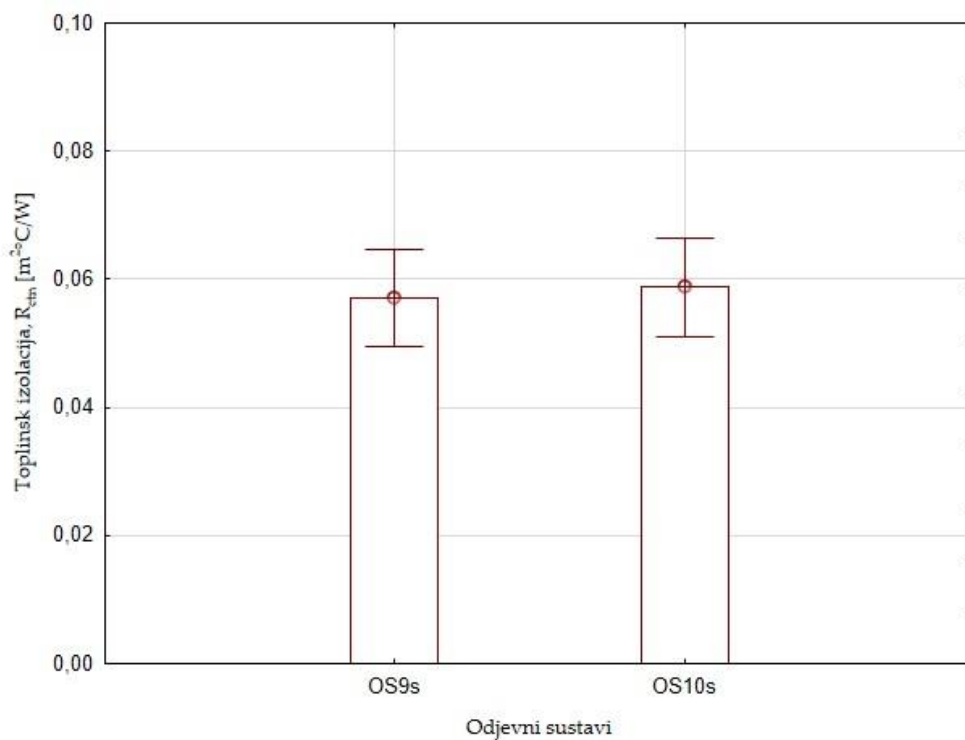
$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom modu (OS15_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds}).

Na sl. 77 prikazani su rezultati određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS4_s i OS5_s, a na sl. 78 rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS9_s i OS10_s. U tab. 92 i tab. 93 (Prilog 4) su prikazane statističke analize.

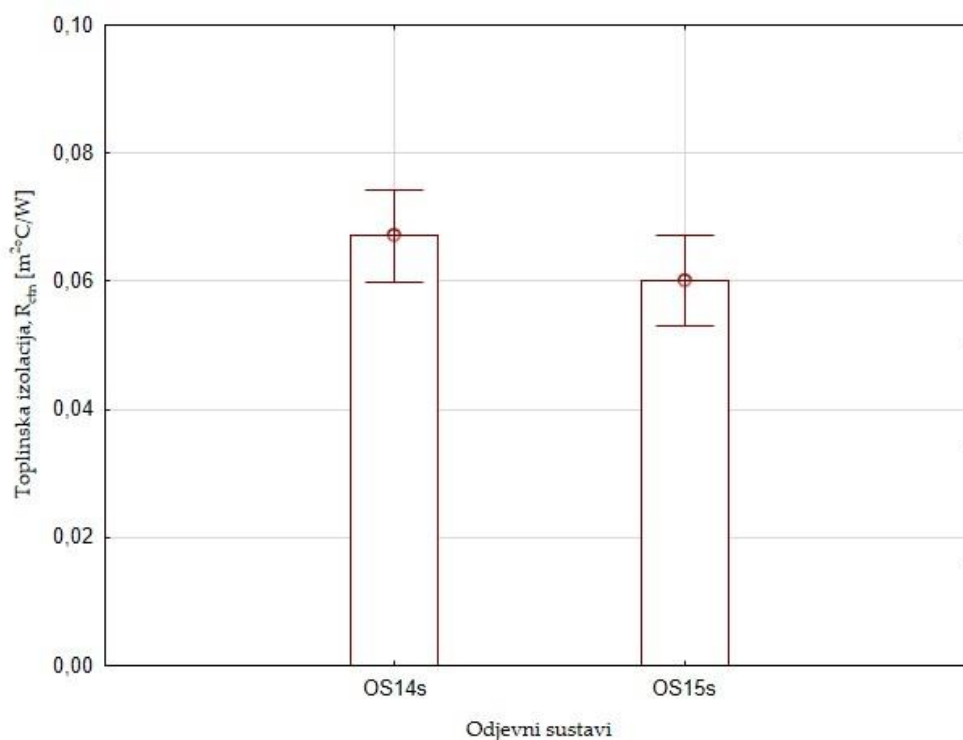
Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS14_s i OS15_s s naznačenim varijacijama prikazan je na sl. 79, a u tab. 94 (Prilog) je prikazana statistička analiza.



Sl. 77: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS4s i OS5s s naznačenim varijacijama



Sl. 78: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS9s i OS10s s naznačenim varijacijama



Sl. 79: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS14s i OS15s s naznačenim varijacijama

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS4s i OS5s?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije odjevnih sustava OS4s i OS5s.

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije odjevnih sustava OS4s i OS5s.

$p > \alpha$ (0,05), odbacuje se prva hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H0 da ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije odjevnih sustava OS4s i OS5s.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS9s i OS10s?

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije odjevnih sustava OS9s i OS10s

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije odjevnih sustava OS9_s i OS10_s

$p > \alpha$ (0,05), odbacuje se prva hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H0 da ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije odjevnih sustava OS9_s i OS10_s.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS14_s i OS15_s?

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije odjevnih sustava OS14_s i OS15_s

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije odjevnih sustava OS14_s i OS15_s

$p > \alpha$ (0,05), odbacuje se prva hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H0 da ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije odjevnih sustava OS14_s i OS15_s.

Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i dinamičkom modu (OS5_d), te u stegnutom (OS5_{ss}, OS5_{ds}) i nestegnutom stanju (OS5_s, OS5_d) s naznačenim varijacijama, sl. 99. U tab. 95 je prikazana statistička analiza.

Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i dinamičkom modu (OS10_d), te u stegnutom (OS10_{ss}, OS10_{ds}) i nestegnutom stanju (OS10_s, OS10_d) s naznačenim varijacijama, na sl. 100. U tab. 96 je prikazana statistička analiza.

Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS10_d), te u stegnutom (OS15_{ss}, OS15_{ds}) i nestegnutom stanju (OS15_s, OS15_d) s naznačenim varijacijama, na sl. 101. U tab. 97 je prikazana statistička analiza.

4.5.3 Rezultati određivanja mase odjevnih sustava i efikasnosti toplinske izolacije odjevnog sustava

U tab. 38 prikazani su rezultati određivanja mase odjevnih sustava, a u tab. 39 rezultati određivanja efikasnosti toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava.

Tab. 38: Rezultati određivanja mase odjevnih sustava

Oznaka odjevnog sustava	Masa odjevnog sustava, m_{os} [kg]	Oznaka odjevnog sustava	Masa odjevnog sustava, m_{os} [kg]	Oznaka odjevnog sustava	Masa odjevnog sustava, m_{os} [kg]
OS1	0,67	OS6	0,95	OS11	1,13
OS2	0,95	OS7	1,25	OS12	1,42
OS3	0,96	OS8	1,25	OS13	1,40
OS4	1,39	OS9	1,68	OS14	1,86
OS5	1,37	OS10	1,65	OS15	1,80

Tab. 39: Rezultati određivanja efikasnosti toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava

Odjevni sustav	Efikasnost toplinske izolacije odjevnih sustava, EM_{os} [kg/Clo]
OS5 _s	3,21
OS10 _s	4,35
OS15 _s	4,64

4.6 REZULTATI ODREĐIVANJA DIFERENCIJALNIH GRADIJENATA TEMPERATURA ODJEVNIH KOMPOZITA I ODJEVNIH SUSTAVA

Provedeno je određivanje diferencijalnih gradijenata temperatura odjevnih kompozita i odjevnih sustava na mjernom sustavu i mjernoj metodi opisanoj u točki 3.3.5.

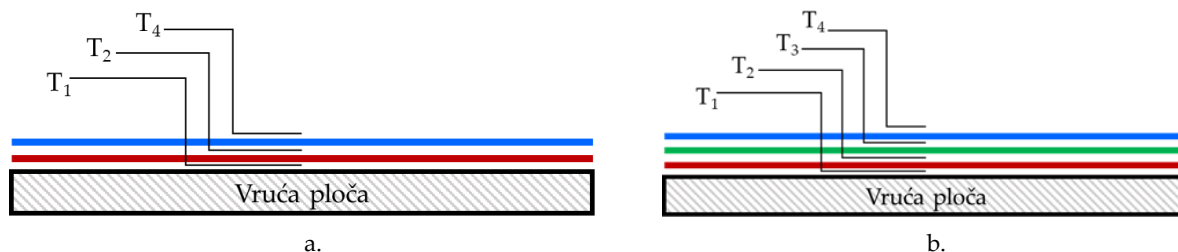
4.6.1 Rezultati određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura ugradbenih materijala i odjevnih kompozita

U tab. 40 prikazani su rezultati srednjih vrijednosti izmjerenih diferencijalnih gradijenata temperatura na odjevnim kompozitima.

Grafički prikaz pozicioniranja temperaturnih senzora tijekom mjerenja diferencijalnih gradijenata temperatura ugradbenih materijala i odjevnih kompozita prikazan je na sl. 80.

U tab. 41 prikazani su rezultati izračunatih diferencijalnih gradijenata temperatura ugradbenih materijala te odjevnih kompozita.

Kod mjerenja diferencijalnih gradijenata temperatura na vrućoj ploči vrijednost temperaturnog senzora T_1 odnosi se na površinsku temperaturu vruće ploče, a T_4 temperaturu okoliša. Ostali temperaturni senzori nalaze se između slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu.



Sl. 80: Grafički prikaz pozicioniranja temperaturnih senzora tijekom mjerenja provedenih na ugradbenim materijalima i odjevnim kompozitima: a. pozicija temperaturnih senzora na dvoslojnim odjevnim kompozitima, b. pozicija temperaturnih senzora na troslojnim odjevnim kompozitima

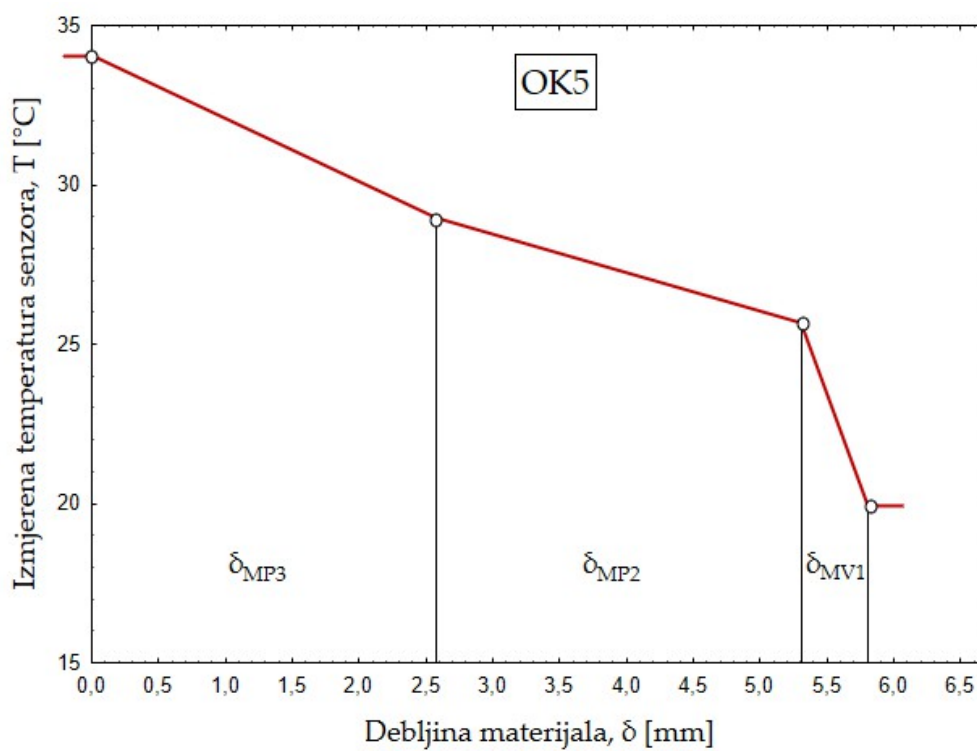
Tab. 40: Rezultati srednjih vrijednosti izmjerenih diferencijalnih gradijenata temperature odjevnih kompozita

Oznaka odjevnog kompozita	T_1 [°C]	T_2 [°C]	T_3 [°C]	T_4 [°C]
OK1	34,00	29,37		20,00
OK2	34,00	28,64	26,31	20,00
OK3	34,00	27,51	26,08	20,00
OK4	34,0	28,96	26,15	20,00
OK5	34,00	29,01	25,67	20,00
OK6	34,00	29,65		20,00
OK7	34,00	28,17	26,65	20,00
OK8	34,00	28,56	27,49	20,00
OK9	34,00	30,30	26,24	20,00
OK10	34,0	28,20	25,88	20,00
OK11	34,00	30,34		20,00
OK12	34,00	29,23	26,55	20,00
OK13	34,00	30,34	25,08	20,00
OK14	34,00	28,34	27,32	20,00
OK15	34,00	25,78	29,99	20,00

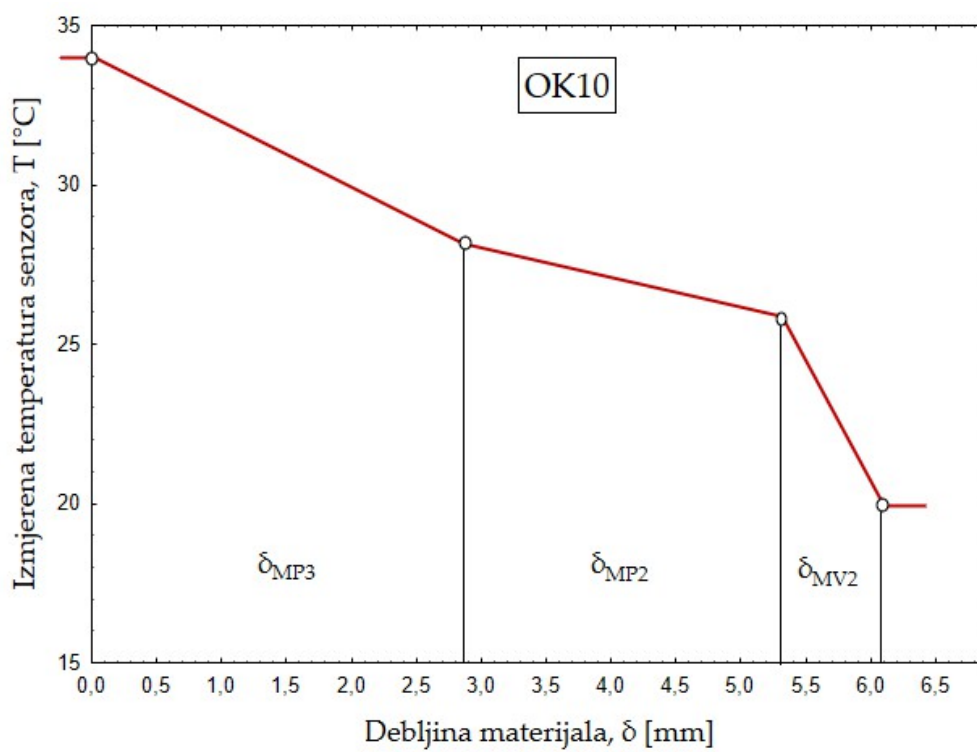
Na sl. 81 prikazani su rezultati određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura reprezentativnih odjevnih kompozita OK5 (koji se sastoji od dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)), OK10 (koji se sastoji od troslojnog laminiranog materijala (MV2), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)) te OK15 (koji se sastoji od troslojnog laminiranog materijala (MV3), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)).

Tab. 41: Rezultati izračunatih diferencijalnih gradijenata temperatura ugradbenih materijala i odjevnih kompozita

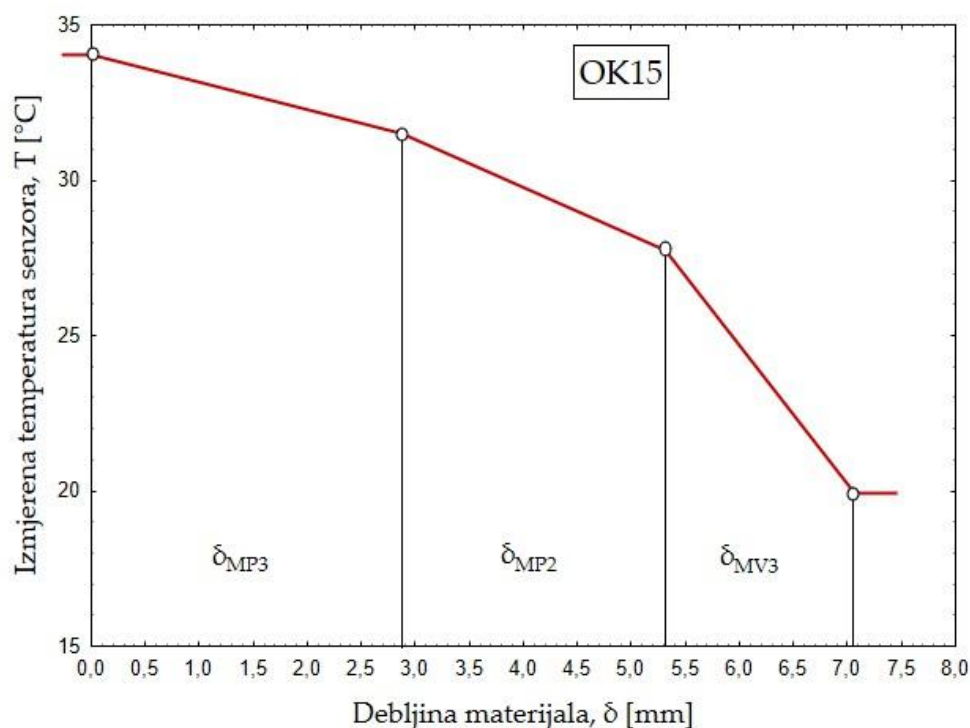
Oznaka ugradbenog materijala/odjevnog kompozita	Kombinacija ugradbenih materijala	P [W]	Otpor prolazu topline, R_{ct} [$m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$]	Algebarska suma komponenata, R_{ct} [$m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$]	Diferencijalni gradijenti temperatura
MV1		40,22	-0,0071		$tg\alpha_{MV1}=28,57$
MV2		34,00	-0,0066		$tg\alpha_{MV2}=18,42$
MV3		20,43	0,0061		$tg\alpha_{MV3}=8,09$
MP1		22,01	-0,0168		$tg\alpha_{MP1}=63,64$
MP2		16,78	0,0302		$tg\alpha_{MP2}=5,76$
MP3		17,46	0,0181		$tg\alpha_{MP3}=4,90$
OK1	MP1+MV1	36,28	-0,0018	-0,0239	$tg\alpha_{MP1}=21,05$ $tg\alpha_{MV1}=19,12$
OK2	MP3+MP1+MV1	23,23	0,0474	-0,0058	$tg\alpha_{MP3}=1,87$ $tg\alpha_{MP1}=10,59$ $tg\alpha_{MV1}=12,88$
OK3	MP2+MP1+MV1	25,44	0,0418	0,0063	$tg\alpha_{MP2}=2,67$ $tg\alpha_{MP1}=6,5$ $tg\alpha_{MV1}=16,49$
OK4	MP3+MP2+MV1	20,28	0,0751	0,0412	$tg\alpha_{MP2}=2,07$ $tg\alpha_{MP3}=0,98$ $tg\alpha_{MV1}=12,55$
OK5	MP2+MP3+MV1	20,32	0,0747	0,0412	$tg\alpha_{MP3}=1,74$ $tg\alpha_{MP2}=1,37$ $tg\alpha_{MV1}=11,57$
OK6	MP1+MV2	38,55	-0,0036	-0,0234	$tg\alpha_{MP1}=19,77$ $tg\alpha_{MV1}=12,70$
OK7	MP3+MP1+MV2	24,42	0,0469	-0,0053	$tg\alpha_{MP3}=2,04$ $tg\alpha_{MP1}=6,91$ $tg\alpha_{MV1}=8,75$
OK8	MP2+MP1+MV2	24,48	0,0467	0,0068	$tg\alpha_{MP2}=2,24$ $tg\alpha_{MP1}=4,86$ $tg\alpha_{MV1}=9,86$
OK9	MP2+MP3+MV2	20,70	0,0716	0,0417	$tg\alpha_{MP2}=1,52$ $tg\alpha_{MP3}=1,42$ $tg\alpha_{MV1}=8,21$
OK10	MP3+MP2+MV2	20,21	0,0761	0,0417	$tg\alpha_{MP3}=2,03$ $tg\alpha_{MP2}=0,95$ $tg\alpha_{MV1}=7,74$
OK11	MP1+MV3	30,60	0,0074	-0,0107	$tg\alpha_{MP1}=16,64$ $tg\alpha_{MV3}=5,98$
OK12	MP3+MP1+MV3	22,70	0,0456	0,0074	$tg\alpha_{MP3}=1,67$ $tg\alpha_{MP1}=12,18$ $tg\alpha_{MV3}=3,79$
OK13	MP2+MP1+MV3	22,45	0,0473	0,0195	$tg\alpha_{MP2}=1,51$ $tg\alpha_{MP1}=23,90$ $tg\alpha_{MV3}=2,94$
OK14	MP2+MP3+MV3	19,77	0,0675	0,0544	$tg\alpha_{MP2}=2,33$ $tg\alpha_{MP3}=1,02$ $tg\alpha_{MV3}=4,23$
OK15	MP3+MP2+MV3	19,10	0,0736	0,0544	$tg\alpha_{MP2}=2,87$ $tg\alpha_{MP3}=1,73$ $tg\alpha_{MV3}=5,77$



a.



b.



c.

Sl. 81: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura reprezentativnih odjevnih kompozita: a. OK5; b. OK10; c. OK15

Grafički prikazi rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na ugradbenim materijalima i ostalim odjevnim kompozitima prikazani su na sl. 102 i sl. 103 (Prilog 3).

4.6.2 Rezultati određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura odjevnih sustava

Prema metodi opisanoj u točki 3.3.5 izmjereni su diferencijalni gradijenti temperatura na sve tri skupine modela odjevnih sustava. Na sve tri skupine modela odjevnih sustava provedena su mjerenja u nestegnutom stanju u statičkom (OS5_s, OS10_s, OS15_s) i dinamičkom (OS5_d, OS10_d i OS15_d) modu. Isti sustavi ispitani su u statičkom i dinamičkom modu u stegnutom stanju (OS5_{ss}, OS10_{ss}, OS15_{ss}, OS5_{ds}, OS10_{ds} i OS15_{ds}).

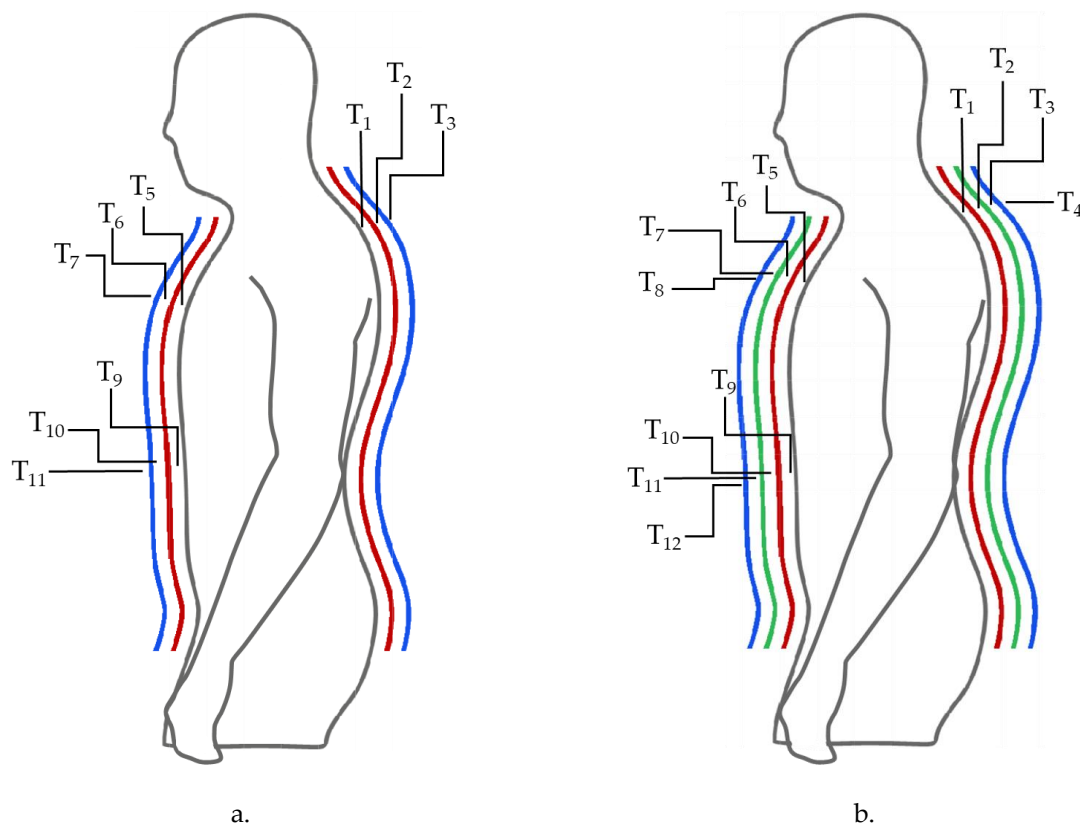
Grafički prikaz pozicioniranja temperaturnih senzora tijekom mjerenja diferencijalnih gradijenata temperatura provedenih na tri pozicije (leđa, prsa i struk) prikazan je na sl. 82.

Pozicije senzora su na svim sustavima bile jednake: T₁, T₂, T₃ i T₄ na stražnjoj sredini leđa (10 cm od vratnog izreza), T₅, T₆, T₇ i T₈ na prsima (10 cm od šava sastava ramena i 10 cm od šava sastava

donjeg i gornjeg prednjeg desnog dijela), T_9 , T_{10} , T_{11} i T_{12} na prednjem dijelu u visini struka (10 cm od prednje sredine jakne te 10 cm od gornjeg prošiva donjeg džepa).

U tab. 42 prikazani su rezultati srednjih vrijednosti izmjerenih diferencijalnih gradijenata temperatura na svim pozicijama mjerenja i na svim skupinama modela odjevnih sustava.

Rezultati izračunatih diferencijalnih gradijenata temperatura i određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava prikazani su u tab. 43.



Sl. 82: Grafički prikaz pozicioniranja temperaturnih senzora tijekom mjerenja provedenih na tri pozicije odjevnih sustava (leđa, prsa i struk): a. pozicija temperaturnih senzora na dvoslojnim odjevnim sustavima, b. pozicija temperaturnih senzora na troslojnim odjevnim sustavima

Vrijednosti temperaturnih senzora T_3 , T_4 , T_7 , T_8 , T_{11} i T_{12} odnose se na temperaturu okoliša, a vrijednosti senzora T_1 , T_5 i T_9 na površinsku temperaturu mjerne površine toplinskog manekena. Kod mjerenja diferencijalnih gradijenata temperatura na vrućoj ploči vrijednost temperaturnog senzora T_1 odnosi se na površinsku temperaturu vruće ploče, a T_4 temperaturu okoliša. Ostali temperaturni senzori nalaze se između slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu, odnosno odjevnim sustavima.

Tab. 42: Rezultati srednjih vrijednosti izmjerenih diferencijalnih gradijenata temperatura na svim pozicijama mjerenja i na svim skupinama modela odjevnih sustava

Odjevni sustavi	Pozicija temp.senzora	Leđa				Prsa				Struk			
		T ₁ [°C]	T ₂ [°C]	T ₃ [°C]	T ₄ [°C]	T ₅ [°C]	T ₆ [°C]	T ₇ [°C]	T ₈ [°C]	T ₉ [°C]	T ₁₀ [°C]	T ₁₁ [°C]	T ₁₂ [°C]
OS1		34,00	25,68		20,00	34,00	24,97		20,00	34,00	24,44		20,00
OS2		34,00	24,35	24,81	20,00	34,00	26,48	23,08	20,00	34,00	25,28	23,89	20,00
OS3		34,00	24,72	24,79	20,00	34,00	25,04	22,88	20,00	34,00	23,07	22,49	20,00
OS4		34,00	25,79	23,71	20,00	34,00	24,44	21,87	20,00	34,00	25,50	23,10	20,00
OS5 _s		34,00	27,02	22,88	20,00	34,00	25,79	22,46	20,00	34,00	26,19	24,59	20,00
OS5 _{ss}		34,00	27,26	22,78	20,00	34,00	25,79	22,52	20,00	34,00	28,50	25,95	20,00
OS5 _d		34,00	27,57	22,88	20,00	34,00	26,07	22,56	20,00	34,00	25,74	23,80	20,00
OS5 _{ds}		34,00	27,46	22,55	20,00	34,00	26,36	22,66	20,00	34,00	28,37	25,99	20,00
OS6		34,00	25,17		20,00	34,00	24,21		20,00	34,00	25,29		20,00
OS7		34,00	24,36	24,52	20,00	34,00	24,66	22,84	20,00	34,00	25,44	23,88	20,00
OS8		34,00	24,69	22,93	20,00	34,00	23,89	23,26	20,00	34,00	25,82	23,03	20,00
OS9		34,00	28,41	24,08	20,00	34,00	26,82	23,33	20,00	34,00	25,35	24,07	20,00
OS10 _s		34,00	25,42	23,82	20,00	34,00	26,58	24,19	20,00	34,00	25,03	23,47	20,00
OS10 _{ss}		34,00	26,06	23,61	20,00	34,00	26,34	23,60	20,00	34,00	30,42	27,72	20,00
OS10 _d		34,00	26,54	23,20	20,00	34,00	26,52	23,74	20,00	34,00	25,18	23,63	20,00
OS10 _{ds}		34,00	26,31	23,33	20,00	34,00	26,62	23,66	20,00	34,00	29,72	26,92	20,00
OS11		34,00	28,12		20,00	34,00	26,16		20,00	34,00	25,28		20,00
OS12		34,00	26,38	26,72	20,00	34,00	24,30	23,88	20,00	34,00	27,06	24,43	20,00
OS13		34,00	27,17	27,88	20,00	34,00	25,40	23,22	20,00	34,00	26,21	23,97	20,00
OS14		34,00	28,89	26,94	20,00	34,00	27,28	23,41	20,00	34,00	27,09	24,52	20,00
OS15 _s		34,00	28,39	25,063	20,00	34,00	25,44	23,71	20,00	34,00	26,09	24,06	20,00
OS15 _{ss}		34,00	28,53	25,08	20,00	34,00	25,63	23,60	20,00	34,00	27,16	24,85	20,00
OS15 _d		34,00	28,99	25,60	20,00	34,00	25,95	23,64	20,00	34,00	25,30	22,80	20,00
OS15 _{ds}		34,00	28,78	25,03	20,00	34,00	25,83	23,61	20,00	34,00	27,30	24,04	20,00

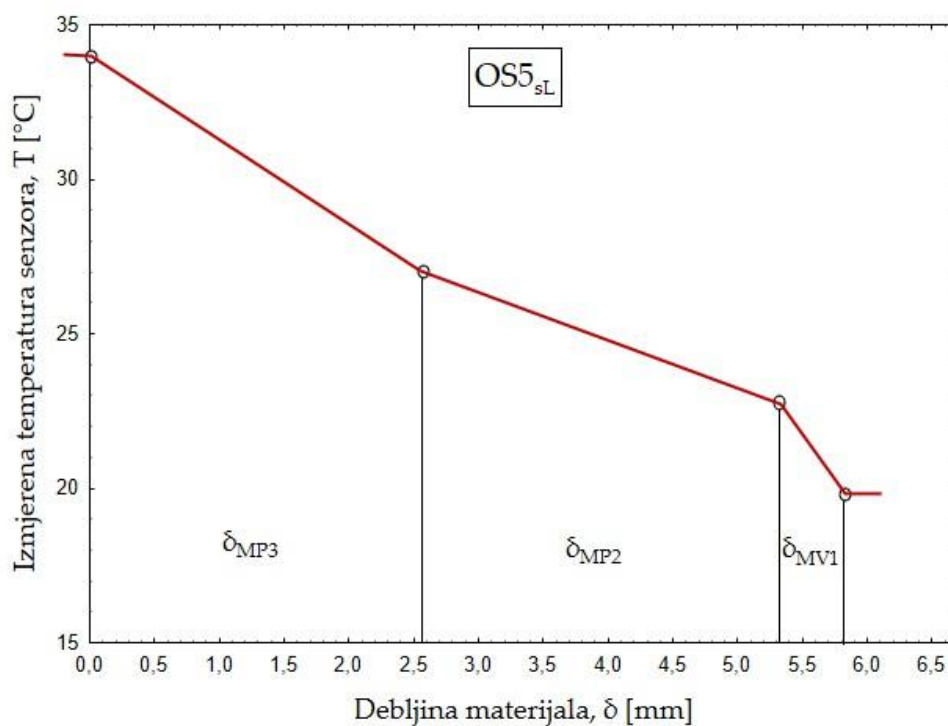
Tab. 43: Rezultati izračunatih diferencijalnih gradijenata temperatura i određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava

Oznaka odjevnih sustava	Kombinacija ugradbenih materijala	P [W]	Otpor prolazu topline, R_{cl} [m ² °C/W]	Diferencijalni gradijenti temperatura		
				Leda	Prsa	Struk
1	2	3	5	6	7	8
OS1	MP1+MV1	203,87	0,0425	tg α_{MP1} = 37,82 tg α_{MV1} = 11,59	tg α_{MP1} = 41,05 tg α_{MV1} = 10,14	tg α_{MP1} =43,45 tg α_{MV1} = 9,06
OS2	MP3+MP1+MV1	190,50	0,0510	tg α_{MP3} = 3,37 tg α_{MP1} = 2,09 tg α_{MV1} = 9,82	tg α_{MP3} = 2,63 tg α_{MP1} = 15,45 tg α_{MV1} = 6,29	tg α_{MP3} = 3,05 tg α_{MP1} =6,32 tg α_{MV1} = 7,94
OS3	MP2+MP1+MV1	191,82	0,0509	tg α_{MP2} = 3,82 tg α_{MP1} = 0,32 tg α_{MV1} =9,78	tg α_{MP2} = 3,69 tg α_{MP1} =9,82 tg α_{MV1} =5,88	tg α_{MP2} = 4,50 tg α_{MP1} = 2,64 tg α_{MV1} = 5,08
OS4	MP2+MP3+MV1	182,42	0,0566	tg α_{MP3} = 3,38 tg α_{MP2} = 0,73 tg α_{MV1} = 7,57	tg α_{MP3} = 3,93 tg α_{MP2} = 0,90 tg α_{MV1} = 3,82	tg α_{MP3} =3,50 tg α_{MP2} = 0,84 tg α_{MV1} = 6,33
OS5 _s	MP3+MP2+MV1	180,94	0,0583	tg α_{MP2} = 2,44 tg α_{MP3} =1,70 tg α_{MV1} = 5,88	tg α_{MP2} = 2,87 tg α_{MP3} = 1,37 tg α_{MV1} = 5,02	tg α_{MP2} = 2,73 tg α_{MP3} = 0,66 tg α_{MV1} = 9,37
OS5 _{ss}	MP3+MP2+MV1	184,48	0,0551	tg α_{MP2} = 2,36 tg α_{MP3} = 1,84 tg α_{MV1} = 5,67	tg α_{MP2} = 2,87 tg α_{MP3} = 1,14 tg α_{MV1} = 5,14	tg α_{MP2} = 1,92 tg α_{MP3} = 1,05 tg α_{MV1} = 12,14
OS5 _d	MP3+MP2+MV1	272,33	0,0131	tg α_{MP2} = 2,25 tg α_{MP3} = 1,93 tg α_{MV1} = 5,88	tg α_{MP2} = 2,77 tg α_{MP3} = 1,44 tg α_{MV1} = 5,22	tg α_{MP2} = 2,89 tg α_{MP3} = 0,80 tg α_{MV1} = 7,76
OS5 _{ds}	MP3+MP2+MV1	255,26	0,0182	tg α_{MP2} = 2,29 tg α_{MP3} = 2,02 tg α_{MV1} = 5,20	tg α_{MP2} = 2,67 tg α_{MP3} = 1,52 tg α_{MV1} = 5,43	tg α_{MP2} = 1,97 tg α_{MP3} = 0,98 tg α_{MV1} = 12,22
OS6	MP1+MV2	198,50	0,0457	tg α_{MP1} = 40,14 tg α_{MV2} = 6,08	tg α_{MP1} = 44,5 tg α_{MV1} = 5,54	tg α_{MP1} = 39,59 tg α_{MV1} = 7,76
OS7	MP3+MP1+MV2	184,93	0,0552	tg α_{MP3} = 3,37 tg α_{MP1} = 0,07 tg α_{MV2} = 5,95	tg α_{MP3} = 3,27 tg α_{MP1} = 8,27 tg α_{MV1} = 3,74	tg α_{MP3} = 2,99 tg α_{MP1} = 7,09 tg α_{MV1} = 5,10
OS8	MP2+MP1+MV2	190,62	0,0510	tg α_{MP2} = 3,83 tg α_{MP1} = 8,00 tg α_{MV2} = 3,86	tg α_{MP2} = 4,16 tg α_{MP1} = 2,86 tg α_{MV2} = 4,29	tg α_{MP2} = 3,37 tg α_{MP1} = 12,68 tg α_{MV2} = 3,99

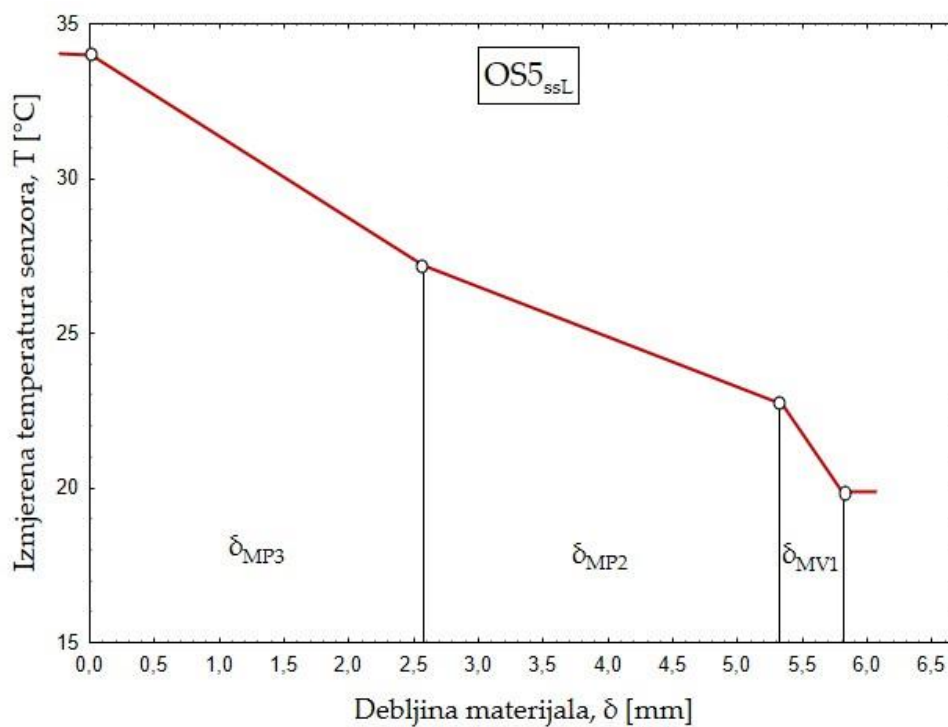
1	2	3	5	7	8	9
OS9	MP2+MP3+MV2	183,86	0,0571	tg α _{MP3} = 2,30 tg α _{MP2} = 1,15 tg α _{MV2} = 5,37	tg α _{MP3} = 2,95 tg α _{MP2} = 1,22 tg α _{MV2} = 4,38	tg α _{MP3} = 3,56 tg α _{MP2} = 0,45 tg α _{MV2} = 5,36
OS10 _s	MP3+MP2+MV2	181,32	0,0587	tg α _{MP2} = 3,00 tg α _{MP3} = 0,66 tg α _{MV2} = 5,03	tg α _{MP2} = 2,59 tg α _{MP3} = 0,98 tg α _{MV1} = 5,51	tg α _{MP2} = 3,14 tg α _{MP3} = 0,64 tg α _{MV1} = 4,57
OS10 _{ss}	MP3+MP2+MV2	183,01	0,0566	tg α _{MP2} = 2,78 tg α _{MP3} = 1,01 tg α _{MV2} = 4,75	tg α _{MP2} = 2,68 tg α _{MP3} = 1,13 tg α _{MV2} = 4,74	tg α _{MP2} = 1,25 tg α _{MP3} = 1,11 tg α _{MV2} = 10,16
OS10 _d	MP3+MP2+MV2	258,79	0,0169	tg α _{MP2} = 2,61 tg α _{MP3} = 1,37 tg α _{MV2} = 4,21	tg α _{MP2} = 2,62 tg α _{MP3} = 1,14 tg α _{MV2} = 4,92	tg α _{MP2} = 3,08 tg α _{MP3} = 0,64 tg α _{MV2} = 4,78
OS10 _{ds}	MP3+MP2+MV2	235,99	0,0267	tg α _{MP2} = 2,69 tg α _{MP3} = 1,23 tg α _{MV2} = 4,38	tg α _{MP2} = 2,58 tg α _{MP3} = 1,22 tg α _{MV2} = 4,82	tg α _{MP2} = 1,50 tg α _{MP3} = 1,15 tg α _{MV2} = 9,11
OS11	MP1+MV3	186,84	0,0536	tg α _{MP1} = 26,73 tg α _{MV3} = 4,694,69	tg α _{MP1} = 35,64 tg α _{MV3} = 3,56	tg α _{MP1} = 39,64 tg α _{MV3} = 3,05
OS12	MP3+MP1+MV3	169,50	0,0669	tg α _{MP3} = 2,66 tg α _{MP1} = 1,55 tg α _{MV3} = 3,88	tg α _{MP3} = 3,39 tg α _{MP1} = 1,91 tg α _{MV3} = 2,24	tg α _{MP3} = 2,43 tg α _{MP1} = 11,95 tg α _{MV3} = 2,56
OS13	MP2+MP1+MV3	182,51	0,0572	tg α _{MP2} = 2,81 tg α _{MP1} = 3,23 tg α _{MV3} = 4,55	tg α _{MP2} = 3,54 tg α _{MP1} = 9,91 tg α _{MV3} = 1,86	tg α _{MP2} = 3,21 tg α _{MP1} = 10,18 tg α _{MV3} = 2,29
OS14	MP2+MP3+MV3	171,65	0,0671	tg α _{MP2} = 2,10 tg α _{MP3} = 0,68 tg α _{MV3} = 5,75	tg α _{MP2} = 1,26 tg α _{MP3} = 1,35 tg α _{MV3} = 1,97	tg α _{MP2} = 2,84 tg α _{MP3} = 0,90 tg α _{MV3} = 2,61
OS15 _s	MP3+MP2+MV3	178,07	0,0601	tg α _{MP3} = 1,96 tg α _{MP2} = 1,37 tg α _{MV3} = 2,92	tg α _{MP3} = 2,99 tg α _{MP2} = 0,71 tg α _{MV3} = 2,14	tg α _{MP3} = 2,77 tg α _{MP2} = 0,84 tg α _{MV3} = 2,35
OS15 _{ss}	MP3+MP2+MV3	186,79	0,0534	tg α _{MP3} = 1,91 tg α _{MP2} = 1,42 tg α _{MV3} = 2,94	tg α _{MP3} = 2,93 tg α _{MP2} = 0,84 tg α _{MV3} = 2,08	tg α _{MP3} = 2,39 tg α _{MP2} = 0,95 tg α _{MV3} = 2,80
OS15 _d	MP3+MP2+MV3	253,11	0,0185	tg α _{MP3} = 1,75 tg α _{MP2} = 1,40 tg α _{MV3} = 3,24	tg α _{MP3} = 2,81 tg α _{MP2} = 0,95 tg α _{MV3} = 2,10	tg α _{MP3} = 0,03 tg α _{MP2} = 1,03 tg α _{MV3} = 1,62

1	2	3	5	5	7	8
OS15 _{ds}	MP3+MP2+MV3	233,47	0,0277	0,0544	tg α_{MP3} = 1,83 tg α_{MP2} = 1,54 tg α_{MV3} =2,91	tg α_{MP3} = 2,86 tg α_{MP2} = 0,91 tg α_{MV3} =2,09

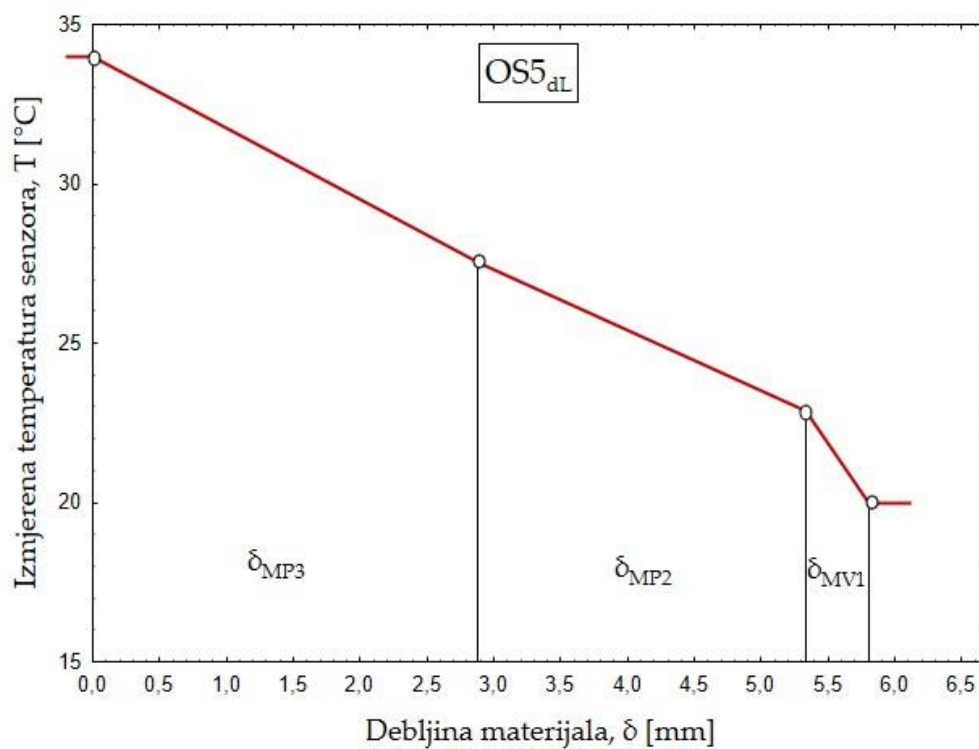
Na sl. 83 prikazani su rezultati određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura odjevnog sustava OS5 na poziciji leđa, u statičkom modu u nestegnutom stanju ($OS5_{sL}$), sl. 83a, u statičkom modu u stegnutom stanju ($OS5_{ssL}$), sl. 83b, dinamičkom modu u nestegnutom stanju ($OS5_{dL}$), sl. 83c, te u dinamičkom modu u stegnutom stanju ($OS5_{dsL}$), sl. 83d.



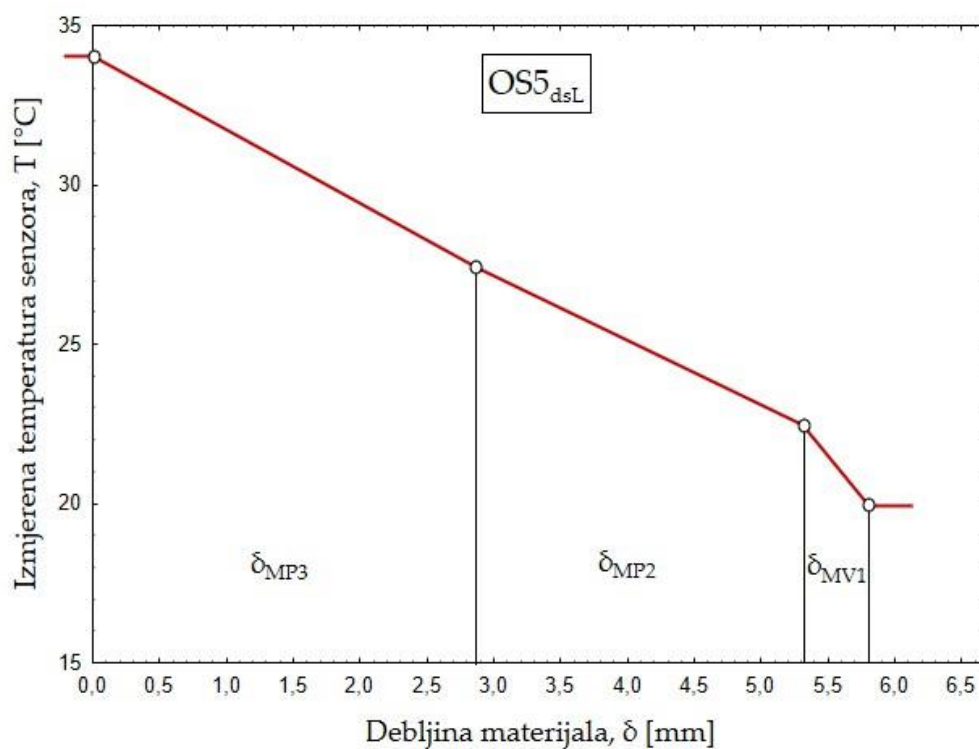
a.



b.



c.



d.

Sl. 83: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura odjevnog sustava OS5 na poziciji leđa: a. OS5_{sL}; b. OS5_{ssL}; c. OS5_{dL}; d. OS5_{dsL}

Grafički prikazi rezultata određivanja diferencijalnih gradjenata temperatura na ostalim odjevnim sustavima iz svake skupine modela prikazani su na sl. 104-112 (Prilog 3).

4.7 REZULTATI ODREĐIVANJA KONTAKTNOG KONDUKCIJSKOG PRIJENOSA TOPLINE I STLAČIVOSTI UGRADBENIH MATERIJALA I ODJEVNIH KOMPOZITA

Provedeno je određivanje kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline i stlačivosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita. Mjerenja su provedena na mjernom uređaju i prema mjernoj metodi opisanoj u točki 3.3.6. Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala namijenjenih za izradu vanjske školjke pri sili opterećenja od 0,95 N prikazani su u tab. 44, a pri sili opterećenja od 9,50 N u tab. 46. Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala namijenjenih za izradu podstave i/ili toplinskog umetka pri sili opterećenja od 0,95 N prikazani su u tab. 45, a pri sili opterećenja od 9,50 N u tab. 47. Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita (OK5, OK10 i OK15) pri sili opterećenja od 0,95 N prikazani su u tab. 48, a pri sili opterećenja od 9,50 N u tab. 49.

Tab. 44: Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala za izradu vanjske školjke pri opterećenju od 0,95 N: dvostranog laminiranog materijala (MV1) i troslojnih laminiranih materijala (MV2, MV3)

Br. mj.	MV1		MV2		MV3	
	P [W]	U [W/m ² °C]	P [W]	U [W/m ² °C]	P [W]	U [W/m ² °C]
1	2	3	4	5	6	7
1.	4,66	40,71	3,12	29,97	1,99	19,38
2.	4,72	41,29	3,30	31,74	1,81	17,62
3.	4,80	42,07	3,51	33,74	1,77	17,29
4.	4,74	41,54	3,57	34,32	1,77	17,29
5.	4,83	42,32	3,65	35,06	1,93	18,85
6.	4,77	41,74	3,71	35,59	2,03	19,84
7.	4,85	42,52	3,67	35,25	1,93	18,85
8.	4,81	42,19	3,75	36,02	1,93	18,88
9.	4,87	42,78	3,69	35,44	1,93	18,88
10.	4,95	43,50	3,78	36,18	1,93	18,88
11.	4,89	43,03	3,72	35,55	1,93	18,91
12.	4,98	43,76	3,80	36,29	1,94	19,03
13.	5,04	44,35	3,86	36,86	1,94	19,03
14.	5,00	44,02	3,82	36,45	1,94	19,03
15.	4,94	43,49	3,90	37,24	1,94	19,06
16.	4,95	43,62	3,84	36,61	1,94	18,98
17.	4,73	41,69	3,81	36,27	1,90	18,59

1	2	3	4	5	6	7
18.	4,53	39,96	3,55	33,82	1,89	18,54
19.	4,35	38,48	3,35	31,89	1,89	18,54
20.	4,38	38,92	3,17	30,22	1,89	18,54
\bar{x}	4,79	42,02	3,63	34,72	1,91	18,70

Tab. 45: Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala za izradu podstave i/ili toplinskog umetka pri opterećenju od 0,95 N: podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)

Br. mj.	MP1		MP2		MP3	
	P [W]	U [W/m ² °C]	P [W]	U [W/m ² °C]	P [W]	U [W/m ² °C]
1.	4,50	46,35	1,70	17,40	0,87	8,80
2.	4,59	47,20	1,61	16,58	0,95	9,56
3.	4,55	46,81	1,67	17,25	1,03	10,38
4.	4,61	47,35	1,59	16,40	1,06	10,69
5.	4,69	48,13	1,53	15,81	1,06	10,67
6.	4,75	48,82	1,57	16,22	1,06	10,67
7.	4,83	49,59	1,49	15,39	1,05	10,59
8.	4,77	48,89	1,43	14,80	0,92	9,29
9.	4,86	49,74	1,63	16,90	0,96	9,67
10.	4,92	50,19	1,77	18,41	0,94	9,44
11.	4,88	49,89	1,97	20,51	0,94	9,44
12.	4,96	50,65	1,93	19,98	0,95	9,50
13.	4,90	49,96	1,92	19,98	0,99	9,96
14.	4,89	50,80	1,67	17,34	1,01	10,18
15.	4,89	49,81	1,76	18,24	1,01	10,18
16.	4,58	46,60	1,75	18,09	1,04	10,39
17.	4,40	44,84	1,75	18,06	1,04	10,47
18.	4,38	44,75	1,78	18,37	1,04	10,45
19.	4,52	46,20	1,80	18,63	1,05	10,53
20.	4,53	46,43	1,82	18,75	1,05	10,53
\bar{x}	4,70	48,15	1,71	17,66	1,00	10,07

Tab. 46: Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala za izradu vanjske školjke pri opterećenju od 9,50 N: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1) i troslojnih laminiranih materijala (MV2, MV3)

Br. mj.	MV1		MV2		MV3	
	P [W]	U [W/m ² °C]	P [W]	U [W/m ² °C]	P [W]	U [W/m ² °C]
1	2	3	4	5	6	7
1.	5,06	46,13	4,02	38,79	2,61	25,76
2.	5,09	46,60	4,20	40,58	2,67	26,44
3.	5,09	46,67	4,29	41,38	2,88	28,40
4.	5,10	46,87	4,26	41,16	2,93	28,83
5.	5,16	47,49	4,03	38,86	2,82	27,68
6.	5,20	47,98	3,83	37,02	2,52	24,76
7.	5,20	48,12	3,81	36,87	2,33	22,95
8.	5,20	48,24	3,83	37,24	2,39	23,65

1	2	3	4	5	6	7
9.	5,03	46,65	4,09	39,80	2,58	25,55
10.	5,03	47,35	4,04	39,29	2,76	27,30
11.	5,03	47,49	4,05	39,42	2,66	26,29
12.	5,09	47,56	3,91	38,16	2,64	26,14
13.	5,09	47,63	3,99	38,97	2,49	24,62
14.	5,09	47,70	3,84	37,56	2,58	25,51
15.	5,09	47,84	3,89	38,00	2,51	24,84
16.	5,09	47,91	3,89	38,11	2,51	24,84
17.	5,08	47,84	3,89	38,11	2,52	24,96
18.	5,07	47,84	3,90	38,25	2,52	24,96
19.	5,04	47,69	3,91	38,45	2,52	25,03
20.	5,03	47,69	3,93	38,60	2,65	26,34
\bar{x}	5,09	47,46	3,98	38,73	2,60	25,74

Tab. 47: Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala za izradu podstave i/ili toplinskog umetka pri opterećenju od 9,50 N: podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)

Br. mj.	MP1		MP2		MP3	
	P [W]	U [W/m ² °C]	P [W]	U [W/m ² °C]	P [W]	U [W/m ² °C]
1.	5,38	55,85	2,67	27,56	1,33	13,29
2.	5,70	59,20	2,73	28,09	1,34	13,44
3.	5,76	59,92	2,62	26,96	1,37	13,72
4.	5,84	60,68	2,37	24,41	1,39	13,87
5.	5,90	61,31	2,30	23,64	1,40	14,02
6.	5,98	62,27	2,24	23,13	1,40	14,02
7.	5,93	61,62	2,25	23,21	1,40	14,02
8.	5,70	59,20	2,50	25,76	1,40	14,02
9.	5,52	57,42	2,43	25,07	1,40	14,02
10.	5,56	58,00	2,43	25,07	1,40	14,02
11.	5,58	58,43	2,43	25,58	1,40	14,02
12.	5,68	59,45	2,43	25,03	1,40	14,02
13.	5,70	59,69	2,42	24,95	1,28	12,74
14.	5,71	59,94	2,41	24,84	1,40	13,92
15.	5,71	60,04	2,39	24,68	1,25	12,44
16.	5,71	60,14	2,38	24,49	1,37	13,64
17.	5,71	60,24	2,38	24,49	1,37	13,62
18.	5,68	59,92	2,38	24,49	1,37	13,70
19.	5,66	59,78	2,38	24,49	1,38	13,77
20.	5,53	58,45	2,38	24,49	1,40	13,92
\bar{x}	5,70	59,58	2,43	25,02	1,37	13,71

Tab. 48: Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita (OK5, OK10, OK15) pri opterećenju od 0,95 N

Br. mj.	OK5		OK10		OK15	
	P [W]	U [W/m ² °C]	P [W]	U [W/m ² °C]	P [W]	U [W/m ² °C]
1.	5,38	1,1974	0,62	1,0677	0,49	1,5184
2.	5,70	1,8211	0,53	1,2501	0,49	1,5163
3.	5,76	1,5071	0,53	1,2501	0,45	1,6449
4.	5,84	1,6188	0,37	1,8114	0,35	2,1426
5.	5,90	1,6213	0,46	1,4594	0,35	2,1367
6.	5,98	1,6213	0,43	1,5873	0,35	2,1367
7.	5,93	1,2331	0,60	1,5595	0,49	1,5101
8.	5,70	1,3067	0,55	1,1111	0,55	1,3446
9.	5,52	1,1537	0,55	1,2177	0,46	1,6069
10.	5,56	1,1241	0,56	1,2030	0,46	1,6069
11.	5,58	1,1241	0,55	1,2195	0,45	1,6337
12.	5,68	1,1241	0,50	1,3307	0,45	1,6315
13.	5,70	1,1241	0,43	1,5642	0,44	1,6877
14.	5,71	1,3939	0,39	1,7120	0,43	1,7150
15.	5,71	1,4164	0,38	1,7832	0,42	1,7456
16.	5,71	1,4636	0,38	1,7832	0,40	1,8444
17.	5,71	1,4907	0,51	1,3112	0,39	1,8773
18.	5,68	1,4907	0,48	1,3931	0,39	1,8773
19.	5,66	1,4907	0,51	1,3112	0,39	1,8747
20.	5,53	1,4930	0,65	1,0248	0,39	1,8747
\bar{x}	5,70	1,3974	0,50	1,3975	0,43	1,7463

Tab. 49: Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita (OK5, OK10, OK15) pri opterećenju od 9,50 N

Br. mj.	OK5		OK10		OK15	
	P [W]	U [W/m ² °C]	P [W]	U [W/m ² °C]	P [W]	U [W/m ² °C]
1	2	3	4	5	6	7
1.	0,55	4,74	0,62	6,04	0,49	4,25
2.	0,36	4,74	0,53	5,16	0,49	4,25
3.	0,44	4,74	0,53	5,16	0,45	3,92
4.	0,41	4,74	0,37	3,56	0,35	3,01
5.	0,41	4,74	0,46	4,42	0,35	3,02
6.	0,41	4,74	0,43	4,06	0,35	3,02
7.	0,53	4,74	0,60	4,14	0,49	4,27
8.	0,50	4,74	0,55	5,81	0,55	4,80
9.	0,57	4,74	0,55	5,30	0,46	4,01
10.	0,59	4,74	0,56	5,36	0,46	4,01
11.	0,59	4,74	0,55	5,29	0,45	3,95
12.	0,59	4,74	0,50	4,85	0,45	3,95
13.	0,53	4,74	0,43	4,12	0,44	3,82
14.	0,47	4,74	0,39	3,77	0,43	3,76
15.	0,47	4,74	0,38	3,62	0,42	3,70
16.	0,45	4,74	0,38	3,62	0,40	3,50
17.	0,44	4,74	0,51	4,92	0,39	3,44
18.	0,44	4,74	0,48	4,63	0,39	3,44

1	2	3	4	5	6	7
19.	0,44	4,74	0,51	4,92	0,39	3,44
20.	0,44	4,74	0,65	6,30	0,39	3,44
\bar{x}	0,48	4,74	0,50	4,75	0,43	3,75

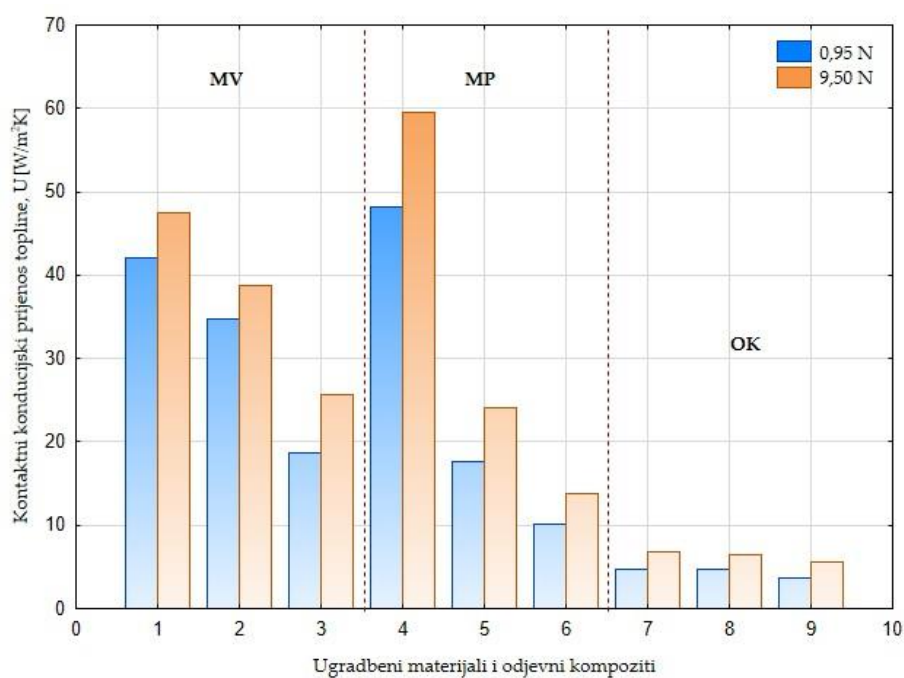
U tab. 50 prikazani su rezultati stlačivosti ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojnog laminiranog materijala (MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijala (MP3), te reprezentativnih odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15. Također, prikazane su srednje vrijednosti izmjerenih kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pri sili opterećenja od 0,95 N i 9,50 N, kao i debljine materijala i odjevnih kompozita pri istim opterećenjima.

Tab. 50: Srednje vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline i debljina ugradbenih materijala i reprezentativnih odjevnih kompozita pri silama opterećenja 0,95 N i 9,50 N, te stlačivost

Sila [N]	Elementi ispitivanja	MV1	MV2	MV3	MP1	MP2	MP3	OK5	OK10	OK15
0,95	Kontakt kondukcijski prijenos topline, $U_{0,95}$ [W/m ² K]	42,10	34,72	18,70	48,15	17,66	10,07	4,74	4,75	3,75
	Debljina, d_m [mm]	0,48	0,75	1,53	0,22	1,31	2,72	4,40	4,60	5,56
9,50	Kontakt kondukcijski prijenos topline, $U_{9,50}$ [W/m ² K]	47,46	38,73	25,74	59,58	24,02	13,71	6,86	6,40	5,58
	Debljina, d_m [mm]	0,15	0,14	0,34	0,13	0,30	0,52	0,70	0,64	0,82
	Stlačivost, S [%]	31,25	18,67	22,22	59,09	22,90	19,12	15,91	13,91	14,75

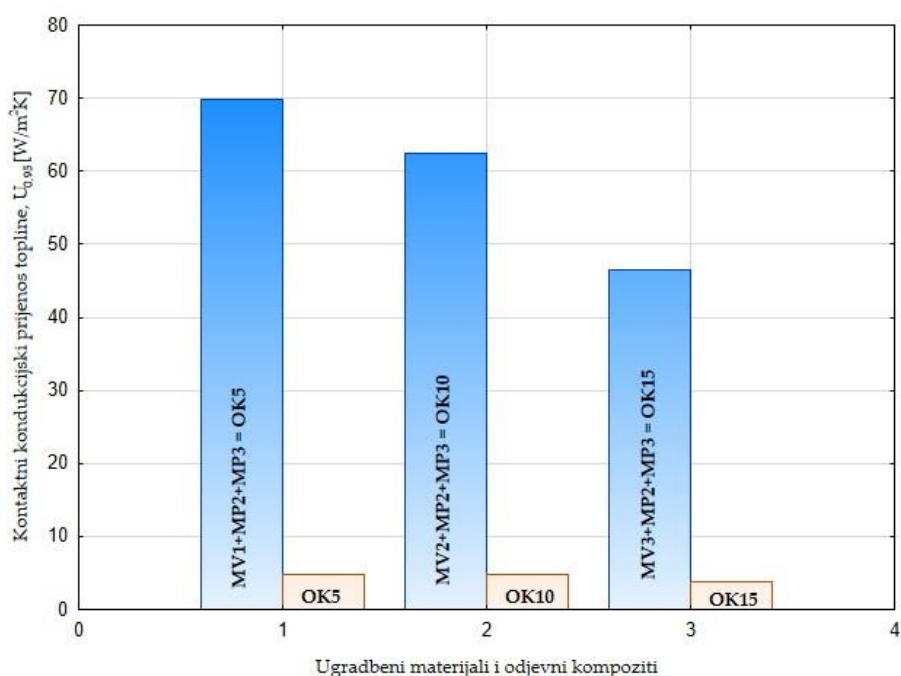
Grafički prikaz rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala koji se koriste za realizaciju vanjske školjke (MV), te podstave i/ili toplinskog umetka (MP), kao i reprezentativnih odjevnih kompozita pri silama opterećenja od 0,95 N i 9,5 N prikazani su na sl. 84. Grafički prikazi rezultata pri pojedinačnim opterećenjima nalaze se na sl. 113 i sl. 114 (Prilog 3).

Na sl. 85 prikazana je usporedba zbroja vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih ugradbenih materijala reprezentativnih odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15 sa kontaktnim kondukcijskim prijenosom topline odjevnih kompozita pri opterećenju od 0,95 N, a na sl. 86 pri opterećenju od 9,50 N.



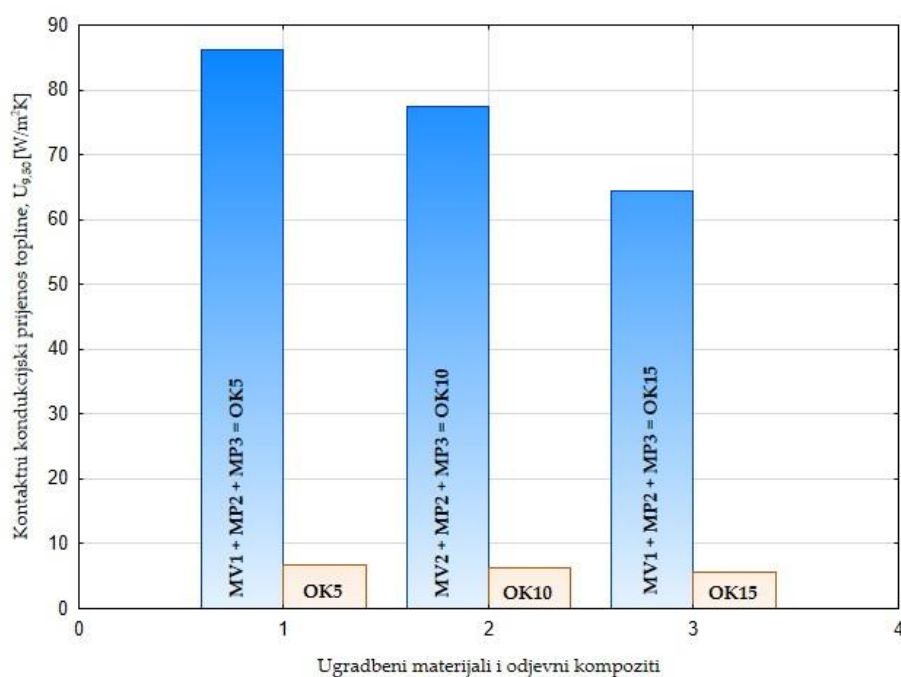
Sl. 84: Grafički prikaz rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala i reprezentativnih odjevnih kompozita pri silama opterećenja od 0,95 N i 9,5 N

Napomena: oznake na sl. 84 su: 1-dvoslojni laminirani materijal (MV1); 2-troslojni laminirani materijal (MV2); 3-troslojni laminirani materijal (MV3); 4-podstavni materijal (MP1); 5-romboidno prošivena podstava (MP2); 6-micro-fleece materijal (MP3); 7-representativni odjevni kompozit OK5; 8-representativni odjevni kompozit OK10; 9-representativni odjevni kompozit OK15.



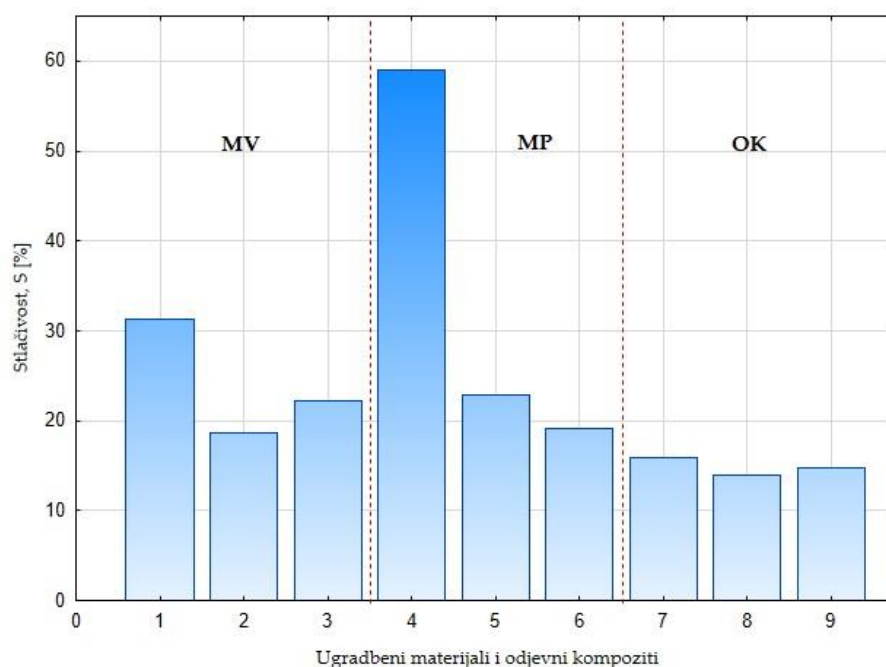
Sl. 85: Usporedba zbroja vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih ugradbenih materijala reprezentativnih odjevnih kompozita sa kontaktnim kondukcijskim prijenosom topline odjevnih kompozita pri opterećenju od 0,95 N

Napomena: oznake na sl. 85 su: 1-odjevni kompozit OK5; 2-odjevni kompozit OK10; 3-odjevni kompozit OK15.



Sl. 86: Usporedba zbroja vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih ugradbenih materijala reprezentativnih odjevnih kompozita sa kontaktnim kondukcijskim prijenosom topline odjevnih kompozita pri opterećenju od 9,50 N

Napomena: oznake na sl. 86 su: 1-odjevni kompozit OK5; 2-odjevni kompozit OK10; 3-odjevni kompozit OK15.

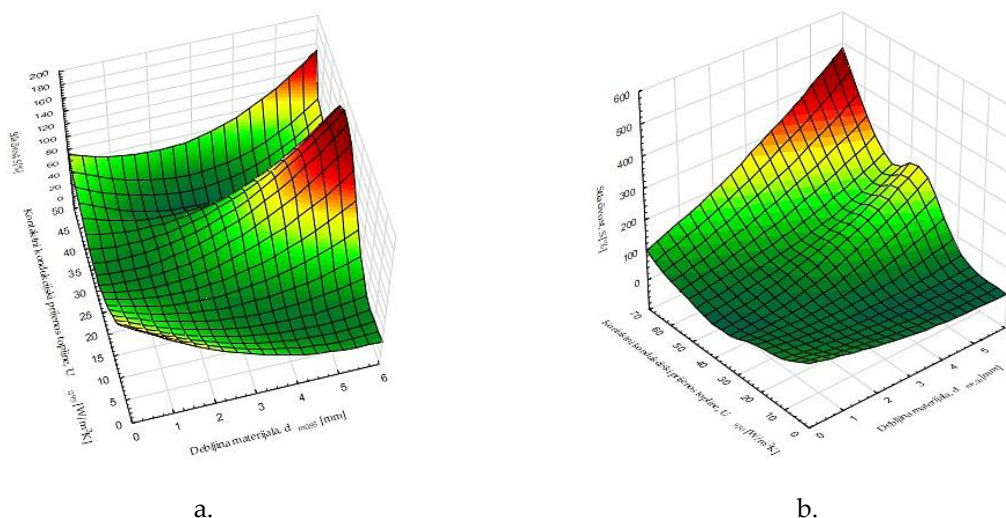


Sl. 87: Grafički prikaz rezultata određivanja stlačivosti ugradbenih materijala i reprezentativnih odjevnih kompozita

Napomena: oznake na sl. 87 su: 1-dvoslojni laminirani materijal (MV1); 2-troslojni laminirani materijal (MV2); 3-

troslojni laminirani materijal (MV3); 4-podstavni materijal (MP1); 5-romboidno prošivena podstava (MP2); 6-micro-fleece materijal (MP3); 7-representativni odjevni kompozit OK5; 8-representativni odjevni kompozit OK10; 9-representativni odjevni kompozit OK15.

Na sl. 87 prikazan je grafički prikaz rezultata određivanja stlačivosti ugradbenih materijala i reprezentativnih odjevnih kompozita, a na sl. 88 ovisnost kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline o debljini i stlačivosti materijala pri silama opterećenja od 0,95 N, sl. 88a, i 9,50 N, sl. 88b.



Sl. 88: Ovisnost kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline o debljini i stlačivosti materijala: a. pri sili opterećenja od 0,95 N; b. pri sili opterećenja od 9,50 N

4.7.1 Statistička analiza rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita

U ovom poglavlju prikazani su rezultati statističkih analiza određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinih ugradbenih materijala i odjevnih kompozita.

Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama prikazan je na sl. 89, a raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala pri opterećenju od 9,50 N s naznačenim varijacijama na sl. 90. U tab. 98 i tab. 99 su prikazane statističke analize (Prilog 4).

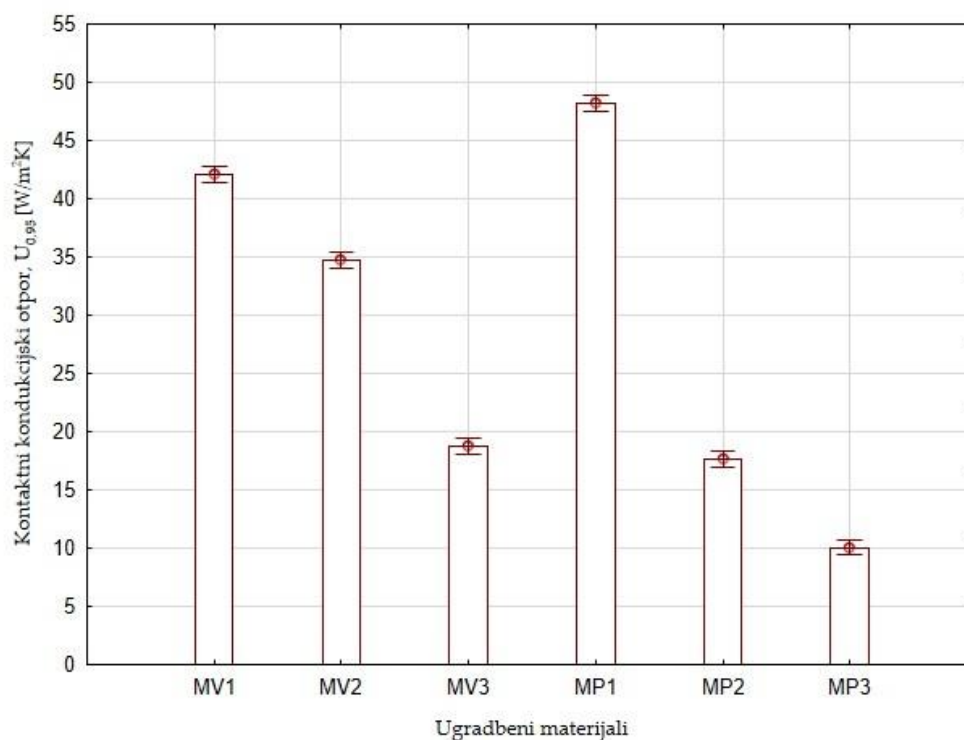
Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama

prikazan je na sl. 91, a raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita pri opterećenju od 9,50 N s naznačenim varijacijama na sl. 92. U tab. 100 i tab. 101 (Prilog 4) su prikazane statističke analize.

Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijskog kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i odjevnog kompozita OK5 (koji se sastoji od dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)), pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama prikazan je na sl. 93, a pri opterećenju od 9,50 na sl. 96. U tab. 102 i tab. 105 (Prilog 4) prikazane su statističke analize.

Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijskog kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 (koji se sastoji od troslojnog laminiranog materijala (MV2), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)) i odjevnog kompozita OK10, pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama prikazan je na sl. 94, a pri opterećenju od 9,50 na sl. 97. U tab. 103 i tab. 106 (Prilog 4) su prikazane statističke analize.

Na sl. 95 prikazan je raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijskog kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 (koji se sastoji od troslojnog laminiranog materijala (MV3), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15, pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama, a raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijskog kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 (koji se sastoji od dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15, pri opterećenju od 9,50 N s naznačenim varijacijama, a pri opterećenju od 9,50 na sl. 98. U tab. 104 i tab. 107 (Prilog 4) su prikazane statističke analize.



Sl. 89: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojno laminiranog materijala (MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3) pri opterećenju od 0,95 N?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojno laminiranog materijala (MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3) pri opterećenju od 0,95 N.

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojno laminiranog materijala (MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)

pri opterećenju od 0,95 N pri opterećenju od 0,95 N.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojno laminiranog materijala (MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3) pri opterećenju od 0,95 N.

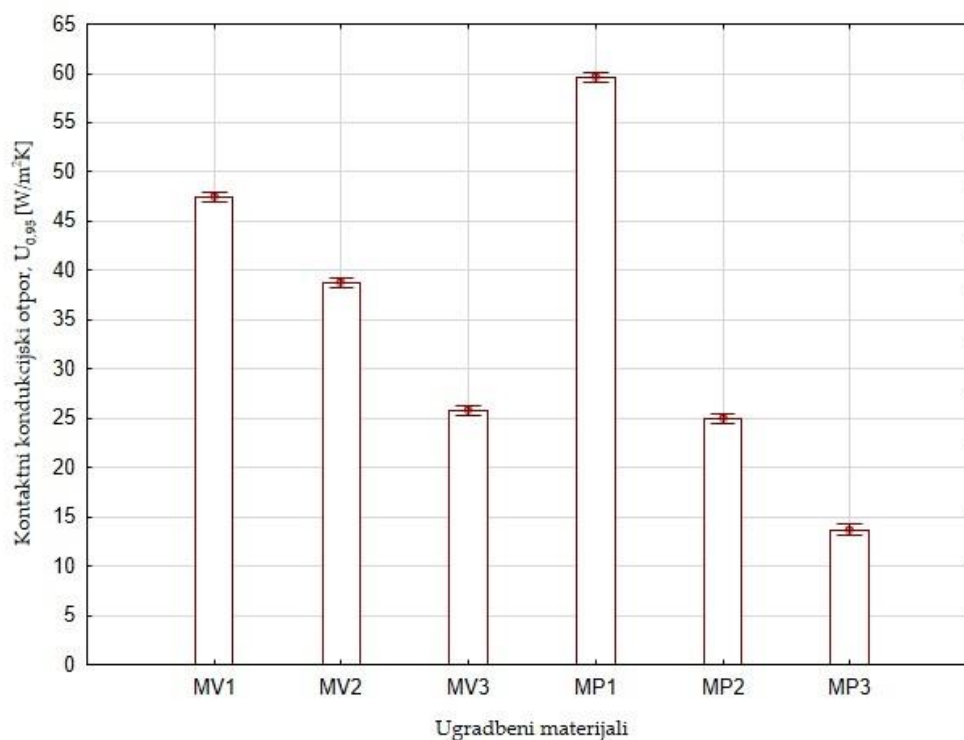
Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojno laminiranog materijala (MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3) pri opterećenju od 9,50 N?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojno laminiranog materijala (MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3) pri opterećenju od 9,50 N.

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojno laminiranog materijala (MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3) pri opterećenju od 9,50 N.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnog laminiranog materijala (MV2), troslojno laminiranog materijala (MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3) pri opterećenju od 9,50 N.



Sl. 90: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala pri opterećenju od 9,50 N s naznačenim varijacijama

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktne toplinske vodljivosti reprezentativnih odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15 pri opterećenju od 0,95 N?

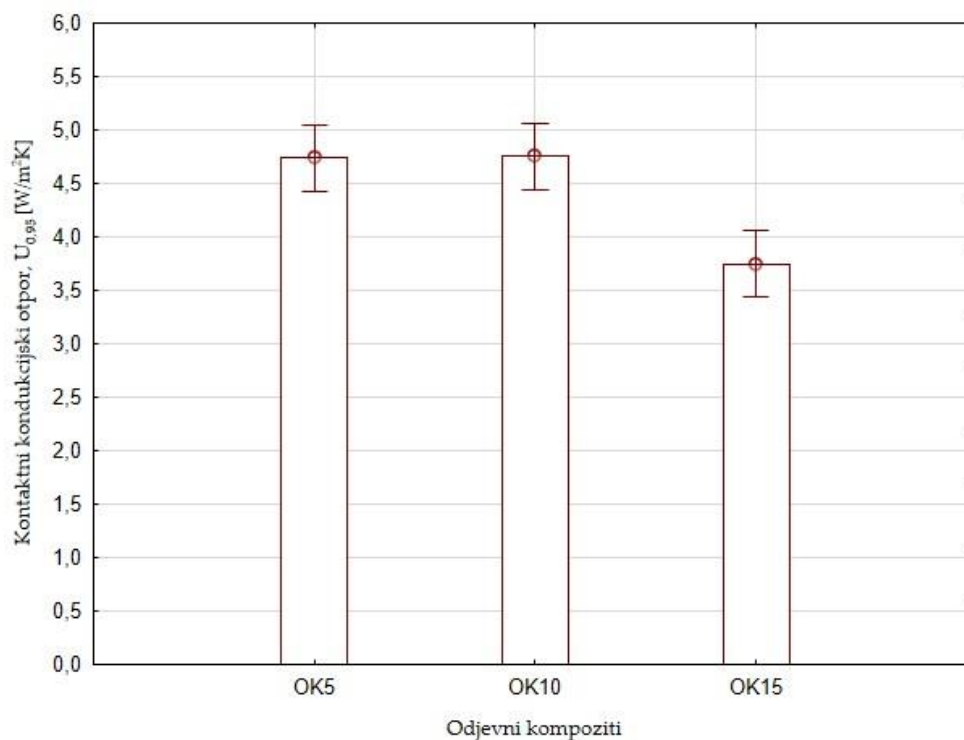
Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15 pri opterećenju od 0,95 N.

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktne toplinske vodljivosti reprezentativnih odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15 pri opterećenju od 0,95 N.

$p > \alpha$ (0,05), odbacuje se prva hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H0 da ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15 pri opterećenju od 0,95 N.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktne toplinske vodljivosti reprezentativnih odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15 pri opterećenju od 9,50 N?



Sl. 91: Raspon srednjih vrijednosti rezultata reprezentativnih rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama

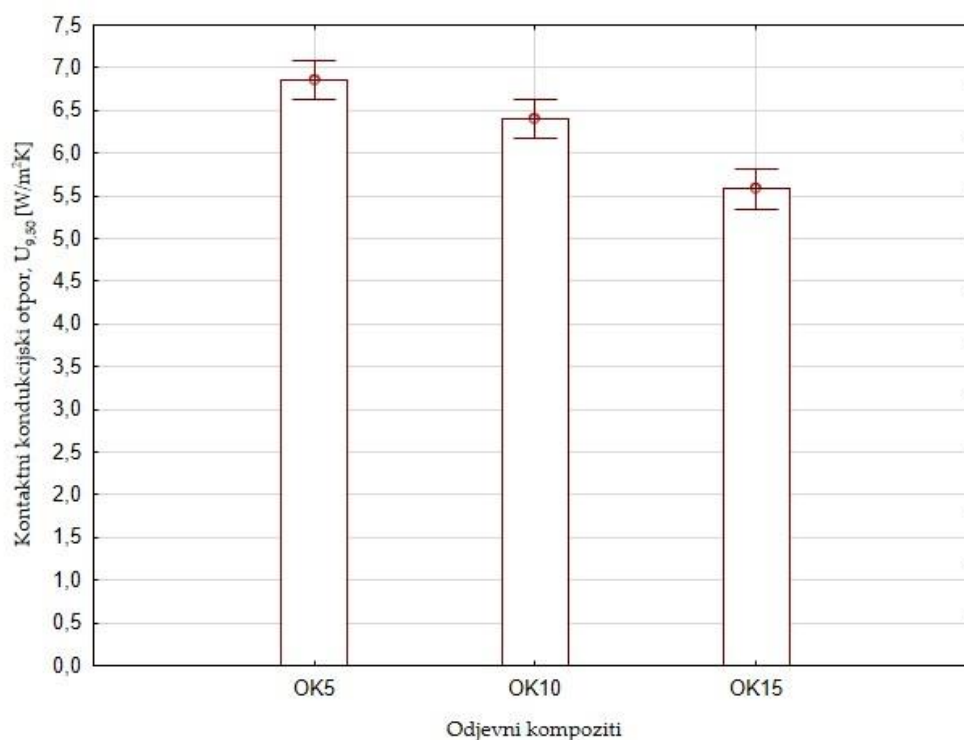
Postavljena hipoteza:

H₀: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15 pri opterećenju od 9,50 N.

H₁: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktne toplinske vodljivosti reprezentativnih odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15 pri opterećenju od 9,50 N.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H₁ da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina kontaktne toplinske vodljivosti reprezentativnih odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15 pri opterećenju od 9,50 N.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 pri opterećenju od 0,95 N?



Sl. 92: Raspon srednjih vrijednosti rezultata reprezentativnih rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita pri opterećenju od 9,50 N s naznačenim varijacijama

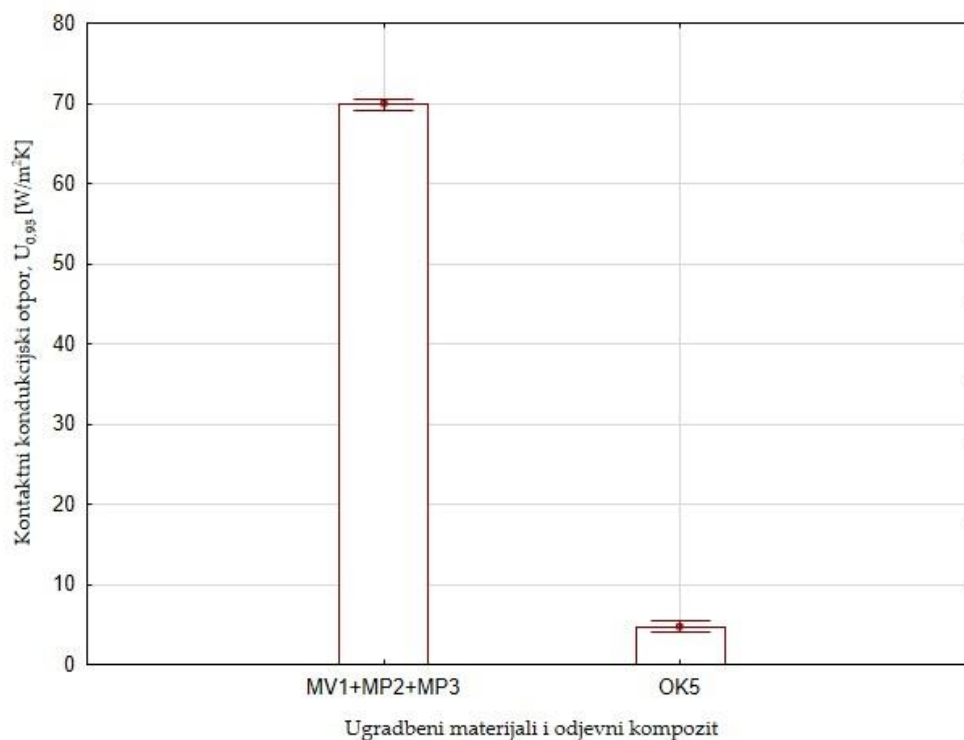
Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 pri opterećenju od 0,95 N.

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina serijske vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 pri opterećenju od 0,95 N.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske

vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 pri opterećenju od 0,95 N.



Sl. 93: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijskog kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5, pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama

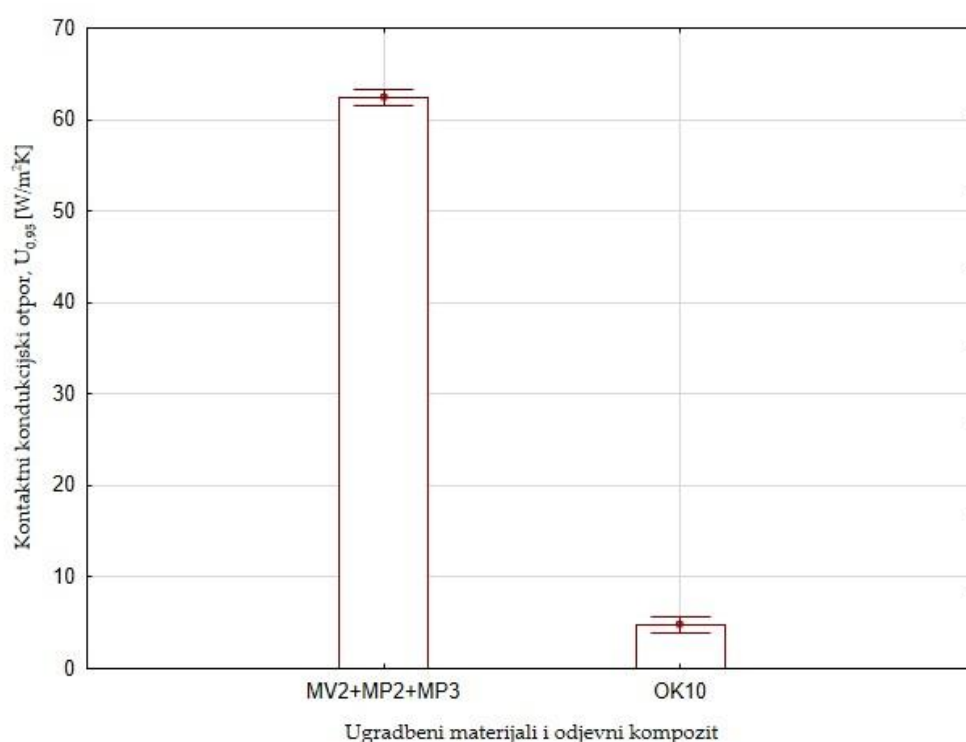
Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline odjevnog kompozita OK10 pri opterećenju od 0,95 N?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline odjevnog kompozita OK10 pri opterećenju od 0,95 N.

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala

reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline odjevnog kompozita OK10 pri opterećenju od 0,95 N.



Sl. 94: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10, pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama

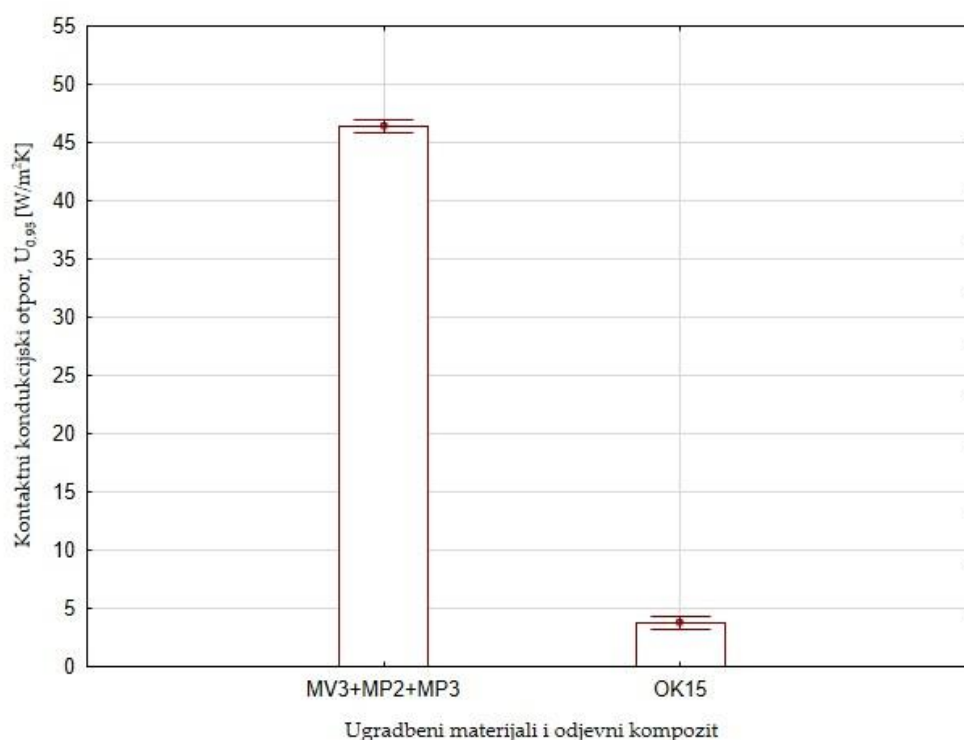
$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H_1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 pri opterećenju od 0,95 N.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline odjevnog kompozita OK15 pri opterećenju od 0,95 N?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih

materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 pri opterećenju od 0,95 N.

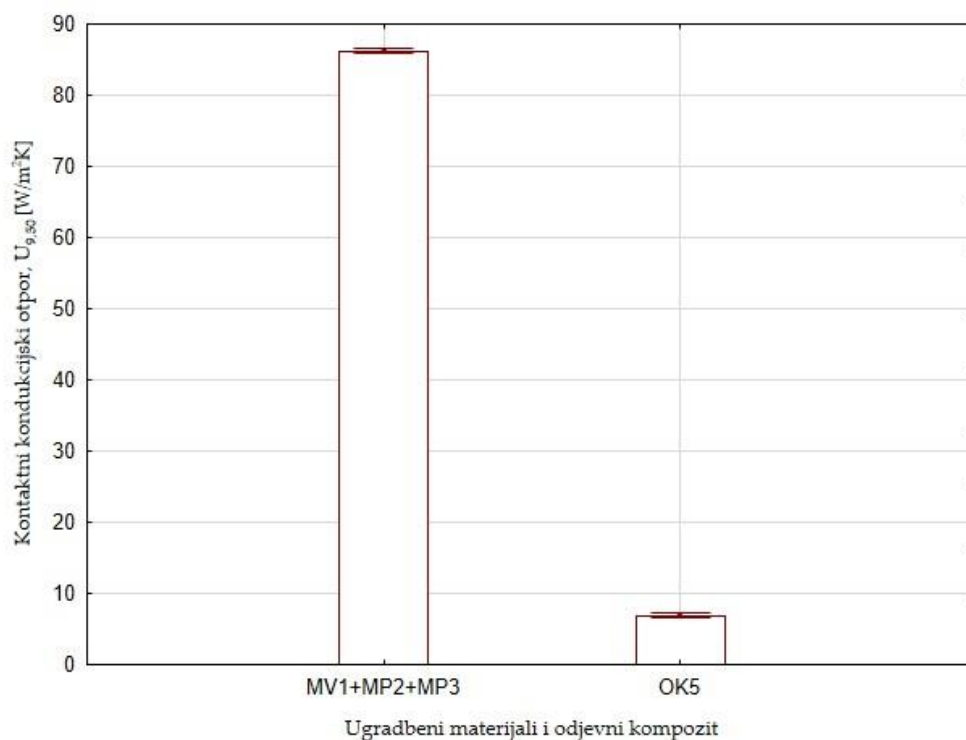


Sl. 95: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15, pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 pri opterećenju od 0,95 N.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća se alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline odjevnog kompozita OK15 pri opterećenju od 0,95 N.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i odjevnog kompozita OK5 pri opterećenju od 9,50 N?



Sl. 96: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5, pri opterećenju od 9,50 N s naznačenim varijacijama

Postavljena hipoteza:

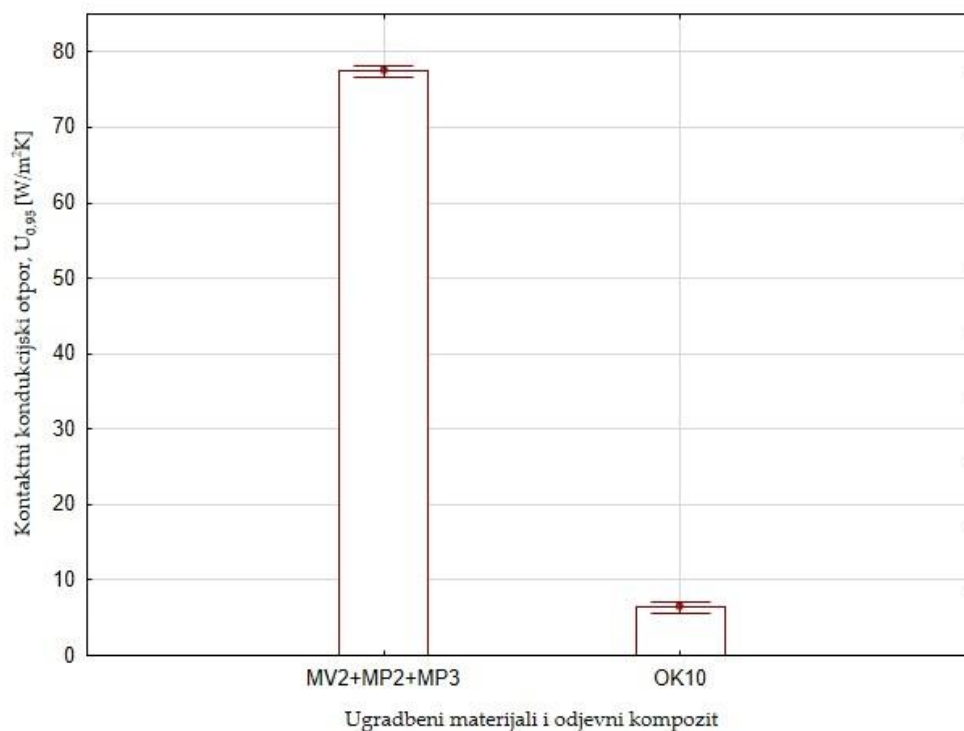
H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i odjevnog kompozita OK5 pri opterećenju od 9,50 N.

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i odjevnog kompozita OK5 pri opterećenju od 9,50 N.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i odjevnog kompozita OK5 pri opterećenju od 9,50 N.

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske kontaktnog

kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 pri opterećenju od 9,50 N?



Sl. 97: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 s naznačenim varijacijama, pri opterećenju od 9,50 N

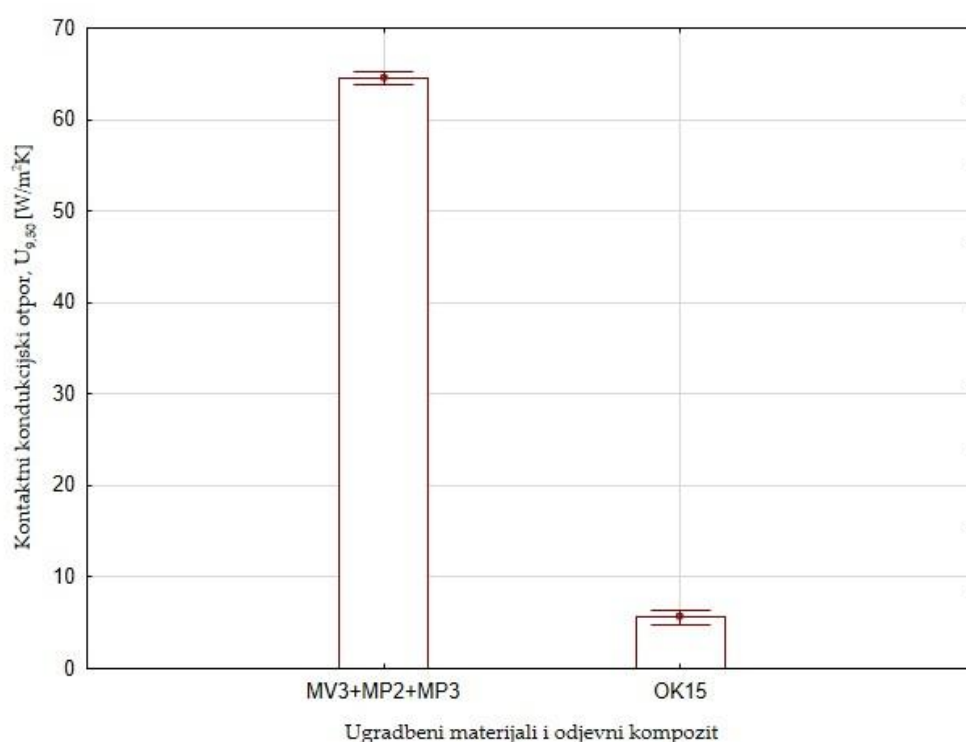
Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 pri opterećenju od 9,50 N.

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 pri opterećenju od 9,50 N.

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala

reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 pri opterećenju od 9,50 N.



Sl. 98: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i odjevnog kompozita OK15, pri opterećenju od 9,50 N s naznačenim varijacijama

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 pri opterećenju od 9,50 N?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 pri opterećenju od 9,50 N.

H1: Postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 pri opterećenju od

9,50 N.

$p < \alpha (0,05)$, odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H_1 da postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 pri opterećenju od 9,50 N.

U tab. 51 prikazani su rezultati istraživanja, provedenih u ovom doktorskom radu, za sve ugradbene materijale te za reprezentativne odjevne kompozite i odjevne sustave.

Tab. 51: Cjelokupna istraživanja utjecaja vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće

Elementi ispitivanja	Ugradbeni materijali						Odjevni kompoziti i odjevni sustavi											
	Vanjska školjka			Podstava i/ili toplinski umetak			OK5=OS5=MV1+MP2+MP3				OK10=OS10=MV2+MP2+MP3				OK15=OS15=MV3+MP2+MP3			
	MV1	MV2	MV3	MP1	MP2	MP3												
Debljina materijala, d_{m0} [mm]	0,49	0,76	1,73	0,22	2,43	2,86	4,74				6,25				7,41			
Debljina materijala, $d_{m0,95}$ [mm]	0,48	0,75	1,53	0,22	1,31	2,72	4,40				4,60				5,56			
Debljina materijala, $d_{m9,50}$ [mm]	0,15	0,14	0,34	0,13	0,30	0,52	0,70				0,64				0,82			
Stlačivost, S [%]	31,25	18,67	22,22	59,09	22,90	19,12	15,91				13,91				14,75			
Kontaktni kondukcijski prijenos topline, $U_{0,95}$ [W/m ² K]	42,10	34,72	18,70	48,15	17,66	10,07	4,74				4,75				3,75			
Kontaktni kondukcijski prijenos topline, $U_{9,50}$ [W/m ² K]	47,46	38,73	25,74	59,58	24,02	13,71	6,86				6,40				5,58			
Otpor prolazu topline, R_{ctnOK} [m ² °C/W]	-0,0071	-0,0066	0,0061	-0,0168	0,0302	0,0181	0,0747				0,0761				0,0736			
Toplinska izolacija, R_{ctnOS} [m ² °C/W]	/	/	/	/	/	/	s	ss	d	ds	s	ss	d	ds	s	ss	d	ds
							0,0583	0,0551	0,0131	0,0182	0,0587	0,0566	0,0169	0,0267	0,0601	0,0534	0,0185	0,0277
Otpor prolazu vodene pare, R_{et} [m ² °C/W]	2,87	2,90	10,17	0,63	5,93	12,73	25,93				23,30				30,03			
Zrakopropusnost, R [mm/s]	0	0	0 (*3,46)	409,83	66,69	0	0				0				0			

5. RASPRAVA

U sklopu ovog doktorskog rada izvedena su istraživanja s ciljem utvrđivanja utjecaja ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće. Za navedena istraživanja načinjena je konstrukcija modela muške namjenske jakne, kao osnova za realizaciju odjevnih kompozita i odjevnih sustava. Odabrani su ugradbeni materijali koji se uobičajeno koriste za realizaciju namjenske odjeće te se od njih izradilo 15 odjevnih kompozita i odjevnih sustava podijeljenih u tri skupine. Skupine odjevnih kompozita i odjevnih sustava razlikuju se po vrstama ugradbenih materijala za izradu vanjske školjke (dvoslojni i troslojni laminirani materijali) i podstave i/ili toplinskog umetka (podstavni materijal, romboidno prošivena podstava i micro-fleece materijal). Kao ugradbeni materijal za izradu vanjske školjke prve skupine odjevnih kompozita (OK1 do OK5) i odjevnih sustava (OS1 do OS5) odabran je dvoslojno laminirani materijal (MV1), za drugu skupinu odjevnih kompozita (OK6 do OK10) i odjevnih sustava (OS6 do OS10) odabran je troslojno laminirani materijal (MV2), a za treću skupinu odjevnih kompozita (OK11 do OK15) i odjevnih sustava (OS11 do OS15) troslojno laminirani materijal (MV3). Kod svih odjevnih kompozita i odjevnih sustava korišteni su, kao podstavni materijal i/ili toplinski umetak, podstavni materijal (MP1), romboidno prošivena podstava (MP2) i tzv. micro-fleece materijal (MP3).

Kombinacije ugradbenih materijala u odjevnim kompozitima i odjevnim sustavima prikazane su u tab. 9. Odjevni kompoziti su korišteni kako bi se prije tehničkog projektiranja odjeće odredila zbirna toplinska svojstva ugradbenih materijala, kao pomoć pri izradi odjeće određenih toplinskih svojstava, što je posebno važno kod namjenske odjeće koju koriste specijalne službe (vojska, policija, vatrogasci, gorska služba spašavanja, alpinisti i dr.). Ugradbeni materijali, odjevni kompoziti i odjevni sustavi odabrani su na temelju višegodišnjeg iskustva u realnom sektoru autorice ovog doktorskog rada, te su izrađeni u tvrtki s dugogodišnjim iskustvom u izradi namjenske odjeće.

Istraživanja su provedena na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Laboratoriju za termoizolacijska svojstva Zavoda za odjevnu tehnologiju. Ispitivanja utjecaja vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće izvedena su na integriranom mjernom sustavu za cjelovita ispitivanja toplinskih svojstava odjevnih kompozita i odjeće, koji se sastoji od toplinskog manekena, vruće ploče,

višenamjenskog diferencijalnog konduktometra i uređaja za mjerenje diferencijalnih gradijenata temperatura, a osmišljeni su, konstruirani, realizirani, umjereni i patentirani u znanstveno-inovacijskom timu pod vodstvom prof. dr. sc. Dubravka Rogalea, dok su mjerne metode uspostavljene u sklopu aktivnosti na znanstveno-istraživačkom projektu Razvoj i toplinska svojstva odjeće IP-2018-01-6363 (ThermIC) financiranog od Hrvatske zaklade za znanost čiji je on bio voditelj. Nadalje, korišten je uređaj za ispitivanje otpora prolazu vodene pare Permetest, Sensora te uređaj za ispitivanje zrakopropusnosti TF164FB, Testex.

U doktorskom radu prikazani su rezultati laboratorijskih ispitivanja relevantnih fizikalno-kemijskih svojstava korištenih ugradbenih materijala, koji su dobiveni od njihovih proizvođača. Nadalje, u svrhu određivanja utjecaja vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće izvedena su ispitivanja zrakopropusnosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita, otpora prolazu vodene pare i otpora prolazu topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita, toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkom i dinamičkom modu, kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline i stlačivosti ugradbenih materijala i odjevnih kompozita, te efikasnost toplinske izolacije odjevnih sustava. Također je provedeno određivanje diferencijalnih gradijenata temperatura odjevnih kompozita i odjevnih sustava. Rezultati su prikazani grafički i/ili tablično te je načinjena statistička analiza rezultata.

5.1 RASPRAVA O REZULTATIMA ODREĐIVANJA ZRAKOPROPUSNOSTI UGRADBENIH MATERIJALA I ODJEVNIH KOMPOZITA

Određivanje zrakopropusnosti ugradbenih materijala, tab. 21-22, i odjevnih kompozita, provedeno je na uređaju TF164B, Testex prema normi ISO 9237:1995 (točka 4.2). Mjerna ispitna površina mjerne glave je iznosila 20 cm², a mjerenja su provedena pri prosječnoj temperaturi okoliša 25°C i relativnoj vlažnosti zraka 43%, što je u skladu s navedenom normom. Tlak primijenjen na uzorke ugradbenih materijala i odjevnih kompozita iznosio je 100 Pa, a promjer mlaznice kroz koje okomito prolazi zrak kroz ispitni uzorak 6 mm. Prije ispitivanja ugradbenih materijala i odjevnih kompozita uređaj je kalibriran koristeći četiri mlaznice različitih dimenzija, dvije ploče za kalibriranje, mjerne glave veličine 38,3 cm² uz tlak primijenjen na uzorku od 127 Pa, tab. 18 i sl. 22.

Pri navedenim uvjetima mjerenja zrakopropusnost osnovnog materijala (MP1) iznosila je 409,83 mm/s, a romboidno prošivene podstave (MP2) 66,69 mm/s.

Korišteni ugradbeni materijali za izradu vanjske školjke su laminirani materijali (MV1, MV2 i MV3) kao i micro-fleece materijal (MP3) koji se koristi za izradu podstave i/ili toplinskog umetka. Laminirani materijali (MV1, MV2 i MV3) imaju istu osnovnu tkaninu (100 % poliester) na koju je naslojena membrana, s time da je kod troslojnog laminata (MV2) treći sloj poliestersko pletivo, a kod troslojnog laminiranog materijala (MV3) treći sloj je micro-fleece. Kod dvoslojnog laminiranog materijala (MV1) ugrađena je ePTFE membrana, kod troslojnog laminiranog materijala (MV2) ePTFE DUO membrana, kod troslojnog laminiranog materijala (MV3) PTFE membrana, dok je kod micro-fleece materijala (MP3) poliesterska membrana. Ugrađene membrane sprječavaju prodor zraka iz okoliša u unutrašnjost odjevnog predmeta i obratno.

Pri uvjetima mjerenja, gdje je primijenjen tlak od 300 Pa, te uz veličinu mlaznice od 0,8 mm, vidljiva je dišljivost kod troslojnog laminiranog materijala (MV3) i to sa naličja prema licu, što pokazuje da materijal omogućava prolaz zraka od tijela nosioca u okoliš, ali sprječava prolaz zraka ili vjetra prema njegovom tijelu.

Time se dokazalo da najveću ulogu u zrakonepropusnosti laminiranih materijala imaju PTFE membrane koja se najčešće i koriste za laminirane ugradbene materijale za izradu vanjske školjke namjenske odjeće.

5.2 RASPRAVA O REZULTATIMA ODREĐIVANJA OTPORA PROLAZU VODENE PARE UGRADBENIH MATERIJALA I ODJEVNIH KOMPOZITA

Određivanje otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala i odjevnih kompozita provedeno je na mjernom uređaju i prema mjernoj metodi opisanima u točki 3.3.3. Prvo je provedeno određivanje otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala, a zatim odjevnih kompozita, a rezultati su prikazani u točki 4.3.

Mjerenja otpora prolazu vodene pare za sve ugradbene materijale (tab. 23-28) i odjevne kompozite (tab. 29-31 i tab. 52-54) izvođena su pri istim okolišnim uvjetima: temperatura zraka 20°C, prosječna relativna vlažnost zraka 52%, što je u skladu s uputama proizvođača uređaja

Permetest. Uređaj se kalibrira prema referentnom materijalu poznatog otpora prolazu vodene pare od $4,62 \text{ m}^2\text{Pa/W}$. Točnost mjernog uređaja je $\pm 0,2 \text{ m}^2\text{Pa/W}$. Stoga su kalibracijske vrijednosti koje se kreću od $4,60$ do $4,70 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ unutar dozvoljene mjerne pogreške.

Otpor prolazu vodene pare dvoslojnog laminiranog materijala (MV1) iznosi $2,87 \text{ m}^2\text{Pa/W}$, troslojnog laminiranog materijala (MV2) $2,90 \text{ m}^2\text{Pa/W}$, troslojnog laminiranog materijala (MV3) $10,17 \text{ m}^2\text{Pa/W}$, podstavnog materijala (MP1) $0,63 \text{ m}^2\text{Pa/W}$, romboidno prošivene podstave (MP2) $5,93 \text{ m}^2\text{Pa/W}$, te micro-fleece materijala (MP3) $12,73 \text{ m}^2\text{Pa/W}$. Vrijednost otpora prolazu vodene pare za reprezentativni odjevni kompozit OK4 iznosi $30,53 \text{ m}^2\text{Pa/W}$, za OK5 $30,93 \text{ m}^2\text{Pa/W}$, za OK9 $25,93 \text{ m}^2\text{Pa/W}$, za OK10 $23,30 \text{ m}^2\text{Pa/W}$, za OK14 $32,07 \text{ m}^2\text{Pa/W}$, a za OK15 $30,03 \text{ m}^2\text{Pa/W}$.

Kao što je već navedeno, laminirani materijali, zbog ugrađenih membrana čije su pore 20.000 puta manje od kapljica vode, te 700 puta veće od molekula vodene pare, imaju mogućnost propusnosti znoja. Rezultati istraživanja otpora prolazu vodene pare pokazali se da korišteni laminirani materijali imaju relativno mali otpor prolazu vodene pare, ali dovoljan za osjećaj ugone (od $2,87$ do $10,17 \text{ m}^2\text{Pa/W}$).

Najmanje izmjereni otpor prolazu vodene pare ima podstavni materijal MP1 ($0,63 \text{ m}^2\text{Pa/W}$), međutim, razlog tome je što taj materijal, zbog poroznosti, zapravo upija vodenu paru.

Reprezentativni odjevni kompoziti imaju razmjerno veliki otpor prolazu vodene pare (od $23,30$ do $30,03 \text{ m}^2\text{Pa/W}$). Jedna od hipoteza ovog doktorskog rada je da je zbroj serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala jednak ukupnom otporu prolazu vodene pare odjevnog kompozita. Iz rezultata prikazanih na sl. 42, te provedenom statističkom analizom, tab. 65-67, utvrđeno je da je zbroj serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala manji od ukupnog otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita te se navedena hipoteza odbacuje.

Također, rezultati i statistička analiza su potvrdili da postoji statistički značajna razlika između rezultata otpora prolazu vodene pare odjevnih kompozita OK4 i OK5, OK9 i OK10, te OK14 i OK15, čime je potvrđen utjecaj redoslijeda ugradnje ugradbenih materijala na otpor prolazu vodene pare, sl. 46-48, tab. 68-70.

5.3 RASPRAVA O REZULTATIMA ODREĐIVANJA OTPORA PROLAZU TOPLINE UGRADBENIH MATERIJALA I ODJEVNIH KOMPOZITA

Određivanje otpora prolazu topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita provedeno je na mjernom uređaju vruća ploča, prema metodi opisanoj u točki 3.3.4. Mjerenja su provedena u klima komori pri slijedećim okolišnim uvjetima: temperatura okoliša 20°C, strujanje zraka 0,1 m/s i prosječna relativna vlažnost zraka 35%, prema normi ISO 15831. Temperatura vruće ploče iznosila je 34°C.

Prije samog mjerenja otpora prolazu topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita određen je ukupni otpor prolazu topline prazne površine vruće ploče s graničnim slojem zraka uz površinu (R_{ct0}).

Laminirani ugradbeni materijali (MV1, MV2, MV3) te podstavni materijal (MP1) imaju vrlo niske vrijednosti otpora prolazu topline, pa čak i negativne vrijednosti (od -0,0168 do 0,0061 m² °C/W) što ukazuje da navedeni materijali imaju slabu toplinsku izolaciju, odnosno poprimaju svojstvo vodljivosti topline. Za razliku od njih romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3) imaju veći otpor prolazu topline (0,0181-0,0302 m² °C/W), odnosno bolje sprječavaju prolaz topline iz unutrašnjosti odjevnog predmeta prema okolišu, a time pružaju i bolja toplinska svojstva odjevnih kompozita, a time i odjevnih sustava, u koje su ugrađeni. Oni se ujedno i najčešće koriste kao materijali za izradu podstave i/ili toplinskog umetka koji najviše doprinose vrijednosti toplinske izolacije gotovog odjevnog predmeta.

Reprezentativni odjevni kompoziti OK4 i OK5 izrađeni su od iste vanjske školjke (MV1) te istih slojeva podstavnih materijala romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijala (MP3), s time da podstavni materijali međusobno zamjenjuju mjesta. Na istom principu su izrađeni odjevni kompoziti OK9 i OK10 te OK14 i OK15. Rezultati ispitivanja otpora prolazu topline reprezentativnih odjevnih kompozita pokazali su da je otpor prolazu topline odjevnog kompozita OK4 0,0751 m² °C/W, a OK5 0,0747 m² °C/W; odjevnog kompozita OK9 0,0716 m² °C/W, a OK10 0,0761 m² °C/W; OK14 0,0675 m² °C/W, a OK15 0,0736 m² °C/W.

Statističkom analizom rezultata ispitivanja otpora prolazu topline na navedenim kombinacijama odjevnih kompozita dobiveno je da nema signifikantne razlike između odjevnog kompozita OK4 (0,0751 m² °C/W) i OK5 (0,0747 m² °C/W), OK9 (0,0716 m² °C/W) i OK10 (0,0761 m² °C/W) te OK14 (0,0675 m² °C/W) i OK15 (0,0736 m² °C/W), te je ustanovljeno

da redosljed ugradnje ugradbenih materijala u odjevni kompozit ne utječe značajno na otpor prolazu topline odjevnih kompozita, sl. 56-58, tab. 76-78.

Hipoteza doktorskog rada, da je zbroj serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala jednak ukupnom otporu prolazu topline odjevnog kompozita se odbacuje, jer je iz rezultata prikazanih na sl. 53, te provedenom statističkom analizom, tab. 73-75, vidljivo da je zbroj serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala manji od ukupnog otpora prolazu topline odjevnog kompozita.

5.4 RASPRAVA O REZULTATIMA ODREĐIVANJA TOPLINSKE IZOLACIJE ODJEVNIH SUSTAVA, MASE ODJEVNIH SUSTAVA I EFIKASNOSTI TOPLINSKE IZOLACIJE ODJEVNOG SUSTAVA

Određivanje toplinske izolacije odjevnih sustava provedeno je na mjernom uređaju toplinski maneken, prema metodi opisanoj u točki 3.3.4, te pri istim okolišnim uvjetima kao i mjerenje otpora prolazu topline, navedenim u točki 3.3.4. Temperatura površine toplinskog manekena, bila je 34°C, kao i temperatura površine vruće ploče, te se također prije samog mjerenja toplinskih svojstava odjevnih sustava odredio ukupni otpor prolazu topline prazne površine toplinskog manekena s graničnim slojem zraka uz površinu (R_{ct0}).

Odjevni sustavi izrađeni su na temelju rasporeda slojeva ugradbenih materijala u odjevnim kompozitima, kao što je to objašnjeno na početku Rasprave.

Za sve odjevne sustave izmjerena je toplinska izolacija u statičkom modu (simulacija čovjeka u mirovanju) i dinamičkom modu (simulacija hodanja pri brzini od 45±2 dvostruka koraka/min i 45±2 dvostruka pokreta rukama/min).

Model jakne, prema kojem je načinjeno 15 odjevnih sustava, na donjem bočnom dijelu ima ugrađenu elastičnu vrpcu kojom se regulira širina donjeg dijela jakne te se na taj način regulira mogućnost većeg ili manjeg prodora hladnog zraka u unutrašnjost jakne. Stoga su provedena ispitivanja toplinske izolacije u tzv. nestegnutom i stegnutom stanju donjeg dijela jakne u statičkom i dinamičkom modu.

Rezultati određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom u nestegnutom (OS5s) i stegnutom stanju (OS5ss) na duljini, i dinamičkom modu u

nestegnutom (OS5d) i stegnutom stanju (OS5ds) na duljini jakne prikazani su u tab. 35. Ista mjerenja su provedena za reprezentativne odjevne sustave OS10 (tab. 36) i OS15 (tab. 37).

Statistička analiza je pokazala da nema signifikantne razlike u statičkom modu u stegnutom i nestegnutom stanju kod svih odjevnih sustava. Bilo je za očekivati da su bolja toplinska izolacijska svojstva u stegnutom stanju kod svih reprezentativnih odjevnih sustava. Ovo relativno malo povećana vrijednost kod nestegnutog stanja može se pripisati smanjenu zračnog jastuka kod odjevnog sustava u nestegnutom stanju pri mjerenju u statičkom modu.

Rezultati su pokazali da je najmanja razlika toplinske izolacije kod statičkog moda u stegnutom i nestegnutom stanju. Toplinska izolacija u nestegnutom stanju u statičkom modu veća je za 5,48 % kod odjevnog sustava OS5 ($OS5_s = 0,0583 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$; $OS5_{ss} = 0,0551 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$); 3,58 % kod odjevnog sustava OS10 ($OS10_s = 0,0587 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$; $OS10_{ss} = 0,0566 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$) te kod odjevnog sustava OS15 za 11,15 % ($OS15_s = 0,0601 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$; $OS15_{ss} = 0,0534 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$).

Nadalje, iz rezultata je vidljivo da je najveća razlika toplinske izolacije između statičkog i dinamičkog moda u nestegnutom stanju. Vrijednost toplinske izolacije u statičkom modu u nestegnutom stanju veća je od vrijednosti u dinamičkom modu u nestegnutom stanju i to 77,53 % kod odjevnog sustava OS5 ($OS5_s = 0,0583 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$; $OS5_d = 0,0131 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$); 71,21 % kod odjevnog sustava OS10 ($OS10_s = 0,0587 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$; $OS10_d = 0,0169 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$) te kod odjevnog sustava OS15 za 69,12 % ($OS15_s = 0,0601 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$; $OS15_d = 0,0185 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$).

Činjenica da je dok kod odjevnog sustava OS15 najveća razlika toplinske izolacije između statičkog i dinamičkog moda u nestegnutom stanju, kao i činjenica da je najmanja razlika u vrijednosti između statičkog i dinamičkom moda u nestegnutom stanju također kod odjevnog sustava OS15, može se objasniti time, kao i kod otpora prolazu topline odjevnih kompozita, što vanjska školjka odjevnog sustava OS15 ima najbolja izolacijska svojstva od svih vanjskih školjki. Naime, vanjska školjka odjevnog sustava OS15 ima pozitivnu vrijednost otpora prolazu topline ($MV3 = 0,0061 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$), dok vanjske školjke odjevnih sustava OS5 i OS10 imaju negativan otpor prolazu topline ($MV1 = -0,071 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ i $MV2 = -0,066 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$).

Hipoteza je da redoslijed slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu i odjevnom sustavu utječe na ukupni otpor prolazu topline.

Iz rezultata prikazanih na sl. 77-79, te provedenom statističkom analizom, tab. 92-94 (Prilog 4),

navedena hipoteza se odbacuje.

Vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava iz pojedinih skupina modela s najvećim izmjerenim vrijednostima toplinske izolacije (OS5 = 0,0583 m² K/W; OS10 = 0,0587 m²K/W i OS14 = 0,0671m² K/W) se statistički značajno ne razlikuju. Stoga pri odabiru najoptimalnijeg odjevnog sustava, odnosno namjenske jakne s najboljim toplinskim svojstvima, ulogu može igrati cijena materijala i izrade, kao i masa samog odjevnog sustava. Iz tog razloga, pristupilo se izračunu efikasnosti ugrađene tekstilne mase na toplinsku izolaciju odjevnog sustava (točka 4.5.3). Odjevni sustav OS5 ima masu 1,37 kg, OS10 1,65 kg, a OS14 1,86 kg. Prema izrazu (17) izračunava se efikasnost ugrađene tekstilne mase koja za odjevni sustav OS5 iznosi 3,64 kg/Clo, odjevni sustav OS10 4,35 kg/Clo, a OS14 4,64 kg/Clo. Ako se uzme u obzir prethodno iznesena činjenica, da nema signifikantne razlike toplinske izolacije navedena tri odjevna sustava, može se zaključiti da je najoptimalniji odjevni sustav OS5 koji ima najmanju masu. Odjevni sustav OS10 ima 25% veću masu od OS5, a OS15 čak 34,3 % veću masu po jedinici toplinske izolacije. Navedena tri odjevna sustava imaju iste materijale od kojih je izrađena podstava i toplinski umetak, te je razlika samo u materijalu za izradu vanjske školjke, što ukazuje na važnost odabira materijala za podstavu i toplinski umetak, jer korišteni laminirani materijali za izradu vanjske školjke nemaju veliki utjecaj na toplinska svojstva, jer služe za zaštitu od vjetrova i kiše, ali može imati utjecaj na masu odjevnog predmeta.

5.5 RASPRAVA O REZULTATIMA ODREĐIVANJA DIFERENCIJALNIH GRADIJENATA TEMPERATURA ODJEVNIH KOMPOZITA I ODJEVNIH SUSTAVA

Mjerni uređaj i mjerna metoda diferencijalnih gradijenata temperatura odjevnih kompozita i odjevnih sustava opisani su u točki 3.3.5, a mjerenja su izvedena u istim okolišnim uvjetima kao i kod mjerenja otpora prolazu topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita, te toplinske izolacije odjevnih sustava.

U sklopu ovog doktorskog rada provedeno je određivanje diferencijalnih gradijenata temperatura između pojedinih slojeva ugradbenih materijala u reprezentativnim odjevnim kompozitima i odjevnim sustavima, s time da su se diferencijalni gradijenti temperatura kod

odjevnih sustava utvrđivali na dva mjesta na prednjem dijelu (na prsima desnog prednjeg dijela (10 cm ispod ramenog šava i 10 cm od prednje sredine jakne) i na struku desnog prednjeg dijela (10 cm od prednje sredine jakne i gornjeg prošiva donjeg džepa), te na jednom mjestu na stražnjem dijelu jakne (10 cm od vratnog izreza, na stražnjoj sredini jakne). Grafički prikaz pozicioniranja temperaturnih senzora tijekom mjerenja provedenih na tri pozicije odjevnih sustava (leđa, prsa i struk) prikazan je na sl. 82.

Rezultati vrijednosti izmjerenih diferencijalnih gradijenata temperatura ugradbenih materijala i odjevnih kompozita prikazani su u tab. 41, a odjevnih sustava u tab. 43. Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura reprezentativnog odjevnog sustava OS5 prikazan je na sl. 83, dok su ostali prikazani na sl. 104-112 (Prilog 3). Navedeni grafički prikazi prikazuju razlike temperaturnih gradijenata za različite kombinacije ugradbenih materijala u odjevnim kompozitima i odjevnim sustavima. Najpovoljniji termoizolacijski materijal je onaj koji ima najveći gradijentni pad, a da pri tome ima najmanju debljinu. Iz rezultata se može vidjeti da su najveći padovi gradijenata upravo kod ugradbenih materijala romboidno prošivene podstave i micro-fleece materijala.

Kod odjevnih kompozita i odjevnih sustava koji se sastoje od dva sloja materijala, bolja termoizolacijska svojstva ima onaj materijal koji ima veći pad diferencijalnih temperatura. Isto vrijedi i za troslojne kompozite, odnosno odjevne sustave.

Usporedbom ukupnog otpora prolazu topline odjevnog kompozita i algebarske sume otpora prolazu topline ugradbenih materijala od kojih je sačinjen odjevni kompozit, vidljivo je da je algebarska suma manja za reprezentativne uzorke OK4 (82,28 %), OK5 (81,31 %), OK9 (71,70%), te za OK10 (82,49 %), dok je ta razlika manja kod reprezentativnih odjevnih kompozita OK14 (24,08 %) i OK15 (35,29 %). Manja razlika kod odjevnih kompozita OK14 i OK15 također se može potkrijepiti činjenicom da njihova vanjska školjka ima puno bolja toplinska svojstva od vanjskih školjki prve i druge skupine.

Prema rezultatima mjerenja odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15 bolja toplinska svojstva ima romboidno prošivena podstava (MP2) čiji je $\text{tg}\alpha=0,95-1,74$, dok micro-fleece (MP3) ima $\text{tg}\alpha=1,74-2,03$. Prema usporedbi sa otporom prolazu topline to je bilo i za očekivati, s obzirom da romboidno prošivena podstava ima bolji otpor prolazu topline ($\text{MP2} = 0,0302 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$) od

micro-fleece materijala ($MP3 = 0,0181 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$). To je u skladu s činjenicom da bolja toplinska svojstva ima ugradbeni materijal koji ima manji gradijentni pad i manju debljinu ($MP2 = 2,43 \text{ mm}$; $MP3 = 2,86 \text{ mm}$).

Zanimljivi rezultati mjerenja diferencijalnih gradijenata temperatura kod odjevnih sustava dobiveni su mjerenjem na leđima. Na odjevnim sustavima OS2, OS3, OS7, OS12 i OS13, gdje je temperaturni senzor koji se nalazi iza podstavnog materijala (MP1) umjesto pada temperatura očitao blago povišenje temperature, a razlog tome je tzv. efekt dimnjaka koji smanjuje toplinsku izolaciju. Zbog razlike u temperaturi okoliša i temperatura unutar odjevnog kompozita od kojeg je sačinjen odjevni sustav, te radi konstrukcije odjevnog predmeta koji je u donjem dijelu (duljina jakne) i u području struka udaljen od tijela toplinskog manekena, dolazi do strujanja toplijeg zraka u smjeru od duljine odjevnog sustava prema struku, a potom i leđima, pri čemu dolazi i do prijenosa topline konvekcijom. Radi naglog povećanja temperature, u području mjerenja na leđima, radi strujanja zraka od duljine jakne, te radi strukture podstavnog materijala koja omogućava brz prijenos topline (velika toplinska vodljivost materijala) dolazi do spomenutog povišenja temperature.

Jedna od hipoteza ovog doktorskog rada je da je određivanjem diferencijalnih gradijenata temperatura između pojedinih slojeva u odjevnom kompozitu moguće utvrditi utjecaj pojedinih slojeva kompozita u zbirnim toplinskim svojstvima odjevnih sustava. Iz rezultata prikazanih u tab. 41 i tab. 43, te sl. 102-112 navedena hipoteza se prihvaća.

5.6 RASPRAVA O REZULTATIMA ODREĐIVANJA KONTAKTNOG KONDUKCIJSKOG PRIJENOSA TOPLINE I STLAČIVOSTI UGRADBENIH MATERIJALA I ODJEVNIH KOMPOZITA

Određivanje kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline izvedeno je na mjernom uređaju i prema mjernoj metodi opisanim u točki 3.3.6, a prema normi DIN 53855/123 i ASTM D 1777.

Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala prikazani su u točki 4.7, a rasprava je temeljena na rezultatima prikazanim u tab. 44-49.

U tab. 50 prikazane su vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pri silama opterećenja od 0,95 N i 9,50 N. U istoj tablici navedene su i izmjerene debljine pri navedenim silama opterećenja. Ovdje valja napomenuti da se prikazane debljine razlikuju od debljina

prikazanih u tab. 20 jer su te debljine mjerene bez ikakvog opterećenja.

Najmanji kontaktni kondukcijski prijenos topline ima OK15 ($3,75 \text{ Wm}^2/\text{°C}$ pri $0,95\text{N}$ i $5,58 \text{ Wm}^2/\text{°C}$ pri $9,5 \text{ N}$), što je u skladu s činjenicom da ugradbeni troslojni laminirani materijal (MV3), od kojeg je izrađena vanjska školjka, također ima najmanji kontaktni kondukcijski prijenos topline ($18,70 \text{ Wm}^2/\text{°C}$ pri $0,95 \text{ N}$ i $25,74 \text{ Wm}^2/\text{°C}$ pri $9,5 \text{ N}$). Mjerenja su pokazala da najveći kontaktni kondukcijski prijenos ima OK5 ($4,74 \text{ Wm}^2/\text{°C}$ pri $0,95\text{N}$ i $6,86$ pri $9,5 \text{ N}$), što je u skladu s činjenicom da ugradbeni dvoslojni laminirani materijal (MV1), od kojeg je izrađena vanjska školjka, također ima najveći kontaktni kondukcijski prijenos topline ($18,70 \text{ Wm}^2/\text{°C}$ pri $0,95 \text{ N}$ i $25,74 \text{ Wm}^2/\text{°C}$ pri $9,5 \text{ N}$).

Temeljem hipoteza postavljenih u ovom radu, moglo se je pretpostaviti da je zbroj vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih ugradbenih materijala odjernih kompozita jednak kontaktnom kondukcijskom prijenosu topline odjernih kompozita. I ta pretpostavka se temeljem mjerenja i statističke analize, te usporedbe prikazane na sl. 85 i sl. 86, sl. 93-98, tab. 102-104, odbacuje, jer je zbroj vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih ugradbenih materijala odjernih kompozita veći od kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline odjernih kompozita.

S obzirom da se kontaktni kondukcijski prijenos topline određivao pri sili opterećenja od $0,95 \text{ N}$ te deseterostrukoj sili opterećenja od $9,5 \text{ N}$, povećanjem sile došlo je do stlačivosti, koja je također izmjerena.

Iz rezultata je vidljivo da najveću stlačivost ima podstavni materijal (MP1), a iznosi $59,09 \%$, dok najmanju stlačivost ima troslojni laminirani materijal (MV2) od $18,67 \%$. Iako je na podstavnom materijalu (MP1) izmjerena najmanja debljina, on pokazuje najveću stlačivost. To se može objasniti utjecajem strukture materijala. Naime, podstavni materijal (MP1) izrađen je u atlasnom vezu, što između vlakana, tj. pređa, stvara specifičnu strukturu u kojoj su vlakna više ili manje izbočena, sl. 39d. S obzirom na vez puno je takvih prostora koji omogućavaju veliku stlačivost materijala na način da se pri primjeni sile opterećenja vlakna mogu širiti, odnosno stlačiti se u prostor koji im je dostupan. Kao što je navedeno, u sva tri odjevna kompozita ugrađeni su romboidna prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijal (MP3), a razlikuju se po materijalu od kojeg je izrađena vanjska školjka. Stlačivost odjernih kompozita

OK5 (15,91 %), OK10 (13,91 %) i OK15 (14,75 %) se značajno razlikuju. Najveću stlačivost ima OK5, što se može potkrijepiti činjenicom da i dvoslojni laminirani materijal (MV1), od kojeg je izrađena vanjska školjka, ima najveću stlačivost (31,25 %) među laminiranim materijalima koji se koriste za vanjsku školjku. Isto tako, vidljivo je da je stlačivost odjevnog sustava OK10 najmanja i iznosi 13,91 %, što se također može potkrijepiti činjenicom da je vanjska školjka izrađena iz troslojnog laminiranog materijala (MV2), koji ima najmanju stlačivost (18,67 %).

6. ZAKLJUČAK

U ovom doktorskom radu je, po prvi puta, istražen utjecaj vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće. Istražen je velik broj parametara (zrakopropusnost, otpor prolazu vodene pare, otpor prolazu topline, toplinska izolacija) te pokazatelja (diferencijalni gradijenti temperatura, stlačivost, efikasnost toplinske izolacije) koji utječu na navedena svojstva odjeće.

Istraživanja su provedena na integriranom mjernom sustavu za cjelovita ispitivanja toplinskih svojstava odjeće instaliranom u Laboratoriju za termoizolacijska svojstva odjeće Zavoda za odjevenu tehnologiju Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta. Cjelokupna istraživanja bilo je moguće provesti u navedenom laboratoriju zbog vrsne opremljenosti mjernim sustavima i uređajima te uspostavljenim novim mjernim metodama. U istraživanjima su korišteni ugradbeni materijali koji se uobičajeno koriste pri izradi namjenske odjeće, kao što su dvoslojni i troslojni laminirani materijali, podstavni materijal, romboidno prošivena podstava i micro-fleece materijal. Laminirani materijali se koriste za izradu vanjske školjke, dok se ostali navedeni materijali koriste za izradu podstave i/ili toplinskog umetka. Kombinacijom šest ugradbenih materijala realizirano je 15 odjevnih kompozita i 15 odjevnih sustava koji su svrstani u tri skupine. U svakoj skupini se nalazi pet odjevnih kompozita, odnosno pet odjevnih sustava koji se razlikuju po broju i redoslijedu slojeva ugradbenih materijala, a za svaku skupinu je karakterističan različiti laminirani materijal vanjske školjke.

Kako bi se odredio utjecaj vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće, izvedena su ispitivanja zrakopropusnosti, otpora prolazu vodene pare, otpora prolazu topline, te kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline i stlačivosti na ugradbenim materijalima i odjevnim kompozitima, dok su se određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura određivala na odjevnim kompozitima i odjevnim sustavima. Također, izvedena su ispitivanja toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkom i dinamičkom modu u stegnutom i nestegnutom stanju na duljini modela namjenske jakne, odnosno odjevnog sustava.

Na osnovu dobivenih rezultata u ovim opširnim istraživanjima i postavljenih hipoteza, može se zaključiti:

- Ukupan otpor prolazu topline odjevnih kompozita veći je od zbroja serijskih vrijednosti otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu. Laminirani ugradbeni materijali imaju vrlo niske vrijednosti otpora prolazu topline, pa čak i negativne vrijednosti, što ukazuje da navedeni materijali imaju slabu toplinsku izolaciju, odnosno poprimaju svojstvo zamjetne vodljivosti topline. Za razliku od njih, romboidno prošivena podstava i micro-fleece materijal imaju veći otpor prolazu topline, odnosno bolje sprječavaju prolaz topline iz unutrašnjosti odjavnog predmeta prema okolišu, a time pružaju i bolja toplinska svojstva odjevnih kompozita, odnosno odjevnih sustava, u koja su ugrađeni. Oni se ujedno i najčešće koriste kao materijali za izradu podstave i/ili toplinskog umetka te najviše doprinose vrijednosti toplinske izolacije gotovog odjavnog predmeta.
- Ukupan otpor prolazu vodene pare odjevnih kompozita veći je od zbroja serijskih vrijednosti otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu. Zbog ugrađenih membrana čije su pore manje od kapljica vode, te veće od molekula vodene pare, laminirani materijali imaju mogućnost propusnosti znoja, čime se omogućava dišljivost odjavnog predmeta, ali sprječavaju prodor kapljica vode u unutrašnjost odjavnog predmeta.
- Redoslijed slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu i odjevnom sustavu ne utječe na ukupni otpor prolazu topline, a toplinska izolacija ovisi o materijalima koji se koriste kao podstavni materijali i/ili toplinski umetci.
- Određivanjem diferencijalnih gradijenata temperatura između pojedinih slojeva u odjevnom kompozitu moguće je utvrditi relativni utjecaj pojedinih slojeva kompozita u zbirnim toplinskim svojstvima odjevnih sustava te odrediti najpovoljniji termoizolacijski materijal.

Također je, tijekom određivanja održivosti postavljenih hipoteza istraživanja, dodatno utvrđeno da:

- S obzirom da u proizvodnji namjenske odjeće za specijalne službe (vojska, policija, vatrogasci i sl.), osim toplinskih svojstava te cijene materijala i izrade, vrlo važnu ulogu ima masa samog odjevnog sustava, moguće je izračunom efikasnosti ugrađene tekstilne mase na toplinsku izolaciju odjevnog sustava odabrati ugradbene materijale koji imaju manju masu, a zadovoljavajuća toplinska svojstva.
- Odjevni sustavi, čije su vanjske školjke izrađene od laminiranih materijala koji imaju ugrađenu zrakonepropusnu membranu, osiguravaju zaštitu od vjetera, a time osiguravaju i bolju toplinsku izolaciju. Laminirani materijali mogu imati ugrađene polupropusne membrane koje propuštaju zrak iz unutrašnjosti odjevnog predmeta, ali ne dopuštaju ulazak zraka u unutrašnjost odjevnog predmeta te osiguravaju bolju dišljivost odjevnog predmeta. Razlog je u strukturi ugrađenih membrana na bazi polimera, koje imaju rešetkastu strukturu koja preusmjerava zrak sa odjevnog predmeta, te na taj način smanjuje utjecaj vjetera na unutrašnjost odjevnog predmeta.
- Redoslijed ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu ima značajan utjecaj na otpor prolazu vodene pare odjevnog kompozita.
- Zbroj vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih ugradbenih materijala odjevnih kompozita je veći od kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline odjevnih kompozita.
- Stlačivost odjevnih kompozita je manja od zbroja serijskih vrijednosti stlačivosti pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu.

Navedena istraživanja pokazala su da vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita imaju znatan utjecaj na zbirna toplinska svojstva odjeće, te mogu poslužiti kao temelj za uspostavu novih smjernica i metoda za tehničko projektiranje odjeće određenih toplinskih svojstava.

Zahvaljujući izuzetno preciznoj korištenoj mjeriteljskoj opremi neke hipoteze postavljene prije izvedenih istraživanja u ovoj disertaciji, a prema intuiciji iz dugogodišnjih praktičnih iskustava su potvrđene, a neke hipoteze temeljene na intuitivnim iskustvima iz odjevnog inženjerstva i egzaktnih rezultata istraživanja iz drugih struka, su opovrgnute.

Na temelju izloženih zaključaka rezultata istraživanja u ovom doktorskom radu i na opisanom doprinosu s aspekta potvrđivanja ili odbacivanja postavljenih hipoteza istraživanja, može se zaključiti da istraživanja u ovom radu i na opisanoj mjeriteljskoj opremi predstavljaju određeni doprinos u odjevnom inženjerstvu i temelj za daljnja istraživanja.

7. LITERATURA

Akcagun, E., Bogusławska-Bączek, M. & Hes, L. (2019). Thermal insulation and thermal contact properties of wool and wool/PES fabrics in wet state. *Journal of Natural Fibers*, 16(2), 199-208, eISSN: 1544-046X. Available at: <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1414650>, [15 April, 2020].

Akalović, J., Skenderi, Z., Rogale, R. & Zdraveva, E. (2018). Water Vapor Permeability of Bovine Leather for Making Professional Footwear. *Leather and Footwear*, 67(4), 12-17, ISSN: 0450-8726.

Alimaa, D., Matsuo, T., Nakajima, M., Takahashi, M. & Yamada, E. Y. (2000). Pressure-thickness relation and compression mechanism of plain and rib knitted fabrics. *Journal of textile engineering*, 46(1), 7-10, ISSN: 1346-8235.

Angelova, R., Reiners, P., Georgieva, E. & Kyosev, Y. (2018). The effect of the transfer abilities of single layers on the heat and mass transport through multilayered outerwear clothing for cold protection. *Textile Research Journal*, 88(10), 1125-1137, ISSN: 0040-5175.

Arabuli, S., Vlasenko, V., Havelka, A. & Kus, Z. (2010). Analysis of modern methods for measuring vapor permeability properties of textiles. In: Maršalková, M. (ed.), *Proceedings of the 7th international conference textile science (TEXSCI)*, September 6-8th, Liberec, Czech Republic, 1-6, ISBN: 9788073726355.

Asanovic, K. A., Mihailovic, T. V. & Cerovic, D. D. (2017). Evaluation of the quality of clothing fabrics in terms of their compression behaviour before and after abrasion. *Fibers and Polymers*, 18, 1393-1400, ISSN: 1229-9197.

Asayesh, A., Mirgoli, F. & Gholamhosseini, A. (2018). An investigation into the effect of fabric structure on the compressional properties of woven fabrics. *The Journal of the Textile Institute*, 109(1), 32-38, ISSN: 0040-5000.

Asayesh, A. & Amini, M. (2021). Analysis of the compression performance of weft-knitted spacer fabrics for protective applications in view of the surface layer structure. *Fibers and Polymers*, 22, 3469-3478, ISSN 1229-9197.

ASTM D 1518-85:2003. (2003). Standard Test Method For Thermal Transmittance Of Textile Materials, American Society for Testing and Materials, United States of America.

Atalie, D., Tesema, A. F. & Rotich, G. K. (2018). Effect of weft yarn twist level on thermal comfort of 100 per cent cotton woven fabrics. *Research Journal of Textile and Apparel*, 22(3), 80-194, ISSN: 1560-6074.

Bajzik, V., Hes, L. & Dolezal, I. (2016). Changes in thermal comfort properties of sports wear and underwear due to their wetting. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 41(2), 161-166, eISSN: 0975-1025. Available at: <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/34380>, [15 March, 2019]

Balderrama, C., Ibarra, G., De La Riva, J. & Lopez, S. (2010). Evaluation of three methodologies to estimate the VO₂max in people of different ages. *Applied ergonomics*, 42(1), 162-168, ISSN: 0003-6870.

Begum, A. & Subramaniam, V. (1994). Compressibility of plain weft knitted fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 19, 158-188, ISSN: 0971-0426.

Boughattas, A., Benltoufa, S., Hes, L., Azeem, M. & Fayala, F. (2018). Thermo-physiological properties of woven structures in wet state. *Industria Textila*, 69(4), 298-303, ISSN: 1222-5347.

Burke, R., Rugh, J. & Farrington, R. (2003). ADAM—the Advanced Automotive Manikin. In: Candas, V. (ed.), *Proceedings of the 5th International meeting on thermal manikins and modelling*, (5I3M), August 2003, Strasbourg, France.

Burke, R., Curran, A. & Hepokoski, M. (2009). Integrating an active physiological and comfort model to the Newton sweating thermal manikin. In: Castellani, J. W. and Endrusick, T. L. (eds.), *13th International Conference on Environmental Ergonomics*. Boston, USA, 313-317, ISBN: 978-1-61782-976-5.

Caspersen, C. J., Powell, K. E. & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*, 100(2), 126-131, ISSN: 0033-3549.

Cramer, M. N. & Jay, O. (2019). Partitional calorimetry. *Journal of applied physiology*, 126(2), 267-

277, ISSN: 8750-7587.

Čubrić, G. (2012). Projektiranje termoizolacijskih komora za termički adaptivnu odjeću. Doktorski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet.

Dai, X.-Q. & Havenith, G. (2016). The interaction of clothing ventilation with dry and evaporative heat transfer of jackets: the effect of air and vapor permeability. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 28(5), 570-581, eISSN: 1758-5953. Available at: <https://doi.org/10.1108/IJCST-12-2015-0135>, [9 February, 2018].

Dal, V., Atmaca, M., Yildiz, Z., Oz Ceviz, N. & Hes, L. (2016). Thermal comfort of woolen fabrics depending on physical properties. *Journal of Natural Fibers*, 13(6), 714-725, ISSN: 1544-0478.

Das, B., Das, A., Kothari, V., Fanguie, R. & Araújo, M. (2007). Moisture transmission through textiles. Part II: Evaluation methods and mathematical modelling. *Autex Research Journal*, 7(3), 194-216, ISSN: 1470-9589.

Das, A., Alagirusamy, R., Shabaridharan, K. & Kumar, P. (2012). Study on heat transmission through multilayer clothing assemblies under different convective modes. *Journal of the Textile Institute*, 103(7), 777-786, ISSN: 0040-5000.

Datta, M. K., Behera, B. K. & Goyal, A. (2019). Prediction and analysis of compression behaviour of warp-knitted spacer fabric with cylindrical surface. *Journal of Industrial Textiles*, 48(9), 1489-1504, ISSN: 1528-0837.

De Dear, R. & Brager, G. (1988). Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *ASHRAE*, 104(1), 145-167, ISSN: 1943-6637.

De Dear, R. J., Arens, E., Hui, Z. & Oguro, M. (1997). Convective and radiative heat transfer coefficients for individual human body segments. *International journal of biometeorology*, 40(3), 141-156, ISSN: 0020-7128.

Djongyang, N., Tchinda, R. & Njomo, D. (2014). Thermal comfort: A review paper. *Renewable and sustainable energy reviews*, 14(9), 2626-2640, ISSN: 1364-0321.

Dolezal, I. & Hes, L. (2003). P-TEST-computerized instrument for testing of the water vapour

and thermal resistance of fabrics. *2003 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (Cat. No. 03TH8692)*, vol. 2, Rio de Janeiro, Brazil, 2003, 880-884, ISBN: 0780379128.

Dolezal, I., Hes, L. & Bal, K. (2019). A non-destructive single plate method for measurement of thermal resistance of polymer sheets and fabrics. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 25(4), 562-567, ISSN: 1080-3548.

Dotti, F., Ferri, A., Moncalero, M. & Colonna, M. (2016). Thermo-physiological comfort of soft-shell back protectors under controlled environmental conditions. *Applied ergonomics*, 56, 144-152, ISSN: 0003-6870.

Dupade, V., Kumari, R., Premachandran, B., Rengasamy, R. & Talukdar, P. (2022). Effect of layering sequence and ambient temperature on thermal insulation of multilayer high bulk nonwoven under extreme cold temperatures. *Journal of Industrial Textiles*, 51(2), 2709S-2730S, ISSN: 1528-0837.

Ebnesajjad, S. (2016). *Expanded PTFE applications handbook: Technology, manufacturing and applications*. Amsterdam; Boston; William Andrew: Elsevier. ISBN: 9781437778564.

Epstein, Y. & Moran, D. (2006). Thermal comfort and the heat stress indices. *Industrial health*, 44(3), 388-398, ISSN: 0019-8366.

Eryuruk, S. (2019). Effect of fabric layers on thermal comfort properties of multilayered thermal protective fabrics. *Autex Research Journal*, 19(3), 271-278, ISSN: 1470-9589.

Fabbri, K. (2015). *Indoor thermal comfort perception. A Questionnaire Approach Focusing on Children*. First edition. New York: Springer Cham., ISBN 978-3-319-18650-4.

Fan, J. & Keighley, J. (1991). An investigation on the effects of body motion, clothing design and environmental conditions on the clothing thermal insulation by using a fabric manikin. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 3(5), 6-13, ISSN: 0955-6222.

Fan, J., Chen, Y. & Zhang, W. (2005). Clothing thermal insulation when sweating and when non-sweating. In: T. Yutaka, & O. Tadakatsu (eds.), *Environmental Ergonomics Book Series* vol. 3, 437-443, ISBN: 978-0-08-044466-6.

Fan, J. (2006). Simulation of perspiration in sweating fabric manikin-Walter. In: Brebbia, C. A.,

Conti, M. E. & Tiezzi, E. (eds.), *Management of Natural Resources, Sustainable Development and Ecological Hazards*, The Hong Kong Polytechnic University: Hong Kong, China, 221-230, ISBN 9781845641665.

Fanger, P. O. (1970). *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*. Copenhagen: Danish Technical Press. ISBN: 9780898744460.

Firšt Rogale, S., Rogale, D. & Majstorović, G. (2012). Thermoinsulation Properties of Intelligent Clothing with Adaptive Thermal Protection. In: Dragčević, Z. (ur.), *Book of proceedings of the 6th international textile, clothing and design conference—magic world of textiles, October 03rd to 06th 2010, Dubrovnik, Croatia*, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, 342-347, ISSN: 1847-7275.

Firšt Rogale, S., Rogale, D., Nikolić, G. & Dragčević, Z. (2014). *Inteligentna odjeća*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, ISBN: 978-953-7105-52-5.

Firšt Rogale, S., Benić, M., & Rogale, D. (2017). Istraživanje otpornosti prolasku topline različitih kombinacija muške odjeće. U: Glogar, M. I. (ur.), *Zbornik radova 10. znanstveno – stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo*, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno – tehnološki fakultet, ISSN: 2584-6450.

Firšt Rogale, S., Rogale, D., Knezić, Ž. & Jukl, N. (2021a). Measurement Method for the Simultaneous Determination of Thermal Resistance and Temperature Gradients in the Determination of Thermal Properties of Textile Material Layers. *Materials*, 14(22), 6853, eISSN: 1996-1944. Available at: <https://doi.org/10.3390/ma14226853> [10February 10, 2022].

Firšt Rogale, S. & Rogale, D. (2021b). Uspostava i ustrojstvo Laboratorija za termoizolacijska svojstva odjeće. *Annual of the Croatian Academy of Engineering*, 2021(1), 428-440.

Firšt Rogale, S., Rogale, D., & Knezić, Ž. (2022). Važnost navođenja toplinske izolacije na ušivnim etiketama kod prodaje odjeće. U: Ujević, D. i Knego, N. (ur.), *Organizacija proizvodnje modne odjeće s osortom na planiranje i distribuciju prodaje*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet; Sveučilište u Zagrebu Ekonomski fakultet, 26-47, ISBN: 978-953-7105-85-3.

Flouris, A.D. (2019). Human Thermoregulation. In: Périard, J., Racinais, S. (ed.), *Heat Stress in*

Sport and Exercise. Springer, Cham. ISBN: 978-3-319-93514-0. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93515-71>, [23 February, 2021]

Fung, F., Gao, C., Hes, L. & Bajzik, V. (2020). Water vapor resistance measured on sweating thermal manikin and Permetest skin model in the vertical orientation. *Communications in Development and Assembling of Textile Products*, 1(1), 65-73, ISSN: 2701-939X.

Gagge, A. P., Burton, A. C. & Bazett, H. C. (1941). A practical system of units for the description of the heat exchange of man with his environment. *Science*, 94(2445), 428-430, ISSN: 0036-8075.

Ghosh, S. K., Bairagi, S., Bhattacharyya, M. & Mondal, M. M. (2016). Study on Potential Application of Natural Fibre Made Fabrics as Thermal Insulation Medium. *American International Journal of Research in Science, Technology, Engineering & Mathematics*, 16(203), 8-13, ISSN: 2328-3491.

Gonzalez, R. R., Stroschein, L. A., Levell, C. A., Endrusick, T. L. & Santee, W. R. (1989). *Relative applications of integrating environment, clothing and personal equipment on military operations*. Technical report: Army Research Institution of Environmental Medicine Natick Ma.

Gore-Tex (2022). Available at: <https://www.gore-tex.com/>, [12 March, 2022]

Grodzinsky, E. & Sund Levander, M. (2020). Thermoregulation of the Human Body. In: Sund Levander, M. & Grodzinsky, E. (eds.), *Understanding Fever and Body Temperature: A Cross-disciplinary Approach to Clinical Practice*. Springer International Publishing, 49-65, ISBN: 9783030218867.

Gunesoglu, S., Meric, B. & Gunesoglu, C. (2005). Thermal contact properties of 2-yarn fleece knitted fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 13 (2), 46-50, ISSN: 1230-3666.

Gupta, D., Srivastava, A. & Kale, S. (2013). Thermal properties of single and double layer fabric assemblies. *Indian J. Fibre Text. Res.*, 38(4), 387-394, ISSN: 0971-0426.

Havenith, G. (2002a). Interaction of clothing and thermoregulation. *Exogenous Dermatology*, 1(5), 221-230, ISSN: 1424-4616.

Havenith, G., Holmér, I. & Parsons, K. (2002b). Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production. *Energy and buildings*, 34(6), 581-591,

ISSN: 0378-7788.

Hensen, J. (1991). *On the thermal interaction of building structure and heating and ventilating system*. Doctoral thesis. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.

Hes, L., Bernardo, C. & Queirós, M. (1996). A new method for the determination of water vapour permeability of polymer films based on the evaluation of the heat of evaporation. *Polymer testing*, 15(2), 189-201, ISSN: 0142-9418.

Hes, L. (1999). Optimisation of shirt fabrics' composition from the point of view of their appearance and thermal comfort. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11(2/3), 105-119, ISSN: 0955-6222.

Hes, L. (2008). Analysing the thermal properties of animal furs for the production of artificial furs. In: Abbott, A. & Ellison, M. (ed.), *Biologically inspired textiles*. Woodhead Publishing, 150-167, ISBN: 9781615835850.

Hes, L. & de Araujo, M. (2010). Simulation of the effect of air gaps between the skin and a wet fabric on resulting cooling flow. *Textile Research Journal*, 80(14), 1488-1497, ISSN: 0040-5175.

Hes, L. & Ursache, M. (2011). Effect of composition of knitted fabrics on their cooling efficiency at simulated sweating. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 36(3), 281-284, ISSN: 0971-0426.

Hes, L., Bal, K. & Dolezal, I. (2021b). Principles of clothing comfort and their use in evaluation of sensorial and thermal comfort of men's casual jacket. *Fibers and Polymers*, 22(10), 2922-2928, ISSN: 1229-9197.

Heydenreich, J., Schutz, Y., Melzer, K. & Kayser, B. (2019). Comparison of conventional and individualized 1-MET values for expressing maximum aerobic metabolic rate and habitual activity related energy expenditure. *Nutrients*, 11(2), 458, ISSN: 2072-6643.

Holland, B. (1999). Comfort temperatures for sleeping bags. In: Nilsson, H. & Holmér, I. (eds.), *Proceedings of the Third International Meeting on Thermal Manikin Testing 3IMM at the National Institute for Working Life*, October 12-13, 1999, Stockholm, Sweden, 25-33, ISBN: 91-7045-554-6.

Holmér, I. (1999). Thermal manikins in research and standards. In: Nilsson, H. and Holmér, I.

(ed.), *Proceedings of the Third International Meeting on Thermal Manikin Testing 3IMM at the National Institute for Working Life*, October 12-13, 1999, Stockholm, Sweden, 1-8, ISBN: 91-7045-554-6.

Holopainen, R. (2012). *A human thermal model for improved thermal comfort*. Doctoral thesis. VTT Technical Research Centre of Finland, Aalto University. ISBN: 9789513879488.

HRN EN ISO 5084:2003. (2003). Tekstil -- Određivanje debljine tekstila i tekstilnih proizvoda, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, Hrvatska.

HRN EN ISO 15831:2005. (2005). Odjeća --Fiziološki učinci --Mjerenje toplinske izolacije s pomoću toplinske lutke, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, Hrvatska.

HRN EN ISO 7730:2008. (2008). Ergonomija toplinskog okoliša --Analitičko utvrđivanje i tumačenje toplinske udobnosti uporabom izračuna PMV i PPD indeksa i lokalnih toplinskih kriterija udobnosti, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, Hrvatska.

HRN EN 343:2019. (2019). Zaštitna odjeća --Zaštita od kiše, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, Hrvatska.

HRN EN ISO 8996:2022. (2022). Ergonomija toplinskog okoliša -- Određivanje metaboličkog ritma, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, Hrvatska.

Huang, J. & Xu, W. (2006). A new practical unit for the assessment of the heat exchange of human body with the environment. *Journal of Thermal Biology*, 31(4), 318-322, ISSN: 0306-4565.

Huang, Q., Deng, M. & Li, J. (2022). Effects of ambient temperature step changes on the heat storage and release in thermal protective clothing. *Textile Research Journal*, 92(21-22), 4342-4356, ISSN: 0040-5175.

Hu, R., Liu, Y., Shin, S., Huang, S., Ren, X., Shu, W., Cheng, J., Tao, G., Xu, W. & Chen, R. (2020). Emerging materials and strategies for personal thermal management. *Advanced Energy Materials*, 10(17), 1903921, ISSN: 1614-6832.

Imrith, M. K., Rosunee, S. & Unmar, R. (2022). Engineering UPF and comfort parameters of knitted fabrics and validation using statistical techniques. *Research Journal of Textile and Apparel*, ISSN: 1560-6074.

ISO 9237:1995. (1995). Textiles — Determination of the permeability of fabrics to air, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 139:2005. (2005) Textiles — Standard atmospheres for conditioning and testing, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Jendritzky, G., de Dear, R. & Havenith, G. (2012). UTCI—why another thermal index?. *International journal of biometeorology*, 56(3), 421-428, ISSN: 0020-7128.

Jonston, J. H. (2011). Nano-structured calcium silicate phase change materials for packaging temperature sensitive products. In: Cuppoletti, J. (ed.), *Nanocomposites and polymers with analytical methods*, BoD – Books on Demand, ISBN: 9789533073521.

Jukl, N.; Petrak, S.; Firšt Rogale, S.; Rogale, D. (2022). 3D computer design of modular clothing system and testing of its thermal properties. In: Dragčević, Z., Hursa Šajatović, A. & Vujasinović, E. (eds.), *Book of Proceedings of the 10th International Textile, Clothing & Design Conference*, October 2nd to 5th, Dubrovnik, Croatia, 231-236, ISSN: 1847-7275.

Jussila, K., Rissanen, S., Aminoff, A., Wahlström, J., Vaktskjold, A., Talykova, L., Remes, J., Mänttari, S. & Rintamäki, H. (2017). Thermal comfort sustained by cold protective clothing in Arctic openpit mining—a thermal manikin and questionnaire study. *Industrial health*, 55(6), 537-548, ISSN: 0019-8366.

Kanat, Z. E., Özdil, N. & Marmarali, A. (2014). Prediction of thermal resistance of the knitted fabrics in wet state by using multiple regression analysis. *Textile and Apparel*, 24(3), 291-297, ISSN: 1300-3356.

Kaziur, P., Mikołajczyk, Z., Kłonowska, M. & Woźniak, B. (2022). Design Methodology and Technology of Textile Footwear. *Materials*, 15(16), 1-18, ISSN: 1996-1944.

Ke, Y., Havenith, G., Zhang, X., Li, X. & Li, J. (2014). Effects of wind and clothing apertures on local clothing ventilation rates and thermal insulation. *Textile Research Journal*, 84(9), 941-952, ISSN: 0040-5175.

Kenny, G. & Flouris, A. (2014). The human thermoregulatory system and its response to thermal stress. In: Wang, F. & Gao, C. (ed.), *Protective Clothing*. Woodhead Publishing, 319-365,

ISBN: 978-1-78242-032-3.

Kim H.-A. (2021). Moisture Vapor Permeability and Thermal Wear Comfort of Eco-Friendly Fiber Embedded Woven Fabrics for High-Performance Clothing. *Materials*. 14(20), 6205, ISSN: 1996-1944. Available at: <https://doi.org/10.3390/ma14206205> [7 October 7, 2022].

Konarska, M., Sołtyński, K., Sudol-Szopińska, I., Młóżniak, D. & Anna, A. (2006). Aspects of standardisation in measuring thermal clothing insulation on a thermal manikin. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14(4), 58-63, ISSN: 1230-3666.

Konarska, M., Soltynski, K., Sudol-Szopinska, I. & Chojnacka, A. (2007). Comparative evaluation of clothing thermal insulation measured on a thermal manikin and on volunteers. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 15(2), 73-79, ISSN: 1230-3666.

Kopitar, D., Skenderi, S. & Mijović, B. (2014). Study on the Influence of Calendaring Process on Thermal Resistance of Polypropylene Nonwoven Fabric Structure. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 7(4), 1-11, ISSN: 1940-8676.

Kosiuk, G. & Matusiak, M. (2020). Effect of Quilting on Selected Thermal-Insulation Properties of Textile Multilayer Packages. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2(140), 50-56, ISSN: 1230-3666.

Kosiuk, G. & Matusiak, M. (2021). Analysis of the Heat Resistance of Multilayer Clothing Packages. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2(146), 95-99, ISSN: 1230-3666.

Kuklane, K., Toma, R. & Lucas, R.A. (2020). Insulation and evaporative resistance of clothing for sugarcane harvesters and chemical sprayers, and their application in PHS model-based exposure predictions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 3074, ISSN: 1661-7827.

Kurazumi, Y., Tsuchikawa, T., Ishii, J., Fukagawa, K., Yamato, Y. & Matsubara, N. (2008). Radiative and convective heat transfer coefficients of the human body in natural convection. *Building and Environment*, 43(12), 2142-2153, ISSN: 0360-1323.

Kwon, J. & Choi, J. (2012). The relationship between environmental temperature and clothing insulation across a year. *International journal of biometeorology*, 56(5), 887-893, ISSN: 0020-7128.

- Lan, X., Wang, Y., Peng, J., Si, Y., Ren, J., Ding, B. & Li, B. (2021). Designing heat transfer pathways for advanced thermoregulatory textiles. *Materials Today Physics*, 17, 100342.
- Lim, C. L. (2020). Fundamental concepts of human thermoregulation and adaptation to heat: a review in the context of global warming. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 7795, 1-34, ISSN: 1661-7827.
- Lizák, P., Legerská, J. & Mojumdar, S. C. (2013). Influence of knitted structures on heat transfer. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 112(2), 1089-1094, ISSN: 1388-6150.
- Lou, G. & Chen, S. (2022). Investigation of the Mechanical Properties of Three-Dimensional Polyurethane Composites Reinforced with Warp-Knitted Spacer Fabrics. *AATCC Journal of Research*, 9(5), 231-239, ISSN: 2472-3444.
- Majstorović, G. (2015). Određivanje toplinskih svojstava namjenske i inteligentne odjeće tijekom njihovog tehničkog projektiranja. Doktorski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet.
- Manasoglu, G., Celen, R., Kanik, M. & Ulcay, Y. (2021). An investigation on the thermal and solar properties of graphene-coated polyester fabrics. *Coatings*, 11(2), 125, 1-15, ISSN: 2079-6412.
- Mandal, S., Annaheim, A., Camenzind, M. & Rossi, R. (2017). Evaluation of Thermophysiological comfort of clothing using manikins. In: Nayak, R. & Padhye, R. (eds.), *Manikins for Textile Evaluation*. Woodhead Publishing, 115-140, ISBN 978-0-08-100909-3.
- Marolleau, A., Salaün, F., Gidik, H. & Ducept, S. (2020). A new method for measuring water vapour transfers through fabrics. *Fibers and Polymers*, 21, 646-656, ISSN: 1229-9197.
- Matusiak, M. (2006). Investigation of the thermal insulation properties of multilayer textiles. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14(5), 98-102, ISSN: 1230-3666.
- Matusiak, M. & Sybilska, W. (2016). Thermal resistance of fabrics vs. thermal insulation of clothing made of the fabrics. *The Journal of the Textile Institute*, 107(7), 842-848, ISSN: 0040-5000.
- McCullough, E. A., Kwon, M. & Shim, H. (2003). A comparison of standard methods for measuring water vapour permeability of fabrics. *Measurement Science and Technology*, 14(8),

1402-1408, ISSN: 0957-0233.

Mell, W. E. & Lawson, J. (2000). A Heat Transfer Model for Firefighters' Protective Clothing. *Fire Technology*, 36(1), 39-68, ISSN: 0015-2684.

Miedzińska, D. (2019). Numerical modelling of temperature gradient in layered structure of textiles for firemen clothing. In: Baranowski, P., Kedzierski, P. & Szurgott A. (eds.), *AIP Conference Proceedings 2018, Melville, NY, USA*, AIP Publishing, ISSN 1551-7616. str

Mijović, B., Salopek Čubrić, I., & Skenderi, Z. (2012). Measurement of thermal parameters of skin-fabric environment. *Periodicum biologorum*, 112(1), 69-73, ISSN: 0031-5362.

Mohamad, G. (2015). The role of tests and manikin in defining fabrics thermal characteristics. *International Design Journal*, 5(3), 995-1001, ISSN: 2090-9632.

Mohapatra, S., Vidya, T., Kumar, D.V., Rajwin, A. J., Babu, V. R., Prakash, C., Shah, B. A. & Roy, R. (2021). Study of Thermal Comfort Properties of Different Kinds of Polyester Knitted Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 5(149), 50-55, ISSN: 1230-3666.

Mukhopadhyay, A. & Midha, V. (2008). A review on designing the waterproof breathable fabrics part I: fundamental principles and designing aspects of breathable fabrics. *Journal of industrial textiles*, 37(3), 225-262, ISSN: 1528-0837.

Najjaran, A., Fotoohabadi, A. & Shiri, A. (2013). Determining heat transfer coefficient of human body. *Frontiers in Heat and Mass Transfer*, 4,1-5, ISSN: 2151-8629.

Oliveira, A. & Quintela, D. (2008a). Measurements of clothing insulation with a thermal manikin operating under the thermal comfort regulation mode: comparative analysis of the calculation methods. *European journal of applied physiology*, 104(4), 679-688, ISSN: 1439-6319.

Oliveira, A., Branco, V., Gaspar, A. & Quintela, D. (2008b). Measuring thermal insulation of clothing with different manikin control methods: Comparative analysis of the calculation methods. In: *Proceedings of the 7th International Thermal Manikin and Modelling Meeting, Coimbra, Portugal, 3-5 September 2008*.

Oliveira, A., Gaspar, A. & Quintela, D. (2011). Dynamic clothing insulation. Measurements with a thermal manikin operating under the thermal comfort regulation mode. *Applied Ergo-*

nomics, 42(6), 890-899, ISSN: 0003-6870.

Onofrei, E., Petrusic, S., Bedek, G., Dupont, D., Soulat, D. & Codau, T. C. (2014). Modeling of heat transfer through multilayer firefighter protective clothing. *Industria Textila*, 65(5), 277-283, ISSN: 1222-5347.

Özdemir, H. (2017). Thermal Comfort Properties of Clothing Fabrics Woven with Polyester/Cotton Blend Yarns. *Autex Research Journal*, 17(2), 135-141, ISSN: 1470-9589.

Pamuk, O. (2008). Thermal Manikins: An Overview. *e-Journal of New World Sciences Academy, Natural and Applied Sciences*, 3(1), 124-132, ISSN: 1306-3111.

Pan, N. (2019). Unique thermal properties of clothing materials. *Global Challenges*, 3(7), 1800082, 1-47, ISSN: 2056-6646.

Park, S., Shoemaker, C. & Haub, M. (2008). How to measure exercise intensity of gardening tasks as a physical activity for older adults using metabolic equivalents. In: Shoemaker, C. A. (ed.), *XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Horticultural Practices and Therapy for Human*, 775. Leuven: International Society for Horticultural Science (ISHS), 37-40, ISBN: 9789066056619.

Parsons, K. C. (1988). Protective clothing: heat exchange and physiological objectives. *Ergonomics*, 31(7), 991-1007, ISSN: 0014-0139.

Périard, J. D., Eijssvogels, T. M. H. & Daanen, H. A. M. (2021). Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance. *Physiological reviews*, 101(4), 1873-1979, ISSN: 0031-9333.

Potočić Matković, V. M., Čubrić, I. S. & Skenderi Z. (2014). Thermal resistance of polyurethane-coated knitted fabrics before and after weathering. *Textile Research Journal*, 84 (19), 2015-2025, ISSN:0040-5175.

Psikuta, A. (2009.). *Development of an 'artificial human' for clothing research*. Doctoral thesis. UK: De Montfort University.

Rakovac, M. (2011). Središnja temperatura tijela u procjeni anaerobnog praga pri progresivnom testu opterećenja. Doktorski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu.

Razzaque, A., Tesinova, P., Hes, L., Salacova, J., & Abid, H. (2017). Investigation on hydrostatic resistance and thermal performance of layered waterproof breathable fabrics. *Fibers and Polymers*, 18(10), 1942-1930, ISSN: 1229-9197.

Razzaque, A., Tesinova, P., & Hes, L. (2019). Enhancement of hydrostatic resistance and mechanical performance of waterproof breathable laminated fabrics. *Autex Research Journal*, 19(1), 44-53, ISSN: 1470-9589.

Regent, A. (2019). Analiza dišljivosti i vodonepropusnosti radne odjeće za zaštitu od kiše. *Tekstil*, 68(4-6), 99-105, ISSN: 0492-5882.

Rogale, D. & Dragčević, Z. (2002). Tehnike konfekcioniranja tehničkog tekstila. *TEKSTIL-ZAGREB*, 51(2), 64-77, ISSN: 0492-5882.

Rogale, D., Firšt Rogale, S. & Špelić, I. (2014). Development of the Measuring System for Analysing the Thermal Properties of Clothing. In: Dragčević, Z. (ed.), *Book of proceedings of 7th ITC&DC, October 05th to 08th 2014, Dubrovnik*: Zagreb: University of Zagreb Faculty of Textile Technology, 322-327, ISBN: 978-953-7105-54-9.

Rogale D., Nikolić G.: Mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava kompozita i odjeće, odobren konsenzualni patent od Državnog zavoda za intelektualno vlasništvo 28.08.2015. pod oznakom PK20130350.

Rogale, D., Rogale, K., Firšt Rogale, S., Knezić, Ž., Vujasinović, E., Čubrić, G. & Špelić, I.: *Višenamjenski diferencijalni konduktometar za tekstilne kompozite i odjeću*, odobren konsenzualni patent od Državnog zavoda za intelektualno vlasništvo, broj PK20171643A1, Zagreb, Hrvatska, (2017).

Rogale, D., Majstorović, G. & Firšt Rogale, S. (2020b). Comparative analysis of the thermal insulation of multi-layer thermal inserts in a protective jacket. *Materials*, 13(12), 2672, ISSN: 1996-1944.

Rogale D., Firšt Rogale S., Knezić Ž.: Mjerni uređaj i metoda za simultana mjerenja otpora prolazu topline i temperaturnih gradijenata slojeva kompozita odjeće, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske, 27. 7. 2021., klasa: 381-03/2021-010/1208; ur.br. 380-21-001, pod oznakom P20211208A.

Rogale, D., Firšt Rogale, S., Knezić, Ž., Jukl, N. & Majstorović, G. (2023). Measurement Methods of the Thermal Resistance of Materials Used in Clothing. *Materials*, 16(10), 3842, 1-18, ISSN: 1996-1944.

Sahta, I., Baltina, I., Blums, J. & Jurkans, V. (2014). The control of human thermal comfort by the smart clothing. In: P. L. Vilka (Ed.), *4th International Interdisciplinary Scientific Conference SOCIETY, HEALTH, WELFARE*. 10, EDPSciences, 00040, 1-7, eISSN: 2261-2424, Available at: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20141000040> [8 June, 2017]

Salloum, M., Ghaddar, N. & Ghali, K. (2007). A new transient bioheat model of the human body and its integration to clothing models. *International journal of thermal sciences*, 46(4), 371-384, ISSN: 1290-0729.

Salopek Čubrić, I. & Skenderi, Z. (2010). Approach to the prediction of thermophysiological comfort. In: Katalinic, B. (ed.), *DAAAM International Scientific Book, Vienna, 2010, DAAAM International Vienna*, 81-88, ISBN: 978-3-901509-74-2, ISSN: 1726-9687.

Salopek Čubrić, I., Skenderi, Z., Mihelić-Bogdanić, A. & Andrassy, M. (2012). Experimental study of thermal resistance of knitted fabrics. *Experimental thermal and fluid science*, 38, 223-228, ISSN: 0894-1777.

Salopek Čubrić, I., Skenderi, Z. & Havenith, G. (2013). Impact of raw material, yarn and fabric parameters, and finishing on water vapor resistance. *Textile research journal*, 83(12), 1215-1228, ISSN: 0040-5175.

Salopek Čubrić, I., Potočić Matković, V. M., Skenderi, Z. & Tarbuk, A. (2017). Impact of substrate on water vapor resistance of naturally weathered coated fabrics. *Textile Research Journal*, 87(13), 1541-1553, ISSN: 0040-5175.

Sampath, M., Aruputharaj, A., Senthilkumar, M. & Nalankilli, G. (2012). Analysis of thermal comfort characteristics of moisture management finished knitted fabrics made from different yarns. *Journal of industrial textiles*, 42(1), 19-33, ISSN: 1528-0837.

Schmid, M., Annaheim, S., Camenzind, M. & Rossi, R. (2016). Determination of critical heat transfer for the prediction of materials damages during a flame engulfment test. *Fire and Materials*, 40(8), 1036-1046, ISSN: 0308-0501.

Schacher, L., Adolphe, D. C. & Drean, J. Y. (2000). Comparison between thermal insulation and thermal properties of classical and microfibre polyester fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 12(2), 84-95, ISSN: 0955-6222.

Senthil Kumar, B. & Murugan, T. (2022). Thermal property analysis of tri layer composite fabric towards the utility of sleeping bag. *Research Journal of Textile and Apparel*, 26(2), 124-137, ISSN: 1560-6074.

Shea, C., Khawaja, A. R., Sofi, K. & Nabi, G. (2021). Association of metabolic equivalent of task (MET) score in length of stay in hospital following radical cystectomy with urinary diversion: a multi-institutional study. *International Urology and Nephrology*, 53, 1305-1310, ISSN: 0301-1623.

Shim, E. (2019). Coating & laminating processes and techniques for textiles. In: Smith, W. C. (ed.), *Smart Textile Coatings and Laminates*, Second edition, Woodhead Publishing, 11-45, ISBN 978-0-08-102428-7.

Skenderi, Z. & Salopek Čubrić, I. (2011). Comprehensive overview of the transfer properties of clothing materials. In: Petrović, V. (ur.), *Textile Science and Economy III, Zrenjanin, Srbija*, 10.-11. November.

Skenderi, Z. & Salopek Čubrić, I. (2014). Effect of finishing treatments on heat resistance of one-and two-layered fabrics. *Fibers and polymers*, 15(8), 1635-1640, ISSN: 1229-9197.

Skenderi, Z., Firšt Rogale, S., Akalović, J. & Zdraveva, E. (2019). Toplinski otpor goveđe kože i kompozitnih laminata za profesionalnu obuču. *Časopis Koža & Obuća*, 68(3), 26-29, ISSN: 0450-8726.

Song, W., Lu, Y., Su, W., Wang, F. & Wang, M. (2021). Investigation on the thermal insulation regulating performance of a newly developed air inflatable garment. *Journal of Cleaner Production*, 293, 126110, ISSN: 0959-6526.

Sun, Y., Chen, X., Cheng, Z. & Feng, X. (2010). Study of heat transfer through layers of textiles using finite element method. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 22, 161-173, ISSN: 0955-6222.

Supuren, G., Oglakcioglu, N., Ozdil, N. & Marmarali, A. (2011). Moisture management and thermal absorptivity properties of double-face knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 2(146) 1320-1330, ISSN: 0040-5175.

Špelić, I. (2016.). *Utjecaj konstrukcijskih parametara na toplinska svojstva odjeće*. Doktorski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet.

Švecová, J., Strohmandl, J., Fišer, J., Toma, R., Hajna, P. & Havelka, A. (2021). A comparison of methods for measuring thermal insulation of military clothing. *Journal of Industrial Textiles*, 51(4), 632-648, ISSN: 1528-0837.

Tabarestani, F., Mousazadegan, F. & Ezazshahabi, N. (2021). Assessment of the thermal insulation properties of multilayered mittens considering the airflow speed. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 33(2), 218-231, ISSN: 0955-6222.

Tang, Y., Yu, H., Wang, Z., Luo, M., Zhang, K., Jiao, Y. & Li, C. (2020). Typical winter clothing characteristics and thermal insulation of ensembles for older people in China. *Building and Environment*, 182, 107127, ISSN: 0360-1323.

Tannam, M. (2012). *Human Thermoregulatory Response to Infrared Radiant Heating*. Doctoral thesis. Trinity College Dublin.

Termoregulacija, Hrvatska enciklopedija mrežno izdanje (2021). Available at: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=6098815> [15. February, 2022]

Thermetrics (2022). Available at: <https://thermetrics.com/> [January 20, 2022]

Tesinova, P. & Atalie, D. (2022). Thermal Comfort Properties of Sport Fabrics with Dependency on Structure Parameters and Maintenance. *Fibers and Polymers*, 23(4), 1150-1160, ISSN: 1229-9197.

TestexTextile (2022). Available at: <https://www.testextextile.com/> [January 30, 2022]

Tiwari, M. (2010). Thermal comfort of textile materials and its assessment. *Textile Review*. ISSN: 0974-2530.

Ukponmwan, J. O. (1993). The thermal-insulation properties of fabrics. *Textile Progress*, 24(4),

1-54, ISSN: 0040-5167.

Ukponmwan, J. O. (1994). Compressibility analysis of dry abraded woven fabrics. *Textile Research Journal*, 64(12), 756-760, ISSN: 0040-5175.

Uttam, D. (2012). Objective measurement of heat transport through clothing. *International Journal of Engineering Research and Development*, 2(12), 43-47, ISSN: 2278-067X.

Venkataraman, M., Mishra, R. & Militky, J. (2017). Comparative Analysis of High Performance Thermal Insulation Materials. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 2(3), 401-409, ISSN: 2574-8114.

Williams, J. T. (ed.) (2009). *Textiles for cold weather apparel*. Woodhead Publishing Limited, ISBN: 978-1-84569-411-1.

Wu, H. & Fan, J. (2008). Study of heat and moisture transfer within multilayer clothing assemblies consisting of different types of battings. *International Journal of Thermal Sciences*, 47(5), 641-647, ISSN: 1290-0729.

Zemzem, M., Hallé, S. & Vinches, L. (2023). Thermal insulation of protective clothing materials in extreme cold conditions. *Safety and Health at Work*. 14(1), 107-117, ISSN: 2093-7911.

Xu, J.Y., Sun, Y.C., Li, X.X. & Chen, R.X. (2013). Influence of layer configuration on protecting effect of thermal protective clothing containing PCM. *Advanced Materials Research*, 796, 639-642, ISSN: 1022-6680.

Yilma, B.B. (2022). A Study on the Effect of Plasma Modification on the Comfort Properties of Polyester/Cotton Blend Fabric. Doctoral thesis. Cuvillier Verlag. ISBN: 9783736966956.

Yu, B., Chang, Q., Zhao, T. & Wang, L. (2019). Determination for Thickness of the Multilayer Thermal Insulation Clothing Based on the Inverse Problems. *Mathematical Problems in Engineering*, 24, 1-7, ISSN: 1024-123X.

PRILOG 1

Popis slika, tablica, simbola i pokrata

Popis slika

Sl. 1: Prikaz razmjene topline između ljudskog tijela i okoliša

Sl. 2: Slikovni prikaz termoregulacijskog sustava ljudskog tijela

Sl. 3: Faktori koji utječu na toplinsku ugodu

Sl. 4: Utjecaj debljine tkanine na otpor prolazu topline

Sl. 5: Različite pozicije ugradnje membrane unutar laminiranog materijala: a. membrana naslojena na naličje materijala vanjske školjke; b. naslojena membrana umetnuta kao zaseban, slobodan sloj; c. membrana naslojena na podstavni materijal; d. membrana naslojena na naličje vanjske školjke i na podstavni materijal

Sl. 6: Primjer primjene Gore-Tex membrane

Sl. 7: Prikaz romboidno prošivene podstave

Sl. 8: Mjerni uređaj Togmetar: a. metoda s jednom pločom; b. metoda s dvije ploče

Sl. 9: Tlocrtni i bočni prikaz uređaja vruća ploča s čuvarima

Sl. 10: Prikaz Alambeta mjernog uređaja

Sl. 11: Prikaz ispitivanja propusnosti vodene pare tzv. metodom čaše

Sl. 12: Prikaz anatomske oblikovanih mjernih uređaja za mjerenje toplinske izolacije: a. toplinski torzo; b. toplinsko stopalo; c. toplinska ruka i d. toplinska glava

Sl. 13: Prikaz prvih toplinskih manekena izrađenih u potpunosti od bakra

Sl. 14: Prikaz toplinskih manekena: a. Sam, b. Adam, c. Newton

Sl. 15: Toplinski manekeni: a. Nemo; b. Charlie; c. Charlene; d. Baby Ruth

Sl. 16: Toplinski manekeni: a. Sherlock; b. Walter; c. Liz

Sl. 17: Prikaz razvoja modela muške zaštitne jakne: a. pribor za konvencionalnu metodu konstrukcije odjevnih predmeta s krojnim dijelovima osnovne tkanine vanjske školjke; b. unos krojnih dijelova u CAD/CAM sustav za računalnu konstrukciju odjeće; c. obrada, modeliranje i priprema krojnih dijelova za

izradu krojnih slika; d. izrada krojnih slika u sustavu za računalnu konstrukciju odjevnih predmeta

Sl. 18: Tehnički crtež modela odjevnih sustava s toplinskim umetkom: a. prednji dio vanjske školjke; b. stražnji dio vanjske školjke; c. toplinski umetak; d. toplinski umetak od romboidno prošivenog materijala

Sl. 19: Prikaz vanjskih školjki i toplinskih umetaka: a. model vanjske školjke izrađene od ugradbenog materijala oznake MV1; b. model vanjske školjke izrađene od ugradbenog materijala oznake oznake MV2; c. vanjske školjke izrađene od ugradbenog materijala oznake MV3; d. toplinski umetak izrađen od materijala oznake MP2; e. toplinski umetak izrađen od materijala oznake MP3

Sl. 20: Uređaj za određivanje zrakopropusnosti, TF164B, Testex: a. prikaz mjernog uređaja; b. prikaz mjerenja na uređaju

Sl. 21: Upravljanje mjernim uređajem TF164B, Testex: a. dodirni zaslon sa instaliranim printerom za ispis analize testiranja; b. programska podrška PC računalne jedinice

Sl. 22: Prikaz mlaznica, kalibracijskih ploča te mjernih glava mjernog uređaja za ispitivanje zrakopropusnosti TF164B, Testex

Sl. 23: Prikaz programskog sučelja mjernog uređaja za ispitivanja zrakopropusnosti TF164B, Testex nakon neuspješno provedenog određivanja zrakopropusnosti na uzorku

Sl. 24: Uređaj za nedestruktivno mjerenje otpora prolazu topline, propusnost vodene pare i otpora prolazu vodene pare, Permetest

Sl. 25: Programska podrška Permetesta

Sl. 26: Integrirani mjerni sustav za određivanje toplinskih svojstava odjevnih kompozita i odjeće

Sl. 27: Vruća ploča za određivanje otpora prolazu topline odjevnih kompozita

Sl. 28: Sučelje programske podrške za upravljanje i mjerenje vrućom pločom

Sl. 29: Sučelje programske podrške za upravljanje toplinskim manekenom

Sl. 30: Sučelje programske podrške za mjerenje na toplinskom manekenu

Sl. 31: Sučelje programske podrške za upravljanje klima komorom

- Sl. 32: Temperaturno polje u ravnom toplinsko izolacijskom sloju za slučaj $q = \text{konst.}$
- Sl. 33: Temperaturno polje u troslojnom ravnom odjevnom kompozitu ($\lambda = \text{konst.}$)
- Sl. 34: Uređaj za mjerenja temperaturnih gradijenata u odjevnim kompozitima i odjeći
- Sl. 35: Mjerenje temperaturnih gradijenata unutar slojeva odjevnog predmeta
- Sl. 36: Višenamjenski diferencijalni konduktometar za odjevne kompozite i odjeću
- Sl. 37: Sučelje programske podrške za upravljanje višenamjenskim diferencijalnim konduktometrom
- Sl. 38: Mjerenje karakterističnih parametara na višenamjenskom diferencijalom konduktometru
- Sl. 39: Poprečni presjeci ugradbenih materijala s prikazanim vrijednostima mjerenja njihove debljine Dino-Lite digitalnim mikroskopom: a. dvoslojni laminirani materijal (MV1); b. troslojni laminirani materijal (MV2); c. troslojni laminirani materijal (MV3); d. podstavni materijal (MP1); e. romboidno prošivena podstava (MP2); f. micro-fleece materijal (MP3)
- Sl. 40: Poprečni presjeci odjevnih kompozita s prikazanim vrijednostima mjerenja njihove debljine Dino-Lite digitalnim mikroskopom: a. OK5 (MV1+MP2+MP3); b. OK10 (MV2+MP2+MP3); c. OK15 (MV3+MP2+MP3)
- Sl. 41: Grafički prikaz rezultata mjerenja zrakopropusnosti ugradbenih materijala
- Sl. 42: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala i odjevnih kompozita
- Sl. 43: Rezultati zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva odjevnih kompozita i rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare reprezentativnih odjevnih kompozita
- Sl. 44: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare s naznačenim varijacijama svih ugradbenih materijala
- Sl. 45: Raspon srednjih vrijednosti rezultata statističke analize rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare reprezentativnih odjevnih kompozita (OK5, OK10 i OK15) s naznačenim varijacijama
- Sl. 46: Raspon srednjih vrijednosti rezultata zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita

OK5 s naznačenim varijacijama

Sl. 47: Raspon srednjih vrijednosti zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita (OK10) s naznačenim varijacijama

Sl. 48: Raspon srednjih vrijednosti zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita (OK15) s naznačenim varijacijama

Sl. 49: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK4 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 s naznačenim varijacijama

Sl. 50: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK9 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 s naznačenim varijacijama

Sl. 51: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK14 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 s naznačenim varijacijama

Sl. 52: Grafički prikaz rezultata određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita

Sl. 53: Grafički prikaz usporedbe rezultata zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu i otpora prolazu topline reprezentativnih odjevnih kompozita

Sl. 54: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala s naznačenim varijacijama

Sl. 55: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita s naznačenim varijacijama

Sl. 56: Raspon srednjih vrijednosti rezultata zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (MV1+MP2+ MP3) i otpora prolazu topline reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 s naznačenim varijacijama

Sl. 57: Raspon srednjih vrijednosti rezultata zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva

ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK10 (MV2+MP2+ MP3) i odjevnog kompozita OK10 s naznačenim varijacijama

Sl. 58: Raspon srednjih vrijednosti rezultata zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu OK15 (MV3+MP2+ MP3) i odjevnog kompozita OK15 s naznačenim varijacijama

Sl. 59: Raspon srednjih vrijednosti rezultata otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK4 (MV1+MP3+MP2) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 (MV1+MP2+MP3) s naznačenim varijacijama

Sl. 60: Raspon srednjih vrijednosti rezultata otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK9 (MV2+MP3+MP2) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 (MV2+MP2+MP3) s naznačenim varijacijama

Sl. 61: Raspon srednjih vrijednosti rezultata otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK14 (MV3+MP3+MP2) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 (MV3+MP2+MP3) s naznačenim varijacijama

Sl. 62: Grafički prikaz rezultata određivanja toplinske izolacije svih odjevnih sustava u statičkom modu te reprezentativnih odjevnih sustava u statičkom i dinamičkom modu u nestegnutom i stegnutom stanju na duljini jakne

Sl. 63: Grafički prikaz rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava u statičkom i dina-mičkom modu te u stegnutom i nestegnutom stanju duljine jakne

Sl. 64: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava iz pojedinih skupina modela s najvećim vrijednostima toplinske izolacije s naznačenim varijacijama

Sl. 65: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i dinamičkom modu (OS5_a) s naznačenim varijacijama

Sl. 66: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ss}) s naznačenim varijacijama

Sl. 67: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u dinamičkom modu (OS5_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ds}) s naznačenim varijacijama

Sl. 68: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom modu (OS5_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ds}) s naznačenim varijacijama

Sl. 69: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i dinamičkom modu (OS10_a) s naznačenim varijacijama

Sl. 70: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ss}) s naznačenim varijacijama

Sl. 71: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u dinamičkom modu (OS10_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds}) s naznačenim varijacijama

Sl. 72: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom modu (OS10_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds}) s naznačenim varijacijama

Sl. 73: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_a) s naznačenim varijacijama

Sl. 74: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ss}) s naznačenim varijacijama

Sl. 75: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u dinamičkom modu (OS15_d), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds}) s naznačenim varijacijama

Sl. 76: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog

sustava OS15 u statičkom modu (OS15_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds}) s naznačenim varijacijama

Sl. 77: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS4_s i OS5_s s naznačenim varijacijama

Sl. 78: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS9_s i OS10_s s naznačenim varijacijama

Sl. 79: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS14_s i OS15_s s naznačenim varijacijama

Sl. 80: Grafički prikaz pozicioniranja temperaturnih senzora tijekom mjerenja provedenih na ugradbenim materijalima i odjevnim kompozitima: a. pozicija temperaturnih senzora na dvoslojnim odjevnim kompozitima, b. pozicija temperaturnih senzora na troslojnim odjevnim kompozitima

Sl. 81: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura reprezentativnih odjevnih kompozita: a. OK5; b. OK10; c. OK15

Sl. 82: Grafički prikaz pozicioniranja temperaturnih senzora tijekom mjerenja provedenih na tri pozicije odjevnih sustava (leđa, prsa i struk): a. pozicija temperaturnih senzora na dvoslojnim odjevnim sustavima, b. pozicija temperaturnih senzora na troslojnim odjevnim sustavima

Sl. 83: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura odjevnog sustava OS5 na poziciji leđa: a. OS5_{sL}; b. OS5_{ssL}; c. OS5_{dL}; d. OS5_{dsL}

Sl. 84: Grafički prikaz rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala i reprezentativnih odjevnih kompozita pri silama opterećenja od 0,95 N i 9,5 N

Sl. 85: Usporedba zbroja vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih ugradbenih materijala reprezentativnih odjevnih kompozita sa kontaktnim kondukcijskim prijenosom topline odjevnih kompozita pri opterećenju od 0,95 N

Sl. 86: Usporedba zbroja vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih ugradbenih materijala reprezentativnih odjevnih kompozita sa kontaktnim kondukcijskim prijenosom topline odjevnih

kompozita pri opterećenju od 9,50 N

Sl. 87: Grafički prikaz rezultata određivanja stlačivosti ugradbenih materijala i reprezentativnih odjevnih kompozita

Sl. 88: Ovisnost kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline o debljini i stlačivosti materijala: a. pri sili opterećenja od 0,95 N; b. pri sili opterećenja od 9,50 N

Sl. 89: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama

Sl. 90: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala pri opterećenju od 9,50 N s naznačenim varijacijama

Sl. 91: Raspon srednjih vrijednosti rezultata reprezentativnih rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama

Sl. 92: Raspon srednjih vrijednosti rezultata reprezentativnih rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita pri opterećenju od 9,50 N s naznačenim varijacijama

Sl. 93: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijskog kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5, pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama

Sl. 94: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10, pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama

Sl. 95: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15, pri opterećenju od 0,95 N s naznačenim varijacijama

Sl. 96: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa

topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5, pri opterećenju od 9,50 N s naznačenim varijacijama

Sl. 97: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 s naznačenim varijacijama, pri opterećenju od 9,50 N

Sl. 98: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i odjevnog kompozita OK15, pri opterećenju od 9,50 N s naznačenim varijacijama

Sl. 99: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava OS5_s, OS5_{ss}, OS5_d i OS5_{ds} s naznačenim varijacijama

Sl. 100: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava OS10_s, OS10_{ss}, OS10_d i OS10_{ds} s naznačenim varijacijama

Sl. 101: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava OS15_s, OS15_{ss}, OS15_d i OS15_{ds} s naznačenim varijacijama

Sl. 102: Grafički prikaz diferencijalnih gradijenata temperatura ugradbenih materijala: a. dvoslojni laminirani materijal (MV1); b. za troslojni laminirani materijal (MV2); c. za troslojni laminirani materijal (MV3); d. za podstavni materijal (MP1); e. za romboidno prošivenu podstavu (MP2); f. za micro-fleece materijal (MP3)

Sl. 103: Grafički prikazi diferencijalnih gradijenata temperatura odjevnih kompozita: a. za odjevni kompozit OK1; b. za odjevni kompozit OK2; c. za odjevni kompozit OK3; d. za odjevni kompozit OK4; e. za odjevni kompozit OK6; f. za odjevni kompozit OK7; g. za odjevni kompozit OK8; h. za odjevni kompozit OK9; i. za odjevni kompozit OK11; j. za odjevni kompozit OK12; k. za odjevni kompozit OK13; l. za odjevni kompozit OK14

Sl. 104: Grafički prikazi rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na prvoj skupini modela odjevnih sustava (OS1-OS4), na području leđa: a. na odjevnom sustavu OS1_L; b. na odjevnom sustavu OS2_L; c. na odjevnom sustavu OS3_L; d. na odjevnom sustavu OS4_L

Sl. 105: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na prvoj skupini modela odjevnih sustava (OS6-OS9), na području leđa: a. na odjevnom sustavu OS6_L; b. na odjevnom sustavu OS7_L; c. na odjevnom sustavu OS8_L; d. na odjevnom sustavu OS9_L; e. na odjevnom sustavu OS10_{sL}; f. na odjevnom sustavu OS10_{ssL}; g. na odjevnom sustavu OS10_{aL}; h. na odjevnom sustavu OS10_{dsL}

Sl. 106: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na trećoj skupini modela odjevnih sustava (OS11-OS14), na području leđa: a. na odjevnom sustavu OS11_L; b. na odjevnom sustavu OS12_L; c. na odjevnom sustavu OS13_L; d. na odjevnom sustavu OS14_L; e. na odjevnom sustavu OS15_{sL}; f. na odjevnom sustavu OS15_{ssL}; g. na odjevnom sustavu OS15_{aL}; h. na odjevnom sustavu OS15_{dsL}

Sl. 107: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na prvoj skupini modela odjevnih sustava (OS1-OS4), na području prsa: a. na odjevnom sustavu OS1_P; b. na odjevnom sustavu OS2_P; c. na odjevnom sustavu OS3_P; d. na odjevnom sustavu OS4_P; e. na odjevnom sustavu OS5_{sP}; f. na odjevnom sustavu OS5_{ssP}; g. na odjevnom sustavu OS5_{aP}; h. na odjevnom sustavu OS5_{dsP}

Sl. 108: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na drugoj skupini modela odjevnih sustava (OS6-OS10), na području prsa: a. na odjevnom sustavu OS6_P; b. na odjevnom sustavu OS7_P; c. na odjevnom sustavu OS8_P; d. na odjevnom sustavu OS9_P; e. na odjevnom sustavu OS10_{sP}; f. na odjevnom sustavu OS10_{ssP}; g. na odjevnom sustavu OS10_{aP}; h. na odjevnom sustavu OS10_{dsP}

Sl. 109: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na trećoj skupini modela odjevnih sustava (OS11-OS14), na području prsa: a. na odjevnom sustavu OS11_P; b. na odjevnom sustavu OS12_P; c. na odjevnom sustavu OS13_P; d. na odjevnom sustavu OS14_P; e. na odjevnom sustavu OS15_{sP}; f. na odjevnom sustavu OS15_{ssP}; g. na odjevnom sustavu OS15_{aP}; h. na odjevnom sustavu OS15_{dsP}

Sl. 110: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na prvoj skupini modela odjevnih sustava (OS1-OS4), na području struka: a. na odjevnom sustavu OS1_S; b. na odjevnom sustavu OS2_S; c. na odjevnom sustavu OS3_S; d. na odjevnom sustavu OS4_S; e. na odjevnom sustavu OS5_{sS}; f. na odjevnom sustavu OS5_{ssS}; g. na odjevnom sustavu OS5_{aS}; h. na odjevnom sustavu OS5_{dsS}

Sl. 111: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na drugoj skupini modela odjevnih sustava (OS6-OS10), na području struka: a. na odjevnom sustavu OS6_S; b. na odjevnom sustavu OS7_S; c. na odjevnom sustavu OS8_S; d. na odjevnom sustavu OS9_S; e. na odjevnom sustavu OS10_{sS};

na odjevnom sustavu OS10_{ssS}; na odjevnom sustavu OS10_{as}; na odjevnom sustavu OS10_{dsS}

Sl. 112: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na trećoj skupini modela odjevnih sustava (OS11-OS15), na području struka: a. na odjevnom sustavu OS11_S; b. na odjevnom sustavu OS12_S; c. na odjevnom sustavu OS13_S; d. na odjevnom sustavu OS14_S; e. na odjevnom sustavu OS15_{sS}; na odjevnom sustavu OS15_{ssS}; na odjevnom sustavu OS15_{as}; na odjevnom sustavu OS15_{dsS}

Sl. 113: Grafički prikaz rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita pri primjeni opterećenja od 0,95 N

Sl. 114: Grafički prikaz rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita pri primjeni opterećenja od 9,50 N

Popis tablica

Tab. 1: Toplinska izolacija odjevnih predmeta

Tab. 2: Vrijednosti toplinske izolacije za uobičajene odjevne kombinacije

Tab. 3: Prikaz vrijednosti metaboličkog ekvivalenta Met za neke uobičajene aktivnosti

Tab. 4: Usporedba numeričkih vrijednosti Clo i Com mjernih jedinica u odnosu sa temperaturom okoliša

Tab. 5: Klasifikacija vrijednosti otpora prolazu vodene pare za odjeću za zaštitu od kiše

Tab. 6: Prikaz vrsta razvijenih toplinskih manekena sa značajnim karakteristikama

Tab. 7: Plan istraživanja doktorskog rada

Tab. 8: Oznake i način označavanja ugradbenih materijala, odjevnih kompozita i odjevnih sustava

Tab. 9: Podjela modela odjevnih sustava i odjevnih kompozita prema vrsti materijala

Tab. 10: Pregled ugradbenih materijala

Tab. 11: Pregled analiziranih tehničkih karakteristika uzorka ugradbenog materijala MV1

Tab. 12: Pregled analiziranih tehničkih karakteristika uzorka ugradbenog materijala MV2

Tab. 13: Pregled analiziranih tehničkih karakteristika uzorka ugradbenog materijala MV3

Tab. 14: Pregled analiziranih tehničkih karakteristika uzorka ugradbenog materijala MP1

Tab. 15: Pregled analiziranih tehničkih karakteristika uzorka ugradbenog materijala MP2

Tab. 16: Pregled analiziranih tehničkih karakteristika uzorka ugradbenog materijala MP3

Tab. 17: Oznake mlaznica s pripadajućim vrijednostima njihovog promjera

Tab. 18: Parametri kalibracijskog mjerenja mjernog uređaja za ispitivanja zrakopropusnosti TF164B, Testex

Tab. 19: Segmenti na toplinskom manekenu instaliranom u Laboratoriju za termoizolacijska svojstva odjeće

Tab. 20: Rezultati mjerenja debljine ugradbenih materijala

Tab. 21: Rezultati određivanja zrakopropusnosti podstavnog materijala MP1

Tab. 22: Rezultati određivanja zrakopropusnosti romboidno prošivene podstave MP2

Tab. 23: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare za dvoslojni laminirani materijal (MV1)

Tab. 24: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare za troslojni laminirani materijal (MV2)

Tab. 25: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare za troslojni laminirani materijal (MV3)

Tab. 26: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare za podstavni materijal (MP1)

Tab. 27: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare za romboidno prošivenu podstavu (MP2)

Tab. 28: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare za micro-fleece materijal (MP3)

Tab. 29: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare kroz reprezentativni uzorak odjevnog kompozita oznake OK5

Tab. 30: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare kroz reprezentativni uzorak odjevnog kompozita oznake OK10

Tab. 31: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare kroz reprezentativni uzorak odjevnog kompozita oznake OK15

Tab. 32: Rezultati određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1), troslojnih laminiranih materijala (MV2, MV3), podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)

Tab. 33: Rezultati određivanja otpora prolazu topline reprezentativnih odjevnih kompozita OK5, OK10 i OK15

Tab. 34: Rezultati određivanja ukupnog toplinskog otpora prazne površine toplinskog manekena zajedno s graničnim slojem zraka uz površinu

Tab. 35: Rezultati određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom

(OS5_s, OS5_{ss}) i dinamičkom modu (OS5_a, OS5_{as}) u nestegnutom i stegnutom stanju na duljini jakne

Tab. 36: Rezultati određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s, OS10_{ss}) i dinamičkom modu (OS10_a, OS10_{as}) u nestegnutom i stegnutom stanju na duljini jakne

Tab. 37: Rezultati određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s, OS15_{ss}) i dinamičkom modu (OS15_a, OS15_{as}) u nestegnutom i stegnutom stanju na duljini jakne

Tab. 38: Rezultati određivanja mase odjevnih sustava

Tab. 39: Rezultati određivanja efikasnosti toplinske izolacije odjevnih sustava

Tab. 40: Rezultati srednjih vrijednosti izmjerenih diferencijalnih gradijenata temperature odjevnih kompozita

Tab. 41: Rezultati izračunatih diferencijalnih gradijenata temperatura ugradbenih materijala i odjevnih kompozita

Tab. 42: Rezultati srednjih vrijednosti izmjerenih diferencijalnih gradijenata temperatura na svim pozicijama mjerenja i na svim skupinama modela odjevnih sustava

Tab. 43: Rezultati izračunatih diferencijalnih gradijenata temperatura i određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava

Tab. 44: Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala za izradu vanjske školjke pri opterećenju od 0,95 N: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1) i troslojnih laminiranih materijala (MV2, MV3)

Tab. 45: Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala za izradu podstave i/ili toplinskog umetka pri opterećenju od 0,95 N: podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)

Tab. 46: Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala za izradu vanjske školjke pri opterećenju od 9,50 N: dvoslojnog laminiranog materijala (MV1) i troslojnih laminiranih materijala (MV2, MV3)

Tab. 47: Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala za izradu podstave i/ili toplinskog umetka pri opterećenju od 9,50 N: podstavnog materijala (MP1), romboidno prošivenog podstavnog materijala (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)

Tab. 48: Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita (OK5, OK10, OK15) pri opterećenju od 0,95 N

Tab. 49: Rezultati određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita (OK5, OK10, OK15) pri opterećenju od 9,50 N

Tab. 50: Srednje vrijednosti kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline i debljina ugradbenih materijala i reprezentativnih odjevnih kompozita pri silama opterećenja 0,95 N i 9,50 N, te stlačivost

Tab. 51: Cjelokupna istraživanja utjecaja vrste ugradbenih materijala i konstrukcije odjevnih kompozita na zbirna toplinska svojstva odjeće

Tab. 52: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare kroz odjevni kompozit oznake OK4

Tab. 53: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare kroz odjevni kompozit oznake OK9

Tab. 54: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare kroz odjevni kompozit oznake OK14

Tab. 55: Rezultati određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita prve skupine modela (OK1, OK2, OK3 i OK4)

Tab. 56: Rezultati određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita druge skupine modela (OK6, OK7, OK8 i OK9)

Tab. 57: Rezultati određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita treće skupine modela (OK11, OK12, OK13 i OK14)

Tab. 58: Rezultati određivanja toplinske izolacije prve skupine odjevnih sustava (OS1-OS4)

Tab. 59: Rezultati određivanja toplinske izolacije druge skupine odjevnih sustava (OS6-OS9)

Tab. 60: Rezultati određivanja toplinske izolacije treće skupine odjevnih sustava (OS11-OS14)

Tab. 61: Rezultati mjerenja temperature tijela toplinskog manekena pri određivanju toplinske izolacije

odjevnih sustava u dinamičkom modu

Tab. 62: Rezultati mjerenja temperature tijela toplinskog manekena pri određivanju toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkom modu

Tab. 63: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala (dvoslojni laminirani materijal (MV1), troslojni laminirani materijali (MV2, MV3), podstavni materijal (MP1), romboidno prošivena podstava (MP2), te micro-fleece materijal (MP3))

Tab. 64: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare reprezentativnih odjevnih kompozita (OK5, OK10 i OK15)

Tab. 65: Statistička analiza zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala (dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5

Tab. 66: Statistička analiza zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala (dvoslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita (OK10)

Tab. 67: Statistička analiza usporedbe zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala (dvoslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijala (MP)3) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK15

Tab. 68: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK4 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5

Tab. 69: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK9 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10

Tab. 70: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK14 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15

Tab. 71: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala

Tab. 72: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita

Tab. 73: Statistička analiza usporedbe zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu (dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5

Tab. 74: Statistička analiza usporedbe zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu (dvoslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10

Tab. 75: Statistička analiza usporedbe zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu (dvoslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15

Tab. 76: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK4 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5

Tab. 77: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK9 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10

Tab. 78: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK14 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15

Tab. 79: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije tri reprezentativna odjevna sustava iz pojedinih skupina modela s najvećim izmjerenim vrijednostima toplinske izolacije

Tab. 80: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i dinamičkom modu (OS5_a)

Tab. 81: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ss})

Tab. 82: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u dinamičkom modu (OS5_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ds})

Tab. 83: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava

OS5 u statičkom modu (OS5_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ds})

Tab. 84: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i dinamičkom modu (OS10_a)

Tab. 85: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ss})

Tab. 86: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u dinamičkom modu (OS10_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds})

Tab. 87: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom modu (OS10_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds})

Tab. 88: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_a)

Tab. 89: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ss})

Tab. 90: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u dinamičkom modu (OS15_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds})

Tab. 91: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom modu (OS15_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds})

Tab. 92: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS4_s i OS5_s

Tab. 93: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS9_s i OS10_s

Tab. 94: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS14_s i OS15_s

Tab. 95: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava OS5_s, OS5_{ss}, OS5_d i OS5_{ds}

Tab. 96: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava OS10_s, OS10_{ss}, OS10_d i OS10_{ds}

Tab. 97: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava OS15_s, OS15_{ss}, OS15_d i OS15_{ds}

Tab. 98: Statistička analiza rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala pri opterećenju od 0,95 N

Tab. 99: Statistička analiza rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala pri opterećenju od 9,50 N

Tab. 100: Statistička analiza rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita pri opterećenju od 0,95 N

Tab. 101: Statistička analiza rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita pri opterećenju od 9,50 N

Tab. 102: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijskog kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i odjevnog kompozita OK5, pri opterećenju od 0,95 N

Tab. 103: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i odjevnog kompozita OK10, pri opterećenju od 0,95 N

Tab. 104: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i odjevnog kompozita OK15, pri opterećenju od 0,95 N

Tab. 105: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijskog kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i odjevnog kompozita OK5, pri opterećenju od 9,50 N

Tab. 106: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog

prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i odjevnog kompozita OK10, pri opterećenju od 9,50 N

Tab. 107: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15, pri opterećenju od 9,50 N

Popis simbola

A	[m ²]	promatrana mjerna površina; površina uzorka materijala
A	[m ²]	površina na kojoj se izvode mjerenja
A _u	[m ²]	unutarnja površina čaše za ispitivanje
Clo	[Clo]	toplinska izolacija odjevnih predmeta
Clo _Σ	[Clo]	toplinski otpor odjevnog sustava
Clo _{vs}	[Clo]	toplinski otpor vanjske školjke
Com	/	toplinska izolacija odjevnih predmeta s obzirom na temperaturu okoliša
d _m	[mm]	debljina materijala
EI _{os}	[kg/Clo]	efikasnost toplinske izolacije odjevnog sustava
EI _{tu}	[kg/Clo]	efikasnost toplinske izolacije toplinskog umetka
EM _{os}	[kg/Clo]	efikasnost ugrađene tekstilne mase odjevnog sustava
EM _{tu}	[kg/Clo]	efikasnost ugrađene tekstilne mase ugradbenih materijala toplinskog umetka
H	[W]	električna snaga potrebna za održavanje temperature mjerne površine na kojoj se nalazi mjerni uzorak (ugradbeni materijal, odjevni kompozit ili odjeća)
H ₀	[W]	električna snaga potrebna za zagrijavanje prazne mjerne površine
H _c	[W]	potrebna snaga mjernog valjka za održavanje toplinske ravnoteže mjernog valjka
I _{mt}	[%]	indeks propusnosti vodene pare
M	[g]	masa
Met	/	jedinica za definiranje metaboličke aktivnosti organizma
m _{os}	[kg]	masa odjevnog sustava
m _{tu}	[kg]	masa toplinskog umetka

O_2	[ml/kg/min]	potrošnja kisika osobe u mirovanju po jedinici tjelesne mase
O_{2max}	[ml/kg/min]	maksimalna potrošnja kisika pojedinca tijekom tjelesne aktivnosti
P	[W/m ²]	relativna propusnost toplinskog toka
p_a	[Pa]	parcijalni tlak vodene pare u okolišu
P_m	[Pa]	parcijalni tlak zasićene vodene pare za temperaturu ambijenta/prostorije u kojoj se provodi ispitivanje
P_{PWM}	[%]	postotni udio širine PWM impulsa
p_s	[Pa]	tlak zasićene vodene pare na površini mjernog elementa
p_s	[Pa]	parcijalni tlak vodene pare ambijenta/laboratorija gdje se provodi ispitivanje
R	[mm/s]	zrakopropusnost
R_{air}	[m ² K/W]	otpor prolazu topline zraka
R_{ct0}	[m ² K/W; m ² °C/W]	ukupni otpor prolazu topline prazne površine mjernog uređaja zajedno s graničnim slojem zraka uz površinu
R_{ctn}	[m ² K/W; m ² °C/W]	otpor prolazu topline prazne mjerne ploče
R_{et}	[m ² Pa/W]	otpor prolazu vodene pare
R_g	[Ω]	ukupni električni otpor neinduktivnih točkastih grijača
R_{max}	[mm/s]	najveća izmjerena vrijednost zrakopropusnosti
R_{min}	[mm/s]	najmanja izmjerena vrijednost zrakopropusnosti
R_{sample}	[m ² K/W]	otpor prolazu topline uzorka
R_{std}	[m ² K/W]	otpor prolazu topline referentnog uzorka ($R=0,0684$ m ² K/W)
S	[%]	stlačivost materijala
t	[dan]	vrijeme između vaganja mjernog uzorka

$\text{tg } \alpha$	/	diferencijalni gradijent temperatura
T_a	[°C]	temperatura okoliša u klima komori
Tog	[Tog]	otpor prolazu topline na jedinici površine/mjerna jedinica za definiranje toplinskih svojstava tekstilnih materijala i odjeće
T_{p1}	[K]	temperatura donje ploče Togmetra
T_{p2}	[K]	temperatura donje strane mjernog uzorka, između donje ploče Togmetra i referentnog uzorka
T_{p3}	[K]	metoda sa jednom pločom: temperatura iznad površine mjernog uzorka
T_{p3}	[K]	metoda s dvije ploče: temperatura gornje strane mjernog uzorka, između mjernog uzorka i gornje ploče Togmetra
T_s	[°C]	površinska temperatura mjerne površine
$T_1, T_2,$ T_3, T_4	[K;°C]	izmjerene temperature prve skupine temperaturnih senzora pri određivanju diferencijalnih gradijenata odjevnih sustava na poziciji leđa
$T_1, T_2,$ T_3, T_4	[K;°C]	Izmjerene temperature temperaturnih senzora pri određivanju diferencijalnih gradijenata temperature ugrađenih materijala i odjevnih kompozita
$T_5, T_6,$ T_7, T_8	[K;°C]	izmjerene temperature druge skupine temperaturnih senzora pri određivanju diferencijalnih gradijenata odjevnih sustava na poziciji prsa
$T_9, T_{10},$ T_{11}, T_{12}	[K;°C]	Izmjerene temperature treće skupine temperaturnih senzora pri određivanju diferencijalnih gradijenata odjevnih sustava na poziciji struka
U	[W/m ² °K; W/m ² °C]	kontaktni kondukcijski prijenos topline
U_g	[V]	napon stabiliziranog izvora kojim se napajaju neinduktivni točkasti grijači mjerne ploče
V	[ml]	volumen
WVP	[g/m ² /dan]	propusnost vodene pare

$(WVP)_f$	[g/m ² /dan]	propusnost vodene pare mjenenog uzorka
$(WVP)_r$	[g/m ² /dan]	propusnost vodene pare referentnog uzorka
Q	[W]	ukupni toplinski tok
Q_z	[mm/s]	određena vrijednost zrakopropusnosti
Q_s	[mm/s]	zadana/nominalna vrijednost zrakopropusnosti
q	[W/m ²]	gustoća toplinskog toka
q_o	[W/m ²]	toplinski tok bez uzorka
q_s	[W/m ²]	toplinski tok s uzorkom
\bar{q}_V	[l/min]	aritmetička srednja vrijednost protoka zraka
λ	[mK/W]	kontaktna toplinska vodljivost
δ	[mm]	debljina materijala
Δ	[%]	relativna pogreška određene vrijednosti zrakopropusnosti
ΔT	[°C]	temperaturni pad na površinama materijala (T_1-T_2)
200	/	konverzijski faktor pretvorbe litara kisika u kalorije
24	[h]	vremensko trajanje evaporacije destilirane vode u čaši nakon kojeg se provodi vaganje uzorka
167	/	faktor pretvorbe kubnih decimetara, ili litre, u minuti po kvadratnom centimetru u milimetre po sekundi

Popis pokrata:

ASTM	američko društvo za ispitivanje i materijale
CAD	oblikovanje s pomoću računala
CAM	računalom podržana proizvodnja
CAD/CAM	oblikovanje s pomoću računala/ računalom podržana proizvodnja
3D	trodimenzionalni prikaz
ePTFE	ekspandirani politertrafluoretilen
ePTFE-DUO	sustav laminiranog materijala koji se sastoji od vrlo dišljive mikro-porozne membrane u kombinaciji sa poliuretanskim (PU) premazom otpornim na visoke temperature
HRN	hrvatski zavod za norme
ISO	međunarodna organizacija za normizaciju
MV	ugradbeni materijal za izradu vanjske školjke odjevnih sustava i odjevnih kompozita
MP	ugradbeni materijal za izradu podstava i/ili toplinskih umetaka odjevnih kompozita i odjevnih sustava
NI	tvrtka National Instruments
OK	odjevni kompoziti
OS	odjevni sustavi
OS _s	odjevni sustavi na kojima je provedeno ispitivanje u statičkom modu
OS _{ss}	odjevni sustavi na kojima je provedeno ispitivanje u statičkom modu i sa stegnutom duljinom odjevnog sustava
OS _d	odjevni sustavi na kojima je provedeno ispitivanje u dinamičkom modu
OS _{ds}	odjevni sustavi na kojima je provedeno ispitivanje u dinamičkom modu i sa stegnutom duljinom odjevnog sustava
PC	osobno računalo
PCM	materijali s promjenom stanja
PTFE	politetrafluoretilen
RH	relativna vlažnost zraka
SAD	Sjedinjene američke države
SI	međunarodni sustav mjernih jedinica
WHO	svjetska zdravstvena organizacija

PRILOG 2

Rezultati mjerenja na toplinskom manekenu, vrućoj ploči, višenamjenskom diferencijalnom konduktometru i uređaju za mjerenje diferencijalnih gradijenata temperatura

Tab. 52: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare kroz odjevni kompozit oznake OK4

Broj mjerenja:	1	2	3	\bar{x}
Otpor prolazu vodene pare referentnog materijala, Ret [$\text{m}^2\text{Pa/W}$]	4,40	5,00	4,70	4,70
Otpor prolazu vodene pare uzorka OK4, Ret [$\text{m}^2\text{Pa/W}$]	31,30	29,20	31,10	30,53
Relativna propusnost vodene pare, W [%]	15,80	15,70	15,50	15,67

Tab. 53: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare kroz odjevni kompozit oznake OK9

Broj mjerenja:	1	2	3	\bar{x}
Otpor prolazu vodene pare referentnog materijala, Ret [$\text{m}^2\text{Pa/W}$]	4,40	4,40	4,90	4,37
Otpor prolazu vodene pare uzorka OK9, Ret [$\text{m}^2\text{Pa/W}$]	26,20	25,10	26,50	25,93
Relativna propusnost vodene pare, W [%]	53,70	53,10	52,10	52,97

Tab. 54: Rezultati određivanja otpora prolazu vodene pare kroz odjevni kompozit oznake OK14

Broj mjerenja:	1	2	3	\bar{x}
Otpor prolazu vodene pare referentnog materijala, Ret [$\text{m}^2\text{Pa/W}$]	4,40	4,60	4,50	4,50
Otpor prolazu vodene pare uzorka OK14, Ret [$\text{m}^2\text{Pa/W}$]	31,30	32,20	32,70	32,07
Relativna propusnost vodene pare, W [%]	49,90	51,20	50,70	50,60

Tab. 55: Rezultati određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita prve skupine modela (OK1, OK2, OK3 i OK4)

Br. mj.	OK1= MV1+MP1			OK2=MV1+MP1+MP3			OK3=MV1+MP1+MP2			OK4=MV1+MP3+MP2		
	P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}	
		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]
1.	7,78	-0,0020	-0,0129	0,06	0,0580	0,3742	25,05	0,0433	0,2795	21,79	0,0633	0,4087
2.	40,32	-0,0076	-0,0490	24,31	0,0474	0,3057	26,15	0,0376	0,2425	19,21	0,0841	0,5428
3.	38,45	-0,0034	-0,0222	25,19	0,0425s	0,2743	25,89	0,0389	0,2512	21,02	0,0690	0,4450
4.	37,70	-0,0018	-0,0114	24,46	0,0465	0,3000	25,29	0,0420	0,2710	19,20	0,0842	0,5434
5.	37,21	-0,0005	-0,0035	24,20	0,0480	0,3099	25,53	0,0408	0,2631	20,27	0,0748	0,4826
6.	38,65	-0,0040	-0,0256	23,02	0,0551	0,3558	24,70	0,0452	0,2916	21,50	0,0654	0,4218
7.	37,80	-0,0020	-0,0126	24,17	0,0481	0,3103	22,84	0,0563	0,3631	20,56	0,0727	0,4688
8.	39,32	-0,0055	-0,0352	27,16	0,0328	0,2116	26,74	0,0346	0,2234	18,89	0,0871	0,5619
9.	38,22	-0,0029	-0,0188	24,04	0,0490	0,3159	26,40	0,0365	0,2352	19,64	0,0802	0,5177
10.	34,42	0,0068	0,0440	22,68	0,0573	0,3696	24,30	0,0475	0,3062	20,63	0,0719	0,4642
11.	36,74	0,0005	0,0032	26,32	0,0367	0,2365	22,79	0,0566	0,3650	19,27	0,0836	0,5392
12.	38,65	-0,0039	-0,0254	25,91	0,0389	0,2510	28,08	0,0286	0,1847	20,01	0,0770	0,4966
13.	36,69	0,0007	0,0047	22,79	0,0567	0,3655	28,84	0,0257	0,1655	22,07	0,0613	0,3954
14.	36,86	0,0003	0,0018	23,90	0,0497	0,3204	24,23	0,0480	0,3096	20,42	0,0738	0,4762
15.	38,08	-0,0027	-0,0172	25,38	0,0415	0,2679	22,46	0,0587	0,3785	18,95	0,0864	0,5573
16.	37,53	-0,0013	-0,0083	24,30	0,0474	0,3058	25,40	0,0413	0,2663	20,39	0,0738	0,4764
17.	36,58	0,0010	0,0064	23,82	0,0502	0,3236	28,01	0,0290	0,1871	20,51	0,0730	0,4707
18.	37,54	-0,0014	-0,0092	24,56	0,0459	0,2961	25,07	0,0433	0,2792	20,09	0,0764	0,4926
19.	39,80	-0,0065	-0,0418	24,07	0,0488	0,3146	24,82	0,0444	0,2867	21,10	0,0683	0,4407
20.	37,22	-0,0005	-0,0033	24,33	0,0472	0,3047	26,28	0,0369	0,2383	20,09	0,0764	0,4931
\bar{x}	36,28	-0,0018	-0,0118	23,23	0,0474	0,3057	25,44	0,0418	0,2694	20,28	0,0751	0,4847

Tab. 56: Rezultati određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita druge skupine modela (OK6, OK7, OK8 i OK9)

Br. mj.	OK6=MV2+MP1			OK7=MV2+MP1+MP3			OK8=MV2+MP1+MP2			OK9=MV2+MP3+MP2		
	P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}	
		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]
1.	39,17	-0,0051	-0,0328	24,86	0,0443	0,2857	24,40	0,0468	0,3020	20,95	0,0695	0,4484
2.	39,01	-0,0047	-0,0305	24,53	0,0461	0,2975	27,24	0,0324	0,2092	20,27	0,0748	0,4827
3.	39,88	-0,0066	-0,0427	24,45	0,0465	0,3002	24,43	0,0468	0,3017	20,01	0,0771	0,4971
4.	38,32	-0,0032	-0,0205	24,20	0,0480	0,3097	22,78	0,0566	0,3653	21,70	0,0638	0,4116
5.	36,89	0,0003	0,0018	23,71	0,0508	0,3276	23,93	0,0495	0,3191	22,15	0,0609	0,3928
6.	38,31	-0,0032	-0,0209	25,45	0,0411	0,2648	26,31	0,0368	0,2373	20,93	0,0698	0,4501
7.	38,29	-0,0031	-0,0200	26,91	0,0340	0,2192	23,45	0,0538	0,3469	19,70	0,0797	0,5140
8.	36,32	0,0017	0,0110	23,19	0,0542	0,3494	24,13	0,0483	0,3119	21,16	0,0678	0,4377
9.	36,91	0,0001	0,0009	23,53	0,0519	0,3348	23,15	0,0543	0,3505	20,21	0,0754	0,4863
10.	40,42	-0,0078	-0,0504	24,49	0,0463	0,2986	24,12	0,0484	0,3122	20,96	0,0694	0,4475
11.	41,21	-0,0093	-0,0601	25,17	0,0426	0,2748	24,44	0,0465	0,3003	21,44	0,0658	0,4245
12.	38,39	-0,0033	-0,0213	23,45	0,0524	0,3383	25,86	0,0390	0,2518	20,72	0,0713	0,4601
13.	38,14	-0,0028	-0,0178	23,34	0,0531	0,3423	24,47	0,0464	0,2996	20,84	0,0704	0,4540
14.	39,64	-0,0061	-0,0396	24,11	0,0484	0,3124	24,82	0,0445	0,2869	20,06	0,0766	0,4945
15.	39,27	-0,0053	-0,0341	24,21	0,0479	0,3093	25,02	0,0435	0,2804	20,40	0,0738	0,4764
16.	39,65	-0,0061	-0,0395	23,31	0,0533	0,3438	24,46	0,0465	0,2999	20,51	0,0730	0,4709
17.	37,29	-0,0007	-0,0045	24,41	0,0468	0,3017	24,71	0,0450	0,2905	20,85	0,0702	0,4531
18.	38,29	-0,0032	-0,0204	24,18	0,0480	0,3096	25,49	0,0409	0,2641	19,05	0,0856	0,5524
19.	37,85	-0,0021	-0,0134	26,23	0,0371	0,2395	23,31	0,0533	0,3440	20,84	0,0702	0,4532
20.	37,76	-0,0019	-0,0120	24,56	0,0460	0,2967	23,01	0,0552	0,3559	21,20	0,0676	0,4362
\bar{x}	38,55	-0,0036	-0,0233	24,42	0,0469	0,3028	24,48	0,0467	0,3015	20,70	0,0716	0,4622

Tab. 57: Rezultati određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita treće skupine modela (OK11, OK12, OK13 i OK14)

Br. mj.	OK11=MV3+MP1			OK12=MV3+MP1+MP3			OK13=MV3+MP1+MP2			OK14=MV3+MP3+MP2		
	P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}	
		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]
1.	29,50	0,0114	0,0734	21,85	0,0513	0,3311	21,73	0,0522	0,3370	21,35	0,0549	0,3541
2.	30,52	0,0076	0,0489	22,30	0,0481	0,3105	21,32	0,0551	0,3554	18,78	0,0764	0,4932
3.	30,83	0,0064	0,0415	22,94	0,0439	0,2835	22,01	0,0501	0,3233	19,60	0,0688	0,4439
4.	31,71	0,0034	0,0219	23,22	0,0422	0,2721	22,43	0,0473	0,3050	19,99	0,0655	0,4226
5.	32,16	0,0019	0,0124	23,35	0,0413	0,2667	23,41	0,0410	0,2645	19,75	0,0676	0,4360
6.	31,77	0,0033	0,0211	23,18	0,0424	0,2738	22,01	0,0502	0,3236	20,61	0,0605	0,3903
7.	30,07	0,0093	0,0599	21,94	0,0507	0,3270	22,98	0,0437	0,2816	19,22	0,0723	0,4668
8.	29,85	0,0101	0,0648	22,77	0,0450	0,2906	23,56	0,0401	0,2586	19,01	0,0742	0,4785
9.	31,97	0,0025	0,0163	23,02	0,0434	0,2802	22,92	0,0441	0,2844	19,98	0,0656	0,4231
10.	30,86	0,0064	0,0412	22,85	0,0445	0,2873	21,42	0,0544	0,3509	19,68	0,0682	0,4398
11.	29,91	0,0098	0,0633	22,06	0,0498	0,3212	22,99	0,0435	0,2809	19,30	0,0716	0,4621
12.	29,82	0,0102	0,0655	22,34	0,0479	0,3089	23,12	0,0429	0,2765	19,54	0,0694	0,4480
13.	29,01	0,0133	0,0859	22,76	0,0451	0,2912	21,17	0,0562	0,3628	19,97	0,0657	0,4238
14.	29,60	0,0110	0,0709	22,13	0,0493	0,3184	21,45	0,0541	0,3488	19,14	0,0731	0,4713
15.	30,63	0,0071	0,0459	22,69	0,0456	0,2939	23,10	0,0429	0,2765	19,28	0,0718	0,4630
16.	31,21	0,0051	0,0331	22,25	0,0485	0,3129	23,46	0,0407	0,2625	19,64	0,0685	0,4420
17.	32,02	0,0024	0,0157	21,45	0,0541	0,3491	22,42	0,0474	0,3056	20,39	0,0622	0,4014
18.	30,11	0,0091	0,0588	23,47	0,0406	0,2618	22,08	0,0497	0,3206	19,73	0,0677	0,4369
19.	30,39	0,0081	0,0521	23,32	0,0415	0,2679	22,03	0,0500	0,3225	19,81	0,0671	0,4330
20.	30,14	0,0090	0,0578	24,06	0,0371	0,2392	23,46	0,0406	0,2621	20,72	0,0596	0,3843
\bar{x}	30,60	0,0074	0,0475	22,70	0,0456	0,2944	22,45	0,0473	0,3052	19,77	0,0675	0,4357

Tab. 58: Rezultati određivanja toplinske izolacije prve skupine odjevnih sustava (OS1-OS4)

Br. mj.	OS1			OS2			OS3			OS4		
	P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}	
		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]
1.	206,88	0,0400	0,2578	198,70	0,0447	0,2885	192,12	0,0493	0,3181	181,23	0,0569	0,3668
2.	199,53	0,0444	0,2862	223,65	0,0310	0,1999	173,63	0,0630	0,4065	200,44	0,0438	0,2825
3.	222,87	0,0313	0,2021	174,93	0,0598	0,3860	200,46	0,0437	0,2817	170,26	0,0660	0,4256
4.	212,72	0,0365	0,2358	178,59	0,0588	0,3795	232,81	0,0266	0,1714	176,35	0,0608	0,3925
5.	178,35	0,0592	0,3819	216,38	0,0347	0,2240	187,79	0,0524	0,3382	191,52	0,0495	0,3195
6.	215,22	0,0352	0,2269	175,24	0,0618	0,3988	169,48	0,0665	0,4292	188,90	0,0514	0,3319
7.	222,60	0,0316	0,2038	178,50	0,0589	0,3800	212,97	0,0363	0,2341	177,63	0,0598	0,3856
8.	177,38	0,0601	0,3879	199,93	0,0441	0,2844	215,76	0,0352	0,2270	161,98	0,0732	0,4725
9.	217,57	0,0341	0,2203	185,90	0,0536	0,3460	161,15	0,0743	0,4793	169,27	0,0665	0,4293
10.	195,97	0,0468	0,3022	171,60	0,0646	0,4168	193,24	0,0481	0,3103	185,34	0,0539	0,3479
11.	177,44	0,0599	0,3865	172,94	0,0634	0,4093	226,36	0,0296	0,1913	164,32	0,0712	0,4594
12.	198,16	0,0452	0,2913	191,54	0,0495	0,3194	164,88	0,0708	0,4570	185,74	0,0534	0,3444
13.	208,26	0,0392	0,2531	197,02	0,0460	0,2967	180,87	0,0570	0,3675	203,72	0,0420	0,2707
14.	184,28	0,0548	0,3536	175,90	0,0612	0,3947	217,72	0,0339	0,2188	174,27	0,0627	0,4048
15.	219,33	0,0341	0,2199	202,10	0,0427	0,2755	185,65	0,0539	0,3479	182,20	0,0560	0,3613
16.	197,40	0,0466	0,3007	210,90	0,0377	0,2430	166,20	0,0693	0,4470	201,43	0,0431	0,2784
17.	195,69	0,0469	0,3029	178,72	0,0591	0,3810	207,18	0,0396	0,2557	174,35	0,0626	0,4037
18.	212,29	0,0363	0,2342	202,14	0,0427	0,2757	193,31	0,0485	0,3132	178,54	0,0589	0,3799
19.	219,74	0,0330	0,2130	203,78	0,0419	0,2705	166,35	0,0694	0,4474	196,86	0,0460	0,2967
20.	215,65	0,0357	0,2300	171,59	0,0647	0,4172	188,55	0,0515	0,3320	184,05	0,0550	0,3546
\bar{x}	203,87	0,0425	0,2745	190,50	0,0510	0,3293	191,82	0,0509	0,3287	182,42	0,0566	0,3654

Tab. 59: Rezultati određivanja toplinske izolacije druge skupine odjevnih sustava (OS6-OS9)

Br. mj.	OS6			OS7			OS8			OS9		
	P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}	
		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]
1.	222,84	0,0314	0,2026	168,32	0,0678	0,4375	199,08	0,0445	0,2870	205,22	0,0409	0,2637
2.	186,41	0,0533	0,3436	159,75	0,0752	0,4849	211,77	0,0373	0,2404	205,92	0,0406	0,2619
3.	188,04	0,0519	0,3349	218,24	0,0335	0,2164	187,86	0,0522	0,3369	160,38	0,0757	0,4886
4.	213,67	0,0361	0,2330	191,92	0,0495	0,3196	185,02	0,0541	0,3487	194,07	0,0459	0,2959
5.	204,43	0,0415	0,2674	166,88	0,0687	0,4435	200,93	0,0435	0,2808	213,01	0,0367	0,2366
6.	191,54	0,0496	0,3199	184,69	0,0542	0,3498	187,46	0,0524	0,3383	176,68	0,0608	0,3922
7.	205,44	0,0408	0,2631	187,03	0,0528	0,3404	181,67	0,0538	0,3473	169,39	0,0667	0,4301
8.	196,94	0,0470	0,3035	174,57	0,0623	0,4019	187,90	0,0520	0,3358	188,56	0,0517	0,3338
9.	170,48	0,0672	0,4335	173,43	0,0630	0,4067	196,56	0,0462	0,2983	180,28	0,0577	0,3723
10.	196,86	0,0455	0,2934	175,31	0,0615	0,3965	173,69	0,0630	0,4062	162,24	0,0732	0,4720
11.	208,32	0,0393	0,2537	195,07	0,0473	0,3051	159,74	0,0753	0,4860	144,74	0,0916	0,5910
12.	179,97	0,0582	0,3753	178,12	0,0594	0,3831	204,95	0,0415	0,2680	171,95	0,0640	0,4128
13.	197,84	0,0456	0,2941	200,40	0,0443	0,2860	197,71	0,0458	0,2953	210,53	0,0379	0,2446
14.	206,81	0,0400	0,2583	203,42	0,0422	0,2723	159,59	0,0758	0,4892	154,29	0,0812	0,5240
15.	201,82	0,0429	0,2770	168,81	0,0676	0,4361	193,26	0,0482	0,3109	168,15	0,0674	0,4349
16.	199,02	0,0448	0,2890	206,38	0,0403	0,2597	223,57	0,0310	0,1998	222,51	0,0314	0,2023
17.	210,03	0,0381	0,2459	193,47	0,0486	0,3137	188,63	0,0517	0,3336	203,63	0,0421	0,2719
18.	217,06	0,0344	0,2217	169,44	0,0667	0,4305	177,65	0,0597	0,3853	156,97	0,0782	0,5045
19.	188,23	0,0521	0,3361	192,20	0,0491	0,3165	198,52	0,0450	0,2902	179,61	0,0591	0,3813
20.	184,22	0,0546	0,3525	191,18	0,0500	0,3227	196,82	0,0461	0,2972	209,14	0,0386	0,2493
\bar{x}	198,50	0,0457	0,2949	184,93	0,0552	0,3562	190,62	0,0510	0,3288	183,86	0,0571	0,3682

Tab. 60: Rezultati određivanja toplinske izolacije treće skupine odjevnih sustava (OS11-OS14)

Br. mj.	OS11			OS12			OS13			OS14		
	P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}		P [W]	R _{ctn}	
		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]		[m ² °C/W]	[Clo]
1.	200,02	0,0440	0,2837	151,67	0,0837	0,5400	194,41	0,0486	0,3133	146,82	0,0892	0,5757
2.	202,27	0,0428	0,2760	164,98	0,0703	0,4533	176,04	0,0611	0,3943	142,83	0,0936	0,6041
3.	175,65	0,0613	0,3955	174,21	0,0625	0,4029	181,03	0,0570	0,3674	197,31	0,0456	0,2943
4.	178,81	0,0566	0,3650	168,34	0,0675	0,4354	202,27	0,0427	0,2752	186,10	0,0535	0,3452
5.	200,94	0,0415	0,2676	163,94	0,0714	0,4604	197,41	0,0458	0,2958	148,43	0,0873	0,5630
6.	182,56	0,0561	0,3620	160,72	0,0743	0,4796	174,97	0,0618	0,3988	184,97	0,0540	0,3485
7.	147,76	0,0881	0,5684	179,11	0,0585	0,3773	182,49	0,0560	0,3615	195,86	0,0468	0,3018
8.	184,02	0,0546	0,3522	181,39	0,0569	0,3668	182,87	0,0558	0,3600	170,27	0,0659	0,4249
9.	203,12	0,0423	0,2726	159,91	0,0753	0,4859	184,60	0,0544	0,3509	172,23	0,0641	0,4133
10.	158,47	0,0768	0,4953	175,64	0,0613	0,3954	182,19	0,0563	0,3634	189,32	0,0510	0,3292
11.	182,40	0,0558	0,3599	181,30	0,0570	0,3681	170,63	0,0657	0,4240	179,82	0,0581	0,3748
12.	214,35	0,0358	0,2312	161,65	0,0736	0,4751	166,10	0,0698	0,4502	158,15	0,0771	0,4971
13.	184,48	0,0547	0,3531	162,36	0,0728	0,4694	153,69	0,0815	0,5255	170,62	0,0653	0,4213
14.	180,63	0,0573	0,3696	165,05	0,0701	0,4521	210,70	0,0384	0,2477	192,23	0,0490	0,3164
15.	200,89	0,0434	0,2801	167,39	0,0681	0,4397	170,57	0,0659	0,4252	134,90	0,1043	0,6731
16.	198,28	0,0453	0,2925	187,92	0,0521	0,3362	156,49	0,0786	0,5069	149,84	0,0853	0,5506
17.	175,15	0,0618	0,3985	159,73	0,0756	0,4874	197,84	0,0454	0,2926	208,56	0,0388	0,2506
18.	176,04	0,0609	0,3932	170,38	0,0655	0,4228	215,04	0,0358	0,2308	160,37	0,0751	0,4844
19.	196,89	0,0460	0,2967	184,87	0,0543	0,3502	181,18	0,0570	0,3680	141,78	0,0949	0,6119
20.	194,09	0,0479	0,3092	169,44	0,0665	0,4292	169,78	0,0662	0,4269	202,52	0,0424	0,2737
\bar{x}	186,84	0,0536	0,3461	169,50	0,0669	0,4314	182,51	0,0572	0,3689	171,65	0,0671	0,4327

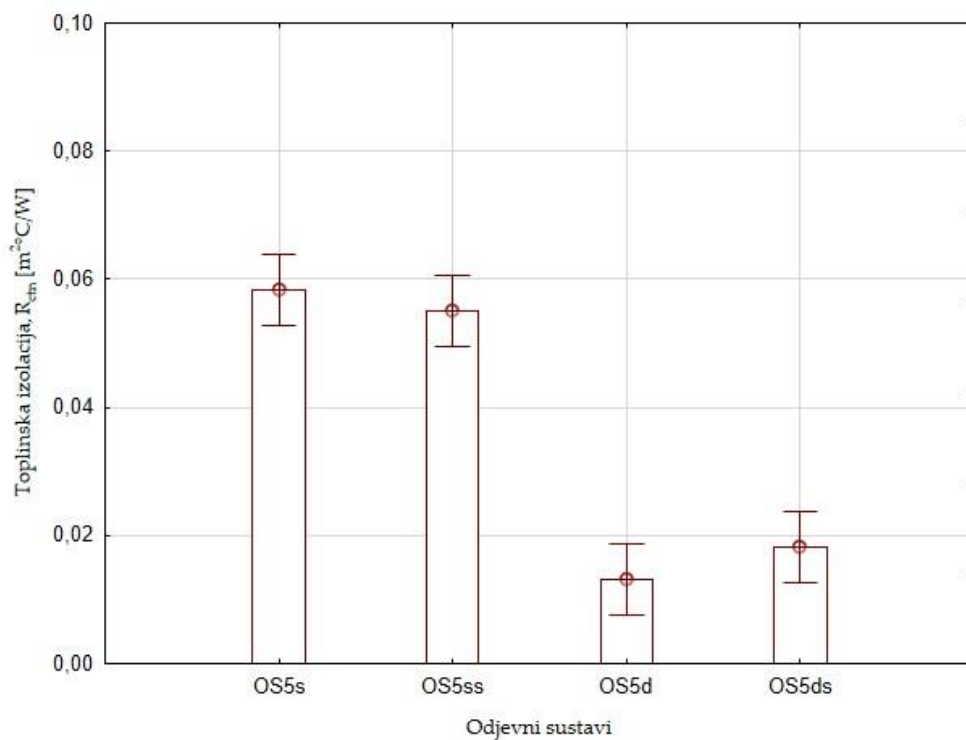
Tab. 61: Rezultati mjerenja temperature tijela toplinskog manekena pri određivanju toplinske izolacije odjevnih sustava u dinamičkom modu

DINAMIČKI MOD						
	OS5 _d	OS5 _{ds}	OS10 _d	OS10 _{ds}	OS15 _d	OS15 _{ds}
Br. mj.	T [°C]					
1.	33,95	33,93	34,00	33,99	34,03	34,00
2.	34,08	34,02	34,02	34,03	33,99	34,03
3.	34,01	34,04	34,01	34,00	34,05	34,01
4.	33,93	33,97	33,97	33,98	34,01	33,98
5.	34,04	33,98	34,02	34,04	33,98	34,00
6.	34,04	34,04	34,04	34,01	33,81	34,04
7.	33,90	34,00	34,00	33,97	34,03	33,99
8.	34,02	33,97	33,97	34,03	33,78	33,98
9.	33,96	34,03	34,03	34,04	34,05	34,05
10.	33,98	34,01	34,00	33,98	34,02	33,99
11.	34,02	33,98	34,03	33,97	34,00	33,97
12.	34,01	34,02	34,04	34,03	34,02	34,04
13.	33,98	34,01	34,11	34,05	34,00	34,02
14.	34,01	33,98	33,98	33,97	33,95	33,99
15.	34,01	34,02	34,02	33,99	34,02	34,02
16.	34,01	34,01	34,03	34,06	34,00	34,03
17.	34,00	34,00	33,98	34,00	34,02	34,01
18.	34,00	34,00	33,99	33,99	34,01	33,99
19.	34,01	33,99	34,03	33,98	34,00	34,01
20.	33,99	34,01	34,00	34,00	34,02	34,06
\bar{x}	34,00	34,00	34,01	34,01	33,99	34,01

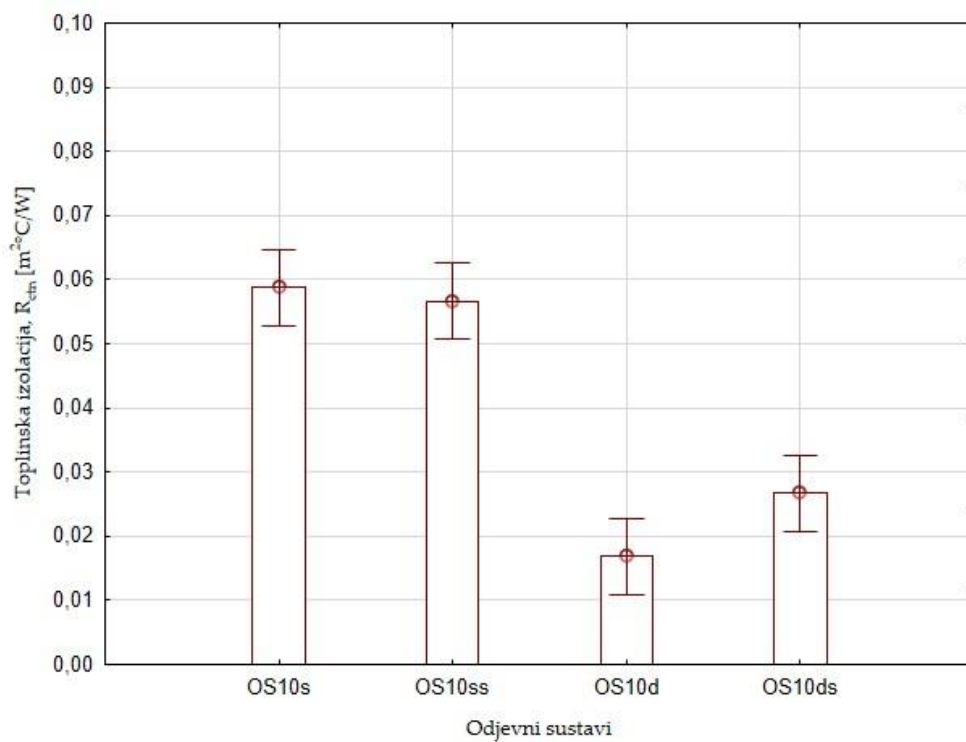
Tab. 62: Rezultati mjerenja temperature tijela toplinskog manekena pri određivanju toplinske izolacije odjevnih sustava u statičkom modu

STATIČKI MOD																		
	OS1	OS2	OS3	OS4	OS5 _s	OS5 _{ss}	OS6	OS7	OS8	OS9	OS10 _s	OS10 _{ss}	OS11	OS12	OS13	OS14	OS15 _s	OS15 _{ss}
Br. mj.	T [°C]																	
1.	34,00	33,98	34,02	34,00	34,00	34,01	34,01	34,04	33,98	34,00	34,01	34,04	33,99	34,02	34,10	34,03	34,01	34,00
2.	34,00	34,00	34,01	34,00	33,78	34,01	34,02	33,99	34,01	34,01	33,98	33,97	34,01	33,99	34,02	34,00	34,03	34,00
3.	34,00	33,81	33,99	34,03	34,01	34,01	34,00	33,98	34,02	34,10	34,01	34,00	34,01	34,01	33,99	33,99	33,99	34,03
4.	33,99	33,99	34,00	34,02	34,02	34,00	34,00	34,03	34,00	33,79	34,02	34,03	33,78	34,01	34,00	34,02	34,01	34,00
5.	34,01	34,01	34,03	34,00	34,00	34,01	34,01	34,01	34,00	34,02	33,98	34,01	33,77	34,01	34,02	34,02	34,01	34,00
6.	33,98	34,03	34,02	34,01	34,01	34,04	34,01	33,99	34,01	34,04	34,00	34,00	34,02	34,00	34,00	33,99	34,00	34,01
7.	34,01	33,99	33,97	34,01	34,02	34,01	34,00	34,01	33,72	34,02	34,04	34,03	34,02	34,00	34,01	34,01	34,01	34,01
8.	34,03	34,00	34,02	34,01	33,99	34,01	34,12	34,02	34,00	34,02	34,02	34,02	33,98	34,01	34,01	34,02	34,01	34,01
9.	34,01	34,02	34,03	34,00	34,02	34,03	34,16	34,00	34,00	34,01	33,98	33,98	34,01	34,02	34,00	34,00	34,01	33,94
10.	34,03	34,01	33,97	34,01	34,03	34,00	33,94	34,00	34,01	34,03	34,01	34,02	34,02	34,01	34,02	34,00	34,01	34,11
11.	34,01	34,00	34,00	34,02	33,99	34,01	34,03	34,01	34,01	34,02	34,03	34,04	33,98	34,02	34,03	34,01	34,00	34,02
12.	33,99	34,00	34,04	33,98	34,08	34,01	34,03	34,01	34,06	33,97	33,99	33,72	34,01	34,02	34,04	34,02	34,01	33,99
13.	34,01	34,01	33,98	34,02	34,01	33,99	34,02	34,06	34,03	34,01	34,01	34,01	34,03	34,00	34,01	33,99	34,01	34,00
14.	34,02	34,02	33,99	34,04	34,01	34,01	34,01	34,03	34,04	34,04	34,04	34,04	34,00	33,98	34,08	34,00	34,00	34,04
15.	34,12	33,99	34,03	33,99	34,00	33,97	34,00	34,06	33,98	33,99	34,05	34,01	33,99	34,00	34,05	34,04	34,01	34,01
16.	34,1	34,00	34,00	34,00	34,01	34,01	34,02	34,00	34,00	33,98	34,00	34,00	34,02	34,01	34,01	33,99	34,01	34,03
17.	34,02	34,03	33,99	34,03	34,02	34,04	34,00	34,04	34,02	34,03	34,04	34,00	34,02	34,03	33,99	33,99	34,00	34,05
18.	33,93	34,00	34,02	33,99	34,01	34,00	34,01	34,03	34,01	34,02	33,98	34,00	34,00	34,00	34,05	34,04	34,01	34,01
19.	34,01	34,02	34,02	34,00	34,00	34,00	34,03	34,00	34,00	34,10	33,99	34,02	34,00	34,01	34,01	34,00	34,00	33,81
20.	34,07	34,01	33,99	34,02	34,02	34,02	34,00	34,03	34,00	34,00	34,04	34,01	34,01	34,01	34,01	33,99	34,03	34,05
\bar{x}	34,02	34,00	34,01	34,01	34,00	34,01	34,02	34,02	34,00	34,01	34,01	34,00	33,98	34,01	34,02	34,01	34,01	34,01

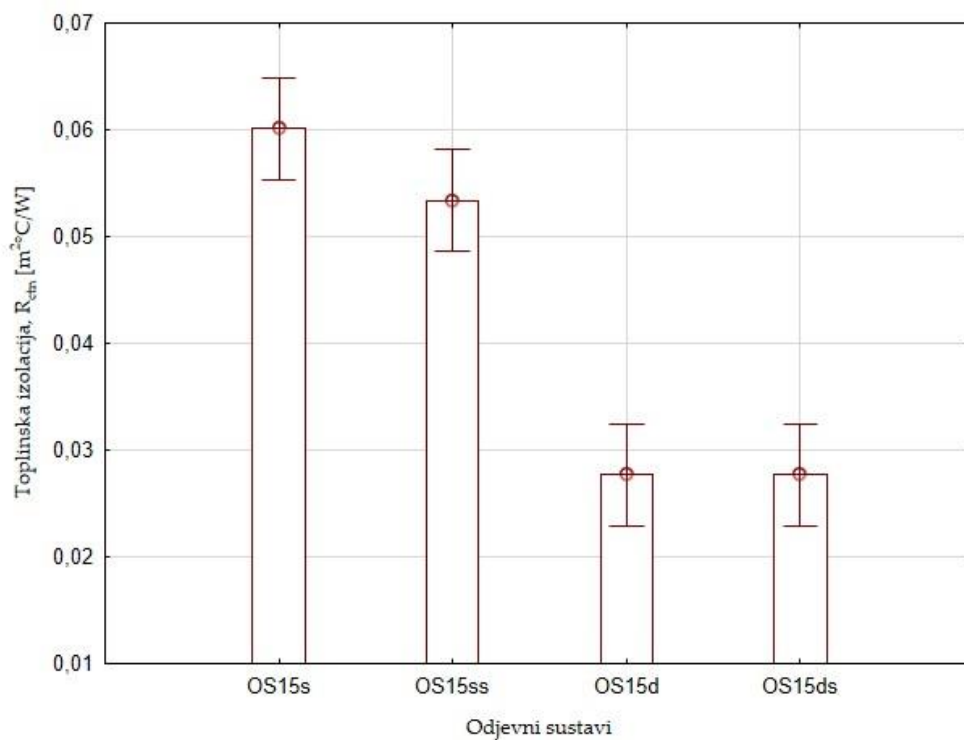
PRILOG 3
Grafički prikaz rezultata



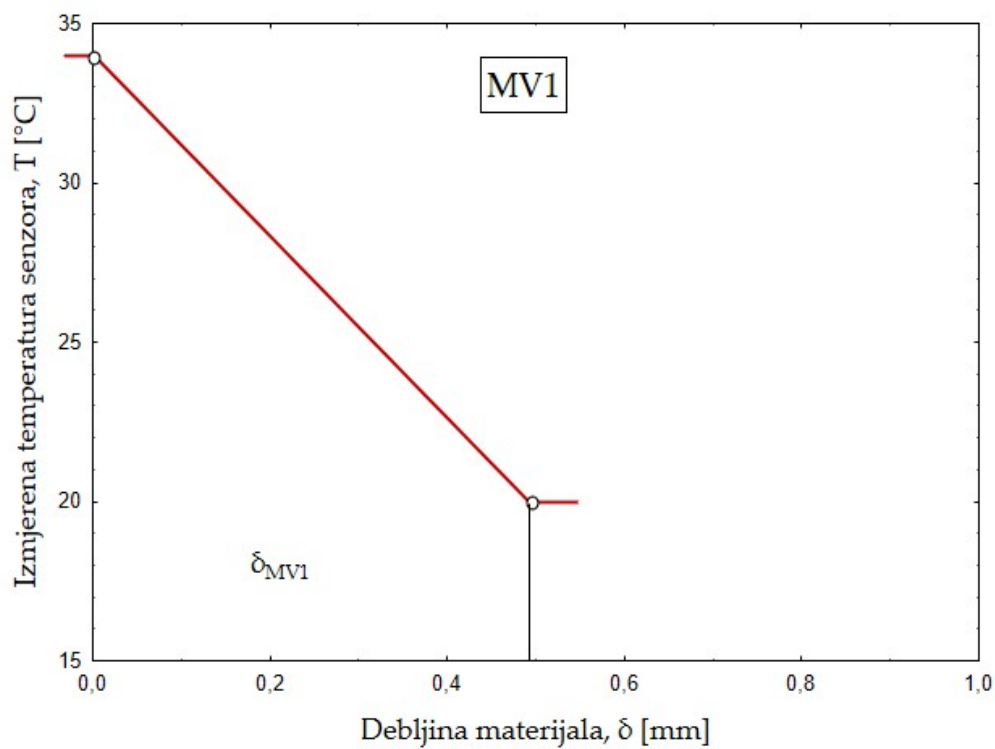
Sl. 99: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava OS5_s, OS5_{ss}, OS5_d i OS5_{ds} s naznačenim varijacijama



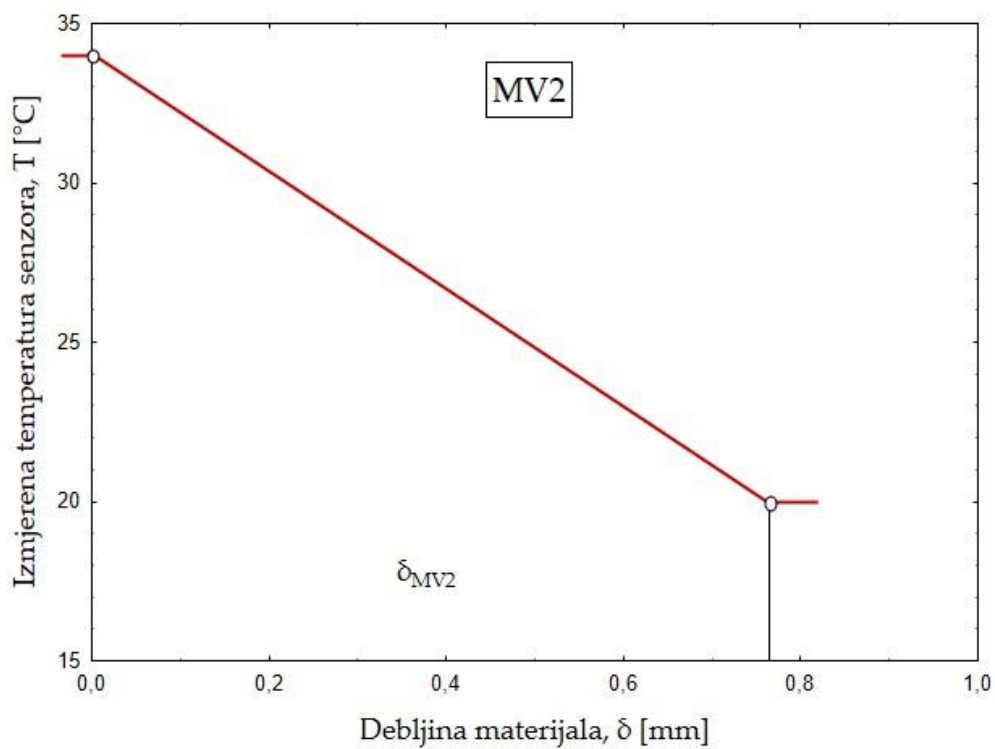
Sl. 100: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava OS10_s, OS10_{ss}, OS10_d i OS10_{ds} s naznačenim varijacijama



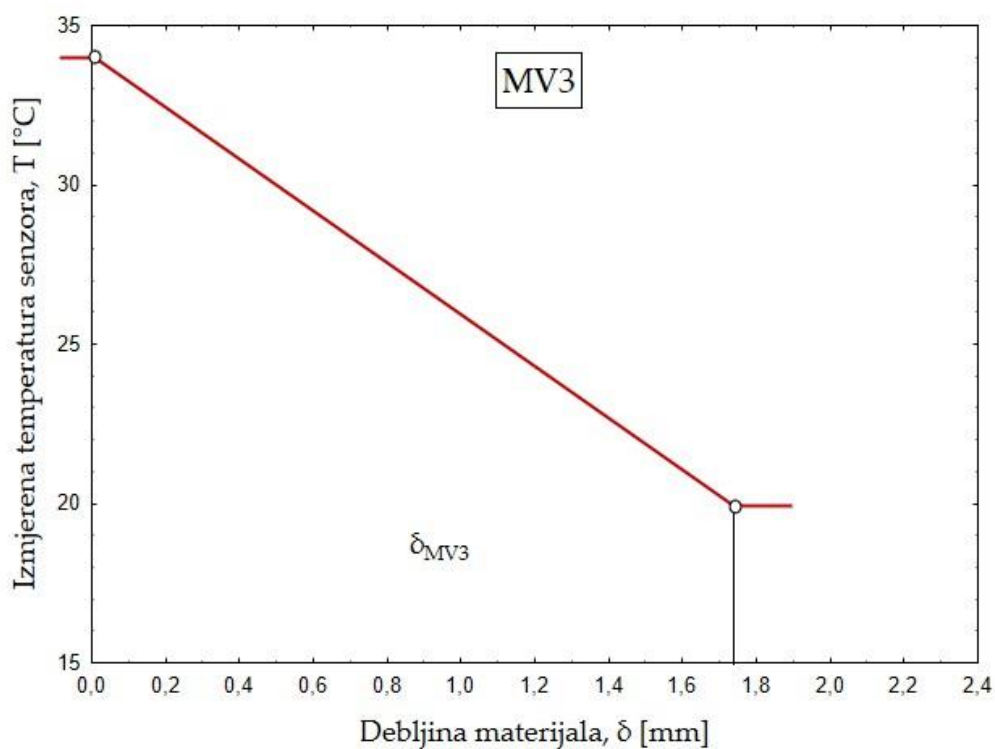
Sl. 101: Raspon srednjih vrijednosti rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava OS15s, OS15ss, OS15d i OS15ds s naznačenim varijacijama



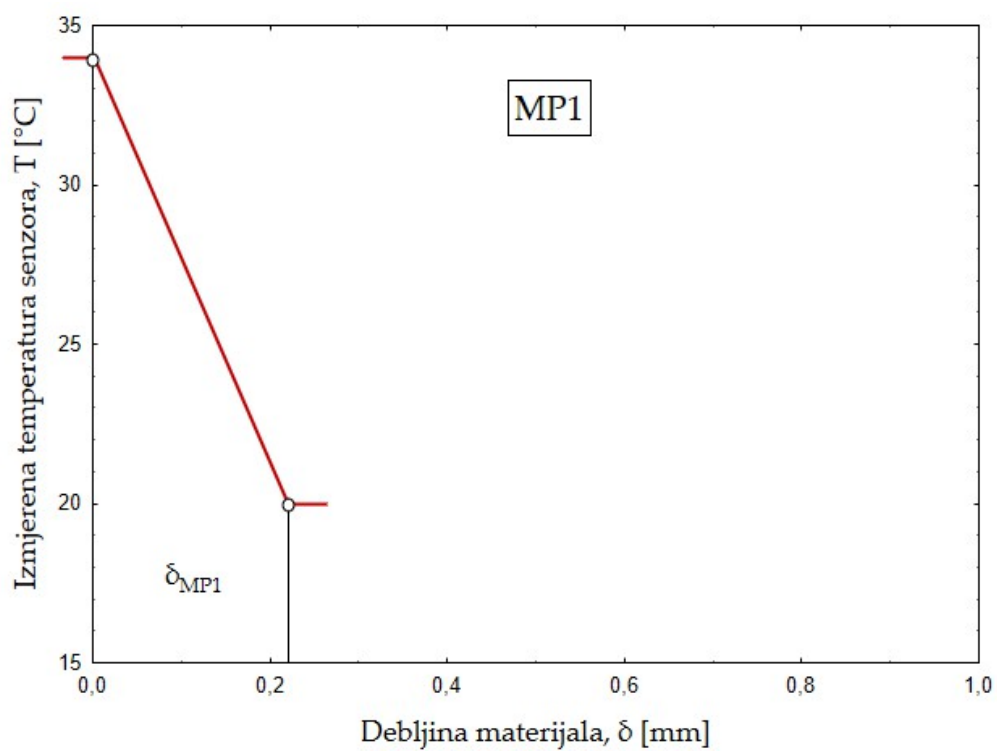
a.



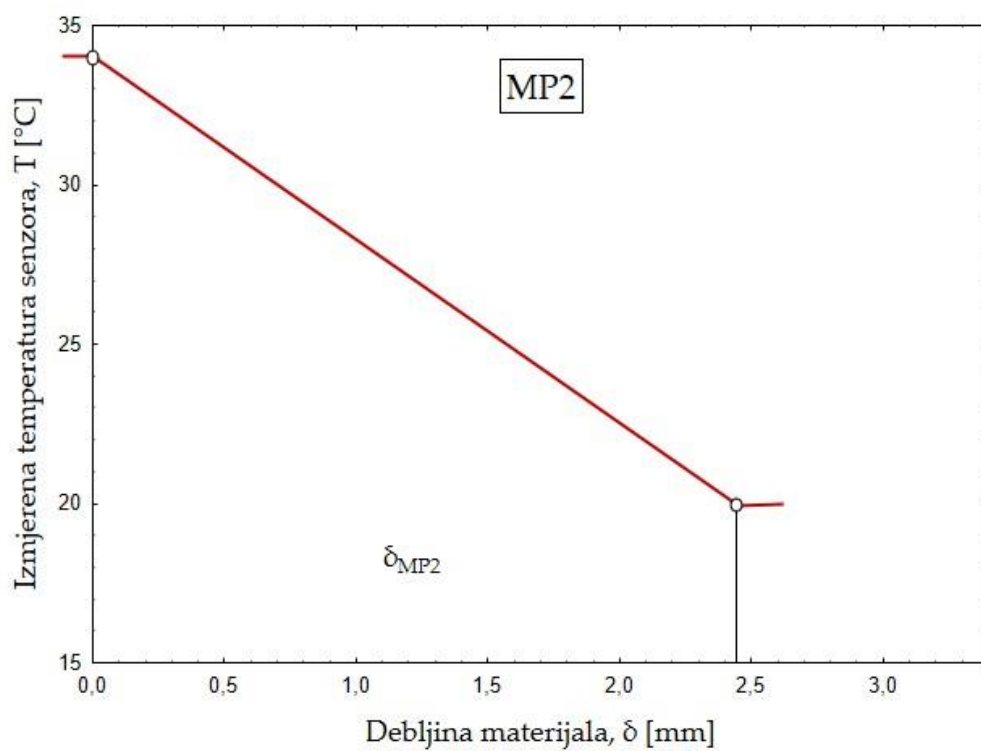
b.



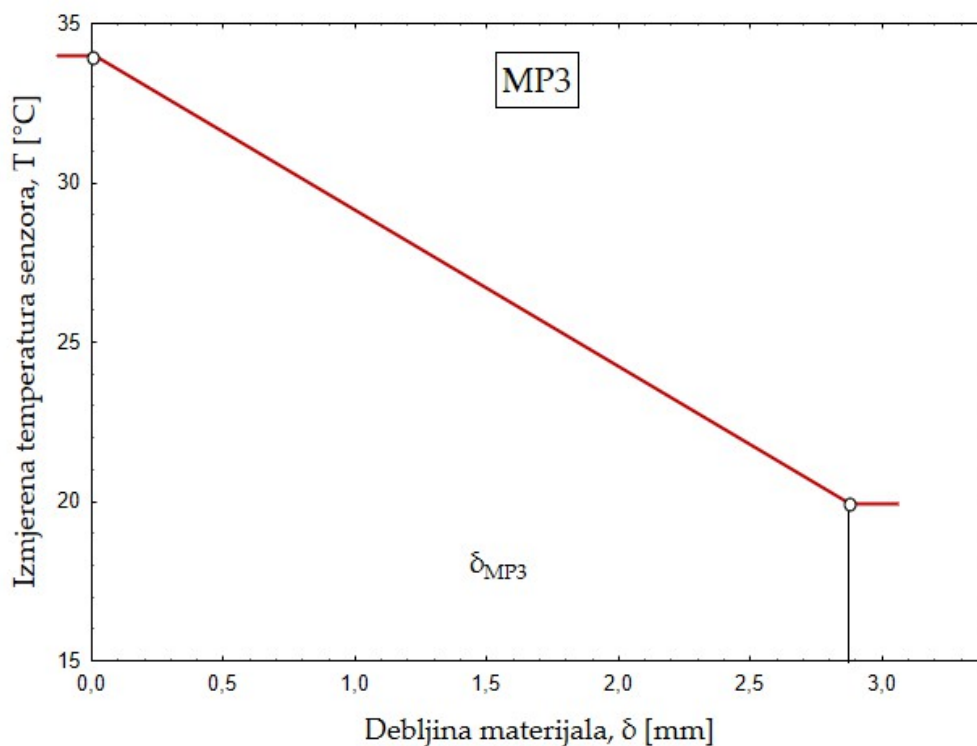
c.



d.

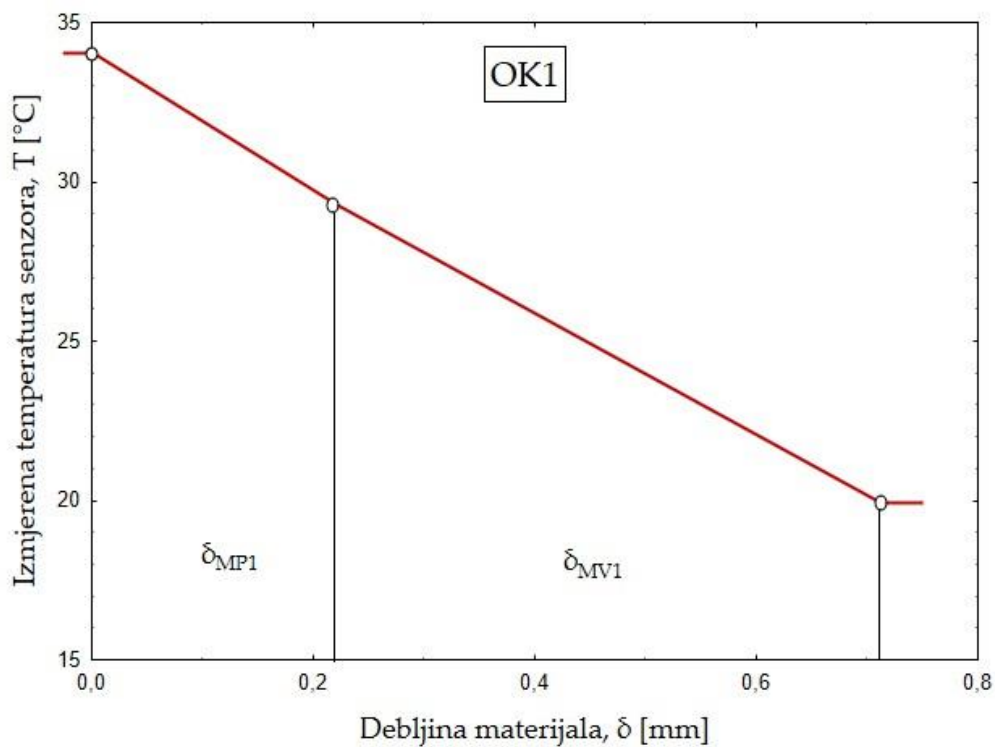


e.

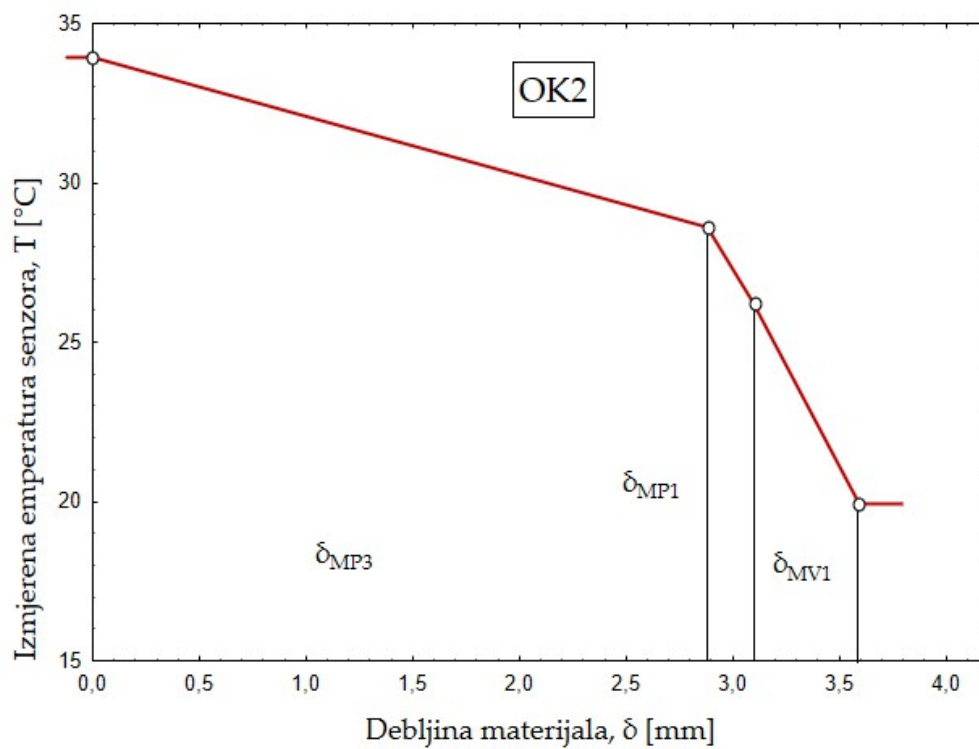


f.

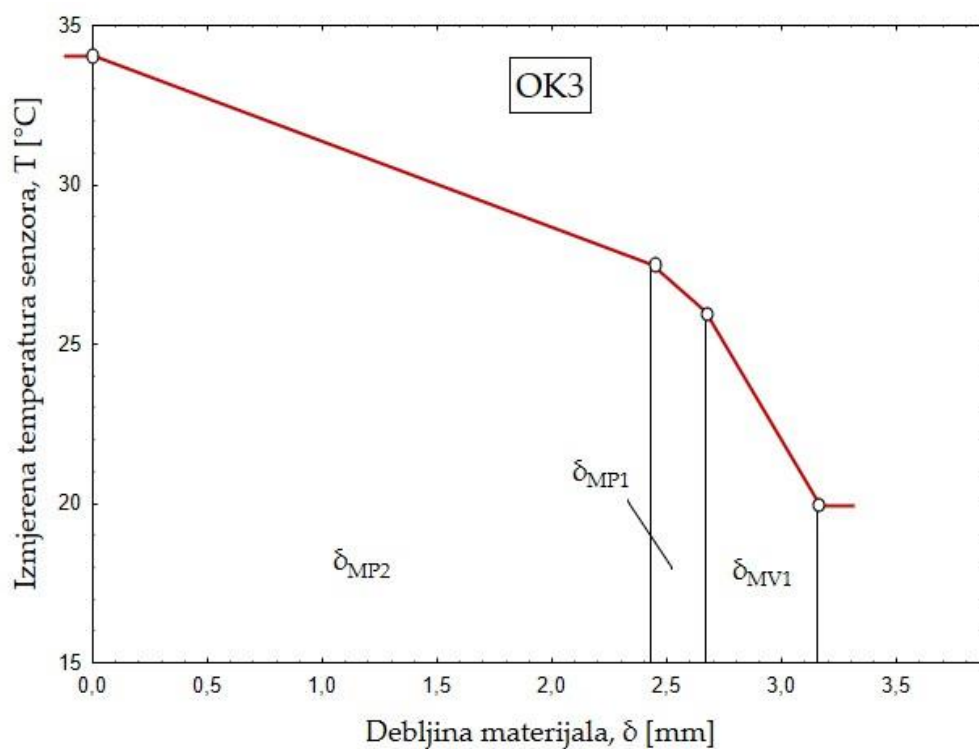
Sl. 102: Grafički prikaz diferencijalnih gradijenata temperatura ugradbenih materijala: a. dvoslojni laminirani materijal (MV1); b. za troslojni laminirani materijal (MV2); c. za troslojni laminirani materijal (MV3); d. za podstavni materijal (MP1); e. za romboidno prošivenu podstavu (MP2); f. za micro-fleece materijal (MP3)



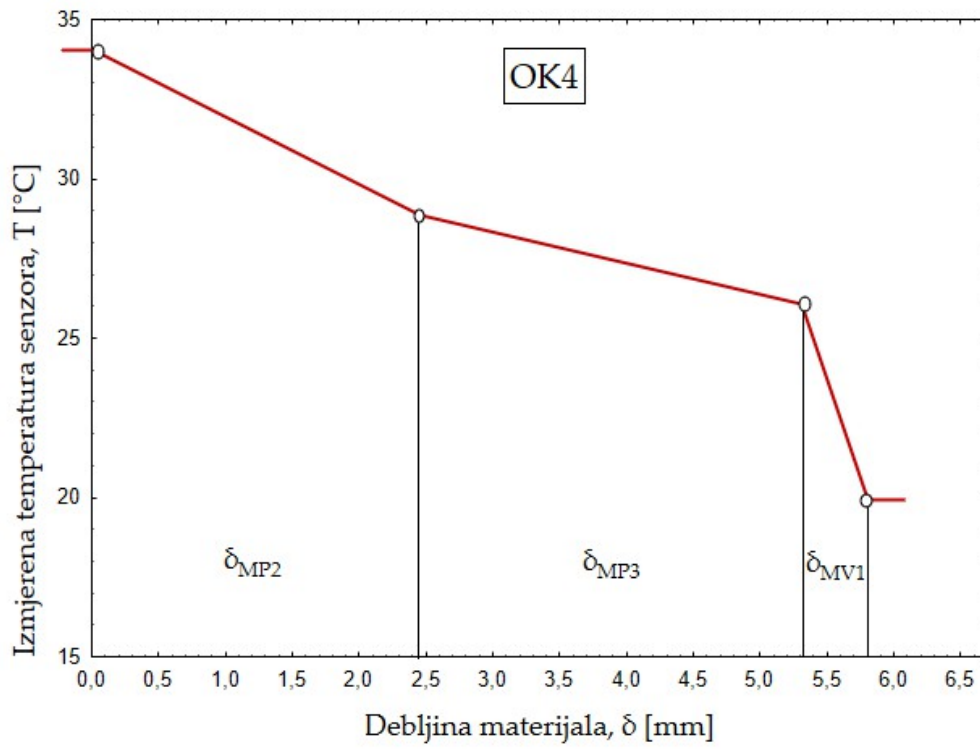
a.



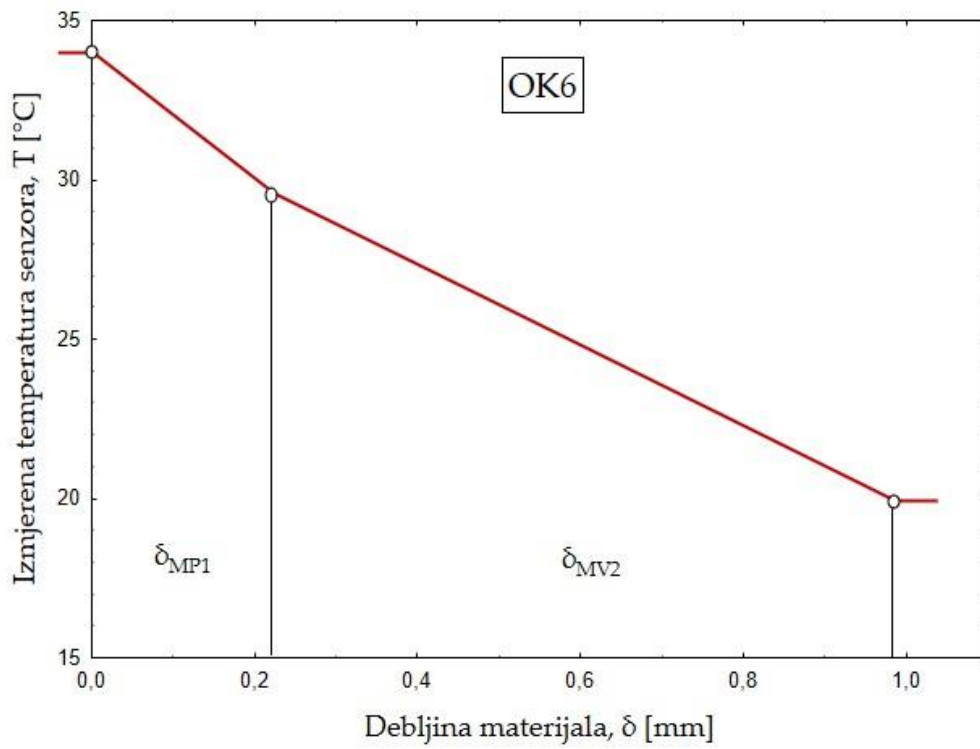
b.



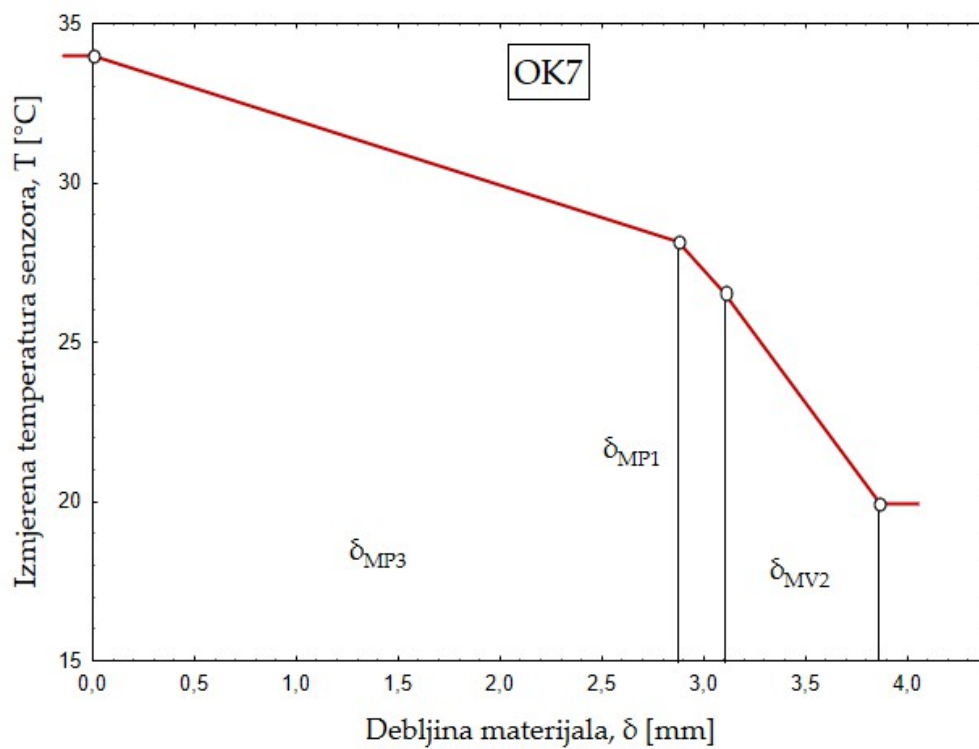
c.



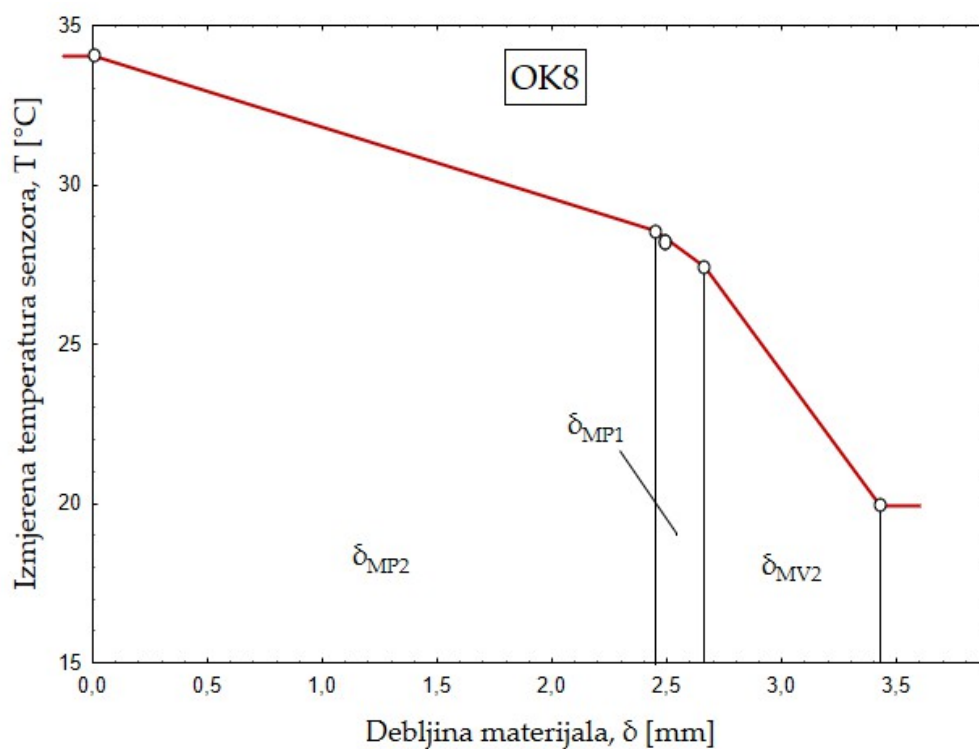
d.



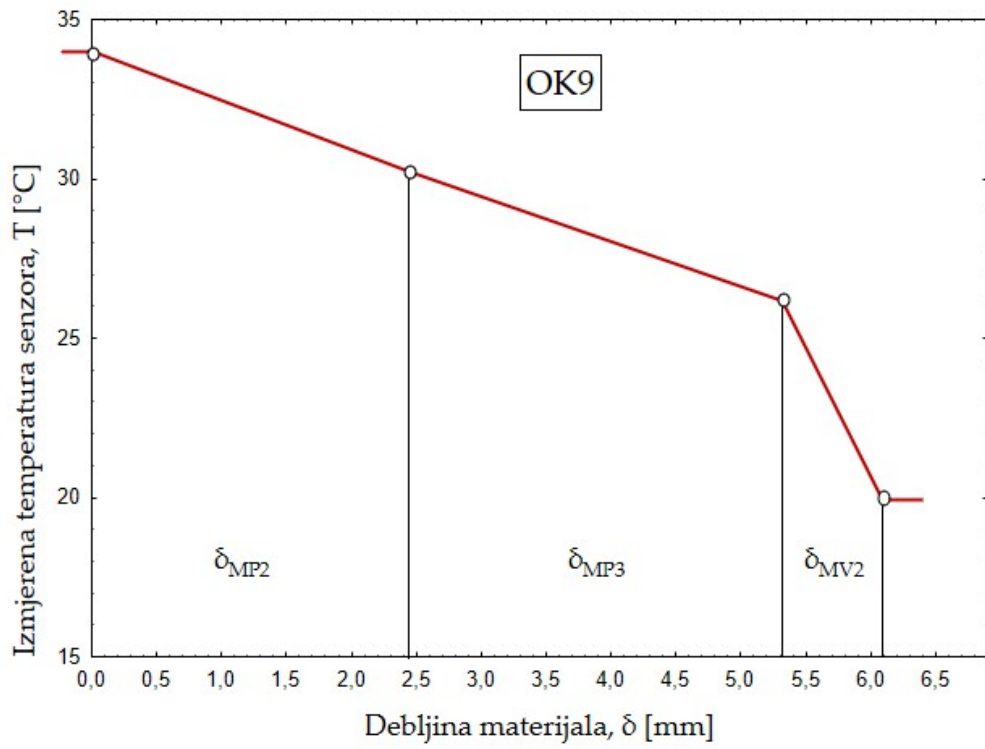
e.



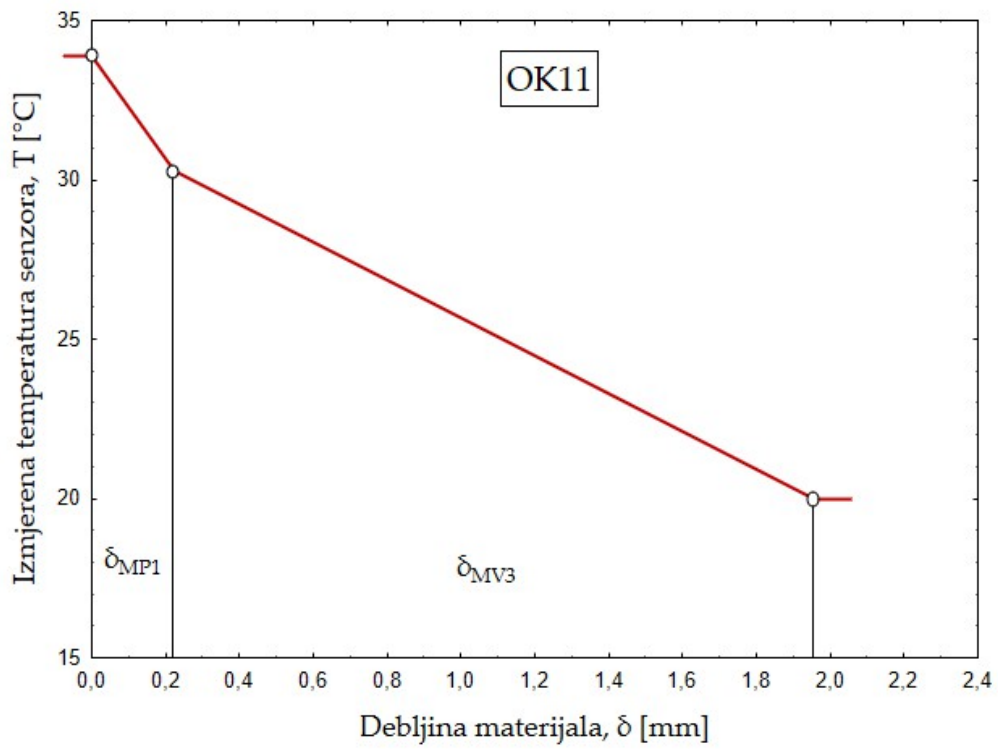
f.



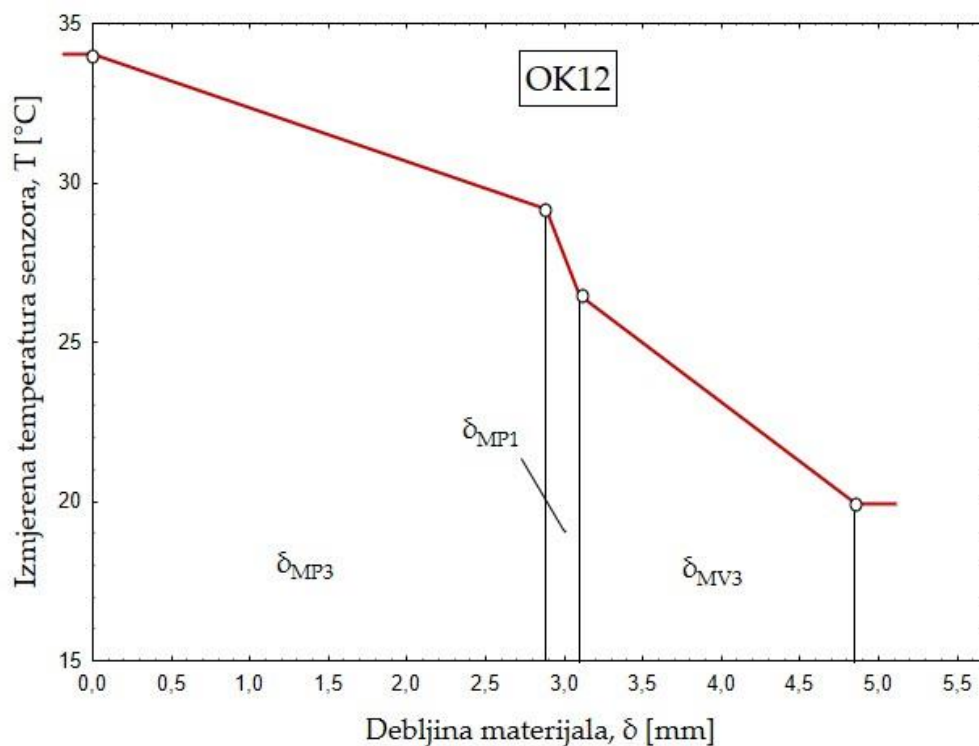
g.



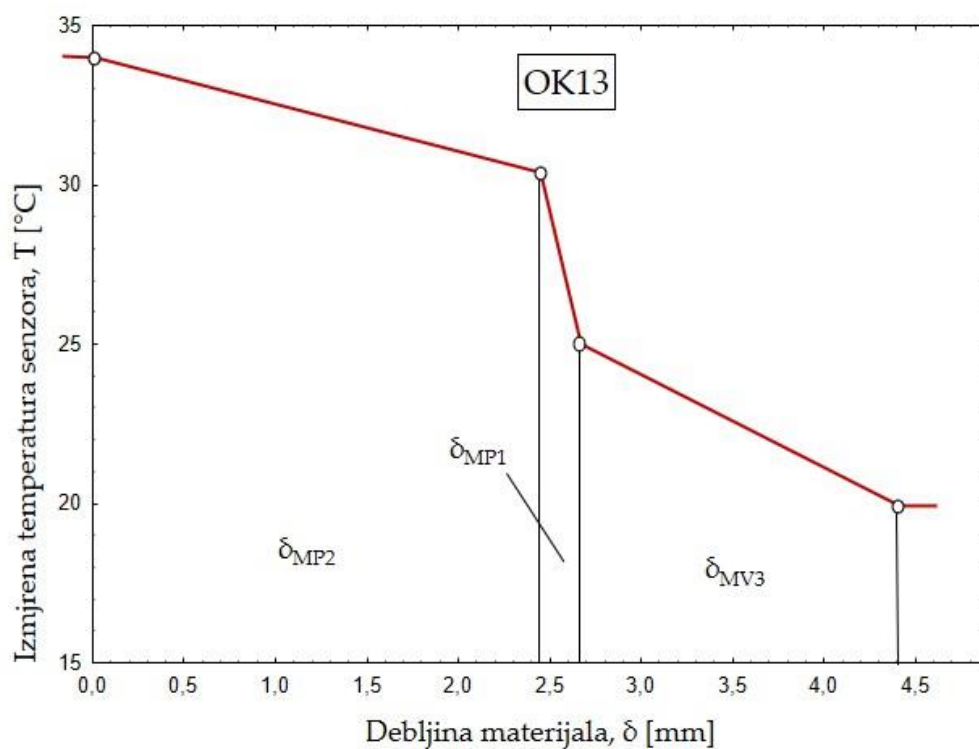
h.



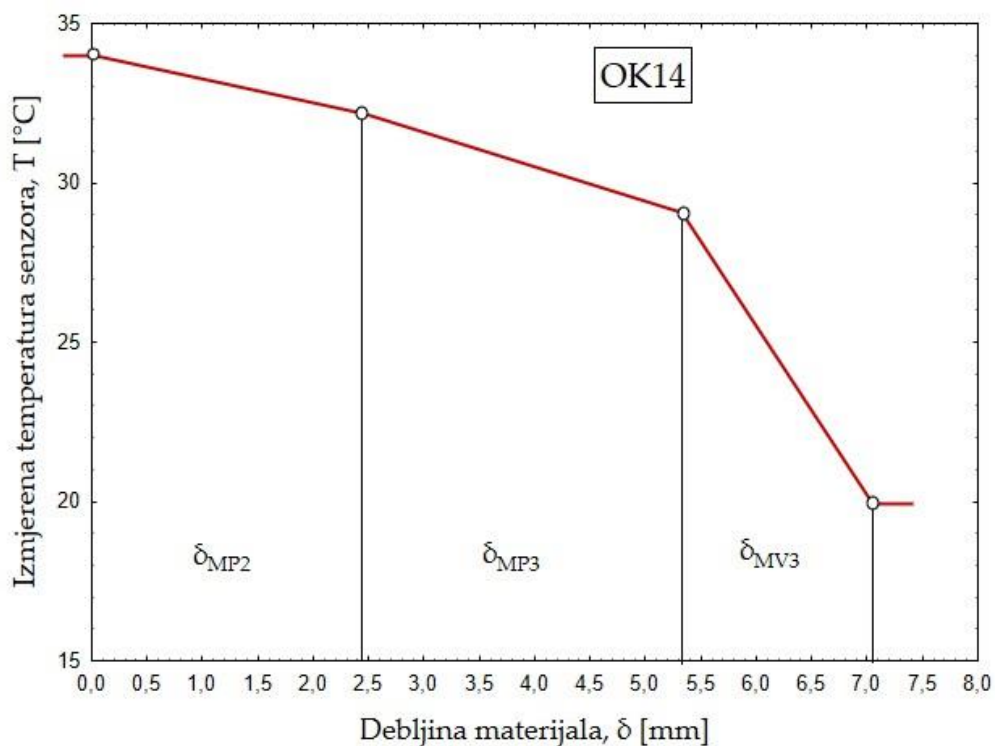
i.



j.

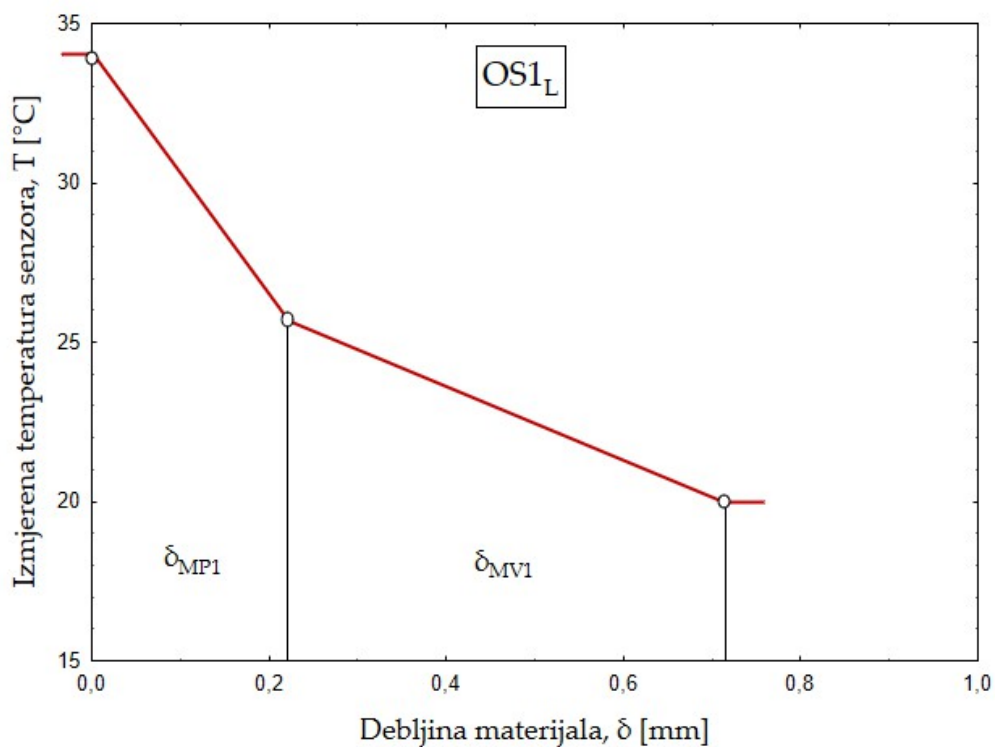


k.

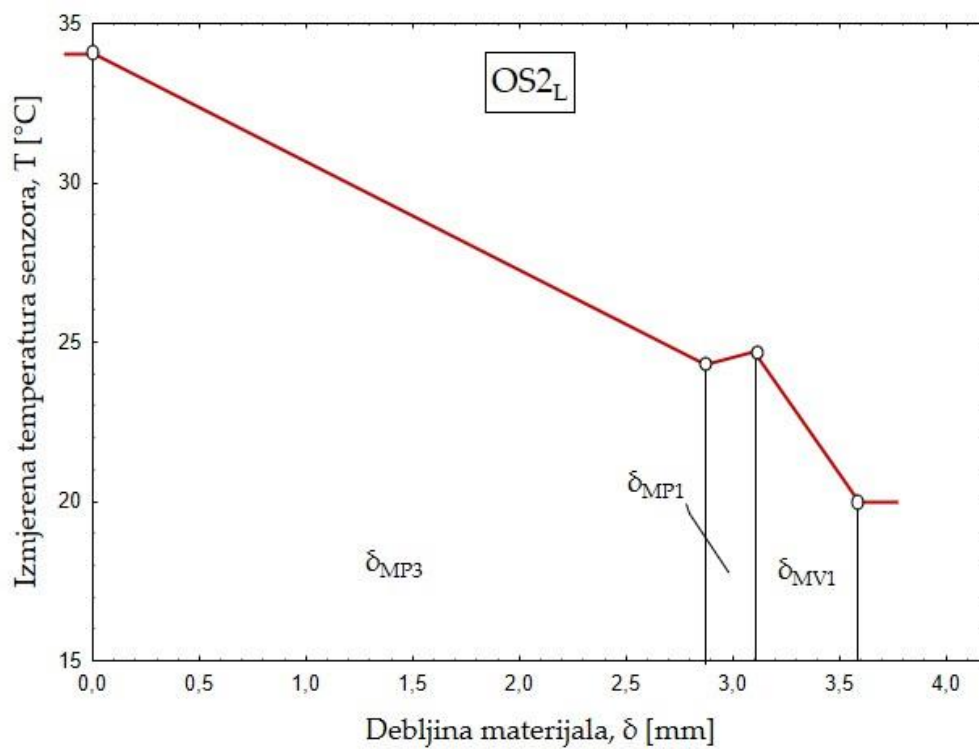


l.

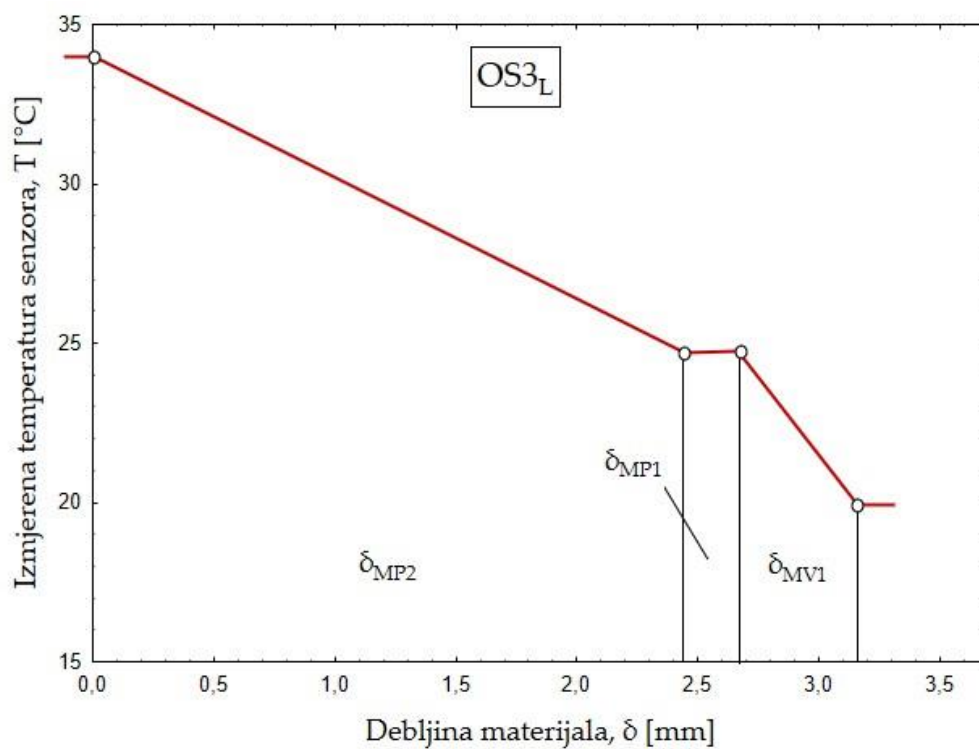
Sl. 103: Grafički prikazi diferencijalnih gradijenata temperatura odjevni kompozita: a. za odjevni kompozit OK1; b. za odjevni kompozit OK2; c. za odjevni kompozit OK3; d. za odjevni kompozit OK4; e. za odjevni kompozit OK6; f. za odjevni kompozit OK7; g. za odjevni kompozit OK8; h. za odjevni kompozit OK9; i. za odjevni kompozit OK11; j. za odjevni kompozit OK12; k. za odjevni kompozit OK13; l. za odjevni kompozit OK14



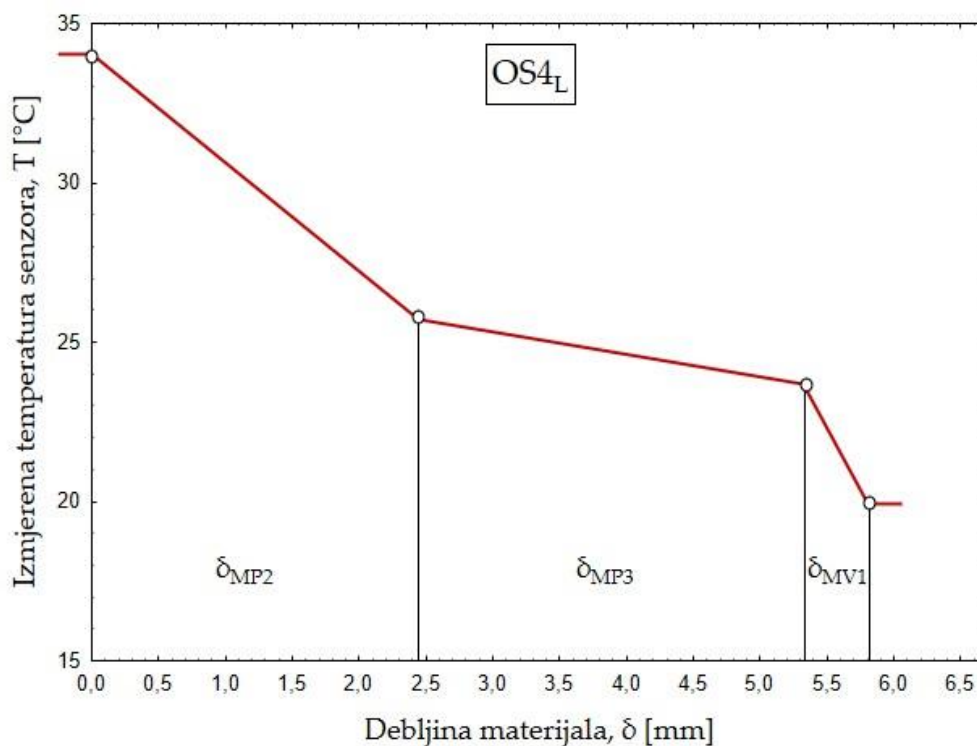
e.



f.

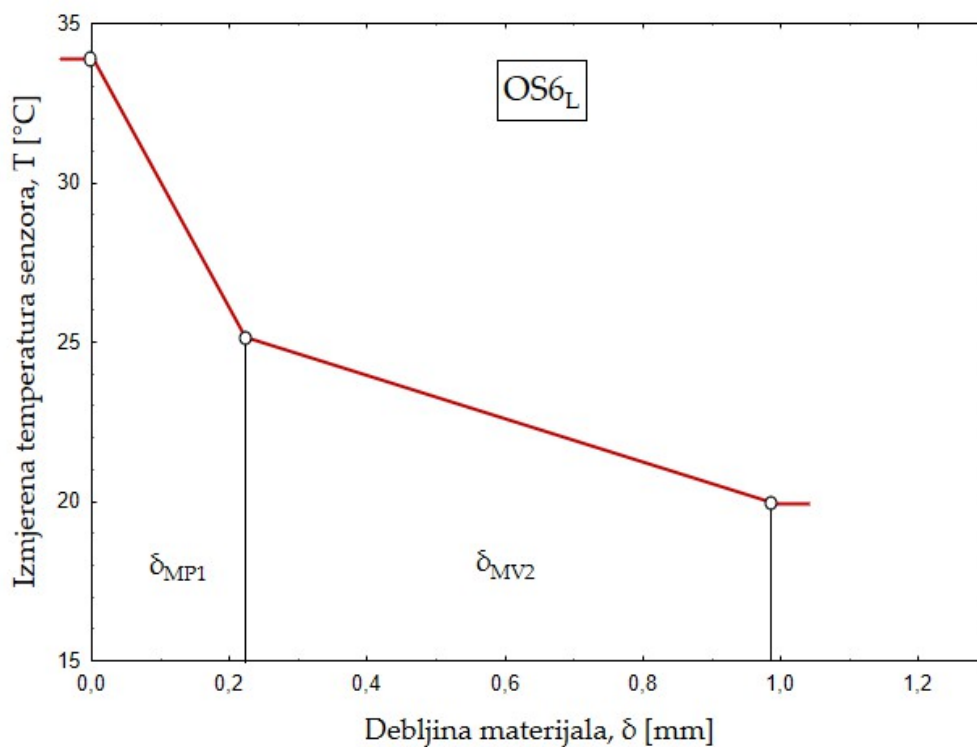


g.

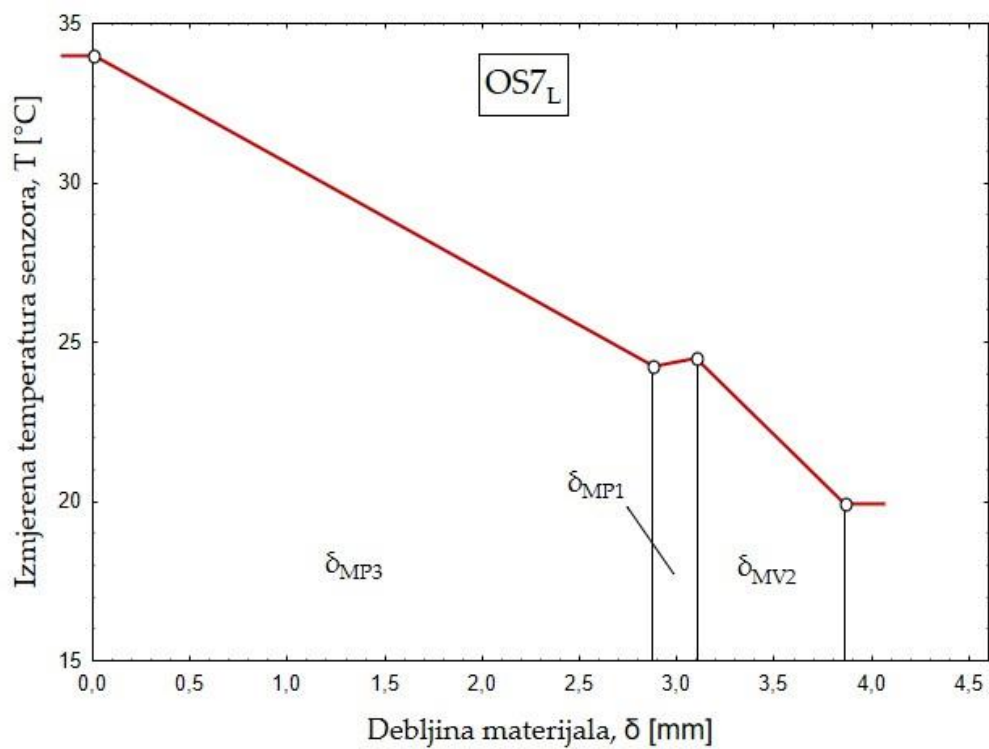


h.

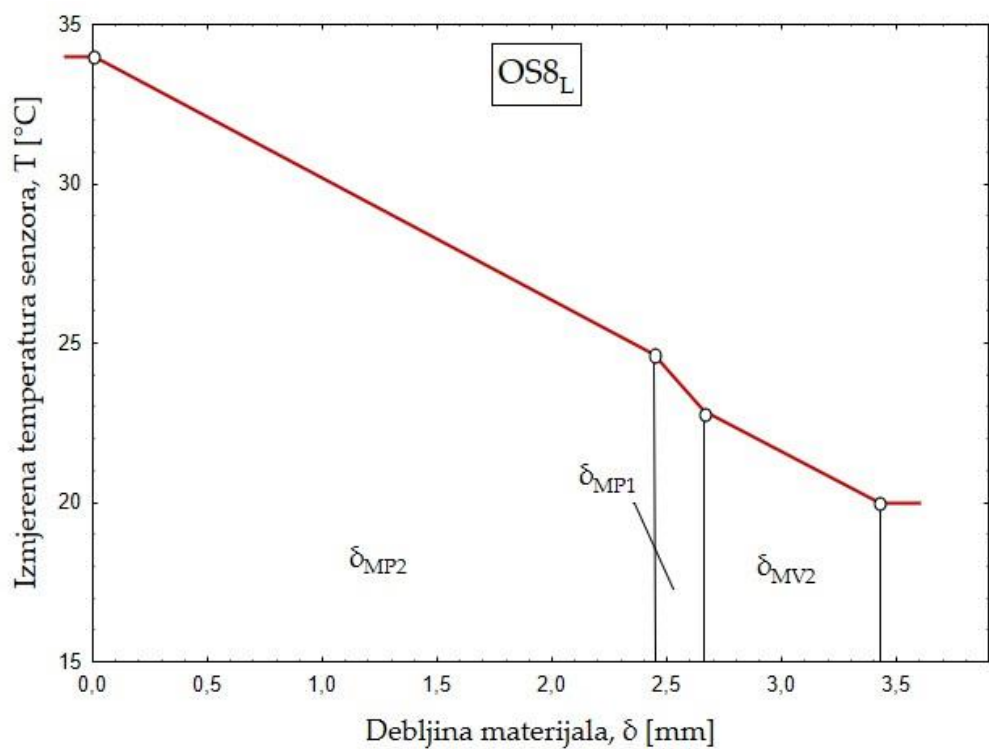
Sl. 104: Grafički prikazi rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na prvoj skupini modela odjevnih sustava ($OS1$ - $OS4$), na području leda: a. na odjevnom sustavu $OS1_L$; b. na odjevnom sustavu $OS2_L$; c. na odjevnom sustavu $OS3_L$; d. na odjevnom sustavu $OS4_L$.



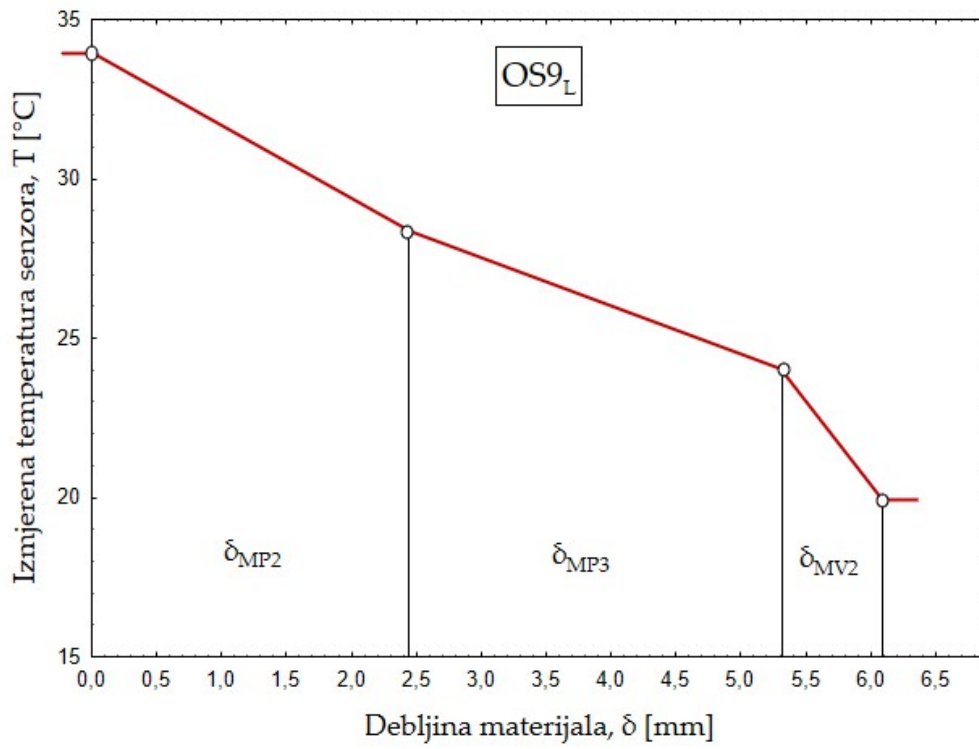
a.



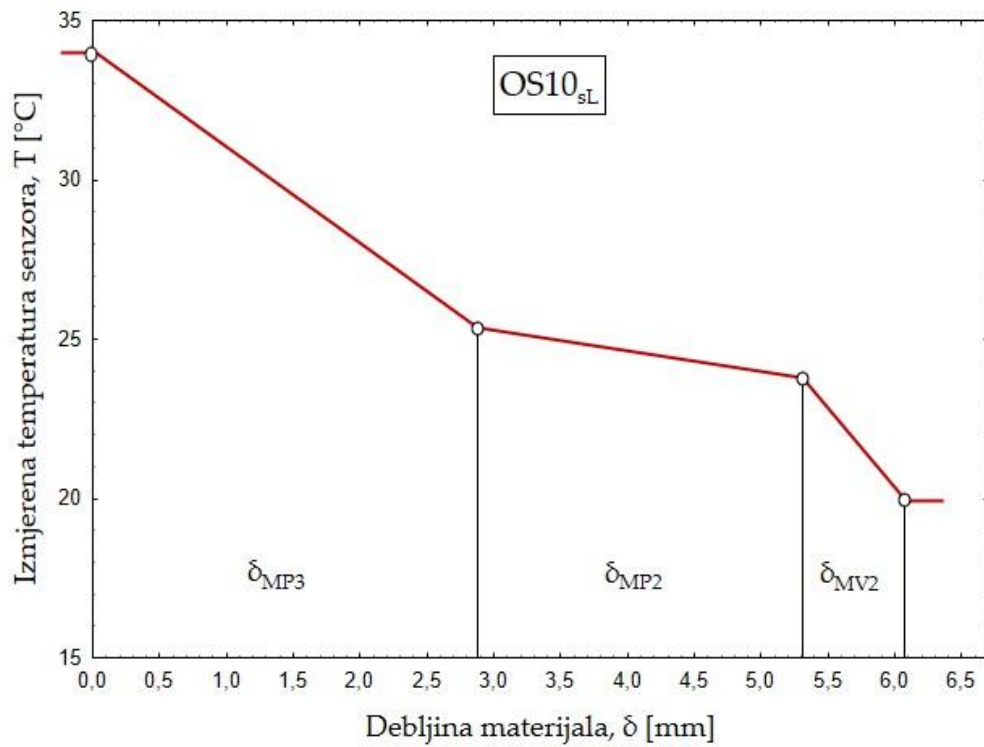
b.



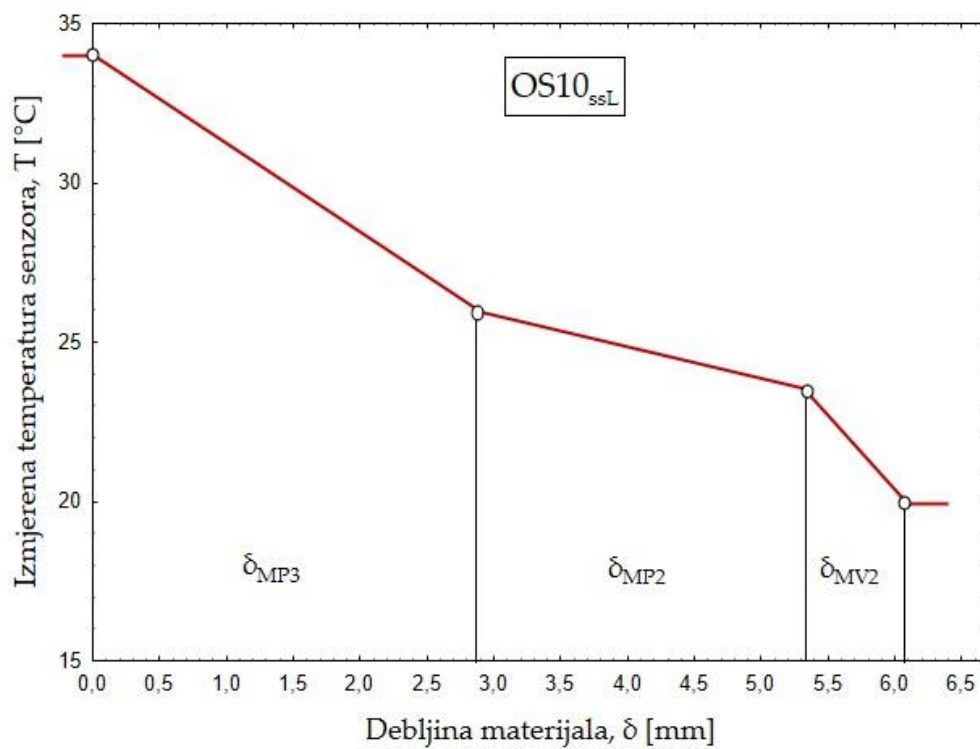
c.



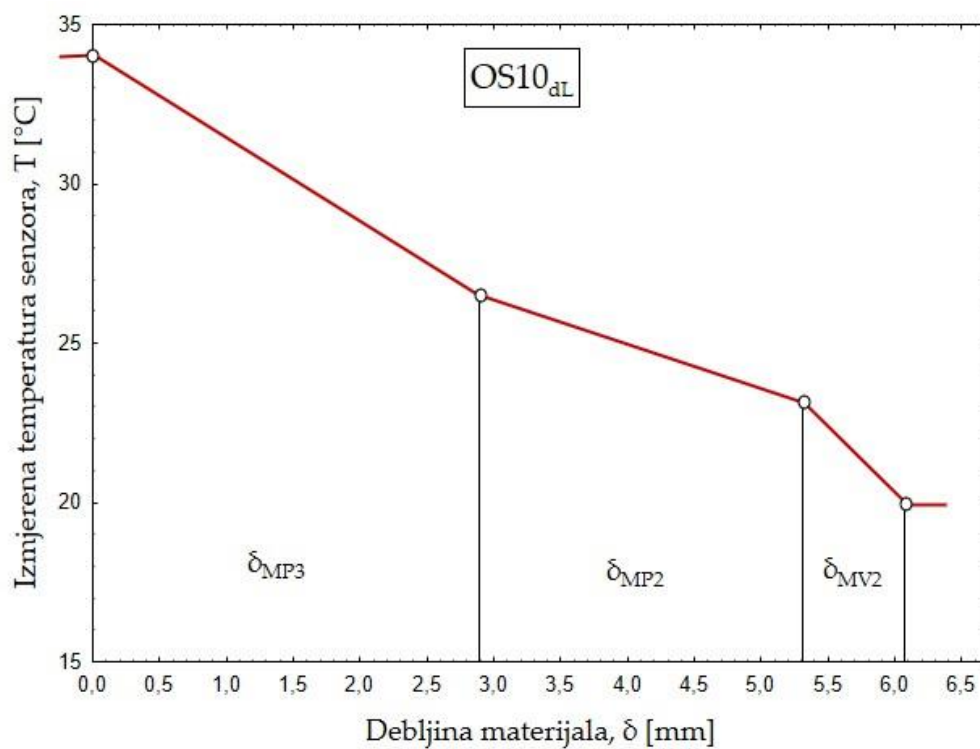
d.



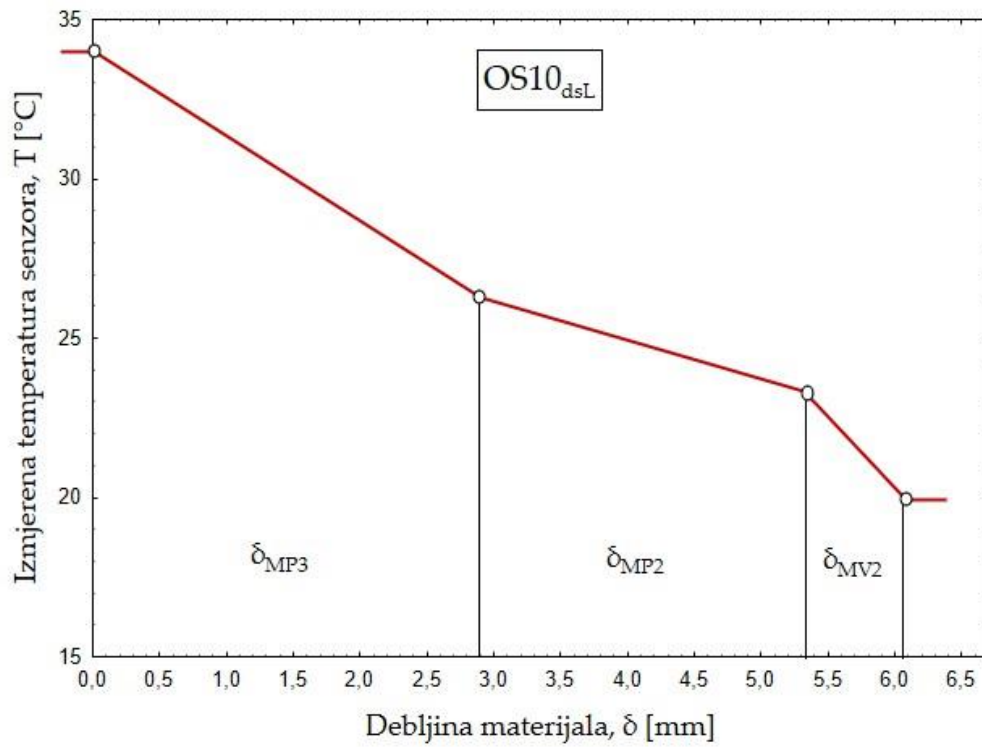
e.



f.

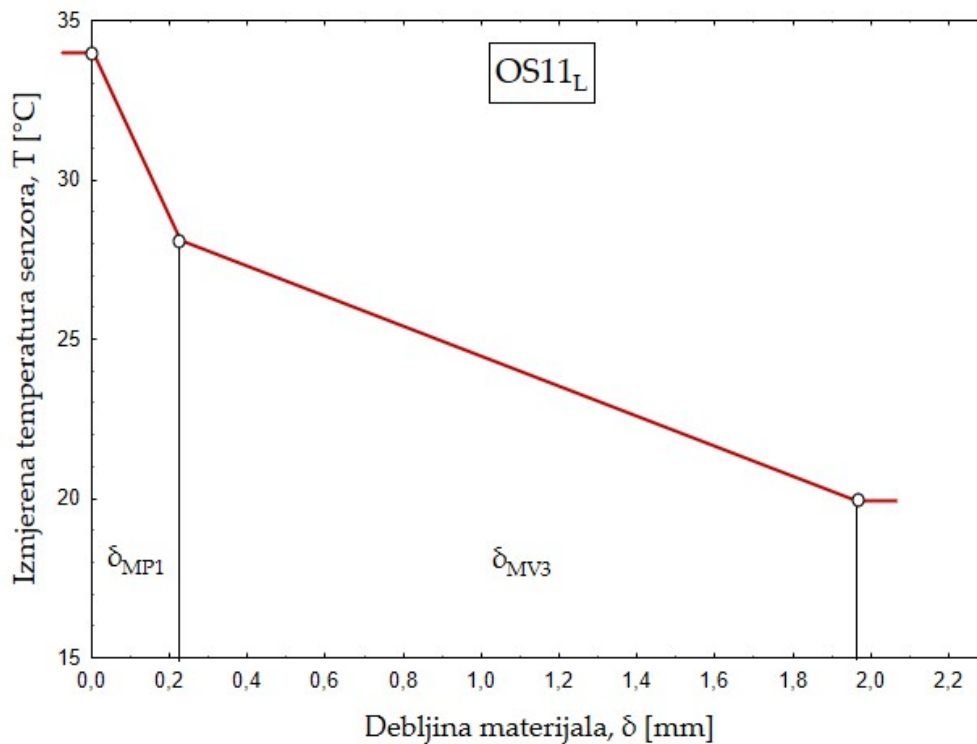


g.

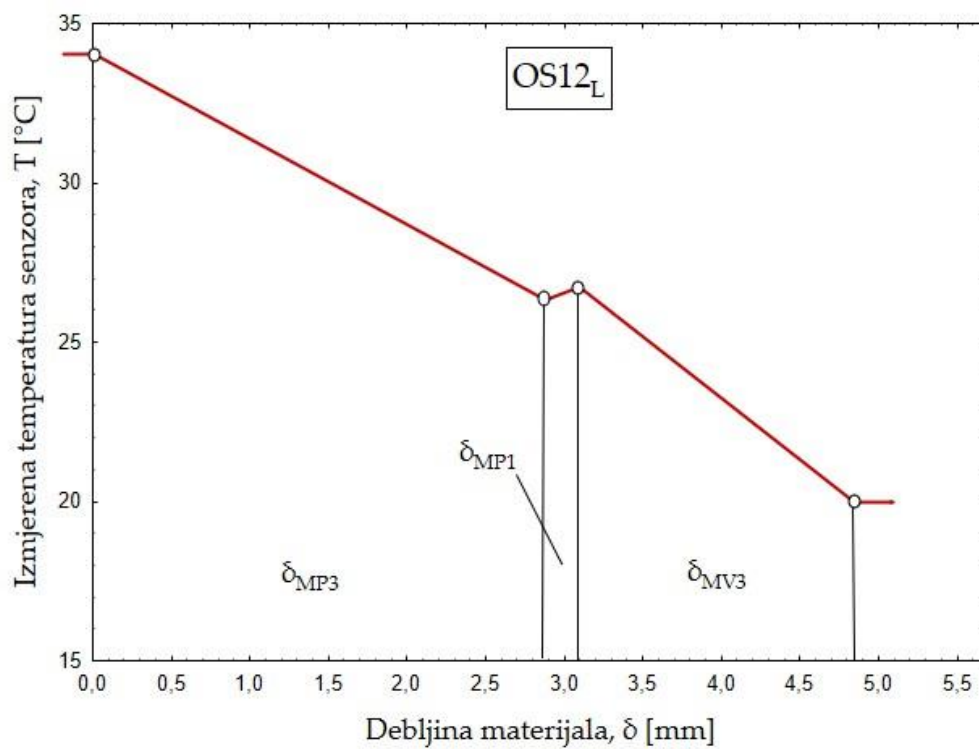


h.

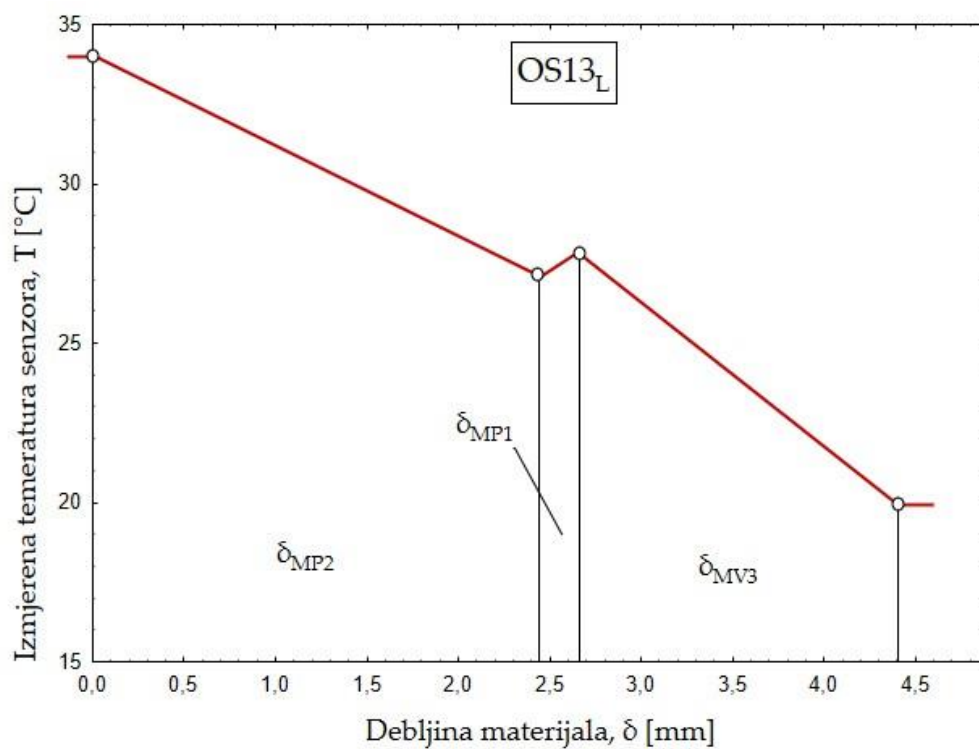
Sl. 105: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na prooj skupini modela odjevnih sustava (OS6-OS9), na području leda: a. na odjevnom sustavu OS6_L; b. na odjevnom sustavu OS7_L; c. na odjevnom sustavu OS8_L; d. na odjevnom sustavu OS9_L; e. na odjevnom sustavu OS10_{sL}; f. na odjevnom sustavu OS10_{ssL}; g. na odjevnom sustavu OS10_{aL}; h. na odjevnom sustavu OS10_{dsL}



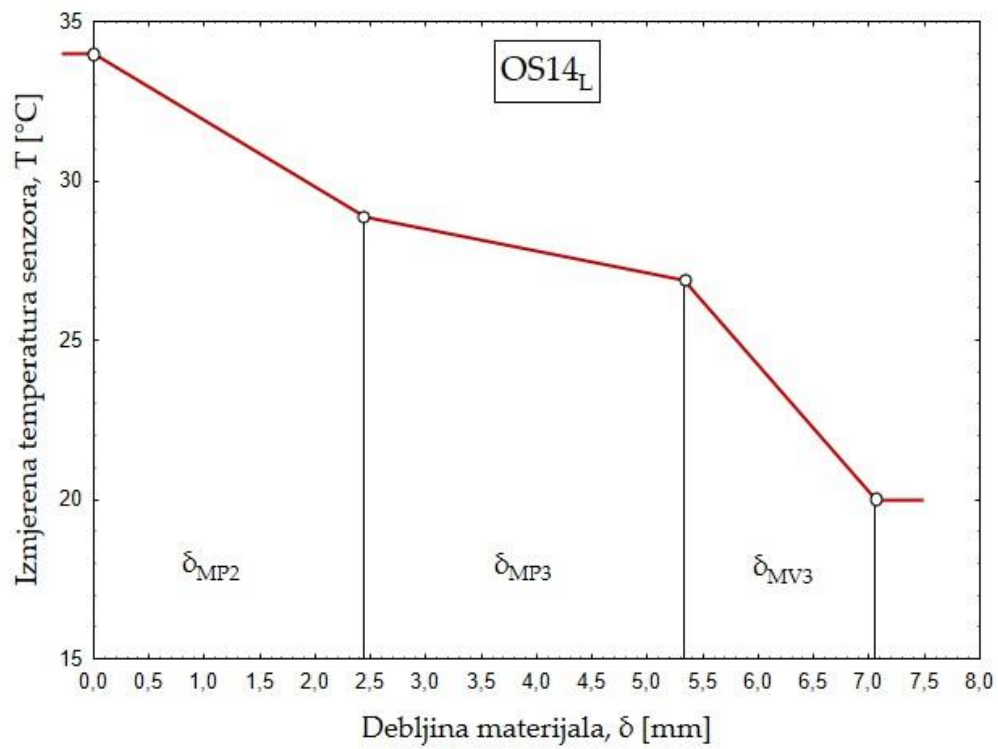
a.



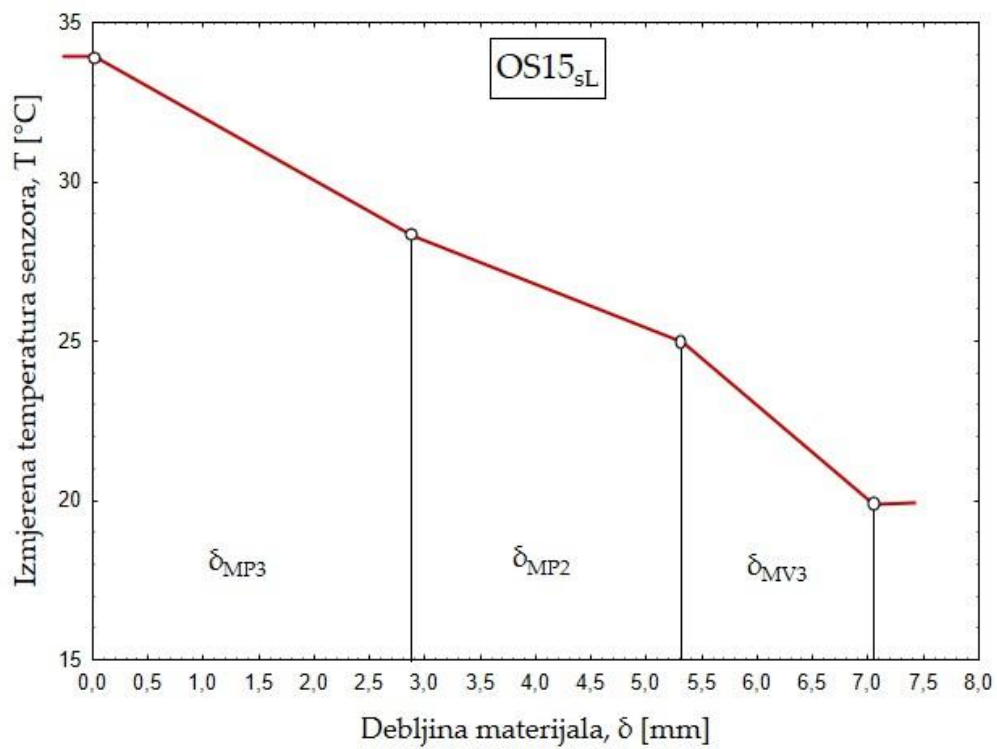
b.



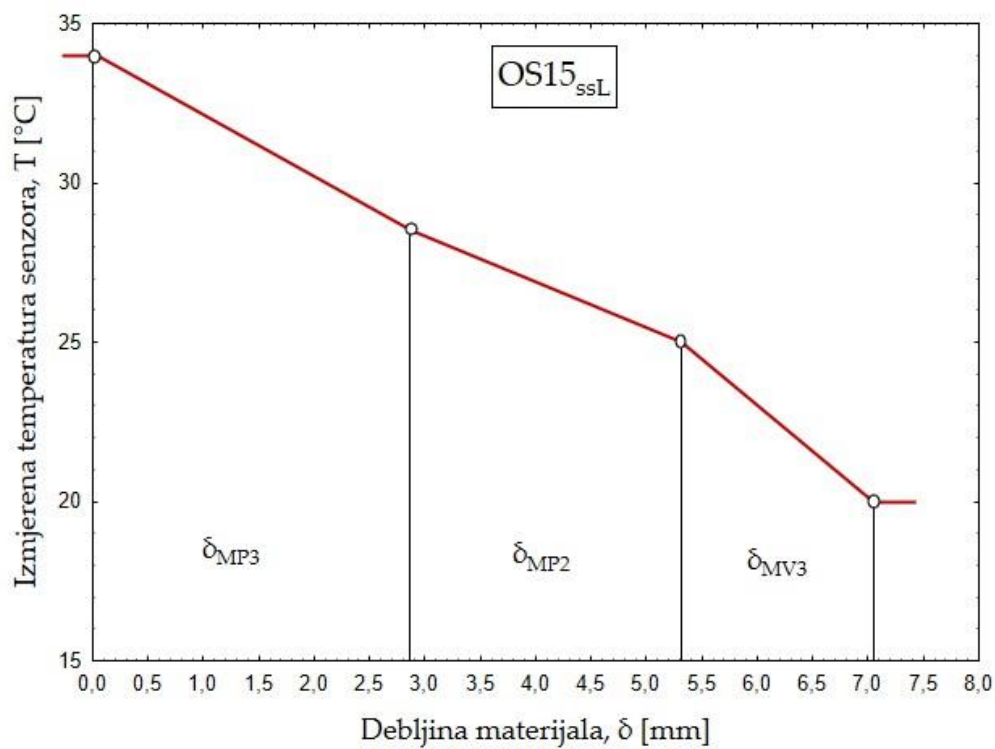
c.



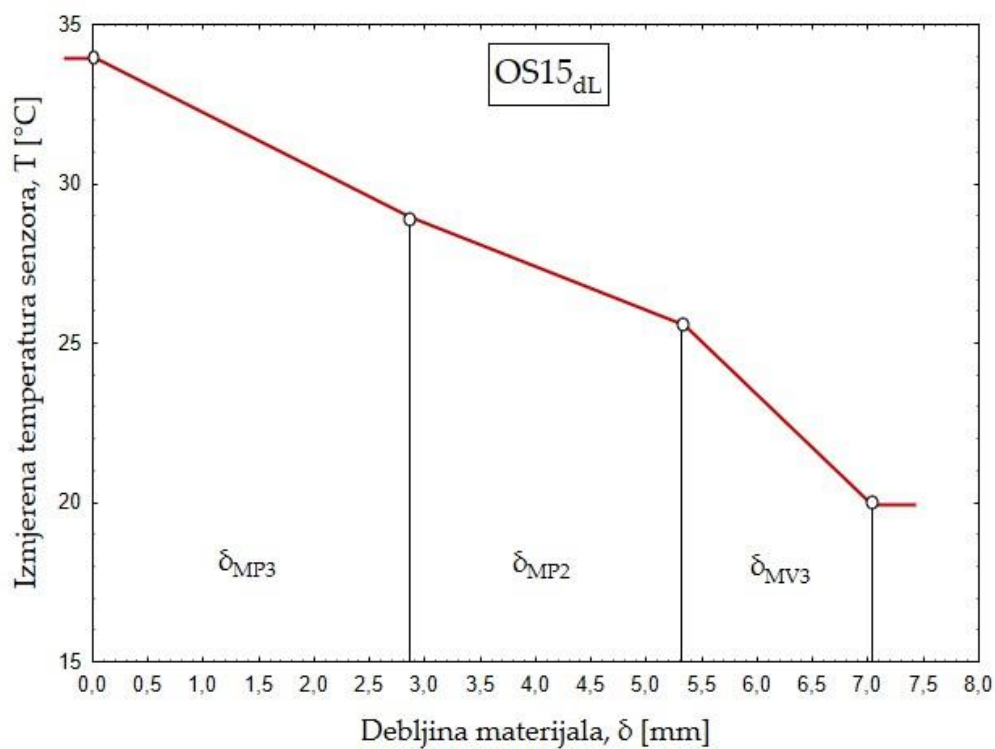
d.



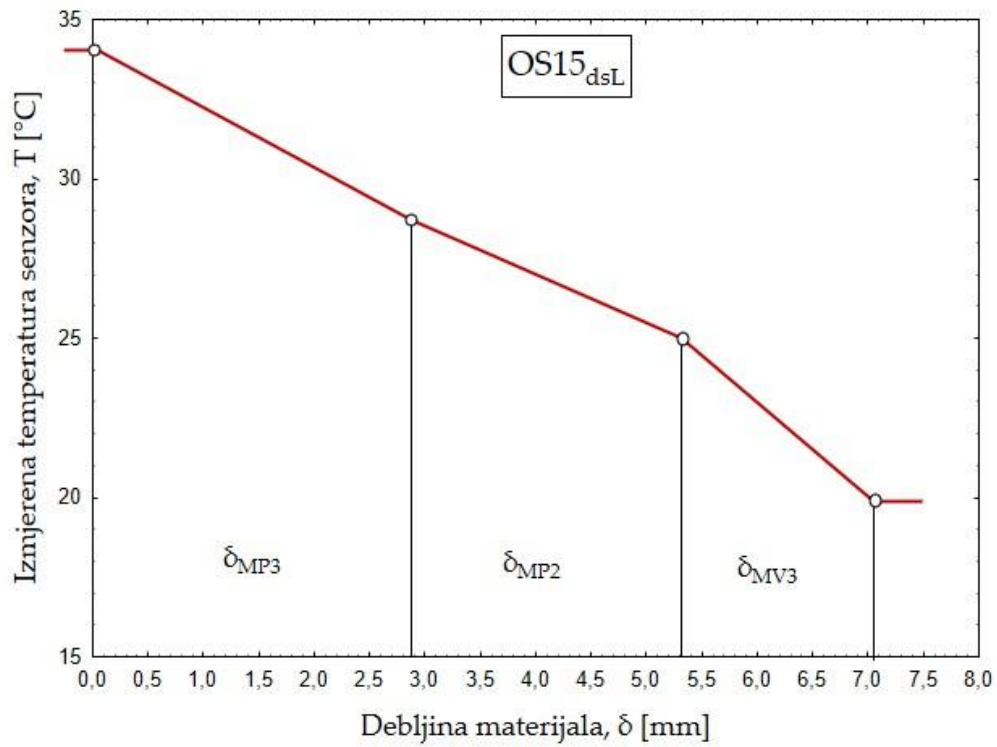
e.



f.

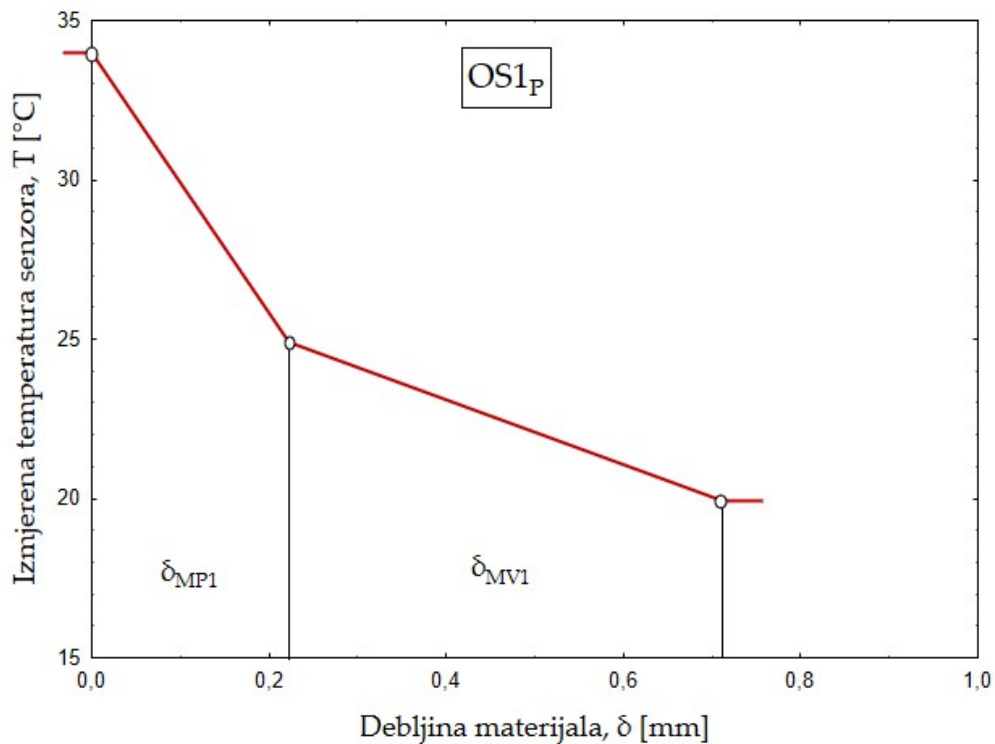


g.

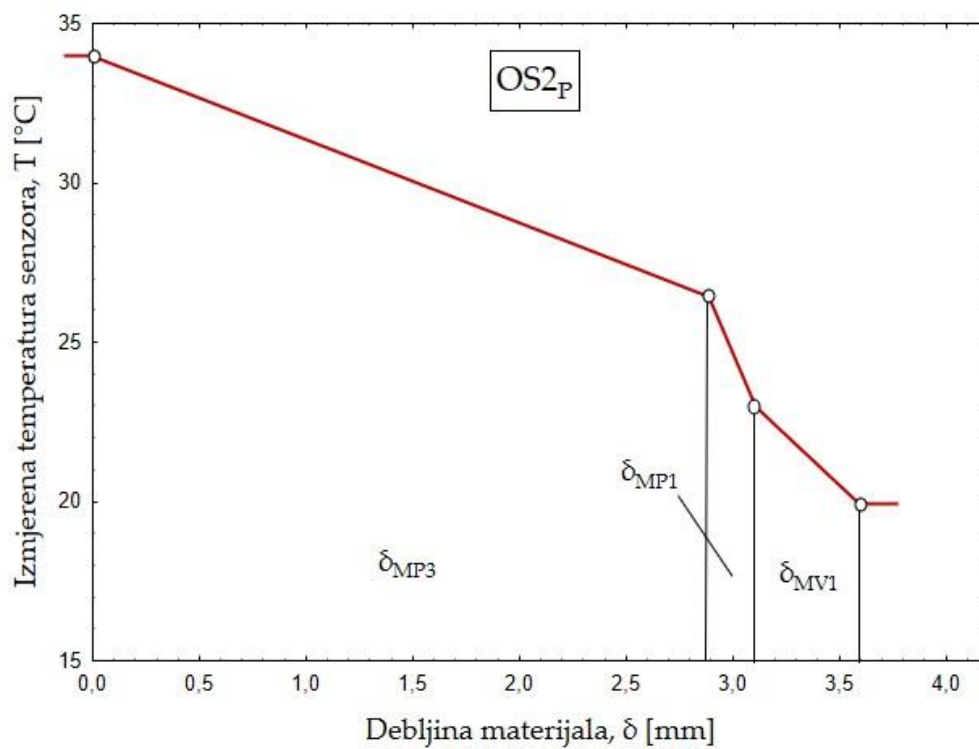


h.

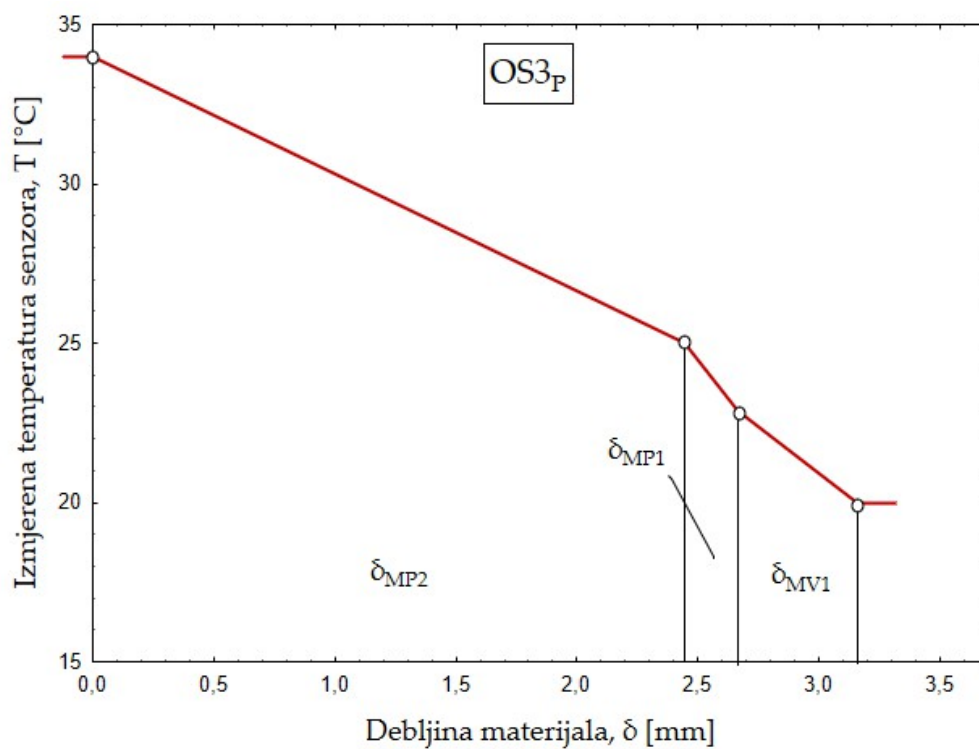
Sl. 106: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na trećoj skupini modela odjevnih sustava (OS11-OS14), na području leda: a. na odjevnom sustavu OS11L; b. na odjevnom sustavu OS12L; c. na odjevnom sustavu OS13L; d. na odjevnom sustavu OS14L; e. na odjevnom sustavu OS15sL; f. na odjevnom sustavu OS15ssL; g. na odjevnom sustavu OS15dL; h. na odjevnom sustavu OS15dsL



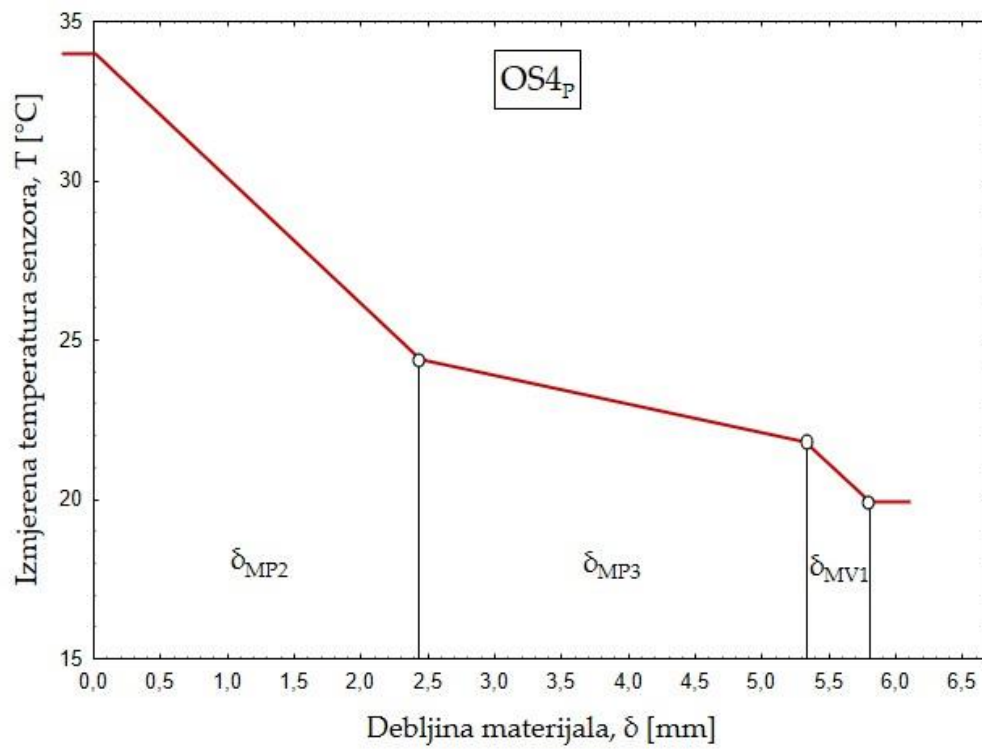
a.



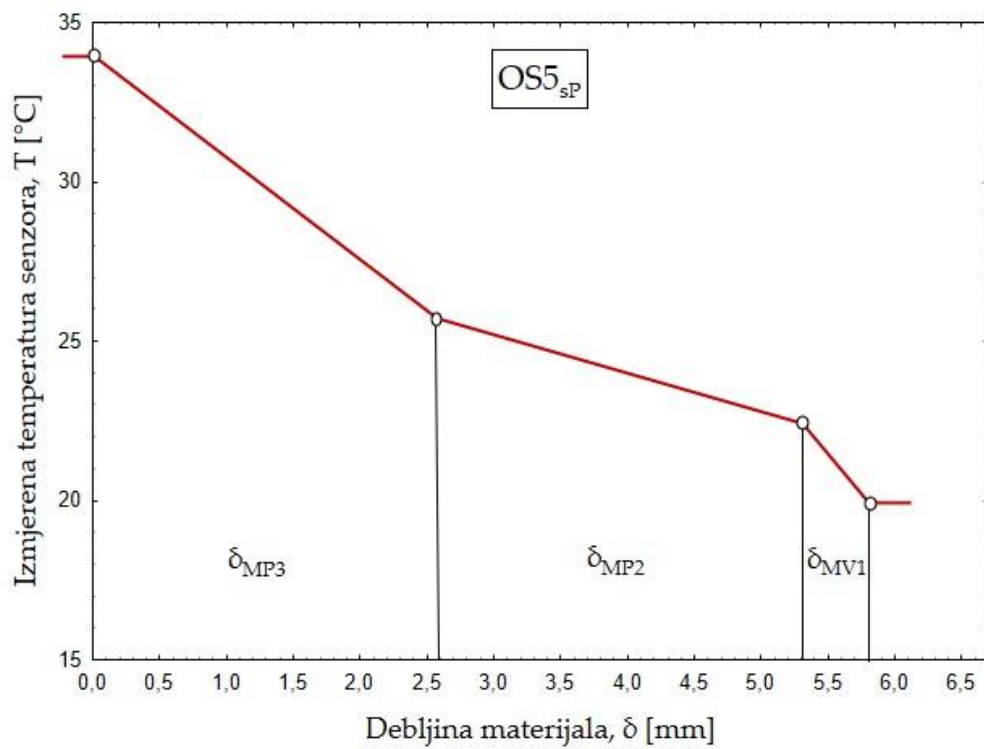
b.



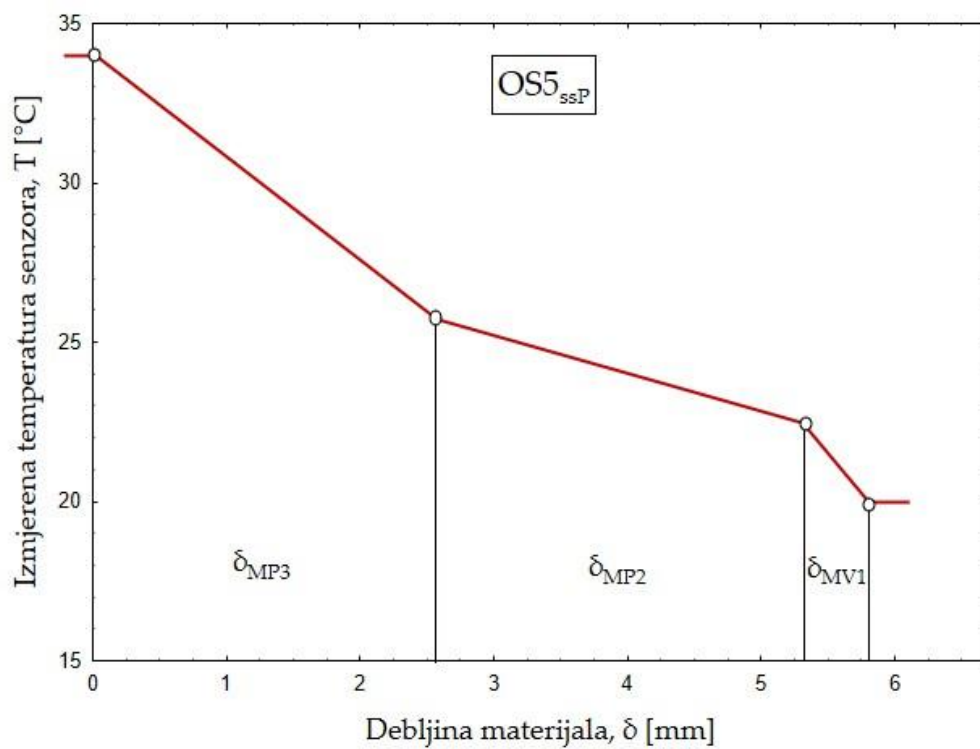
c.



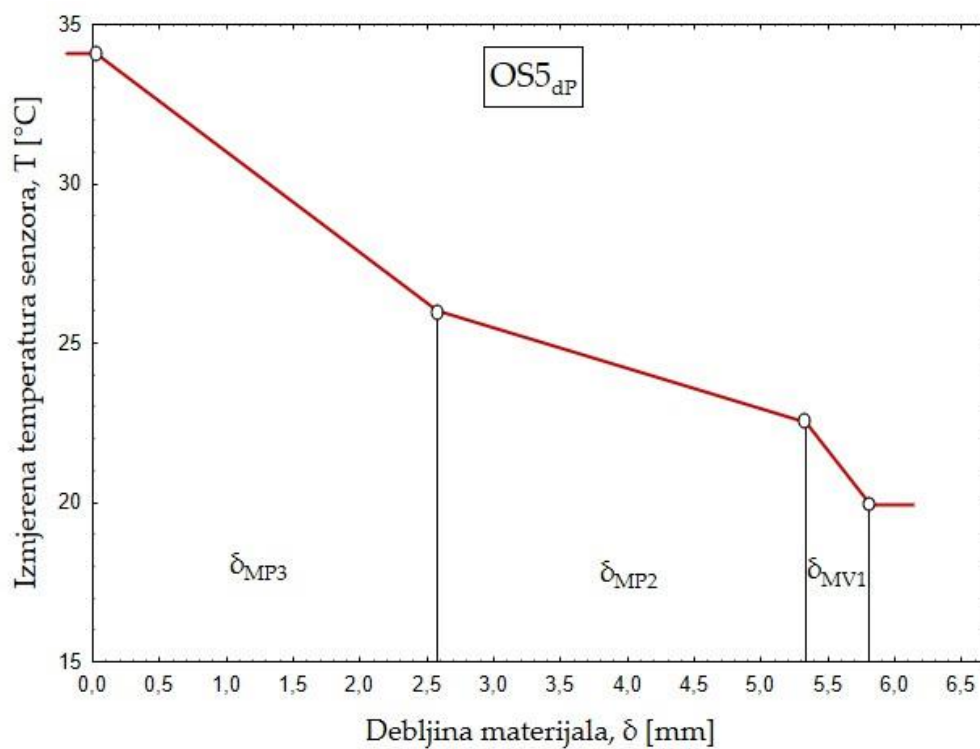
d.



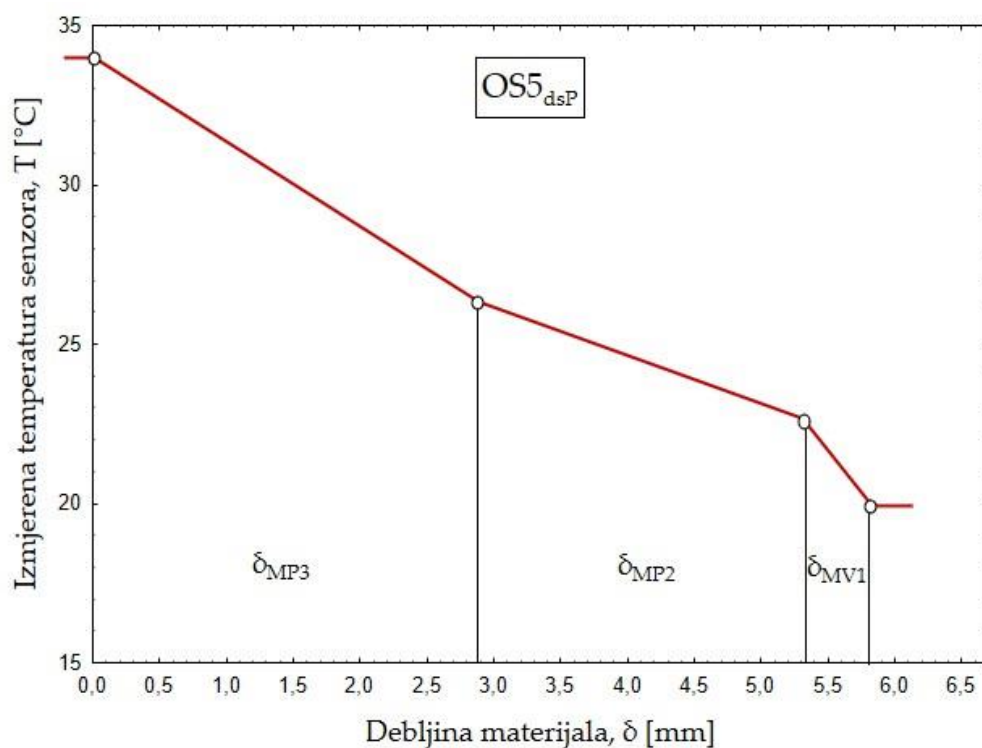
e.



f.

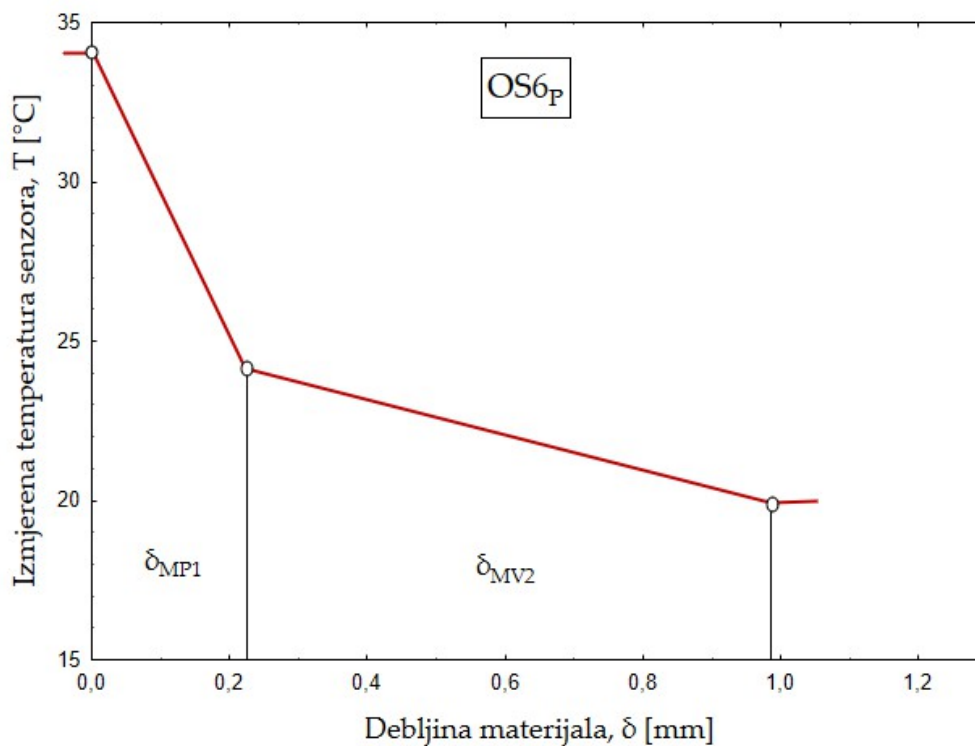


g.

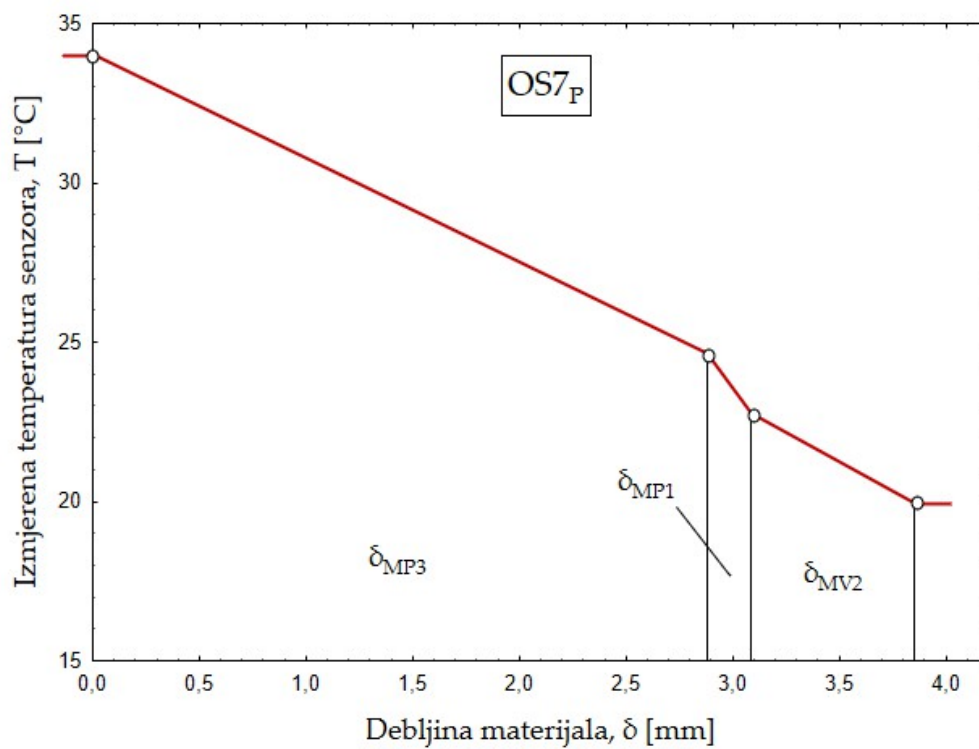


h.

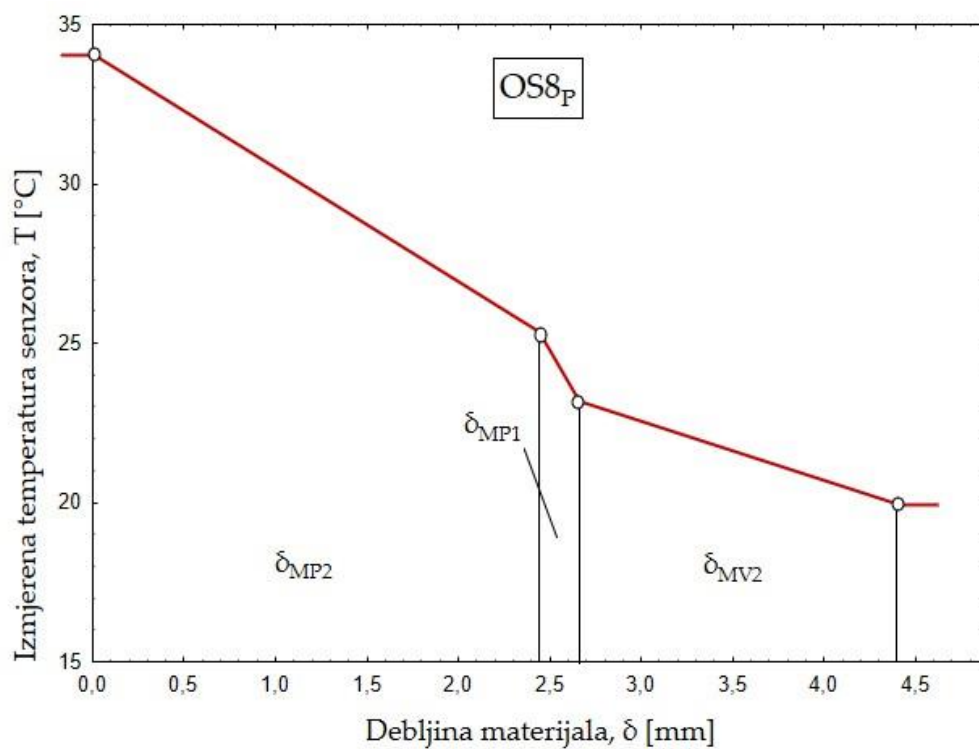
Sl. 107: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na prooj skupini modela odjevnih sustava ($OS1$ - $OS4$), na području prsa: a. na odjevnom sustavu $OS1_P$; b. na odjevnom sustavu $OS2_P$; c. na odjevnom sustavu $OS3_P$; d. na odjevnom sustavu $OS4_P$; e. na odjevnom sustavu $OS5_{sP}$; f. na odjevnom sustavu $OS5_{ssP}$; g. na odjevnom sustavu $OS5_{dP}$; h. na odjevnom sustavu $OS5_{dsP}$



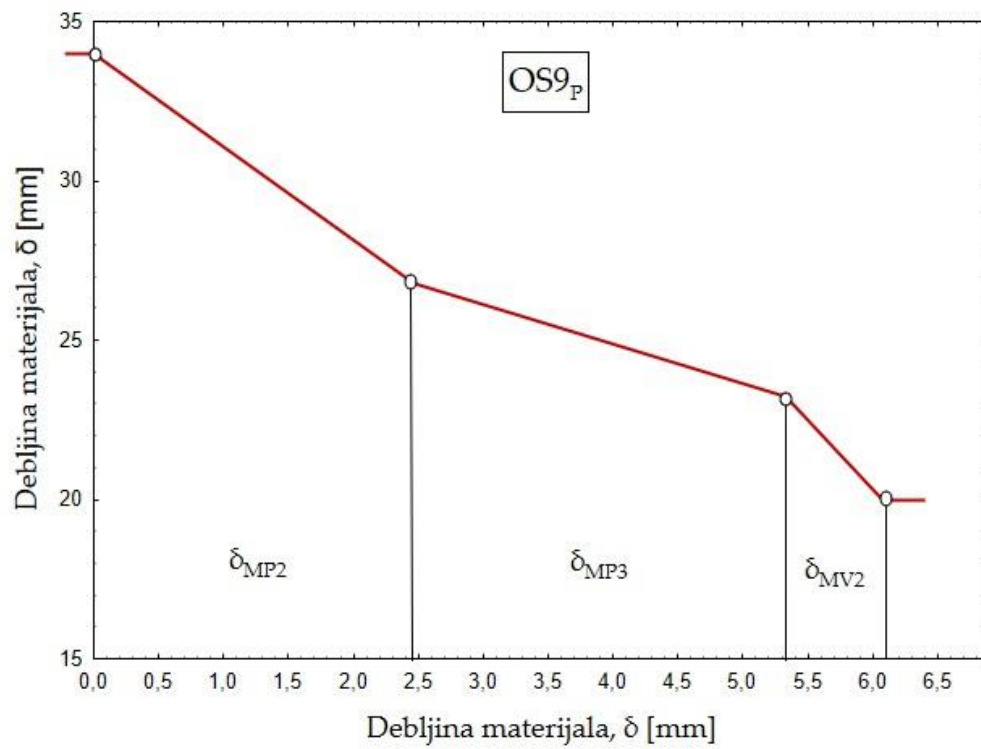
a.



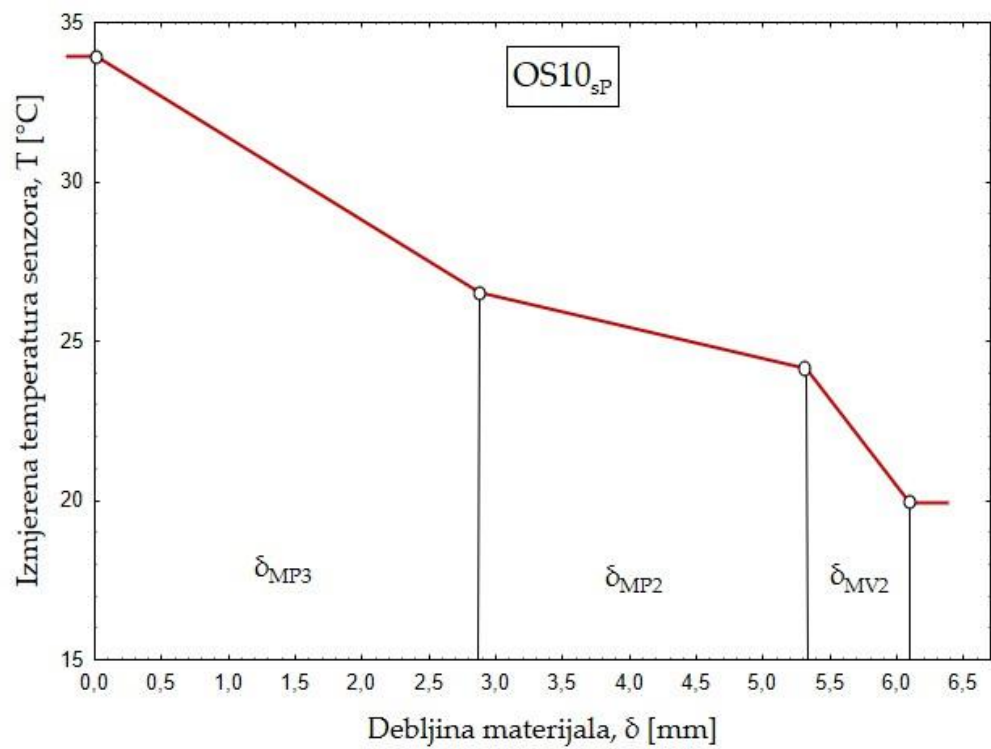
b.



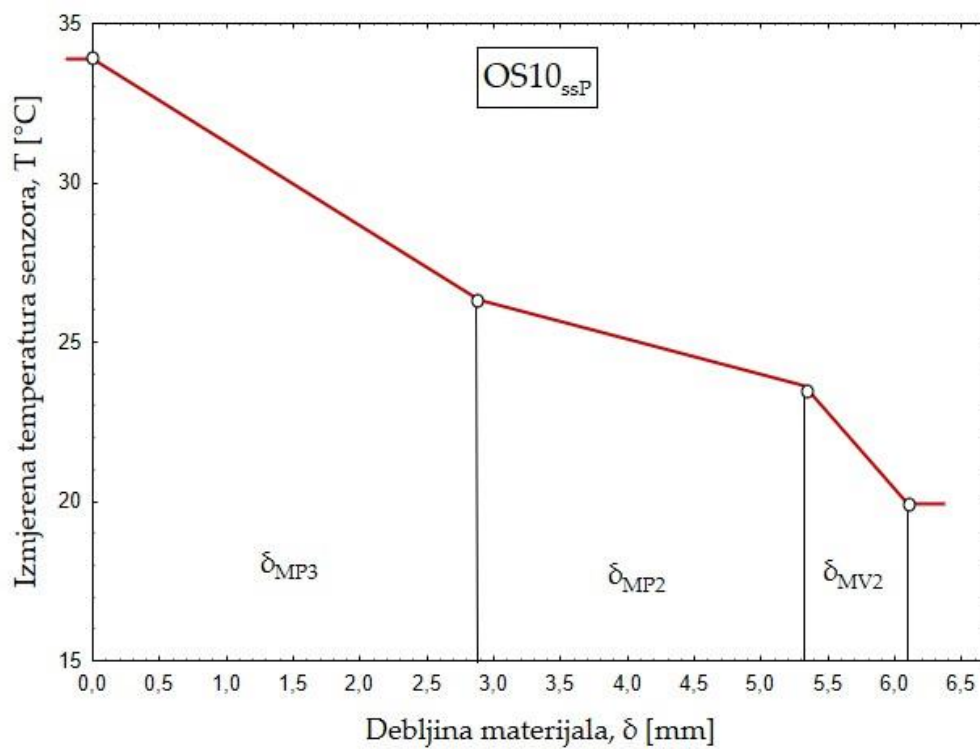
c.



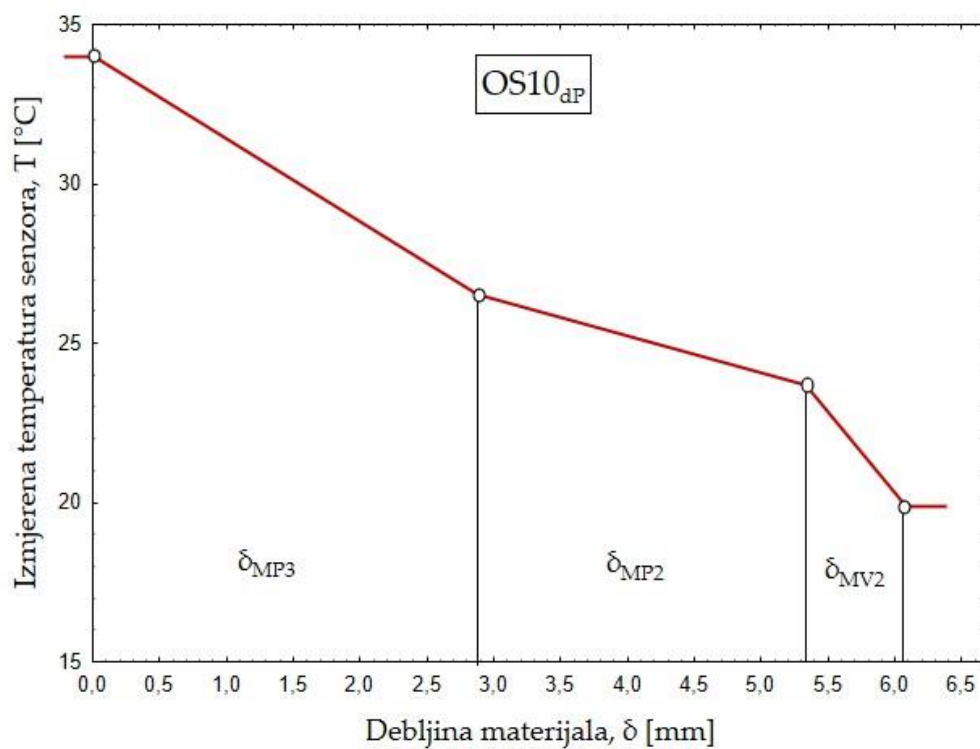
d.



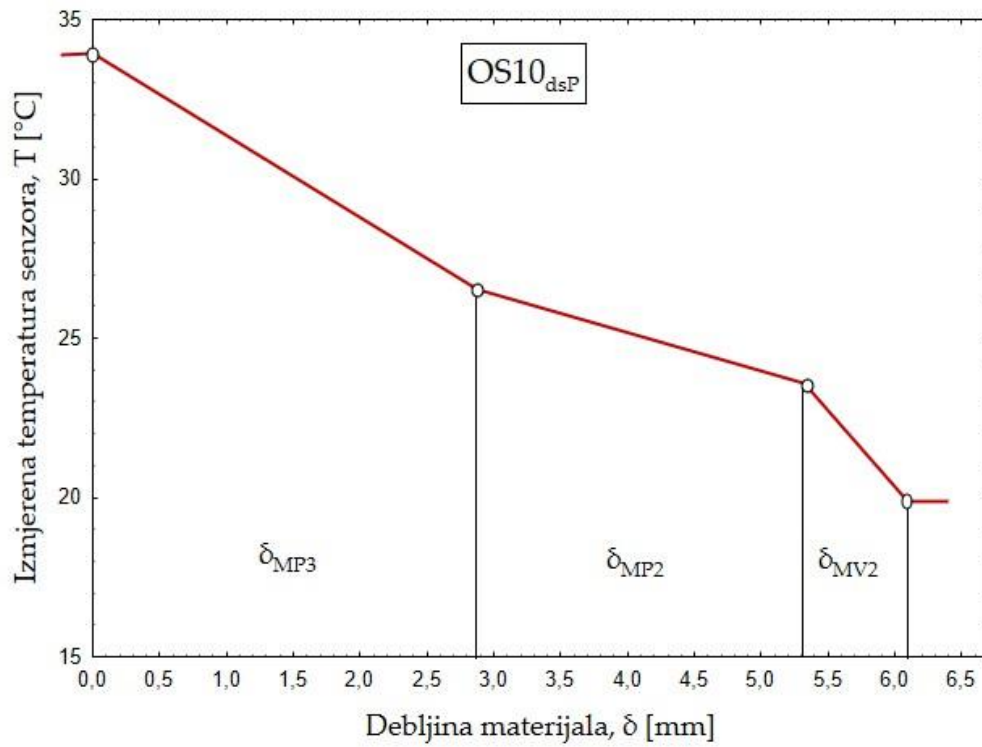
e.



f.

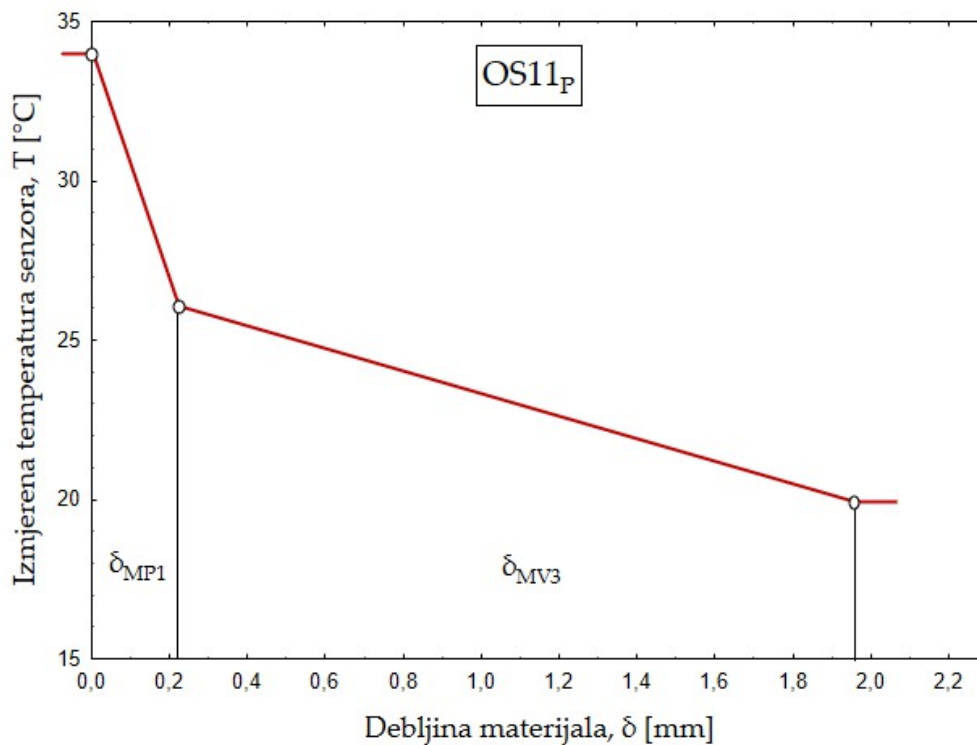


g.

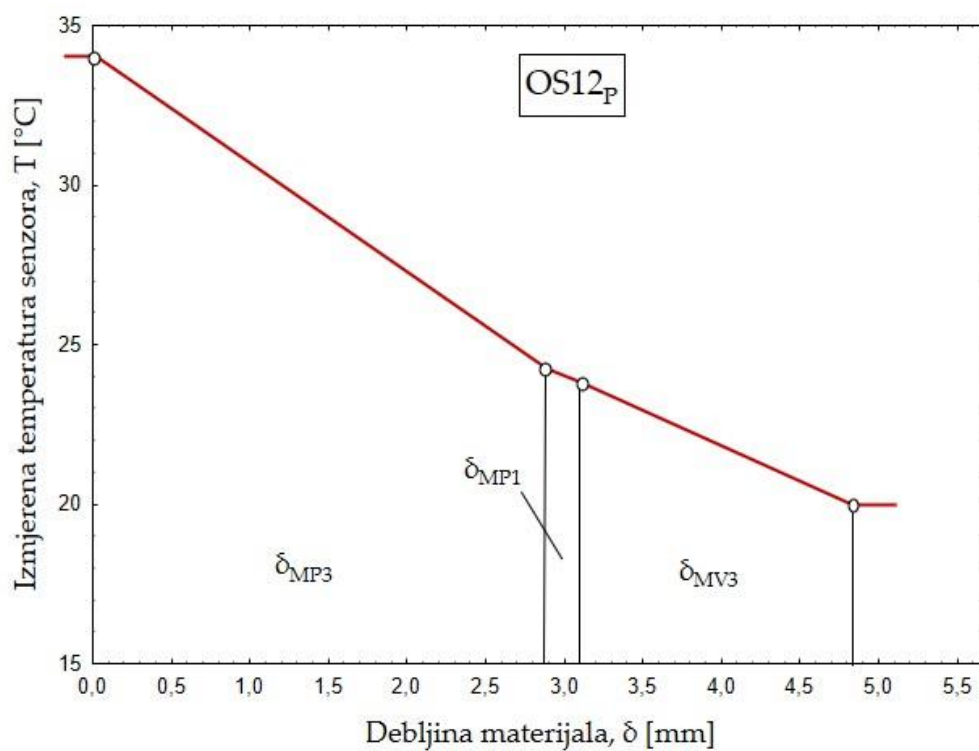


h.

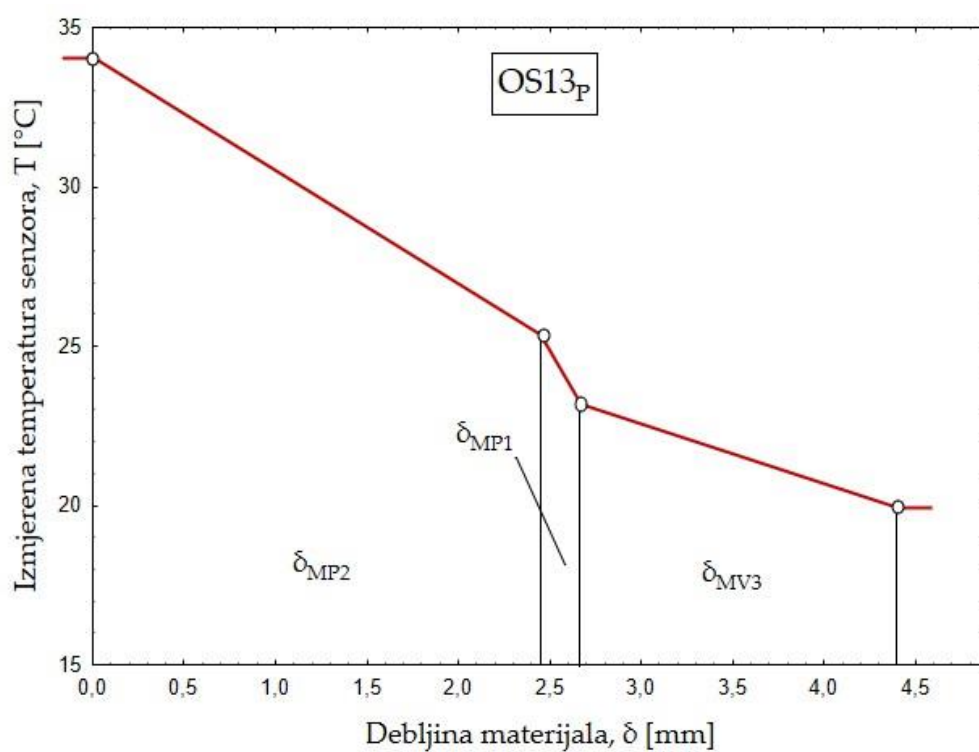
Sl. 108: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na drugoj skupini modela odjevnih sustava (OS6-OS10), na području prsa: a. na odjevnom sustavu OS6_P; b. na odjevnom sustavu OS7_P; c. na odjevnom sustavu OS8_P; d. na odjevnom sustavu OS9_P; e. na odjevnom sustavu OS10_{SP}; f. na odjevnom sustavu OS10_{SSP}; g. na odjevnom sustavu OS10_{AP}; h. na odjevnom sustavu OS10_{dsP}



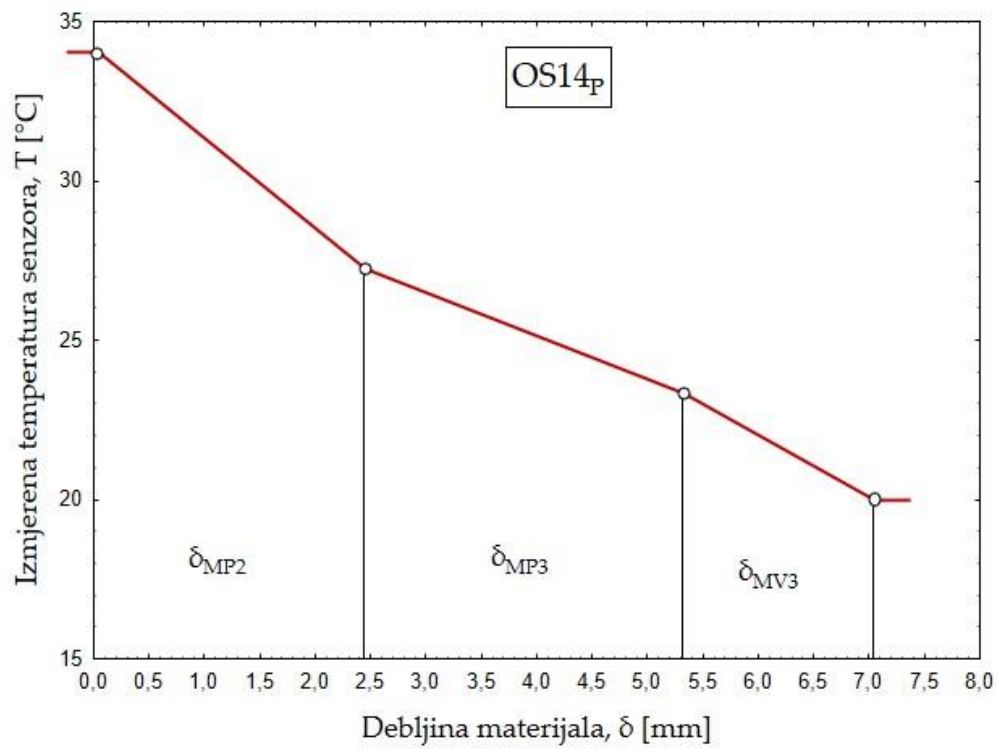
a.



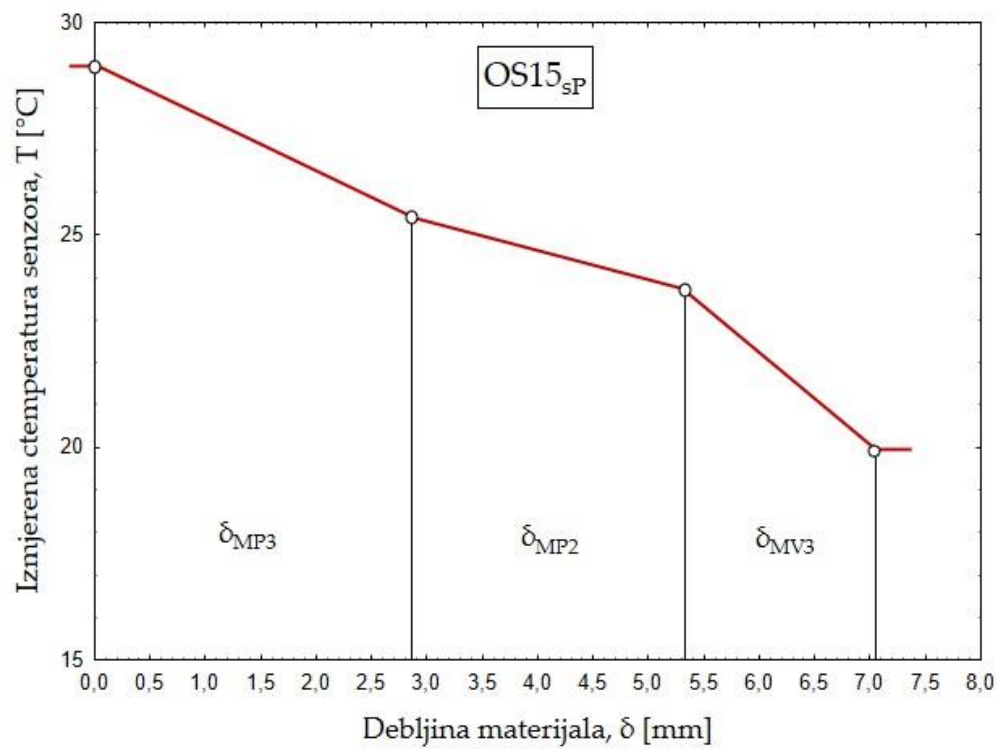
b.



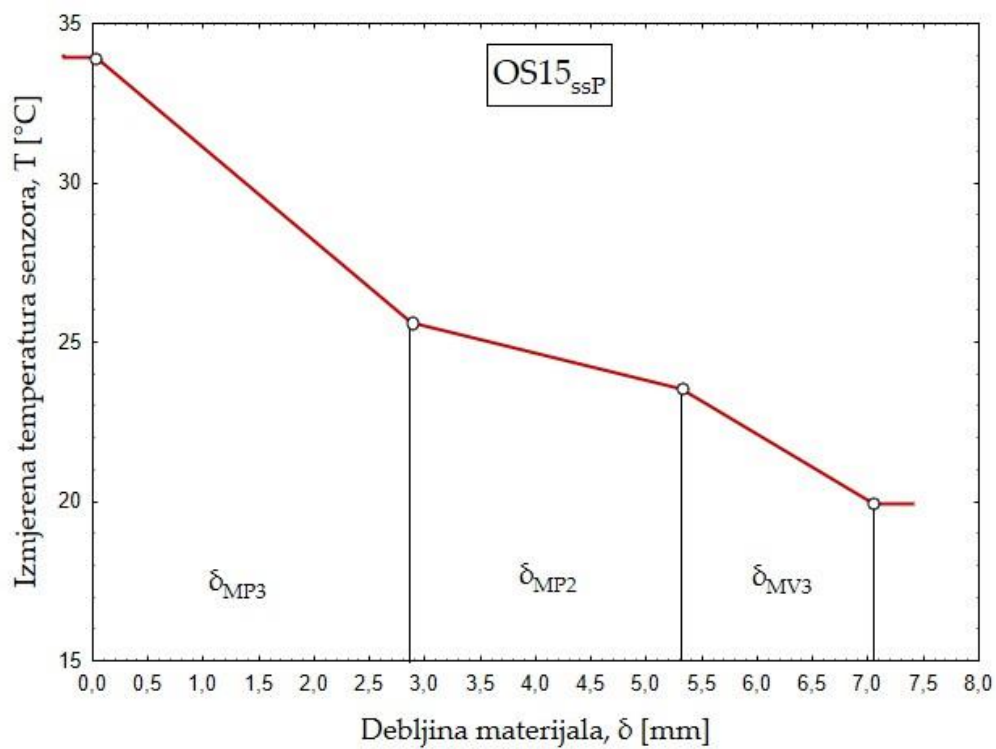
c.



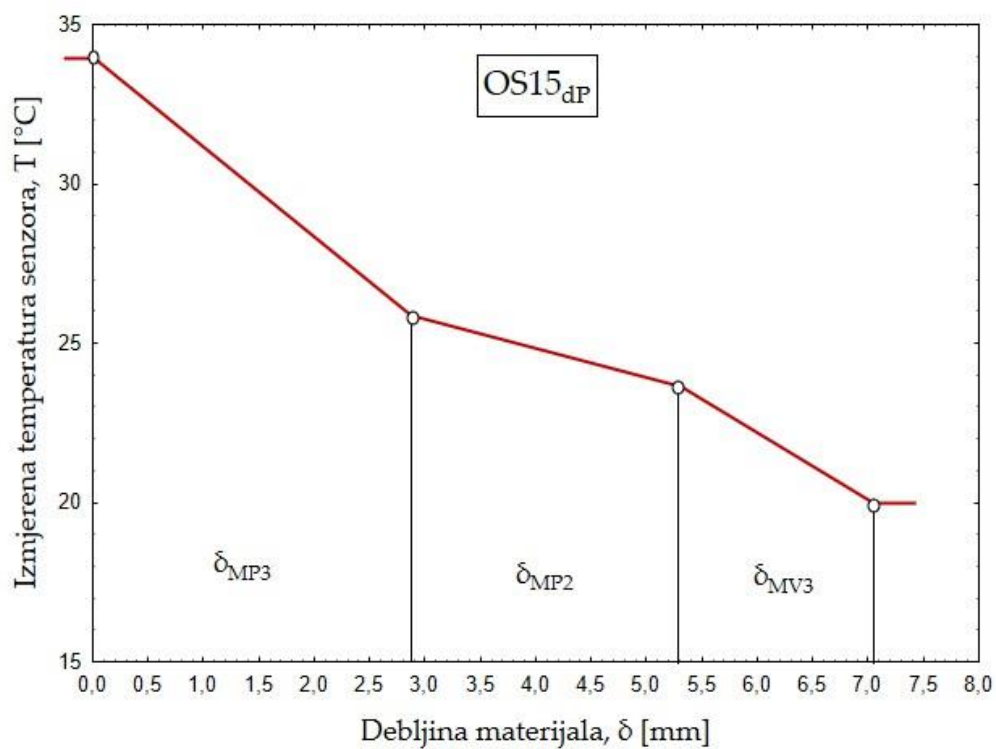
d.



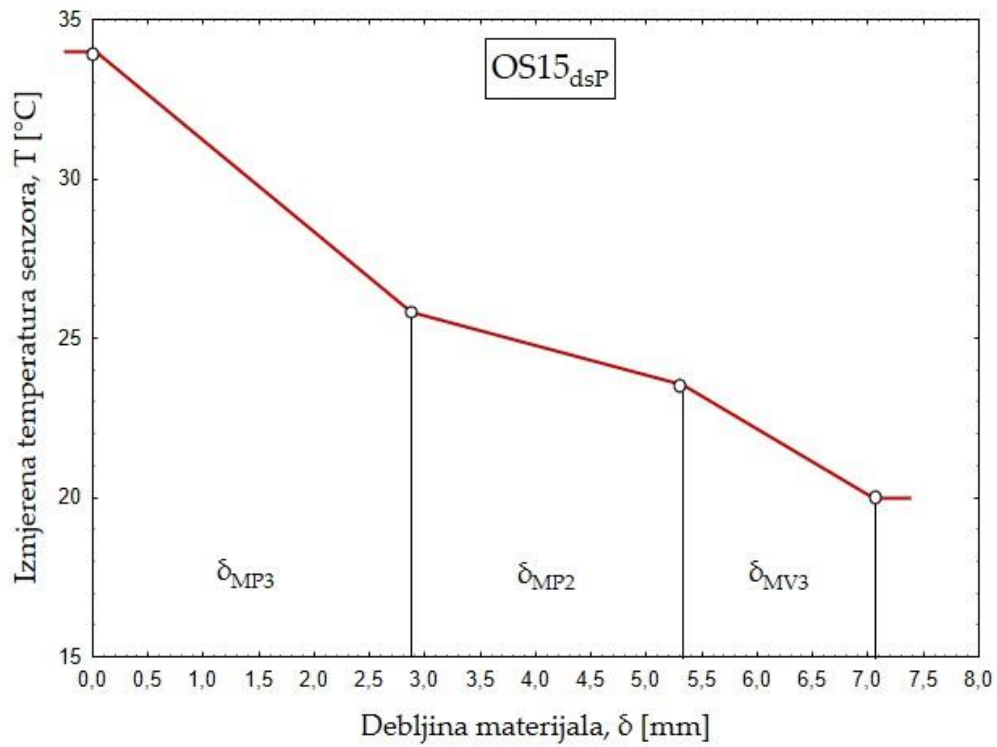
e.



f.

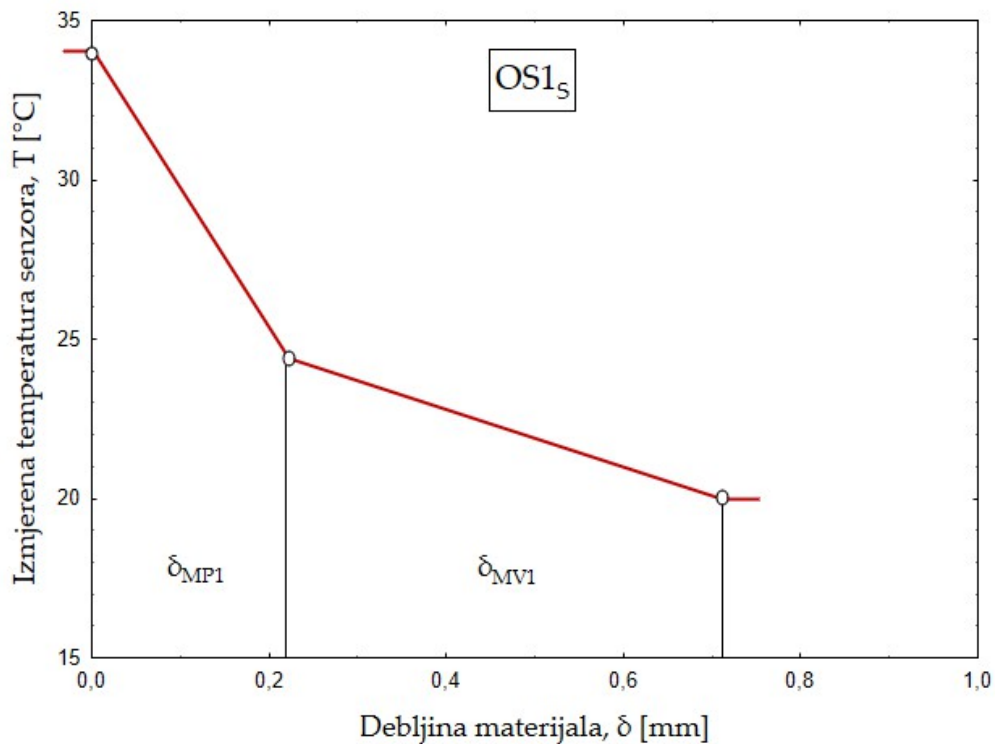


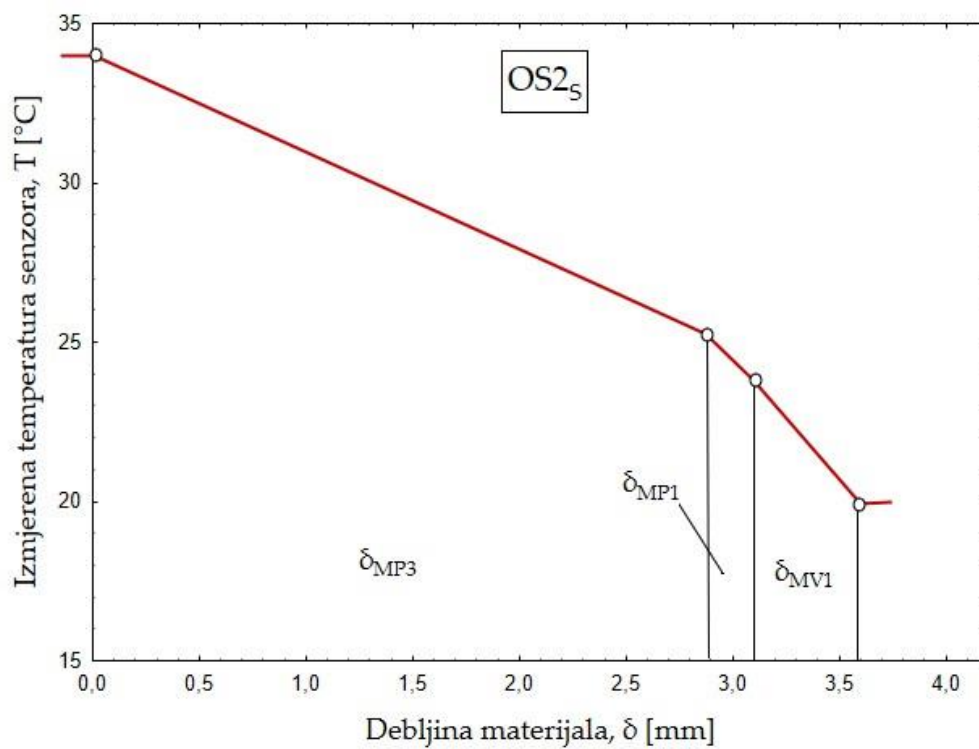
g.



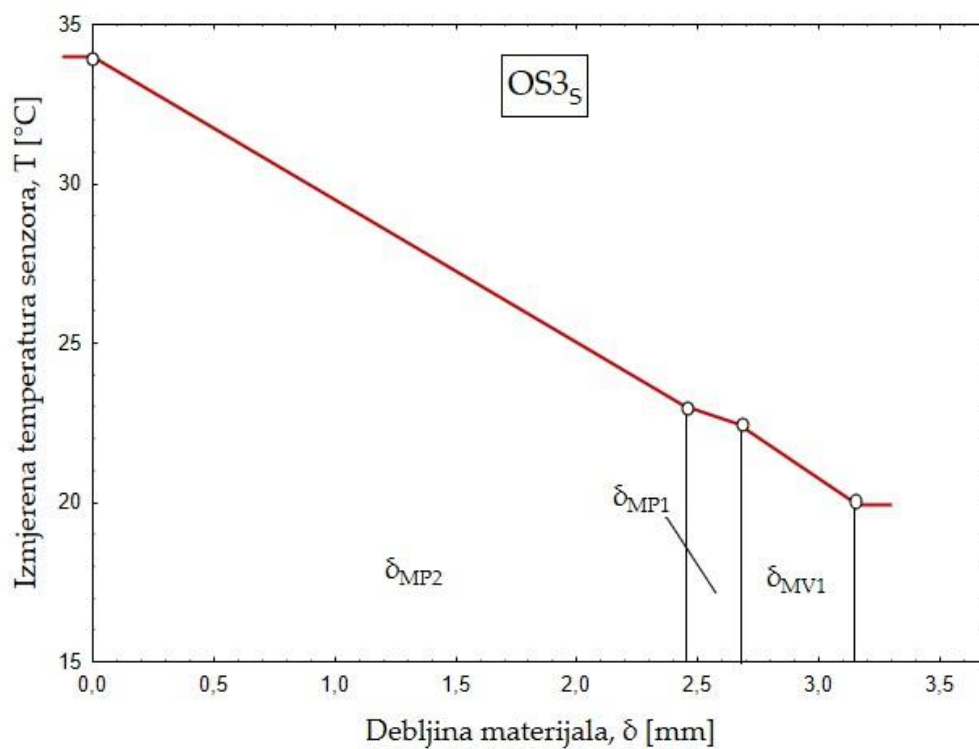
h.

Sl. 109: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na trećoj skupini modela odjevnih sustava (OS11-OS14), na području prsa: a. na odjevnom sustavu OS11_P; b. na odjevnom sustavu OS12_P; c. na odjevnom sustavu OS13_P; d. na odjevnom sustavu OS14_P; e. na odjevnom sustavu OS15_{sP}; f. na odjevnom sustavu OS15_{ssP}; g. na odjevnom sustavu OS15_{dp}; h. na odjevnom sustavu OS15_{dsp}

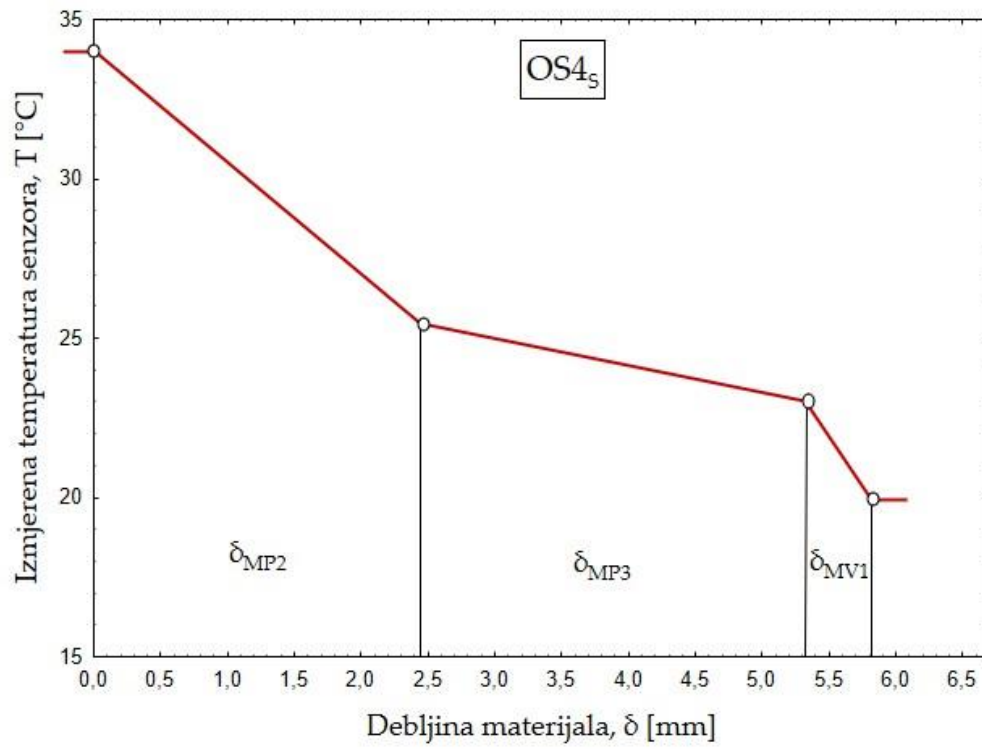




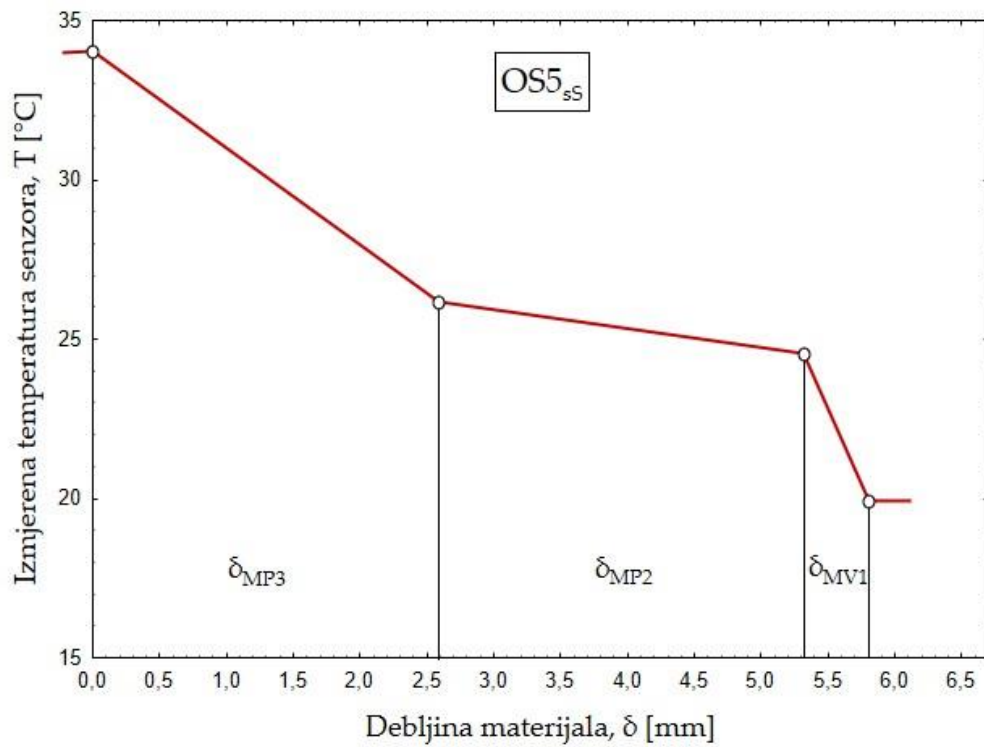
a.



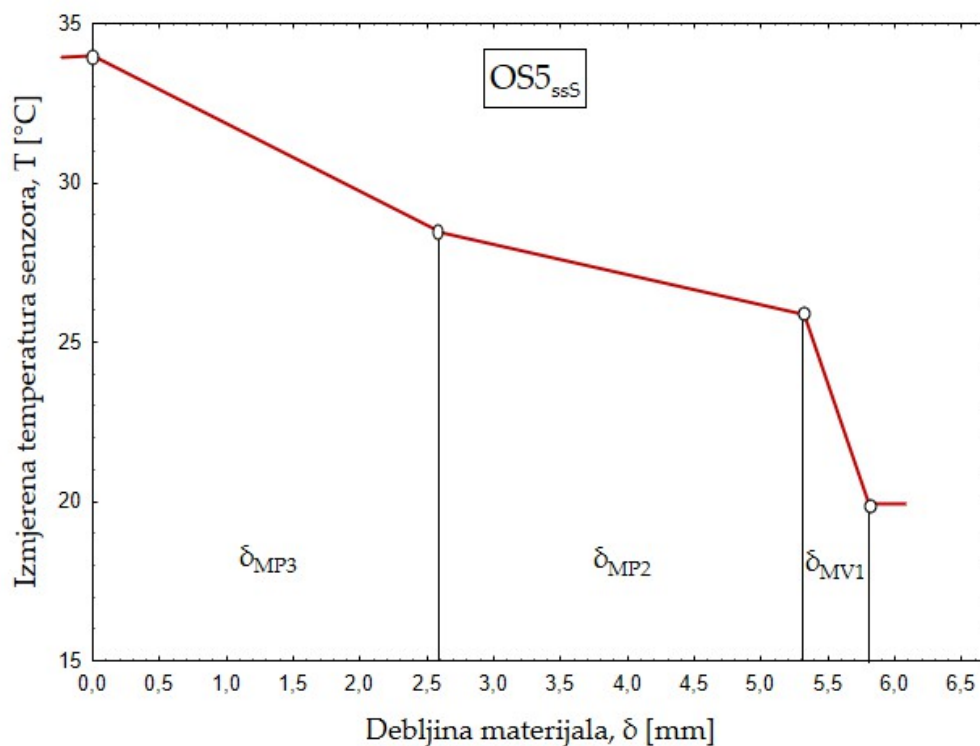
b.



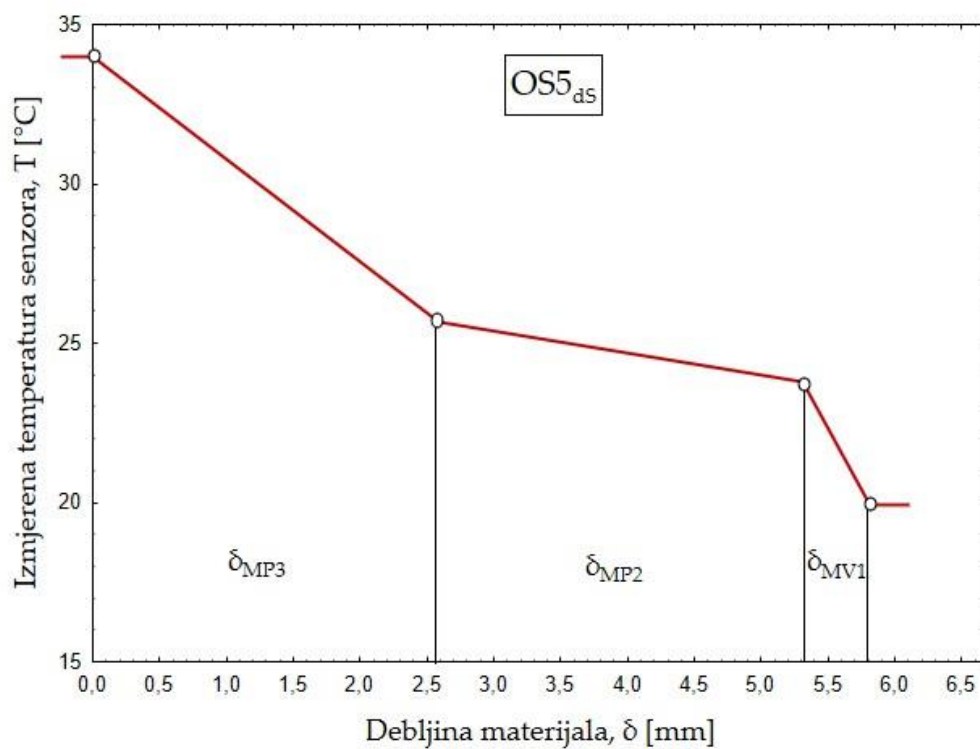
c.



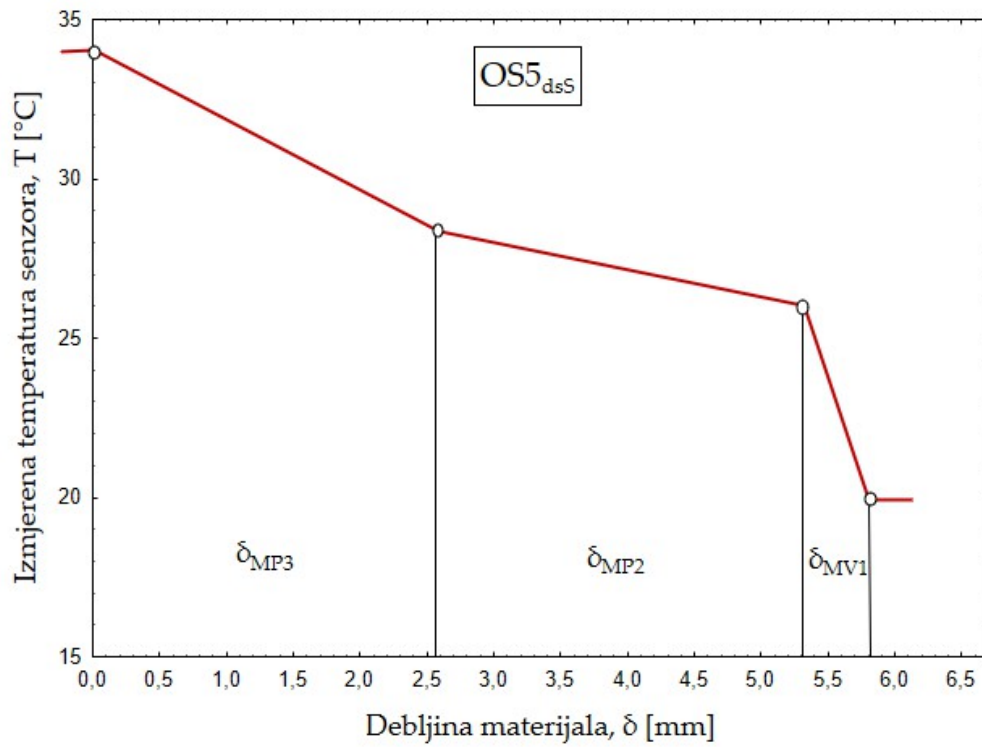
d.



e.

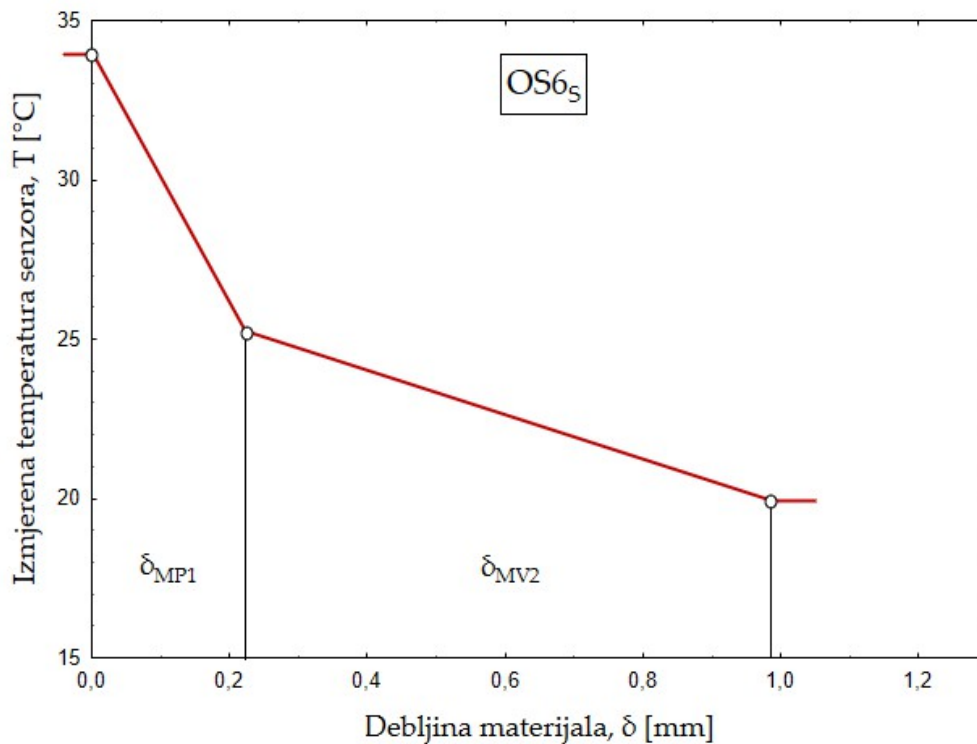


f.

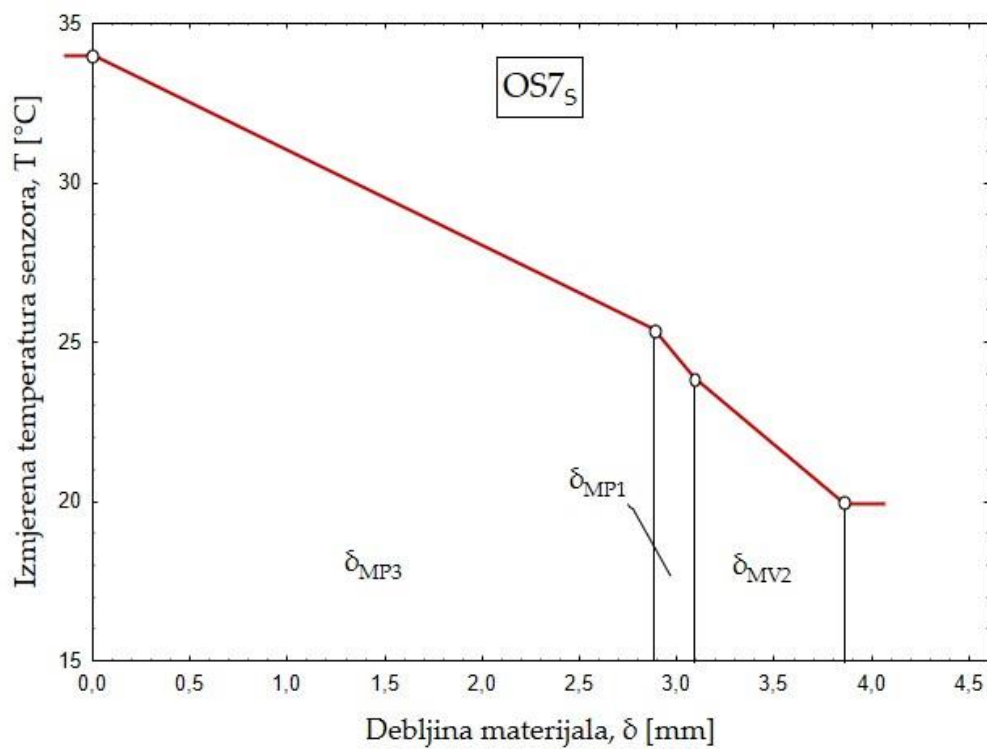


g.

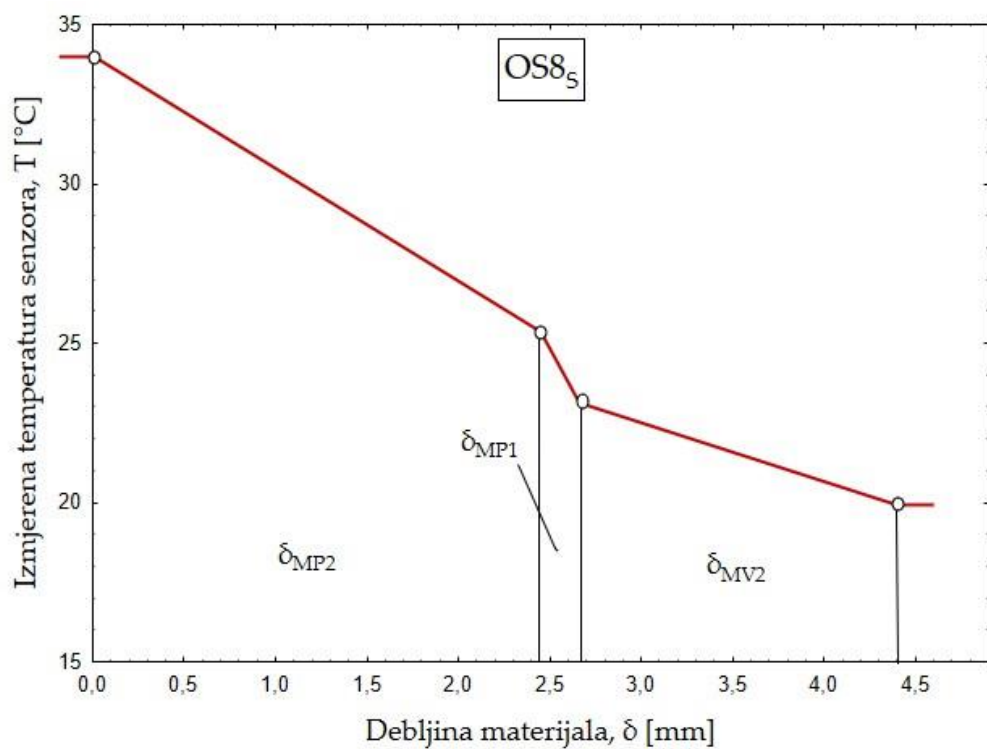
Sl. 110: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na prooj skupini modela odjevnih sustava (OS1-OS4), na području struka: a. na odjevnom sustavu OS1s; b. na odjevnom sustavu OS2s; c. na odjevnom sustavu OS3s; d. na odjevnom sustavu OS4s; e. na odjevnom sustavu OS5s; na odjevnom sustavu OS5ss; na odjevnom sustavu OS5ds; na odjevnom sustavu OS5dss



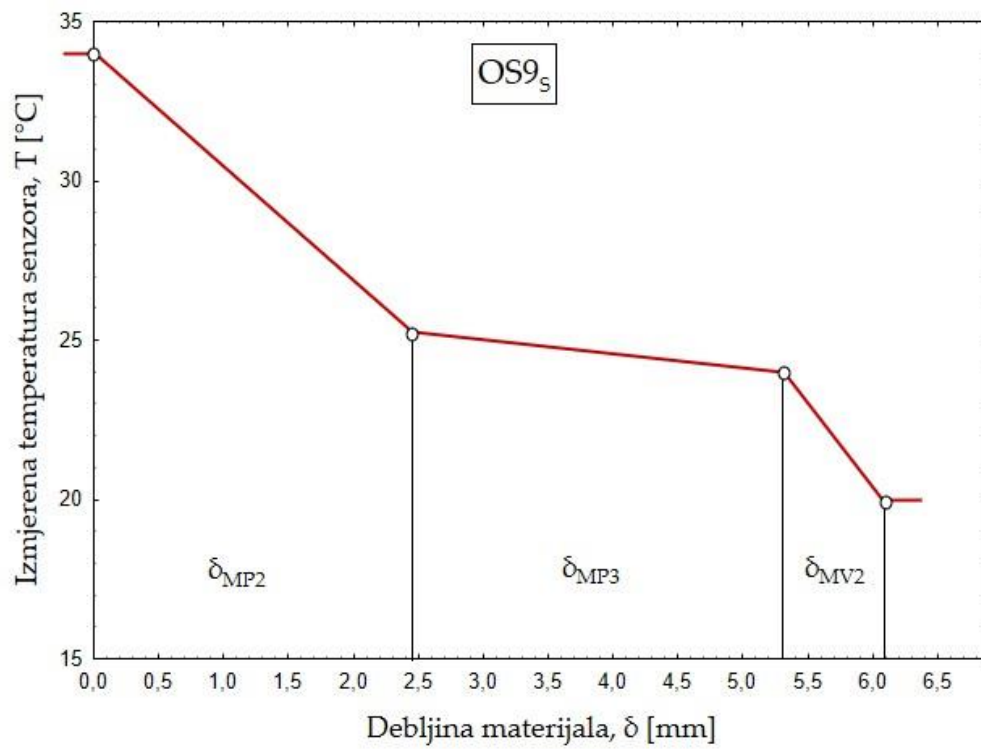
a.



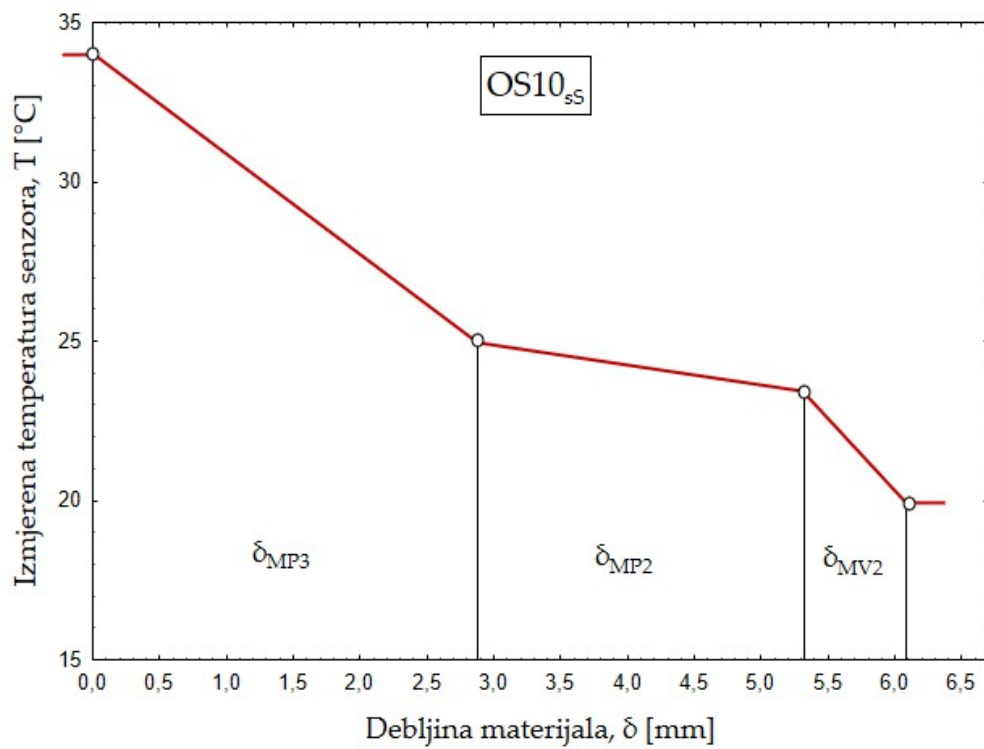
b.



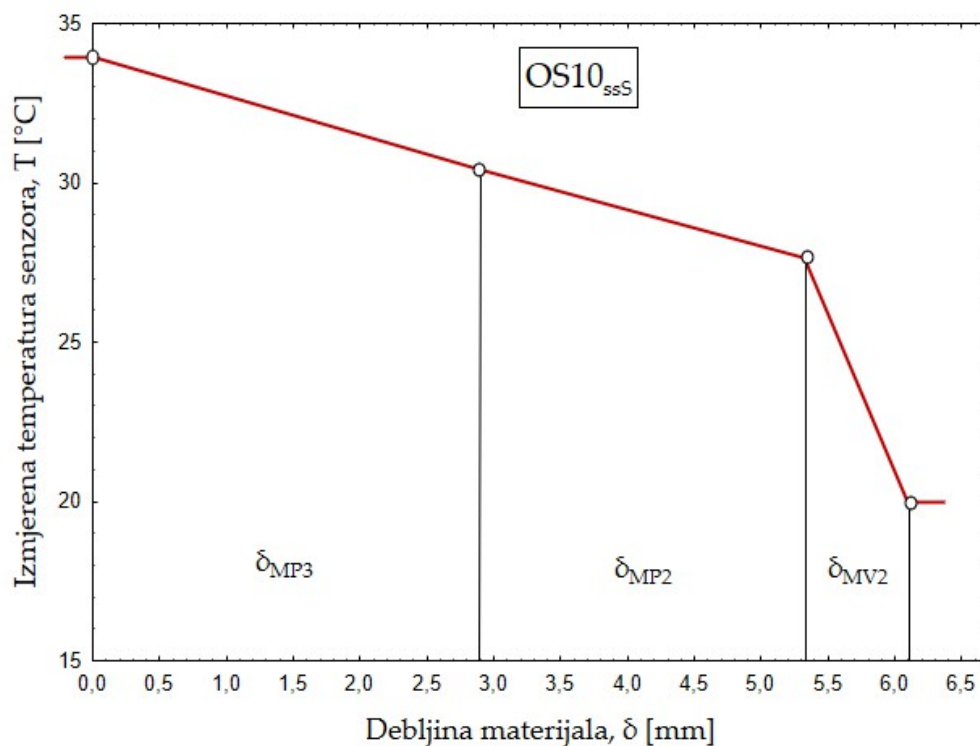
c.



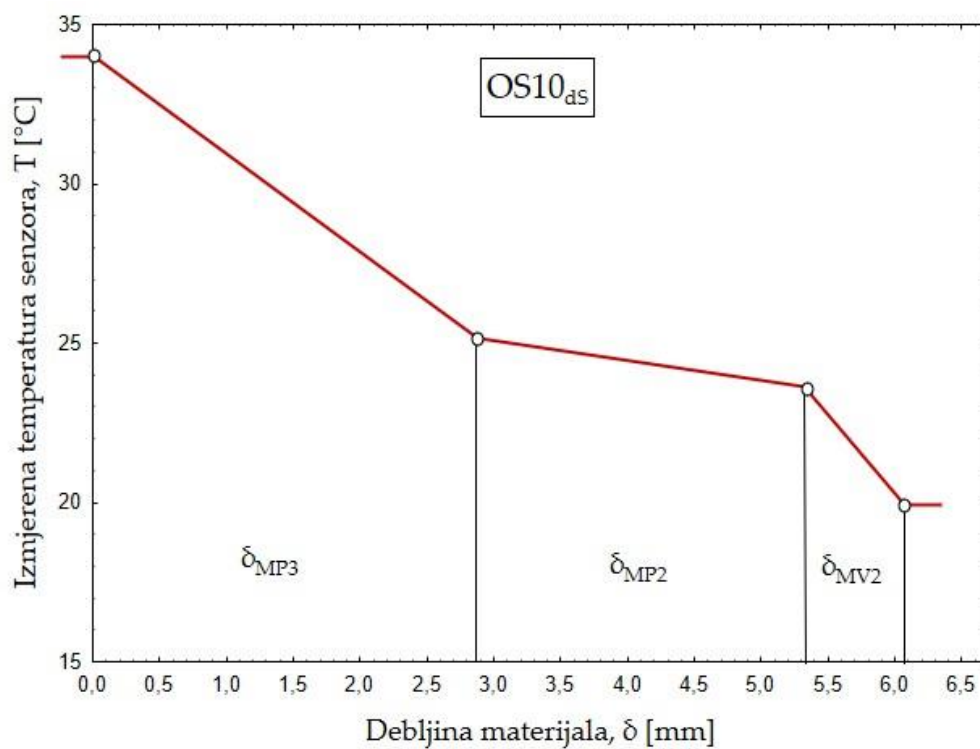
d.



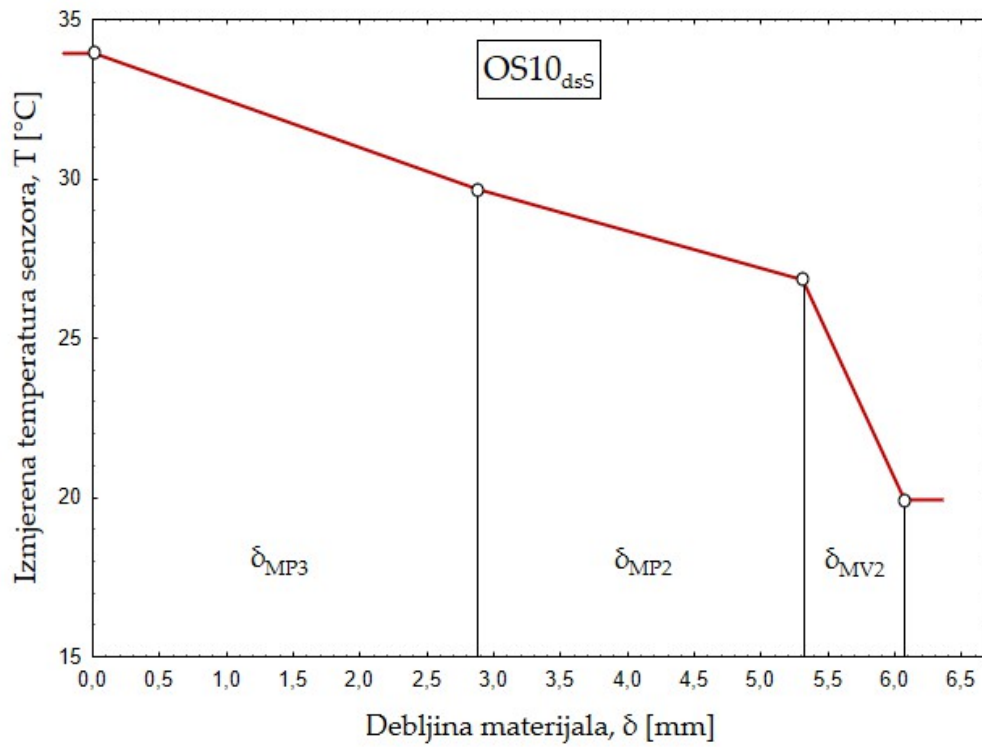
e.



f.

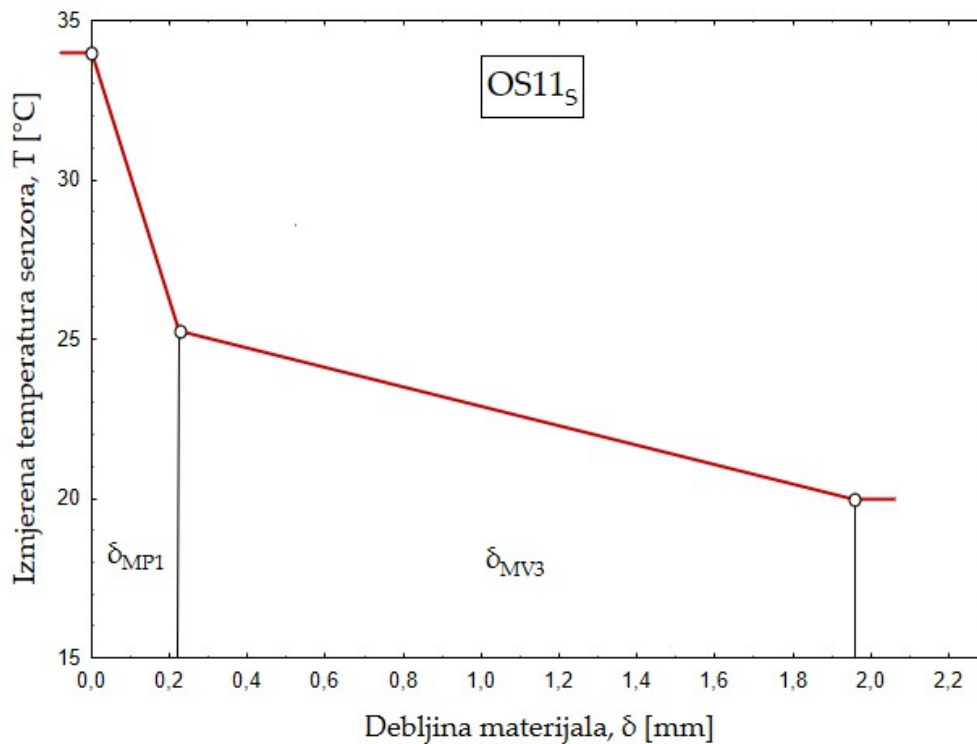


g.

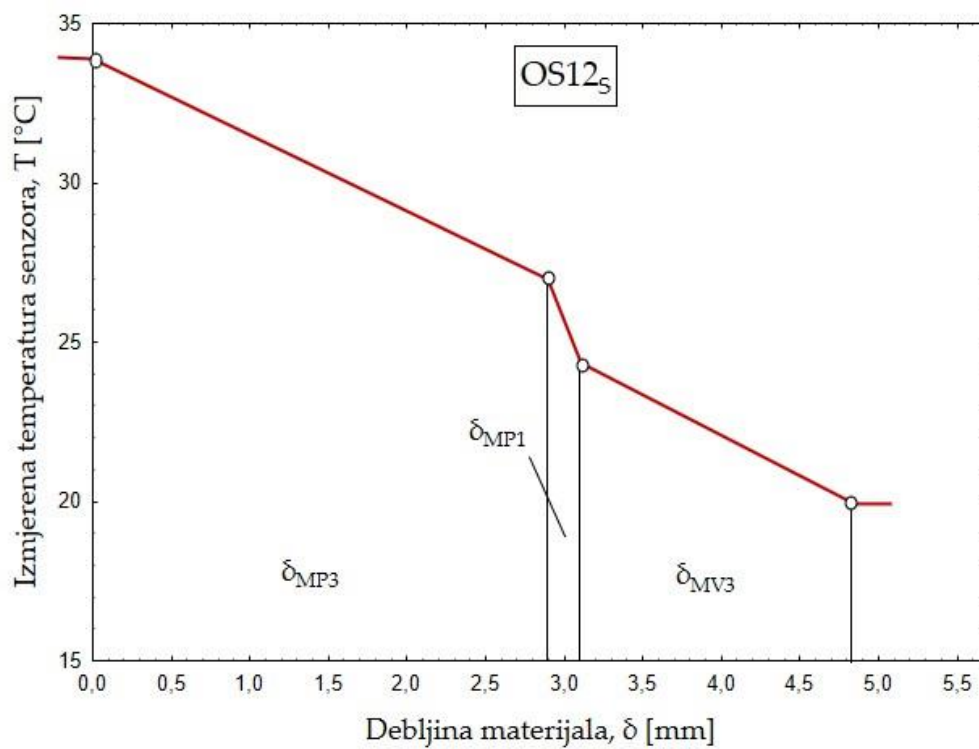


h.

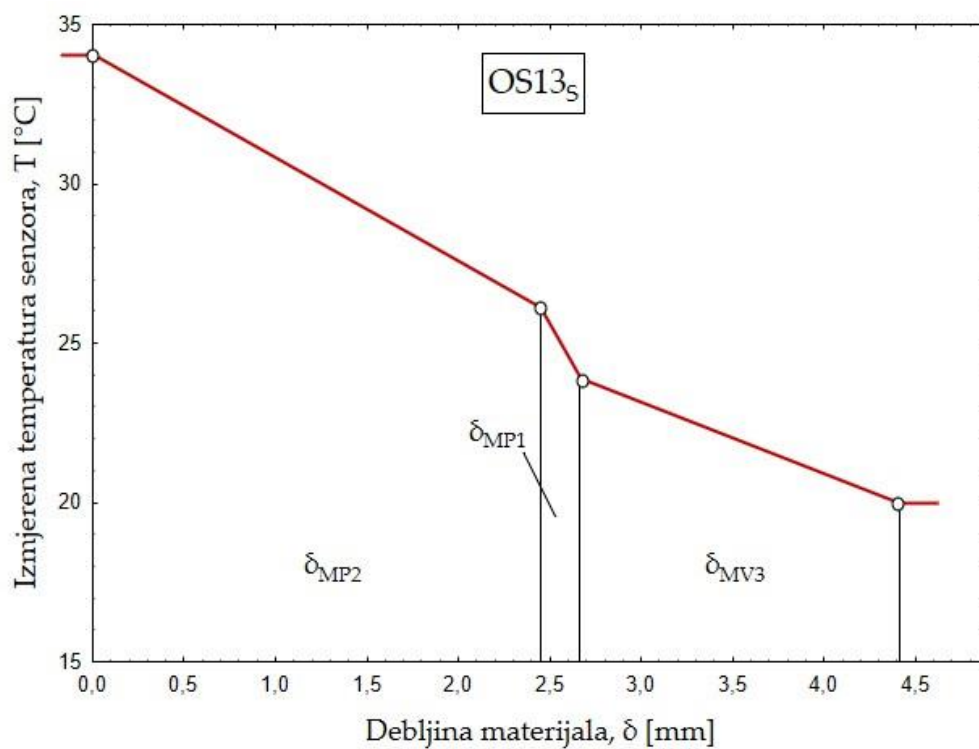
Sl. 111: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na drugoj skupini modela odjevnih sustava (OS6-OS10), na području struka: a. na odjevnom sustavu OS6s; b. na odjevnom sustavu OS7s; c. na odjevnom sustavu OS8s; d. na odjevnom sustavu OS9s; e. na odjevnom sustavu OS10_{ss}; na odjevnom sustavu OS10_{as}; na odjevnom sustavu OS10_{ds}



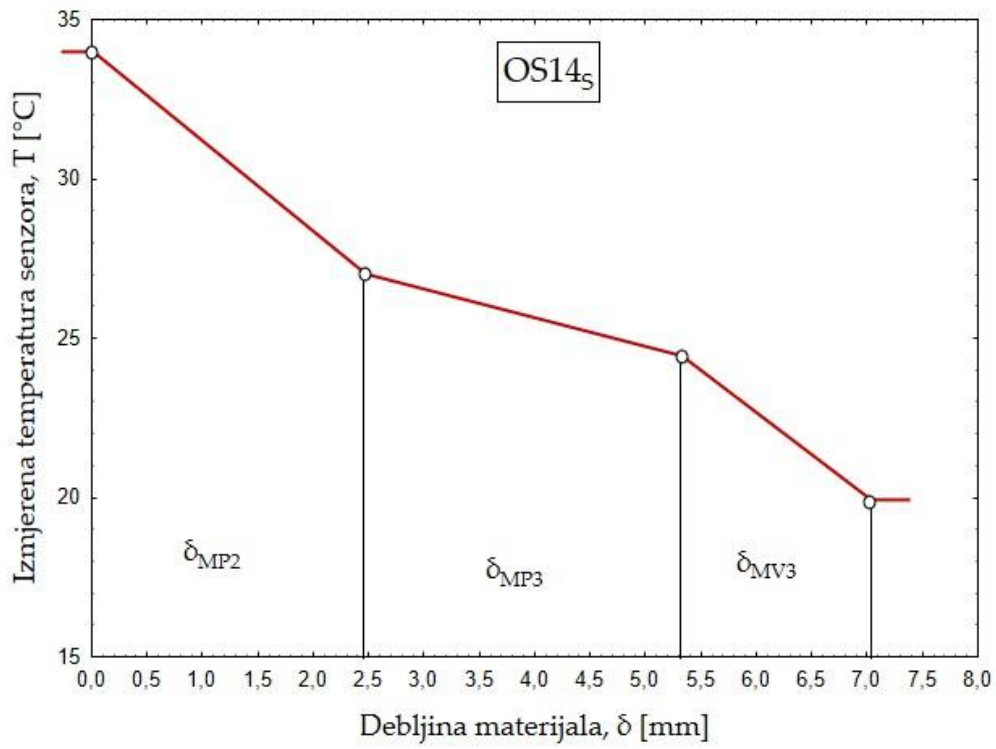
a.



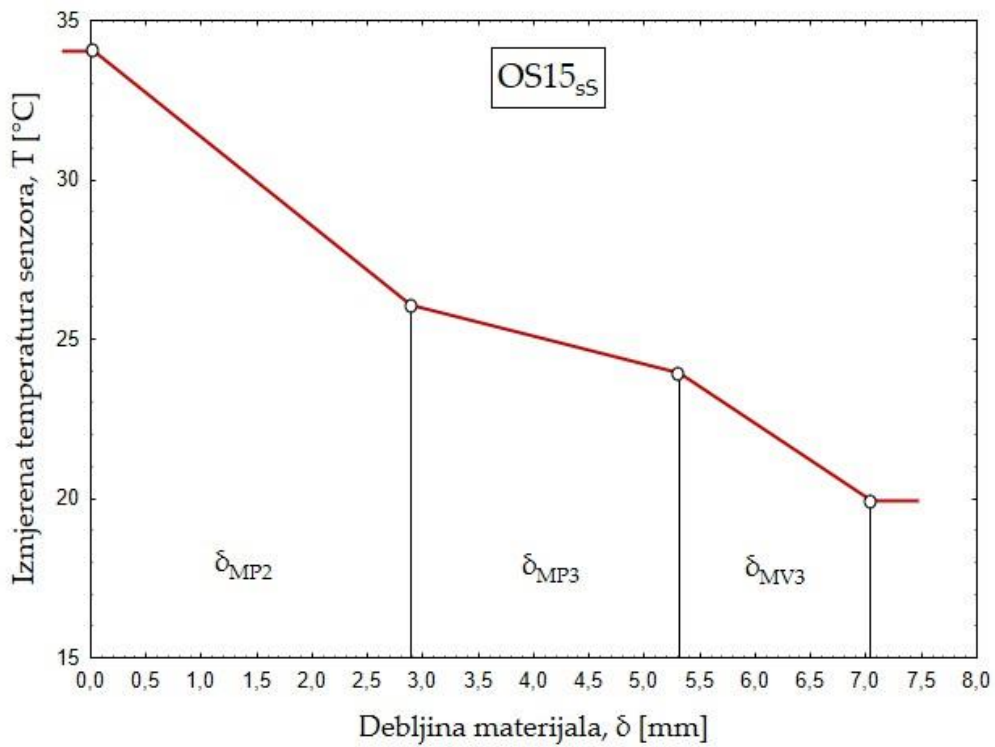
b.



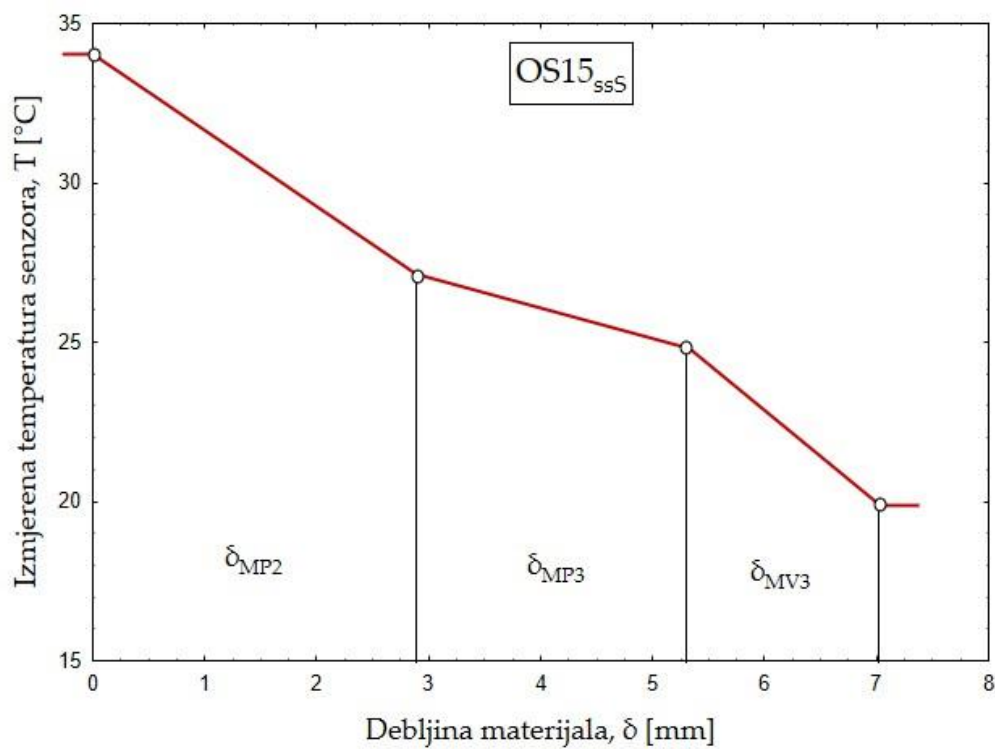
c.



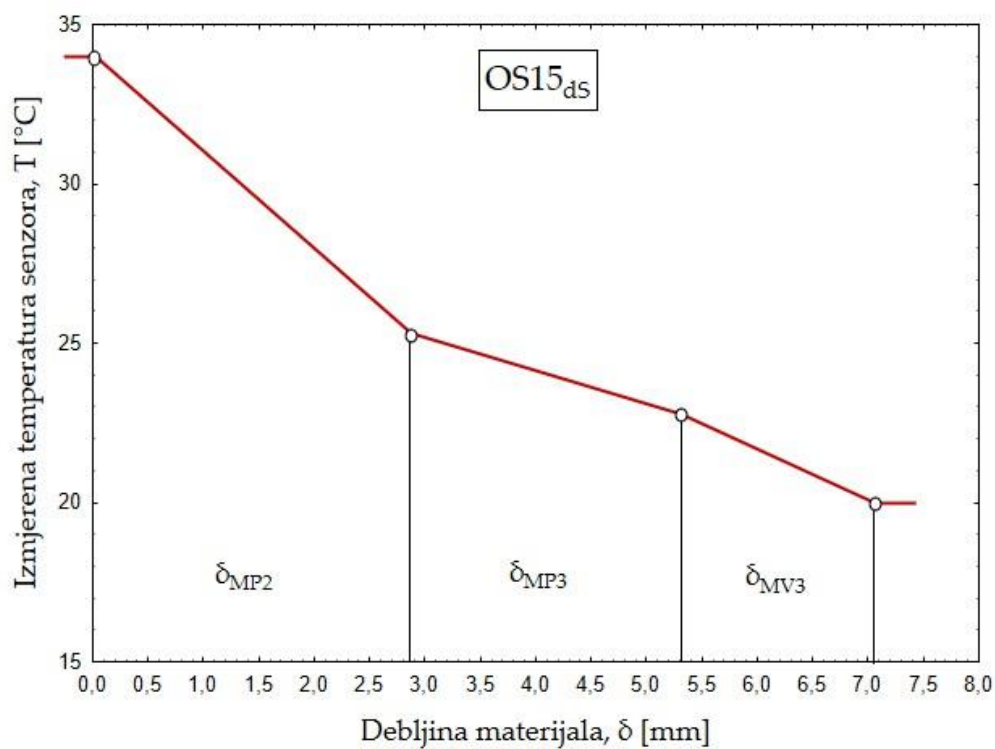
d.



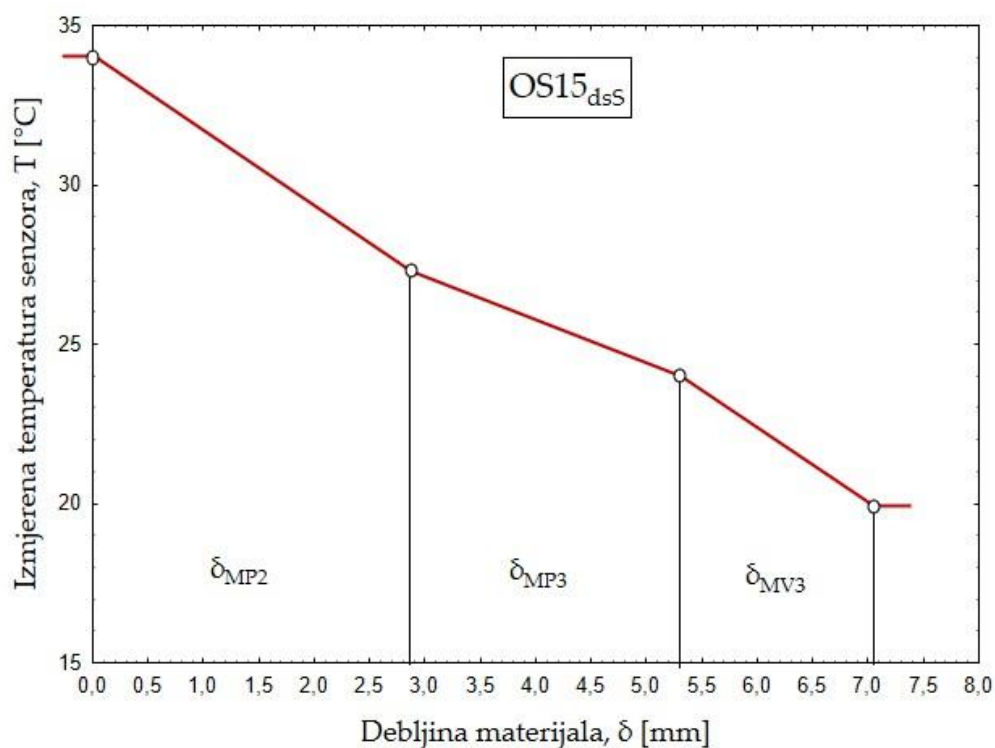
e.



f.

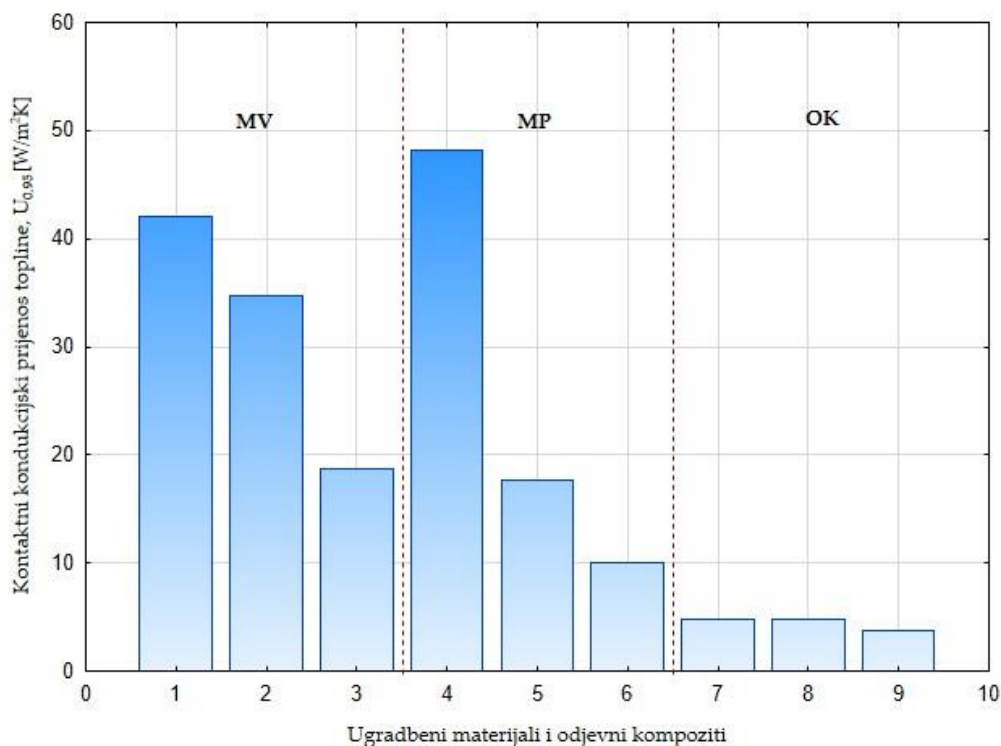


g.



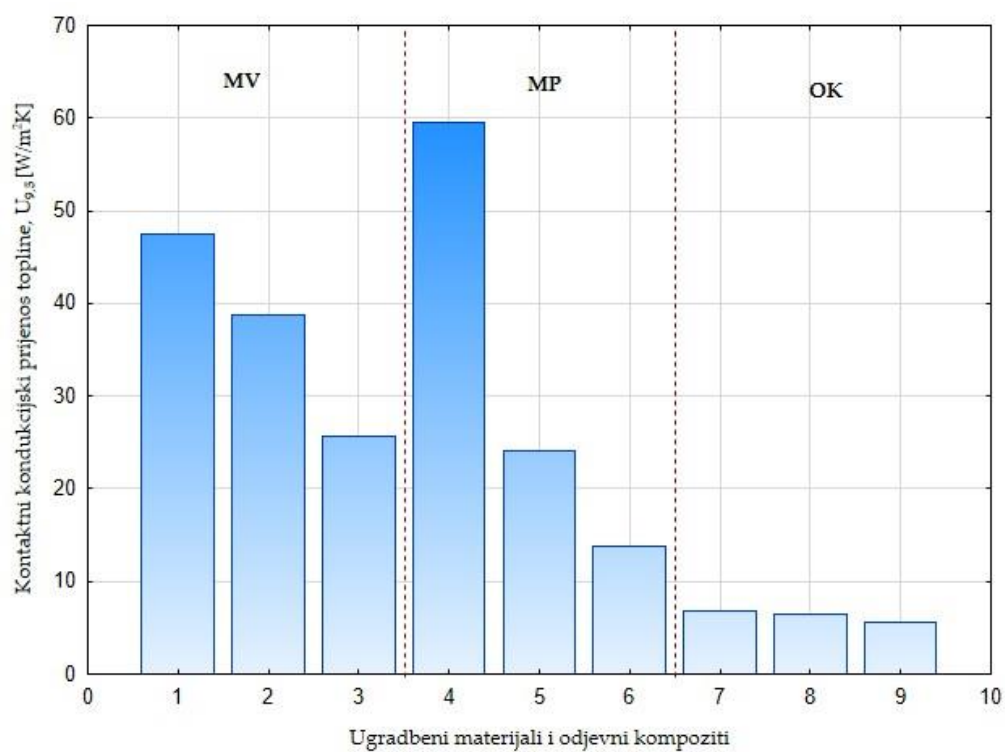
h.

Sl. 112: Grafički prikaz rezultata određivanja diferencijalnih gradijenata temperatura na trećoj skupini modela odjevnih sustava (OS11-OS15), na području struka: a. na odjevnom sustavu OS11s; b. na odjevnom sustavu OS12s; c. na odjevnom sustavu OS13s; d. na odjevnom sustavu OS14s; e. na odjevnom sustavu OS15s; na odjevnom sustavu OS15ss; na odjevnom sustavu OS15as; na odjevnom sustavu OS15ds



Sl. 113: Grafički prikaz rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita pri primjeni opterećenja od 0,95 N

Napomena: oznake na sl. 113 su: 1-dvoslojni laminirani materijal (MV1); 2-troslojni laminirani materijal (MV2); 3-troslojni laminirani materijal (MV3); 4-podstavni materijal (MP1); 5-romboidno prošivena podstava (MP2); 6-micro-fleece materijal (MP3); 7-representativni odjevni kompozit OK5; 8-representativni odjevni kompozit OK10; 9-representativni odjevni kompozit OK15



Sl. 114: Grafički prikaz rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala i odjevnih kompozita pri primjeni opterećenja od 9,50 N

Napomena: oznake na sl. 114 su: 1-dvoslojni laminirani materijal (MV1); 2-troslojni laminirani materijal (MV2); 3-troslojni laminirani materijal (MV3); 4-podstavni materijal (MP1); 5-romboidno prošivena podstava (MP2); 6-micro-fleece materijal (MP3); 7-representativni odjevni kompozit OK5; 8-representativni odjevni kompozit OK10; 9-representativni odjevni kompozit OK15

PRILOG 4
Statistička analiza rezultata

Tab. 63: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare ugradbenih materijala (dvoslojni laminirani materijal (MV1), troslojni laminirani materijali (MV2, MV3), podstavni materijal (MP1), romboidno prošivena podstava (MP2), te micro-fleece materijal (MP3))

Unweighted Means						
Current effect: F (5, 12) = 2258,5, p=0,0000						
Cell No.	Oznaka	R _{et} [m ² Pa/W] (Mean)	R _{et} [m ² Pa/W] (Std.Err.)	R _{et} [m ² Pa/W] (-95.00%)	R _{et} [m ² Pa/W] (+95.00%)	N
1	MV1	2,86667	0,099070	2,65081	3,08252	3
2	MV2	2,90000	0,099070	2,68415	3,11585	3
3	MV3	10,16667	0,099070	9,95081	10,38252	3
4	MP1	0,63333	0,099070	0,41748	0,84919	3
5	MP2	5,93333	0,099070	5,71748	6,14919	3
6	MP3	12,73333	0,099070	12,51748	12,94919	3
Univariate Tests of Significance for R _{et} [m ² Pa/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	620,6939	1	620,6939	21080,17	0,00	
Between Groups	332,5028	5	66,5006	2258,51	0,00	
Within Groups	0,3533	12	0,0294			

Tab. 64: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare reprezentativnih odjevnih kompozita (OK5, OK10 i OK15)

Unweighted Means						
Current effect: F (2, 6)=103,27, p=0,00002						
Cell No.	Oznaka	R _{et} [m ² Pa/W] (Mean)	R _{et} [m ² Pa/W] (Std.Err.)	R _{et} [m ² Pa/W] (-95.00%)	R _{et} [m ² Pa/W] (+95.00%)	N
1	OK5	30,93333	0,410510	29,92885	31,93782	3
2	OK10	23,30000	0,410510	22,29552	24,30448	3
3	OK15	30,03333	0,410510	29,02885	31,03782	3
Univariate Tests of Significance for R _{et} [m ² Pa/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	7100,871	1	7100,871	14045,68	0,000000	
Between Groups	104,416	2	52,208	103,27	0,000022	
Within Groups	3,033	6	0,506			

Tab. 65: Statistička analiza zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala (dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK5

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 4) = 355,02, p=0,00005						
Cell No.	Oznaka	R _{et} [m ² Pa/W] (Mean)	R _{et} [m ² Pa/W] (Std.Err.)	R _{et} [m ² Pa/W] (-95.00%)	R _{et} [m ² Pa/W] (+95.00%)	N
1	MV1+MP2+MP3	21,53333	0,352767	20,55390	22,51277	3
2	OK5	30,93333	0,352767	29,95390	31,91277	3
Univariate Tests of Significance for R _{et} [m ² Pa/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	4129,127	1	4129,127	11060,16	0,000000	
Between Groups	132,540	1	132,540	355,02	0,000047	
Within Groups	1,493	4	0,373			

Tab. 66: Statistička analiza zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala (dvoslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijala (MP3)) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita (OK10)

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 4) = 16,900, p=0,01472						
Cell No.	Oznaka	R _{et} [m ² Pa/W] (Mean)	R _{et} [m ² Pa/W] (Std.Err.)	R _{et} [m ² Pa/W] (-95.00%)	R _{et} [m ² Pa/W] (+95.00%)	N
1	MV2+MP2+MP3	21,56667	0,298142	20,73889	22,39444	3
2	OK10	23,30000	0,298142	22,47222	24,12778	3
Univariate Tests of Significance for R _{et} [m ² Pa/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	3019,527	1	3019,527	11323,23	0,000000	
Between Groups	4,507	1	4,507	16,90	0,014721	
Within Groups	1,067	4	0,267			

Tab. 67: Statistička analiza usporedbe zbroja serijskih otpora prolazu vodene pare pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala (dvoslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivena podstava (MP2) i micro-fleece materijala (MP)3) i ukupnog otpora prolazu vodene pare reprezentativnog odjevnog kompozita OK15

Unweighted Means						
Current effect:						
Cell No.	Oznaka	R _{et} [m ² Pa/W] (Mean)	R _{et} [m ² Pa/W] (Std.Err.)	R _{et} [m ² Pa/W] (-95.00%)	R _{et} [m ² Pa/W] (+95.00%)	N
1	MV3+MP2+MP3	28.83333	0.240370	28.16596	29.50071	3
2	OK15	30.03333	0.240370	29.36596	30.70071	3
Univariate Tests of Significance for R _{et} [m ² Pa/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	5197.927	1	5197.927	29988.04	0.000000	
Between Groups	2.160	1	2.160	12.46	0.024229	
Within Groups	0.693	4	0.173			

Tab. 68: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK4 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 4)=0,23226, p=0,65504						
Cell No.	Oznaka	R _{et} [m ² Pa/W] (Mean)	R _{et} [m ² Pa/W] (Std.Err.)	R _{et} [m ² Pa/W] (-95.00%)	R _{et} [m ² Pa/W] (+95.00%)	N
1	OK4	30,53333	0,586894	28,90385	32,16281	3
2	OK5	30,93333	0,586894	29,30385	32,56281	3
Univariate Tests of Significance for R _{et} [m ² Pa/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	5667,227	1	5667,227	5484,413	0,000000	
Between Groups	0,240	1	0,240	0,232	0,655037	
Within Groups	4,133	4	1,033			

Tab. 69: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK9 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 4)=20,132, p=0,01093						
Cell No.	Oznaka	R _{et} [m ² Pa/W] (Mean)	R _{et} [m ² Pa/W] (Std.Err.)	R _{et} [m ² Pa/W] (-95.00%)	R _{et} [m ² Pa/W] (+95.00%)	N
1	OK9	25,93333	0,414997	24,78112	27,08555	3
2	OK10	23,30000	0,414997	22,14778	24,45222	3
Univariate Tests of Significance for R _{et} [m ² Pa/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	3635,882	1	3635,882	7037,190	0,000000	
Between Groups	10,402	1	10,402	20,132	0,010932	
Within Groups	2,067	4	0,517			

Tab. 70: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu vodene pare odjevnog kompozita OK14 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 4)=15,376, p=0,01723						
Cell No.	Oznaka	R _{et} [m ² Pa/W] (Mean)	R _{et} [m ² Pa/W] (Std.Err.)	R _{et} [m ² Pa/W] (-95.00%)	R _{et} [m ² Pa/W] (+95.00%)	N
1	OK14	32,06667	0,366667	31,04864	33,08470	3
2	OK15	30,03333	0,366667	29,01530	31,05136	3
Univariate Tests of Significance for R _{et} [m ² Pa/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	5784,615	1	5784,615	14342,02	0,000000	
Between Groups	6,202	1	6,202	15,38	0,017230	
Within Groups	1,613	4	0,403			

Tab. 71: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu topline ugradbenih materijala

Unweighted Means						
Current effect: F(5, 114) = 528,95, p=0,0000						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	2	3	4	5	6	7
1	MV1	-0,007131	0,000767	-0,008652	-0,005611	20
2	MV2	-0,006631	0,000767	-0,008151	-0,005110	20
3	MV3	0,006134	0,000767	0,004614	0,007654	20

1	2	3	4	5	6	7
4	MP1	-0,016766	0,000767	-0,018286	-0,015245	20
5	MP2	0,030184	0,000767	0,028664	0,031705	20
6	MP3	0,018123	0,000767	0,016602	0,019643	20
Univariate Tests of Significance for R_{ctn} [m^2C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	P	
Intercept	0,001906	1	0,001906	161,8121	0,00	
Between Groups	0,031155	5	0,006231	528,9471	0,00	
Within Groups	0,001343	114	0,000012			

Tab. 72: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu topline odjevnih kompozita

Unweighted Means						
Current effect: F (14, 285) = 158,31, p=0,0000						
Cell No.	Oznaka	R_{ctn} [m^2C/W] (Mean)	R_{ctn} [m^2C/W] (Std.Err.)	R_{ctn} [m^2C/W] (-95.00%)	R_{ctn} [m^2C/W] (+95.00%)	N
1	OK1	-0,001831	0,002868	-0,007477	0,003815	20
2	OK2	0,047379	0,002868	0,041733	0,053025	20
3	OK3	0,041756	0,002868	0,036110	0,047402	20
4	OK4	0,075136	0,002868	0,069490	0,080782	20
5	OK5	0,074716	0,002868	0,069070	0,080362	20
6	OK6	-0,003617	0,002868	-0,009264	0,002029	20
7	OK7	0,046934	0,002868	0,041288	0,052580	20
8	OK8	0,046729	0,002868	0,041082	0,052375	20
9	OK9	0,071637	0,002868	0,065991	0,077283	20
10	OK10	0,076062	0,002868	0,070416	0,081708	20
11	OK11	0,007365	0,002868	0,001719	0,013011	20
12	OK12	0,045627	0,002868	0,039981	0,051273	20
13	OK13	0,085043	0,002868	0,079397	0,090689	20
14	OK14	0,105809	0,002868	0,100163	0,111455	20
15	OK15	0,117102	0,002868	0,111455	0,122748	20
Univariate Tests of Significance for R_{ctn} [m^2C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	P	
Intercept	0,931517	1	0,931517	5660,483	0,00	
Between Groups	0,364742	14	0,026053	158,314	0,00	
Within Groups	0,046901	285	0,000165			

Tab. 73: Statistička analiza usporedbe zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu (dvoslojni laminirani materijal (MV1), romboidno prošivene podstave (MP2) i microfleece materijal (MP3)) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 273,86, p = 0,0000						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	MV1+MP2+MP3	0,041176	0,001433	0,038275	0,044077	20
2	OK5	0,074716	0,001433	0,071814	0,077617	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,134308	1	0,134308	3269,700	0,00	
Between Groups	0,011249	1	0,011249	273,861	0,00	
Within Groups	0,001561	38	0,000041			

Tab. 74: Statistička analiza usporedbe zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu (dvoslojni laminirani materijal (MV2), romboidno prošivene podstave (MP2) i microfleece materijal (MP3)) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 141,90, p = 0,00000						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	MV2+MP2+MP3	0,041676	0,002041	0,037544	0,045808	20
2	OK10	0,076062	0,002041	0,071930	0,080194	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,138623	1	0,138623	1663,603	0,000000	
Between Groups	0,011824	1	0,011824	141,899	0,000000	
Within Groups	0,003166	38	0,000083			

Tab. 75: Statistička analiza usporedbe zbroja serijskih otpora prolazu topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala u odjevnom kompozitu (dvooslojni laminirani materijal (MV3), romboidno prošivene podstave (MP2) i micro-fleece materijal (MP3)) i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 88,080, p = 0,00000						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	MV3+MP2+MP3	0,054441	0,001444	0,051517	0,057365	20
2	OK15	0,073613	0,001444	0,070689	0,076537	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,163977	1	0,163977	3929,468	0,000000	
Between Groups	0,003676	1	0,003676	88,080	0,000000	
Within Groups	0,001586	38	0,000042			

Tab. 76: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK4 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK5

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 0,03318, p = 0,85643						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OK4	0,075136	0,001632	0,071833	0,078439	20
2	OK5	0,074716	0,001632	0,071413	0,078019	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,224555	1	0,224555	4217,638	0,000000	
Between Groups	0,000002	1	0,000002	0,033	0,856432	
Within Groups	0,002023	38	0,000053			

Tab. 77: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK9 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK10

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 2,5374, p = ,11946						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OK9	0,071637	0,001964	0,067661	0,075614	20
2	OK10	0,076062	0,001964	0,072086	0,080039	20

Univariate Tests of Significance for R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$]					
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p
Intercept	0,218151	1	0,218151	2827,024	0,000000
Between Groups	0,000196	1	0,000196	2,537	0,119463
Within Groups	0,002932	38	0,000077		

Tab. 78: Statistička analiza rezultata određivanja otpora prolazu topline odjevnog kompozita OK14 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 11,198, p = ,00185						
Cell No.	Oznaka	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (Mean)	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (Std.Err.)	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (-95.00%)	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (+95.00%)	N
1	OK14	0,067533	0,001285	0,064933	0,070134	20
2	OK15	0,073613	0,001285	0,071012	0,076213	20

Univariate Tests of Significance for R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$]					
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p
Intercept	0,199222	1	0,199222	6036,186	0,000000
Between Groups	0,000370	1	0,000370	11,198	0,001854
Within Groups	0,001254	38	0,000033		

Tab. 79: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije tri reprezentativna odjevna sustava iz pojedinih skupina modela s najvećim izmjerenim vrijednostima toplinske izolacije

Unweighted Means						
Current effect: F (2, 57) = 12,305, p=0,00004						
Cell No.	Oznaka	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (Mean)	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (Std.Err.)	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (-95.00%)	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (+95.00%)	N
1	OS14 _s	0,067068	0,003554	0,059950	0,074186	20
2	OS10 _s	0,058742	0,003554	0,051624	0,065860	20
3	OS5 _s	0,042548	0,003554	0,035431	0,049666	20

Univariate Tests of Significance for R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$]					
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p
Intercept	0,225904	1	0,225904	779,3258	0
Between Groups	0,00098	2	0,00049	1,6898	0,193671
Within Groups	0,016523	57	0,00029		

Tab. 80: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i dinamičkom modu (OS5_a)

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 94,238, p=0,00000						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OS5 _s	0,058270	0,003289	0,051612	0,064929	20
2	OS5 _d	0,013114	0,003289	0,006455	0,019773	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,050957	1	0,050957	235,4983	0,000000	
Between Groups	0,020391	1	0,020391	94,2377	0,000000	
Within Groups	0,008222	38	0,000216			

Tab. 81: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom (OS5_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ss})

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 0,68939, p=0,041156						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OS5 _s	0,058270	0,002671	0,052863	0,063678	20
2	OS5 _{ss}	0,055134	0,002671	0,049727	0,060541	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,128606	1	0,128606	901,2625	0,000000	
Between Groups	0,000098	1	0,000098	0,6894	0,411557	
Within Groups	0,005422	38	0,000143			

Tab. 82: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u dinamičkom modu (OS5_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS5_{ds})

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 1,5801, p = 0,21642						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OS5 _d	0,013114	0,002865	0,007313	0,018914	20
2	OS5 _{ds}	0,018207	0,002865	0,012407	0,024008	20

Univariate Tests of Significance for R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$]					
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p
Intercept	0,009810	1	0,009810	59,74669	0,000000
Between Groups	0,000259	1	0,000259	1,58007	0,216422
Within Groups	0,006239	38	0,000164		

Tab. 83: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom modu ($OS5_{ss}$) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom ($OS5_{ds}$)

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 150,65, p = 0,00000						
Cell No.	Oznaka	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (Mean)	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (Std.Err.)	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (-95.00%)	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (+95.00%)	N
1	$OS5_{ss}$	0,055134	0,002127	0,050827	0,059441	20
2	$OS5_{ds}$	0,018207	0,002127	0,013901	0,022514	20
Univariate Tests of Significance for R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,053790	1	0,053790	594,2848	0,000000	
Between Groups	0,013636	1	0,013636	150,6520	0,000000	
Within Groups	0,003439	38	0,000091			

Tab. 84: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom ($OS10_s$) i dinamičkom modu ($OS10_d$)

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 98,309, p = 0,00000						
Cell No.	Oznaka	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (Mean)	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (Std.Err.)	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (-95.00%)	R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$] (+95.00%)	N
1	$OS10_s$	0,058742	0,002985	0,052699	0,064784	20
2	$OS10_d$	0,016889	0,002985	0,010846	0,022931	20
Univariate Tests of Significance for R_{ctn} [$m^2\text{°C/W}$]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,057200	1	0,057200	321,0212	0,000000	
Between Groups	0,017517	1	0,017517	98,3085	0,000000	
Within Groups	0,006771	38	0,000178			

Tab. 85: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ss})

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 0,20085, p = 0,65658						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OS10 _s	0,058742	0,003311	0,052039	0,065445	20
2	OS10 _{ss}	0,056643	0,003311	0,049941	0,063346	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,133138	1	0,133138	607,2521	0,000000	
Between Groups	0,000044	1	0,000044	0,2008	0,656583	
Within Groups	0,008331	38	0,000219			

Tab. 86: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u dinamičkom modu (OS10_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds})

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 7,2988, p = 0,01025						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OS10 _a	0,016889	0,002565	0,011696	0,022081	20
2	OS10 _{ds}	0,026689	0,002565	0,021496	0,031881	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,018990	1	0,018990	144,3251	0,000000	
Between Groups	0,000960	1	0,000960	7,2988	0,010253	
Within Groups	0,005000	38	0,000132			

Tab. 87: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom modu (OS10_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS10_{ds})

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 51,974, p = 0,00000						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OS10 _{ss}	0,056643	0,002938	0,050696	0,062591	20
2	OS10 _{ds}	0,026689	0,002938	0,020741	0,032636	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						

Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	P
Intercept	0,069442	1	0,069442	402,2323	0,000000
Between Groups	0,008973	1	0,008973	51,9739	0,000000
Within Groups	0,006560	38	0,000173		

Tab. 88: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_d)

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 218,81, p = 0,0000						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OS15 _s	0,060085	0,001986	0,056065	0,064104	20
2	OS15 _d	0,018545	0,001986	0,014525	0,022565	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	P	
Intercept	0,061826	1	0,061826	784,0078	0,00	
Between Groups	0,017255	1	0,017255	218,8139	0,00	
Within Groups	0,002997	38	0,000079			

Tab. 89: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i statičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ss})

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 5,3581, p = 0,02613						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OS15 _s	0,060085	0,002047	0,055941	0,064229	20
2	OS15 _{ss}	0,053383	0,002047	0,049239	0,057528	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	P	
Intercept	0,128750	1	0,128750	1536,225	0,000000	
Between Groups	0,000449	1	0,000449	5,358	0,026125	
Within Groups	0,003185	38	0,000084			

Tab. 90: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u dinamičkom modu (OS15_a), te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds})

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 7,9352, p = 0,00765						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OS15 _{ds}	0,027684	0,002294	0,023040	0,032329	20
2	OS15 _d	0,018545	0,002294	0,013901	0,023189	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,021371	1	0,021371	203,0292	0,000000	
Between Groups	0,000835	1	0,000835	7,9352	0,007649	
Within Groups	0,004000	38	0,000105			

Tab. 91: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom modu (OS15_{ss}) sa stegnutom duljinom, te dinamičkom modu sa stegnutom duljinom (OS15_{ds})

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 59,924, p = 0,00000						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OS15 _{ss}	0,053383	0,002347	0,048631	0,058136	20
2	OS15 _{ds}	0,027684	0,002347	0,022932	0,032437	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,065720	1	0,065720	596,2966	0,000000	
Between Groups	0,006604	1	0,006604	59,9241	0,000000	
Within Groups	0,004188	38	0,000110			

Tab. 92: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS4_s i OS5_s

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = ,09797, p = ,75599						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OS4 _s	0,056637	0,002677	0,051217	0,062058	20
2	OS5 _s	0,058270	0,002677	0,052850	0,063691	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,132038	1	0,132038	920,9454	0,000000	

Between Groups	0,000027	1	0,000027	0,1860	0,668706
Within Groups	0,005448	38	0,000143		

Tab. 93: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS9s i OS10s

Unweighted Means						
Current effect: F (3, 76) = 84,234, p=0,0000						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95,00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95,00%)	N
1	OS10 _s	0,058742	0,003778	0,051094	0,066390	20
2	OS9 _s	0,057070	0,003778	0,049421	0,064718	20
Univariate Tests of Significance for R_{ctn} [m²°C/W]						
Effect	SS	Degr. Of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,134123	1	0,134123	469,8347	0,000000	
Between Groups	0,000028	1	0,000028	0,0980	0,755990	
Within Groups	0,010848	38	0,000285			

Tab. 94: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije odjevnih sustava OS14s i OS15s

Unweighted Means						
Current effect: F (3, 76) = 84,234, p=0,0000						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95,00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95,00%)	N
1	OS14 _s	0,067068	0,003517	0,059949	0,074187	20
2	OS15 _{ss}	0,060085	0,003517	0,052966	0,067204	20
Univariate Tests of Significance for R_{ctn} [m²°C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,161678	1	0,161678	653,6702	0,000000	
Between Groups	0,000488	1	0,000488	1,9717	0,168385	
Within Groups	0,009399	38	0,000247			

Tab. 95: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjevnih sustava OS5s, OS5_{ss}, OS5_d i OS5_{ds}

Unweighted Means						
Current effect: F (2, 57) = 12,305, p=0,00004						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95,00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95,00%)	N
1	2	3	4	5	6	7
1	OS5 _s	0,058270	0,002770	0,052754	0,063787	20

1	2	3	4	5	6	7
2	OS5 _{ss}	0,055134	0,002770	0,049617	0,060651	20
3	OS5 _d	0,013114	0,002770	0,007597	0,018631	20
4	OS5 _{ds}	0,018207	0,002770	0,012691	0,023724	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	P	
Intercept	0,104728	1	0,104728	682,5055	0,00	
Between Groups	0,034046	3	0,011349	73,9589	0,00	
Within Groups	0,011662	76	0,000153			

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom i dinamičkom modu, te u stegnutom (OS5_{ss}, OS5_{ds}) i nestegnutom stanju (OS5_s, OS5_d)?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom i dinamičkom modu te u stegnutom (OS5_{ss}, OS5_{ds}) i nestegnutom stanju (OS5_s, OS5_d).

H1: Postoji statistički značajna razlika aritmetičkih sredina između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom i dinamičkom modu te u stegnutom (OS5_{ss}, OS5_{ds}) i nestegnutom stanju (OS5_s, OS5_d).

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika aritmetičkih sredina između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS5 u statičkom i dinamičkom modu te u stegnutom (OS5_{ss}, OS5_{ds}) i nestegnutom stanju (OS5_s, OS5_d).

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i dinamičkom modu (OS10_d), te u stegnutom (OS10_{ss}, OS10_{ds}) i nestegnutom stanju (OS10_s, OS10_d)?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije

reprezentativnog odjavnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i dinamičkom modu (OS10_a), te u stegnutom (OS10_{ss}, OS10_{ds}) i nestegnutom stanju (OS10_s, OS10_a).

Tab. 96: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjavnih sustava OS10_s, OS10_{ss}, OS10_a i OS10_{ds}

Unweighted Means						
Current effect: F (3, 76) = 40,796, p = 0,00000						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	OS10 _s	0,058742	0,003180	0,052409	0,065075	20
2	OS10 _{ss}	0,054413	0,003103	0,048232	0,060593	20
3	OS10 _d	0,017262	0,003262	0,010765	0,023760	20
4	OS10 _{ds}	0,026689	0,003180	0,020356	0,033022	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,123256	1	0,123256	609,5214	0,000000	
Between Groups	0,024749	3	0,008250	40,7960	0,000000	
Within Groups	0,015369	76	0,000202			

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjavnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i dinamičkom modu (OS10_a), te u stegnutom (OS10_{ss}, OS10_{ds}) i nestegnutom stanju (OS10_s, OS10_a).

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća se alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjavnog sustava OS10 u statičkom (OS10_s) i dinamičkom modu (OS10_a), te u stegnutom (OS10_{ss}, OS10_{ds}) i nestegnutom stanju (OS10_s, OS10_a).

Tab. 97: Statistička analiza rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnih odjavnih sustava OS15_s, OS15_{ss}, OS15_d i OS15_{ds}

Unweighted Means						
Current effect: F (3, 76) = 84,234, p = 0,0000						
Cell No.	Oznaka	R _{ctn} [m ² °C/W] (Mean)	R _{ctn} [m ² °C/W] (Std.Err.)	R _{ctn} [m ² °C/W] (-95.00%)	R _{ctn} [m ² °C/W] (+95.00%)	N
1	2	3	4	5	6	7
1	OS15 _s	0,060085	0,002174	0,055755	0,064415	20
2	OS15 _{ss}	0,053383	0,002174	0,049053	0,057714	20

1	2	3	4	5	6	7
3	OS15 _d	0,018545	0,002174	0,014215	0,022875	20
4	OS15 _{ds}	0,027684	0,002174	0,023354	0,032014	20
Univariate Tests of Significance for R _{ctn} [m ² °C/W]						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	0,127516	1	0,127516	1348,861	0,00	
Between Groups	0,023890	3	0,007963	84,234	0,00	
Within Groups	0,007185	76	0,000095			

Da li postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata određivanja toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_d), te u stegnutom (OS15_{ss}, OS15_{ds}) i nestegnutom stanju (OS15_s, OS15_d)?

Postavljena hipoteza:

H0: Ne postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_d), te u stegnutom (OS15_{ss}, OS15_{ds}) i nestegnutom stanju (OS15_s, OS15_d).

H1: Postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_d), te u stegnutom (OS15_{ss}, OS15_{ds}) i nestegnutom stanju (OS15_s, OS15_d).

$p < \alpha$ (0,05), odbacuje se nul-hipoteza i uz razinu značajnosti α prihvaća alternativna hipoteza H1 da postoji statistički značajna razlika između rezultata vrijednosti toplinske izolacije reprezentativnog odjevnog sustava OS15 u statičkom (OS15_s) i dinamičkom modu (OS15_d), te u stegnutom (OS15_{ss}, OS15_{ds}) i nestegnutom stanju (OS15_s, OS15_d).

Tab. 98: Statistička analiza rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala pri opterećenju od 0,95 N

Unweighted Means						
Current effect: F (5, 114) = 1965,4, p=0,000						
Cell No.	Oznaka	U _{0,95} (Mean)	U _{0,95} (Std.Err.)	U _{0,95} (-95,00%)	U _{0,95} (+95,00%)	N
1	2	3	4	5	6	7
1	MV1	42,09749	0,344017	41,41599	42,77898	20
2	MV2	34,72444	0,344017	34,04294	35,40593	20

1	2	3	4	5	6	7
3	MV3	18,70034	0,344017	18,01885	19,38184	20
4	MP1	48,15006	0,344017	47,46857	48,83156	20
5	MP2	17,65563	0,344017	16,97413	18,33712	20
6	MP3	10,07043	0,344017	9,38893	10,75192	20
Univariate Tests of Significance for $U_{0,95}$						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	97924,68	1	97924,68	41371,70	0,00	
Between Groups	23260,33	5	4652,07	1965,43	0,00	
Within Groups	269,83	114	2,37			

Tab. 99: Statistička analiza rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline ugradbenih materijala pri opterećenju od 9,50 N

Unweighted Means						
Current effect: F (5, 114) = 4175,0, p=0,0000						
Cell No.	Oznaka	$U_{9,50}$ (Mean)	$U_{9,50}$ (Std.Err.)	$U_{9,50}$ (-95,00%)	$U_{9,50}$ (+95,00%)	N
1	MV1	47,46367	0,260065	46,94849	47,97886	20
2	MV2	38,73002	0,260065	38,21483	39,24520	20
3	MV3	25,74158	0,260065	25,22639	26,25677	20
4	MP1	59,57712	0,260065	59,06194	60,09231	20
5	MP2	25,02038	0,260065	24,50519	25,53556	20
6	MP3	13,71010	0,260065	13,19491	14,22529	20
Univariate Tests of Significance for $U_{9,50}$						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	147340,2	1	147340,2	108925,1	0,00	
Between Groups	28237,0	5	5647,4	4175,0	0,00	
Within Groups	154,2	114	1,4			

Tab. 100: Statistička analiza rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita pri opterećenju od 0,95 N

Unweighted Means						
Current effect: F (2, 57) = 14,098, p=0,00001						
Cell No.	Oznaka	$U_{0,95}$ (Mean)	$U_{0,95}$ (Std.Err.)	$U_{0,95}$ (-95,00%)	$U_{0,95}$ (+95,00%)	N
1	2	3	4	5	6	7
1	OK5	6,858908	0,116074	6,626474	7,091343	20
2	OK10	6,403817	0,116074	6,171383	6,636252	20

1	2	3	4	5	6	7
3	OK15	5,583661	0,116074	5,351227	5,816096	20
Univariate Tests of Significance for U_{0,95}						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	2367,909	1	2367,909	8787,467	0,000000	
Between Groups	16,707	2	8,353	31,000	0,000000	
Within Groups	15,359	57	0,269			

Tab. 101: Statistička analiza rezultata određivanja kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline reprezentativnih odjevnih kompozita pri opterećenju od 9,50 N

LS Means						
Current effect: F (2, 57) = 31,000, p=0,00000						
Cell No.	Oznaka	U _{9,50} (Mean)	U _{9,50} (Std.Err.)	U _{9,50} (-95,00%)	U _{9,50} (+95,00%)	N
1	OK5	31,90379	0,609642	30,68301	33,12458	20
2	OK10	34,17876	0,609642	32,95797	35,39955	20
3	OK15	32,40442	0,609642	31,18363	33,62520	20
Univariate Tests of Significance for U_{9,50}						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	64664,55	1	64664,55	8699,342	0,000000	
Between Groups	57,16	2	28,58	3,845	0,027136	
Within Groups	423,70	57	7,43			

Tab. 102: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe usporidbe zbroja serijskog kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i odjevnog kompozita OK5, pri opterećenju od 0,95 N

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 14994, p=0,00000						
Cell No.	Oznaka	U _{0,95} (Mean)	U _{0,95} (Std.Err.)	U _{0,95} (-95,00%)	U _{0,95} (+95,00%)	N
1	MV1+MP2+MP3	69,82354	0,375840	69,06269	70,58439	20
2	OK5	4,73852	0,375840	3,97767	5,49937	20
Univariate Tests of Significance for U_{0,95}						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	55595,01	1	55595,01	19678,80	0,00	
Between Groups	42360,60	1	42360,60	14994,26	0,00	
Within Groups	107,35	38	2,83			

Tab. 103: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i odjevnog kompozita OK10, pri opterećenju od 0,95 N

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 7866,5, p=0,0000						
Cell No.	Oznaka	U _{0,95} (Mean)	U _{0,95} (Std.Err.)	U _{0,95} (-95,00%)	U _{0,95} (+95,00%)	N
1	MV2+MP2+MP3	62,45049	0,459996	61,51927	63,38170	20
2	OK10	4,75251	0,459996	3,82130	5,68373	20
Univariate Tests of Significance for U _{0,95}						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	45162,43	1	45162,43	10671,86	0,00	
Between Groups	33290,56	1	33290,56	7866,54	0,00	
Within Groups	160,81	38	4,23			

Tab. 104: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i odjevnog kompozita OK15, pri opterećenju od 0,95 N

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 11707, p=0,0000						
Cell No.	Oznaka	U _{0,95} (Mean)	U _{0,95} (Std.Err.)	U _{0,95} (-95,00%)	U _{0,95} (+95,00%)	N
1	MV3+MP2+MP3	46,42639	0,278893	45,86181	46,99098	20
2	OK15	3,75074	0,278893	3,18615	4,31533	20
Univariate Tests of Significance for U _{0,95}						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	25177,45	1	25177,45	16184,81	0,00	
Between Groups	18212,12	1	18212,12	11707,29	0,00	
Within Groups	59,11	38	1,56			

Tab. 105: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijskog kontaktnog kondukcijskog prijenosa topline pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK5 i odjevnog kompozita OK5, pri opterećenju od 9,50 N

Unweighted Means						
Current effect:						
Cell No.	Oznaka	U _{9,50} (Mean)	U _{9,50} (Std.Err.)	U _{9,50} (-95,00%)	U _{9,50} (+95,00%)	N
1	2	3	4	5	6	7

1	2	3	4	5	6	7
1	MV1+MP2+MP3	86,19415	0,173966	85,84197	86,54632	20
2	OK5	6,85891	0,173966	6,50673	7,21108	20
Univariate Tests of Significance for U_{9,50}						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	86588,71	1	86588,71	143054,6	0,00	
Between Groups	62940,80	1	62940,80	103985,5	0,00	
Within Groups	23,00	38	0,61			

Tab. 106: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa top-line pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK10 i odjevnog kompozita OK10, pri opterećenju od 9,50 N

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 19621, p=0,0000						
Cell No.	Oznaka	U _{9,50} (Mean)	U _{9,50} (Std.Err.)	U _{9,50} (-95,00%)	U _{9,50} (+95,00%)	N
1	MV2+MP2+MP3	77,46049	0,358702	76,73434	78,18665	20
2	OK10	6,40382	0,358702	5,67766	7,12997	20
Univariate Tests of Significance for U_{9,50}						
Effect	SS	Degr. of (Freedom)	MS	F	p	
Intercept	70332,22	1	70332,22	27331,15	0,00	
Between Groups	50490,51	1	50490,51	19620,65	0,00	
Within Groups	97,79	38	2,57			

Tab. 107: Raspon srednjih vrijednosti rezultata usporedbe zbroja serijske kontaktnog kondukcijskog prijenosa top-line pojedinačnih slojeva ugradbenih materijala reprezentativnog odjevnog kompozita OK15 i reprezentativnog odjevnog kompozita OK15, pri opterećenju od 9,50 N

Unweighted Means						
Current effect: F (1, 38) = 13190, p=0,0000						
Cell No.	Oznaka	U _{9,50} (Mean)	U _{9,50} (Std.Err.)	U _{9,50} (-95,00%)	U _{9,50} (+95,00%)	N
1	MV3+MP2+MP3	64,47205	0,362571	63,73807	65,20604	20
2	OK15	5,58366	0,362571	4,84967	6,31765	20
Univariate Tests of Significance for U_{9,50}						
Effect	SS	Degr. of	MS	F	p	
Intercept	49078,03	1	49078,03	18666,86	0,00	
Between Groups	34678,43	1	34678,43	13189,96	0,00	
Within Groups	99,91	38	2,63			

PRILOG 5

Popis patenata i patentnih prijava za korištene mjerne uređaje

Popis patenata i patentnih prijava uređaja korištenih u ovom doktorskom radu, izrađenih na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu, na Zavodu za odjevnu tehnologiju (Laboratorij za procesne parametre odjavnog inženjerstva i Laboratorij za termoizolacijska svojstva odjeće).

Patenti:

1. Rogale D., Nikolić G.: Mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava kompozita i odjeće, odobren konsensualni patent od Državnog zavoda za intelektualno vlasništvo 28.08.2015. pod oznakom PK20130350
2. Rogale D., Rogale K., Firšt Rogale S., Knezić Ž., Vujasinović E., Čubrić G., Špelić I.: Višenamjenski diferencijalni konduktometar za tekstilne kompozite i odjeću, Državni zavod za intelektualno vlasništvo, odobren konsensualni patent od Državnog zavoda za intelektualno vlasništvo 8. ožujka 2020. pod oznakom PK20171643

Patentna prijava:

1. Rogale D., Firšt Rogale S., Knezić Ž.: Mjerni uređaj i metoda za simultana mjerenja otpora prolazu topline i temperaturnih gradijenata slojeva kompozita odjeće, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske, 27. 7. 2021., klasa: 381-03/2021-010/1208; ur.br. 380-21-001, pod oznakom P20211208A

PRILOG 6

Životopis i popis radova N. Jukl

ŽIVOTOPIS

Nikolina Jukl, mag. ing. techn. text., rođena je 1987 godine u Sv. Nedelji, Hrvatska. Osnovnu i srednju školu završila je u Zagrebu. Diplomirala je 2013. godine na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu. Iste godine upisuje poslijediplomski sveučilišni studij Tekstilna znanost i tehnologija na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu.

Od 2013. do 2022. godine radila je kao rukovoditeljica proizvodnje i konstruktorica u tvrtki Konfeks d.o.o. koja se bavi proizvodnjom radne i zaštitne odjeće, a bavila se poslovima vezanim za tehničko-tehnološku pripremu proizvodnje, rukovođenje proizvodnim procesima proizvodnje, određivanjem normi vremena izrade za tehnološke procese krojenja i šivanja, konstrukcijom, gradiranjem i modeliranjem krojeva, te izradom krojnih slika konvencionalnom metodom i računalnim CAD/CAM sustavima, organizacijom, izradom i kontrolom novih modela odjevnih predmeta te međufaznom i završnom kontrolom gotovih odjevnih predmeta. Stekla je značajno iskustvo i znanje o radu na strojevima u tehnološkim procesima proizvodnje koji uključuju i visokotehnološke metode spajanja dijelova odjeće. Dugogodišnje iskustvo u realnom sektoru i rad sa ljudima omogućio joj je stjecanje vještina uspješne komunikacije s ostalim zaposlenicima i suradnicima, kao i iskustvo u upravljanju ljudskim resursima.

Od 2022. godine zaposlena je na Tekstilno-tehnološkom fakultetu kao asistentica. Njezin znanstveno-istraživački, stručni i nastavni rad vezan je za znanstveno područje tehničkih znanosti, polje tekstilna tehnologija, usko vezan uz tehnološke procese proizvodnje odjeće te istraživanja termoizolacijskih svojstva odjeće.

POPIS RADOVA:

1. Rogale, D., Firšt Rogale, S., Knezić, Ž., Jukl, N. & Majstorović, G. (2023). Measurement methods of the thermal resistance of materials used in clothing. *Materials*, 16, 3842. 1-18, Available at: <https://www.mdpi.com/1996-1944/16/10/3842#>, [18 June, 2023].
2. Ladan, V., Rogale, D., Jukl, N. & Firšt Rogale, S. (2023). Utjecaj procesnih parametara glačanja na završni izgled konvencionalne i inteligentne odjeće. U: Vujasinović, E. & Dekanić, T. (ur.), *Zbornik radova 15. znanstveno-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo*, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, 50-55, ISSN: 2975-5956.
3. Jukl, N., Petrak, S., Firšt Rogale, S. & Rogale, D. (2022). 3D computer design of modular clothing system and testing of its thermal properties. In: Hursa Šajatović A. & Vujasinović E. (eds.), *Book of Proceedings of the 10th International Textile, Clothing & Design Conference*. Dubrovnik, Croatia, 231-236, ISSN: 1847-7275.
4. Jukl, N. (2022). Simultano određivanje otpora prolazu topline i temperaturnih gradijenata zaštitne jakne. U: Firšt Rogale, S. (ur.). *Dan doktoranada 2022.: Zbornik radova*, Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, 62-64, ISSN: 2584-6604.
5. Firšt Rogale, S., Rogale, D., Knezić, Ž. & Jukl, N. (2021). Measurement method for the simultaneous determination of thermal resistance and temperature gradients in the determination of thermal properties of textile material layers. *Materials*, 14, 6853 (1-20), Available at: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/22/6853#>, [10 June, 2022].
6. Jukl, N., Firšt Rogale, S. & Rogale, D. (2020). Thermal insulation properties of the protective vest tested on a thermal manikin in static mode. In: Petrak, S., Zdraveva, E. & Mijović, B. (eds.), *Book of Proceedings 13th International Scientific –Professional Symposium*

– *Textile science & economy*, ISSN 2584 – 6450 282-285.

7. Petrak, S., Jukl, N., Hursa Šajatović, A. & Geršak, J. (2016). Research of the Motorcycle Trousers Functionality Depending of Construction Parameters of Cutting Parts. In: Dragčević, Z., Hursa Šajatović, A. & Vujasinović, E. (eds.). *Book of Proceedings of the 8th International Textile, Clothing & Design Conference 2016 – Magic World of Textiles*, Dubrovnik, Croatia, 260-265, ISSN: 1847-7275.