

UNIVERZA V LJUBLJANI
NARAVOSLOVNIŠKA FAKULTETA

DIPLOMSKO DELO

ANA PENKO

LJUBLJANA 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
NARAVOSLOVNOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA TEKSTILSTVO, GRAFIKO IN OBLIKOVANJE

**UPORABNE LASTNOSTI VLAKNOVIN ZA ZAŠČITNE
ROKAVICE**

DIPLOMSKO DELO

ANA PENKO

LJUBLJANA, junij 2016

UNIVERSITY OF LJUBLJANA
FACULTY OF NATURAL SCIENCES ENGINEERING
DEPARTMENT OF TEXTILES, GRAPHIC ARTS AND DESIGN

USEFUL PROPERTIES OF NONWOVENS FOR PROTECTIVE GLOVES

DIPLOMA THESIS

ANA PENKO

LJUBLJANA, junij 2016

PODATKI O DIPLOMSKEM DELU

Število listov: 39

Število strani: 25

Število slik : 9

Število preglednic: 10

Število literarnih virov:15

Število prilog: /

Študijski program: Visokošolski strokovni študijski program Konfekcijska tehnika

Komisija za zagovor:

Predsednik: doc. dr. Brigita Tomšič

Mentor: doc. dr. Dunja Šajn Gorjanc

Član: izr. prof. dr. Alenka Pavko Čuden

Ljubljana,.....

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Dunja Šajn Gorjanc za podporo in spodbudo pri izdelavi diplomskega dela.

Iskreno se zahvaljujem svoji družini za vso potrpežljivost.

IZVLEČEK

Namen diplomske naloge je preučiti uporabne lastnosti vlaknovin za zaščitna oblačila, natančneje za zaščitne rokavice. V diplomskem delu bo del eksperimentalnega dela namenjen obravnavi mehanskih lastnosti s poudarkom na elastičnih lastnostih vlaknovin za zaščitne rokavice pri uporabnih (nižjih) obremenitvah, medtem ko bo v drugem delu večja pozornost namenjena izolacijskim in prepustnostnim lastnostim (zračna prepustnost, prepustnost vodne pare). Analizirane vlaknovine so vlaknovine dveh različnih proizvajalcev, od katerih je eden od proizvajalcev podjetje Konus Konex iz Slovenskih Konjic. Vlaknovine so izdelane po suhem (mikalniškem postopku) in utrjene z iglanjem in sicer z zaščitno folijo in brez zaščitne folije (mikroporozna membrana iz poliestra debeline 20 μm). Preučen bo vpliv vstavljene membrane na uporabne lastnosti vlaknovine za zaščitne rokavice. V okviru teoretičnega dela bodo predstavljene vlaknovine, klasifikacija vlaknovin, izdelava temeljnega sloja, utrditev temeljnega sloja in dodelava, ter mehanske in elastične lastnosti, izolacijske in prepustne lastnosti vlaknovin za zaščitne rokavice.

V eksperimentalnem delu bodo raziskane mehanske lastnosti, kot so: pretržna napetost in raztezek, viskoelastične lastnosti (točka polzišča in modul elastičnosti) in elastični povratek po cikličnem obremenjevanju ter toplotna prevodnost, prepustnostne lastnosti: prepustnost vodne pare in zračna prepustnost. Rezultati raziskave diplomskega dela so pokazali, da imata vzorca ST in STL, ki vsebujeta mikroporozno PES membrano, višjo pretržno napetost, kot vzorca T in TL, ki nimata vstavljene mikroporozne membrane. Vzorca ST in STL imata višje vrednosti pretržnega razteзка, meje elastičnosti (napetost in raztezek v točki polzišča) in nižji modul elastičnosti, kot vzorca T in TL, saj sta utrjena na lamelni temeljni deski in imata strukturirano površino, kar vpliva na boljše izražene mehanske lastnosti vzorcev, medtem ko imata vzorca TL in STL, ki vsebujeta mikroporozno membrano, višji elastičen povratek in nižjo zračno prepustnost, medtem ko se prepustnost vodne pare izrazito zniža le pri vzorcu ST.

Ključne besede: vlaknovine, zaščitne rokavice, mehanske lastnosti, elastične lastnosti, zračna prepustnost

ABSTRACT

The aim of presented work is to analyse the end-use properties of nonwovens for protective clothes, more specifically for protective gloves. In the presented work, the experimental part is initially oriented to the mechanical properties, with an emphasis on elastic properties, especially in the field of lower (useful) loads of nonwoven fabrics intended for protective clothes. The second part of the experimental part is directed to the insulating and permeability properties (air-permeability, water vapour transmission). Analysed samples present nonwoven fabrics from two different producers, where one from chosen producers is our company from Slovenske Konjice named Konus Konex. Nonwoven fabrics analysed are produced using dry laid (carded laid) web formation and are mechanical bonded with needle bonding technique. Nonwoven fabrics analysed (two from all four samples analysed) incorporate microporous membrane from PES with the thickness 20 μm (samples ST and STL). The basic intention of the presented work is to analyse the impact of incorporated microporous membrane on end-use properties of nonwoven fabrics designed for protective gloves. The theoretical part of diploma work presents nonwoven fabrics and their classification, technology stages: web formation, web bonding, finishing and mechanical properties, elasticity, and insulating and permeability properties of nonwoven fabrics intended for protective gloves.

The experimental part of the presented work deals with the research of mechanical properties such as: breaking stress and extension, viscoelastic properties (yield point, elasticity modulus) and elastic recovery after cyclic loading and thermal conduction. In the experimental part, also permeability properties (water vapour transmission, air-permeability) are analysed. The results of the diploma work research show, that ST and STL samples which incorporate microporous PES membrane, express higher breaking stress than the T and TL samples, where the microporous PES membrane is not included. ST and STL samples also show higher values of breaking extension, limit of recoverable deformations (the stress and extension in the yield point) and lower elasticity modulus than T and TL samples. ST and STL samples are mechanically bonded on lamella board and consequently have structured (ribbed) shape that influences on improved mechanical properties. TL and STL samples which incorporate microporous PES membrane express higher elastic recovery and lower air-permeability than T and TL samples, while the water vapour permeability is lower only with the ST samples.

Key words: nonwoven fabrics, protective gloves, mechanical properties, elastic properties, air permeability

POVZETEK

V diplomski nalogi so obravnavane uporabne lastnosti vlaknovin za zaščitne rokavice. Vlaknovine, ki smo jih preiskovali so vlaknovine dveh različnih proizvajalcev, od katerih je eden od proizvajalcev podjetje Konus Konex iz Slovenskih Konjic. Vlaknovine so izdelane po suhem (mikalniškem postopku) in utrjene z iglanjem in sicer z zaščitno folijo in brez zaščitne folije (mikroporozna membrana iz poliestra debeline 20 μm).

Posebno pozornost smo posvetili obravnavi mehanskih lastnosti s poudarkom na elastičnih lastnosti vlaknovin za zaščitne rokavice. Drugi del diplomske naloge pa zajema izolacijske in prepustnostne lastnosti.

Rezultati so pokazali, da ima največji pretržni raztezek vzorec ST. Posledica le tega je lamelno utrjevanje temeljnega sloja, kar vpliva na spremembo strukture temeljnega sloja in s tem na zvišanje pretržnega raztezka. Vzorca ST in STL imata višji pretržni raztezek kot vzorca T in TL, saj sta utrjena na lamelni temeljni deski.

Največji raztezek v polzišču v vzdolžni smeri ima vzorec STL, njegova napetost v točki polzišča je tudi najvišja. Raztezek v točki polzišča vzorcev ST in STL je tako v vzdolžni kot tudi v prečni smeri višji od vzorcev T in TL. Razlog za višji raztezek je strukturirana površina vlaknovine vzorcev ST in STL glede na vzorca T in TL, kjer je vlaknovina utrjena na ravni temeljni deski. Obenem imata vzorca ST in STL tudi najnižji modul elastičnosti.

Najvišji elastični povratek po tlačnem obremenjevanju zasledimo pri vzorcu STL. Sledi mu vzorec TL. Oba vsebujeta mikroporozno PES membrano, ki vpliva na povišanje elastičnega povratka. Vzorca T in ST imata za 10% nižji elastični povratek, kot vzorca STL in TL.

Rezultate prepustnostnih lastnosti smo izvedli z naslednjimi metodami: prepustnost vodne pare, z zračno propustnostjo in toplotno prevodnostjo. Vzorci T, TL in STL imajo višjo propustnost vodne pare (okrog 88 $\text{g/m}^2 \cdot \text{h}$), kot vzorec ST (84 $\text{g/m}^2 \cdot \text{h}$). Izstopajoči vzorec ST, nima vstavljene porozne PES membrane in najverjetneje, strukturirana površina temeljnega sloja vpliva na znižanje prepustnosti vodne pare vzorca ST.

Največjo zračno propustnost ima vzorec ST, sledi mu vzorec T. Vzorcema TL in STL, ki vsebujeta mikroporozno PES membrano, se zračna prepustnost zniža za več kot 50 %. Najnižja zračna prepustnost je izmerjena pri vzorcu STL, ki vsebuje mikroporozno PES membrano in ima strukturirano površino, kar vpliva na nižjo zračno prepustnost.

Največjo toplotno prevodnost ima vzorec ST, sledi mu vzorec STL. Vzorca ST in STL sestavlja vlaknovina iz 100 % PES vlaken, ki vplivajo na višjo toplotno prevodnost kot pri vzorcih T in TL, ki sta iz mešanice PES/CV/WO, ki ima nižjo toplotno prevodnost kot 100 % PES vlakna. Vzorca T in TL imata v povprečju nižjo debelino kot vzorca ST in STL, vendar ima surovinska sestava v tem primeru večji vpliv na toplotno prevodnost vlaknovine kot struktura vlaknovine. Mikroporozna PES membrana vpliva na zvišanje toplotne prevodnosti le pri vzorcu TL, medtem ko se pri vzorcu STL malenkostno zniža.

Vsebnost mikroporozne membrane izboljša mehanske lastnosti vzorcev in elastične lastnosti vzorcev. Na drugi strani pa vsebnost mikroporozne membrane vpliva na nižjo zračno prepustnost in višjo prepustnost vodne pare v primeru vzorca STL, ki vsebuje mikroporozno membrano in ima vlaknovino z strukturirano površino. Prepustnost vodne pare je višja pri vzorcih, ki imajo gladko, ravno površino, vendar se močno poveča v primeru vzorca STL, ki vsebuje mikroporozno membrano in ima vlaknovino z strukturirano površino.

VSEBINSKO KAZALO

IZVLEČEK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
POVZETEK.....	viii
SEZNAM SLIK.....	xii
SEZNAM PREGLEDNIC.....	xiii
SEZNAM OKRAJŠAV IN POSEBNIH SIMBOLOV	xiv
1 UVOD	1
2 TEORETIČNI DEL.....	2
2.1 Definicije netkanih tekstilij	2
2.2 Vlaknovine za zaščitne rokavice	2
2.3 Postopek izdelave vlaknovin za zaščitne rokavice	3
2.3.1 Mikalniški postopek izdelave temeljnega sloja.....	3
2.3.2 Mehanski postopki utrjevanja koprenskih tekstilij.....	4
2.3.3 Postopek utrjevanja z iglanjem	4
2.4 Struktura in lastnosti vlaknovin.....	6
2.4.1 Mehanske in elastične lastnosti vlaknovin	7
2.4.2 Izolacijske lastnosti vlaknovin za zaščitne rokavice	7
3 EKSPERIMENTALNI DEL	8
3.1 Predstavitev analiziranih materialov	8
3.2 Predstavitev uporabljenih metod	11
3.2.1 Pretržna sila in pretržni raztezek (standard SIST EN ISO 13934-1).....	11
3.2.2 Elastični povratek pri kompresijskem obremenjevanju (standard ASTM 1664)13	
3.2.3 Zračna prepustnost (standard SIST EN ISO 9237)	14
3.2.4 Toplotna prevodnost (CAN/CGSB-4.2. No. 70.1.-94)	15
3.2.5 Prepustnost vodne pare (ASTM E 96:00)	16

4	REZULTATI Z RAZPRAVO	17
4.1	Rezultati pretržne napetosti in pretržnega raztezka vlaknovin	17
4.2	Rezultati točke polzišča in začetnega modula elastičnosti	18
4.3	Rezultati elastičnega povratka po kompresijskem obremenjevanju	19
4.4	Rezultati prepustnih lastnosti vlaknovin	20
4.4.1	Prepustnost vodne pare	20
4.4.2	Zračna prepustnost	21
4.4.3	Toplotna prevodnost	22
5	ZAKLJUČEK	23
6	LITERATURA	25

SEZNAM SLIK

Slika 1 : Mikalnik z valjčki firme Hergeth (2)	4
Slika 2: Primeri lamelnih desk (2).....	6
Slika 3: Dinamometer Instron 5567	12
Slika 4: Podatki v programu Blue Hill	12
Slika 5: Prikaz vzorca pri določanju pretržne sile/raztezka	13
Slika 6: Prikaz tlačnega obremenjevanja vzorca s kroglo	14
Slika 7: Aparat Air-Tronic za določanje zračne prepustnosti; a – Aparat Air-Tronik b – Testna površina vzorca ($A = 10 \text{ cm}^2$).....	14
Slika 8: Aparat za merjenje toplotne prevodnosti; a – merilna glava aparata, b – termostat za reguliranje temperature toplega in hladnega bloka	15
Slika 9: Klimatska komora in posodica.....	16

SEZNAM PREGLEDNIC

Preglednica 1: Surovinska sestava analiziranih vzorcev	8
Preglednica 2: Strukturne lastnosti analiziranih vzorcev	9
Preglednica 3: Prikaz vzorcev pri 50x povečavi	10
Preglednica 4: Prikaz mikroporozne PES membrane pri 50x povečavi.....	11
Preglednica 5: Pretržni raztezek in pretržna napetost analiziranih vzorcev	17
Preglednica 6: Raztezek in napetost v točki polzišča, začetni elastični modul in raztezek	18
Preglednica 7: Elastični povratek po kompresijskem obremenjevanju analiziranih vzorcev ..	19
Preglednica 8: Rezultati prepustnosti vodne pare.	20
Preglednica 9: Rezultati zračne propustnosti	21
Preglednica 10 : Rezultati toplotne prevodnosti	22

SEZNAM OKRAJŠAV IN POSEBNIH SIMBOLOV

λ_x	toplotna prevodnost preskušanca (W/mK),
λ_n	toplotna prevodnost referenčne steklene plošče ($\lambda_x = 1,0319$ W/mK)
d_x	debelina preskušanca (mm)
T_1	temperatura tanke bakrene plošče (K)
T_2	temperatura srednje bakrene plošče (K)
T_3	temperatura debelejšje bakrene plošče (K)
ϵ_e	elastični raztezek
ϵ	celotni raztezek.
m	masa
m_{mokri}	masa mokrega vzorca (g)
m_{sui}	masa vzorca po obremenjevanju
O	obseg prečnega preseka pore
S	površina odprtine pokrova
$\bar{s}$	širina
t	čas
T_2	temperatura debele bakrene plošče
T_3	temperatura srednje tanke bakrene plošče
T_4	temperatura toplejše debele bakrene plošče
σ	pretržna napetost
ϵ	pretržni raztezek
Vzorec T	vlaknovine različnih proizvajalcev
Vzorec TL	vlaknovine različnih proizvajalcev
Vzorec ST	vlaknovine različnih proizvajalcev
Vzorec STL	vlaknovine različnih proizvajalcev

1 UVOD

Diplomsko delo proučuje lastnosti vlaknovin za zaščitne rokavice. Analizirane vlaknovine so vlaknovine dveh različnih proizvajalcev, od katerih je eden od proizvajalcev podjetje Konus Konex iz Slovenskih Konjic. Vlaknovine so izdelane po suhem (mikalniškem postopku) in utrjene z iglanjem in sicer z zaščitno folijo in brez zaščitne folije (mikroporozna membrana iz poliestra debeline 20 μm).

Preučen bo vpliv vstavljenе folije na uporabne lastnosti vlaknovine. V okviru teoretičnega dela bodo predstavljene vlaknovine, klasifikacija vlaknovin, izdelava temeljnega sloja, utrditev temeljnega sloja in dodelava, ter mehanske in elastične lastnosti, izolacijske in prepustne lastnosti vlaknovin za zaščitne rokavice.

Med najpomembnejše mehanske lastnosti spadajo pretržna napetost in raztezek, viskoelastične lastnosti (točka polzišča in modul elastičnosti) in elastični povratek po cikličnem obremenjevanju ter toplotna prevodnost, prepustnostne lastnosti: prepustnost vodne pare in zračna prepustnost.

Notranji sloj zaščitni rokavic je navadno izdelan iz vlaknovine, ki je običajno izdelana po suhem (mikalniškem postopku) in utrjena mehansko (z iglanjem). Zaščitne rokavice morajo na eni strani nuditi mehansko zaščito (odpornost na obrabo, odpornost na deformacije pri uporabi), toplotno zaščito (zaščita pred visokimi in nizkimi temperaturami), zaščito pred sevanjem ter zaščito proti kemikalijam. Vlaknovine za zaščitne rokavice, ki so analizirane v okviru diplomskega dela, se uporabljajo kot notranji sloj zaščitnih rokavic za zaščito proti visokim temperaturam pri delu.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Definicije netkanih tekstilij

Netkane tekstilije obsegajo široko paleto proizvodov in tehnologij. Definicija netkanih tekstilij se nenehno spreminja, saj se kar naprej pojavljajo nove tehnologije in nove strukture tekstilij.

Danes se najpogosteje uporabljata definiciji, ki sta ju vpeljali EDANA (the European Disposables and Nonwovens Association) in INDA (the association of Nonwoven Fabrics Industry).

Mednarodna organizacija za standardizacijo (The International Standards Organization [ISO 9092;1988]) in EDANA podajata naslednjo definicijo:

Netkana tekstilija je izdelana plast, koprena ali runo iz orientiranih ali pa naključno orientiranih vlaken, ki so utrjena zaradi delovanja sil trenja in/ali kohezivnih sil in/ali adhezivnih sil, izključujoč papir (glejte opombo) in proizvodov, ki so tkani, pleteni, taftani, prešivani, ki vsebujejo vezne preje ali filamente, ali pa so polsteni z mokrim valjanjem, ne glede na to, ali so dodatno iglani ali ne.

INDA definira netkane tekstilije kot plasti, koprene ali runa iz naravnih in/ali kemičnih vlaken ali filamentov (izključujoč papir), ki niso bili preoblikovani v preje in so med seboj spojeni na različne načine. (1)

2.2 Vlaknovine za zaščitne rokavice

Vlaknovine, ki so izdelane po suhem postopku in utrjene z iglanjem, ki se uporabljajo za zaščitna oblačila predstavljajo 40-odstotni delež celotne izdelave vlaknovin. Poleg zaščitnih oblačil se tovrstne vlaknovine uporabljajo v gradbeništvu (izolacija), avtomobilski industriji (polnila), tekstilni in čevlarski industriji (polnila, obloge za čevlje, umetno usnje,) in pohištveni industriji (interier).

Postopki izdelave vlaknovin:

- Suhi,
- mokri in

- ekstrudirni postopek.

Postopki utrjevanja vlaknovin:

- Mehanski,
- termični in
- kemični. (1)

Za zaščitne rokavice je notranji izolacijski sloj navadno izdelan po suhem postopku (mikalniškem) in utrjen mehansko (z iglanjem).

2.3 Postopek izdelave vlaknovin za zaščitne rokavice

Postopek izdelave vlaknovin poteka v okviru treh faz, in sicer: izdelava temeljnega sloja, poteka po suhem, mokrem in ekstrudirnim polaganjem. Sledi utrditev temeljnega sloja, ki ga dosežemo z iglanjem, kemičnim ali toplotnim utrjevanjem. Za doseganje dodatnih lastnosti moramo vlaknovino kasneje dodatno obdelati (antimikrobna, ognjevarna obdelava).

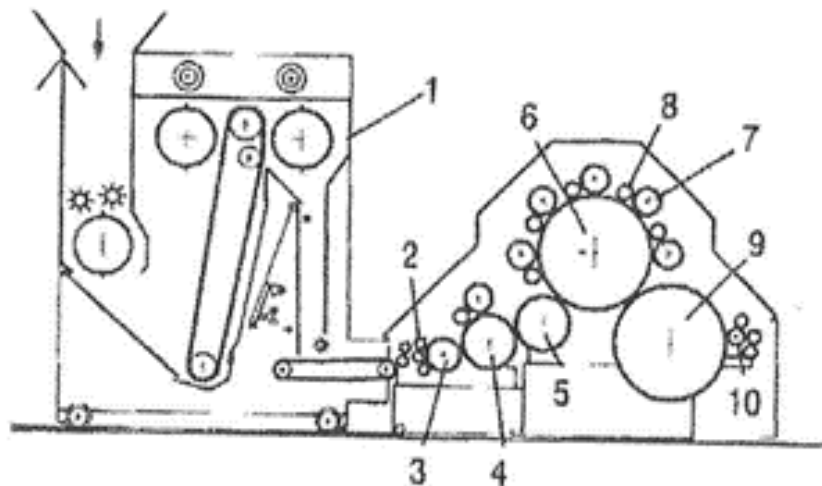
Oddelek, v katerem izvajajo rahljanje, čiščenje, mešanje in po potrebi maščenje prediva, se imenuje pripravljavnica. Predivo je stisnjeno v balah, da ga lažje transportiramo in skladiščimo. V pripravljavnici se glede na vrsto prediva in zahtevnost končne tekstilije izvajajo začetno rahljanje prediva iz bal, obzirno rahljanje prediva v nevpetem stanju, mešanje prediva, zaključno rahljanje prediva v vpetem stanju in pnevmatski transport zrahljanih kosmičev do napajalnika mikalnikov. (1-3)

2.3.1 Mikalniški postopek izdelave temeljnega sloja

Za izdelavo mikalniških koprenskih tekstilij potrebujemo mikalnik z valjčki. Med mikanjem izotropnega runa iz kosmičev vlaken pride do razvlaknitve kosmičev do posameznih vlaken. Izdelek mikalnika sta ena ali dve kopreni. Združita se na transportnem traku mikalnika v enovito ploskovno tvorbo.

Glede principa delovanja mikalnika za izdelavo netkanih tekstilij ločimo:

- mikalnike z mikalnimi ploščami,
- mikalnike z valjčki in
- kombinirane mikalnike. (4)



Slika 1 : Mikalnik z valjčki firme Hergeth

1-napajalnik, 2- valjčno dovajalo runa, 3-rahljalni valj,4-predmikalni boben,5-prenosni valj,6-mikalni boben,7-delovni valj,8-vračalni valj,9-snemalni valj,10-snemalo koprene (2)

2.3.2 Mehanski postopki utrjevanja kopenskih tekstilij

Mehansko utrjevanje kopenskih tekstilij se izvaja z :

- Iglanjem,
- vodnim curkom in
- prešivanjem kopenskih tekstilij. (4)

2.3.3 Postopek utrjevanja z iglanjem

Plasteno kopreno utrjujemo z navpičnim prebadanjem na stroju, ki se imenuje iglalnik.

Glede intenzivnosti iglanja poznamo:

- Prediglalnike in
- iglalnike.

S prediglanjem in iglanjem utrjujemo plastene koprene v koprenske tekstilije. Plastena koprena se na prediglalniku rahlo utrdi s prepletanjem vlaken in je pripravljena za raztezanje ali utrjevanje v proizvodnem procesu.

Začetno iglanje se izvaja na prediglalniku z eno ali obojestranskim prebadanjem plastene koprene z iglami. S pomočjo zazobkov zgrabijo snopiče vlaken in jim spremenijo lego. Za kakovostno prediglanje moramo omogočiti čim enakomernejše dovajanje koprene čim bližje iglam z zazobki.

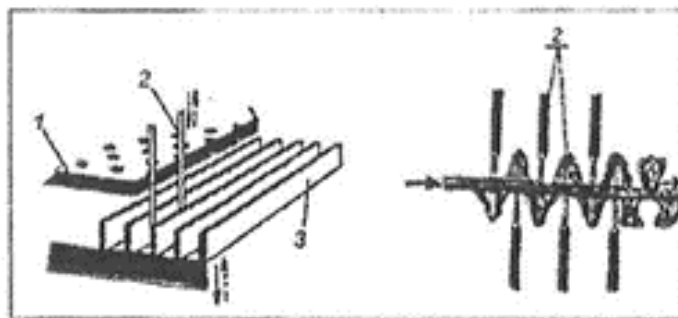
Prediglanju sledi faza iglanja, ki se izvaja na iglalniku. Kopreno vodimo prek para dovajalnih valjčkov v iglalniki.

Igelna deska, na kateri je nameščena množica igel z zazobki, izvaja translatorsko gibanje v smeri proti temeljni plošči, kjer je nameščen sloj za utrjevanje in omogoča, da igle v območju med perforirano temeljno in snemalno desko v navpični smeri prebadajo kopreno. Po primerni utrditvi plastenih koprenskih tekstilij je možna izdelava tudi strukturiranih koprenskih tekstilij.

Za izdelavo strukturiranih koprenskih tekstilij je na igelniku potrebno zamenjati:

- igelnico, ki ima namesto igle z zazobki viličaste ali specialne igle in
- ravno temeljno desko z lamelno ali ščetkasto temeljno desko. (4)

Predhodno utrjeno koprensko tekstilijo dovajamo v iglalniki za strukturirano iglanje. Igelnica z viličastimi iglami navpično prebada utrjeno koprensko tekstilijo, viličaste igle iz tekstilije izrivajo snopiče vlaken na hrbtno stran koprenske tekstilije in tvorijo enostransko zankasto strukturo. Višino izrinjenih zank uravnavamo s premikanjem ali odmikanjem lamelne deske k fiksirani snemalni deski in z globino prebadanja igelnice. Za obojestransko zankasto strukturo ima iglalniki lamelirano temeljno in snemalno desko ter viličaste igle za prebadanje licne in hrbtna strani koprenske tekstilije. (2)



Slika 2: Primeri lamelnih desk

1-snemalna deska, 2-viličasta deska, 3-lamelna deska (2)

Z iglanjem utrdimo temeljni sloj vlaknovine. Iglane vlaknovine, zaradi večje mase uporabljamo predvsem za polnila, izolacijo, utrjevanje pri gradnji in podobno.

2.4 Struktura in lastnosti vlaknovin

Vlaknovine so ploski materiali, sestavljeni iz vlaken ali niti. Skupaj jih drži lastna sprijemnost vlaken, ki jo dosežemo z zapletanjem vlaken. Vlaknovine so učvrščene mehansko, kemično ali termično.

Vlakna, položena v ravnini materiala so:

- naključno orientirana – izotropna,
- večinoma prečno orientirana in
- večinoma vzdolžno orientirana.

Vlakna, položena pravokotno na ravnino tekstilije so:

- kunit – Multiknit tekstije
- struto tekstilije.

Vlaknovine, ki imajo izotropno orientacijo vlaken, imajo mehanske lastnosti enotne v vzdolžni in prečni smeri, pri čemer imajo vlaknovine, ki so vzdolžno in prečno orientirane, bolj poudarjene lastnosti v odvisnosti od orientacije vlaken. Vlaknovine, analizirane v diplomskem delu, so izotropno orientirane.

2.4.1 Mehanske in elastične lastnosti vlaknovin

Mehanske lastnosti predstavljajo odziv vlaknovine na delovanje zunanjih sil in deformacij. Najpomembnejše mehanske lastnosti so pretržna napetost, pretržni raztezek in elastične lastnosti.

Pri vlaknovinah se na začetku obremenitve vlakna izravnavajo v smeri delovanja natezne sile. Do raztezanja vlaken pride, ko se vlakna dokončno izravnavajo, takrat se vlaknovina začne upirati delovanju sile, nagib krivulje se spremeni. (4-6)

Iz krivulje odčitamo naslednje količine:

- začetni modul ali modul elastičnosti, E ,
- polzišče, σ_y, ϵ_y ,
- raztezek v točki polzišča, ϵ_y (%),
- napetost v točki polzišča, σ_y (N/mm²),
- začetni elastični modul, E_0 (N/mm²) in
- raztezek pri E_0 , ϵ_0 (%).

2.4.2 Izolacijske lastnosti vlaknovin za zaščitne rokavice

Izolacijske lastnosti vlaknovin so izražene z njihovo toplotno prevodnostjo. Vsa tekstilna vlakna bolje prevajajo toploto od zraka torej toplotna izolacija ni odvisna samo od toplotne prevodnosti, temveč tudi od strukture in debeline vlaknovine. Toplotna izolacija je odvisna tudi od volumna zraka, ki je sklenjen v tekstiliji. Toplota prevodnost se uporablja kot kriterij izolacijske sposobnosti tekstilij, v našem primeru vlaknovin.

Izolacijsko učinkovitost vlaknatega materiala določata razmerje med vlakni in zrakom (10–20 % vlaken in 80–90% zraka; premer vlaken) ter način medsebojne povezave vlaken (kompromis med finostjo in togostjo vlaken). (6-8)

3 EKSPERIMENTALNI DEL

3.1 Predstavitev analiziranih materialov

Analizirani vzorci predstavljajo trislojni material, pri čemer je notranji (izolacijski sloj) iz vlaknovine, izdelane po mikalniškem (suhem) postopku in utrjene mehansko (z iglanjem). Vlaknovina pri vzorcih T in TL je utrjena na ravni temeljni deski, medtem ko je vlaknovina pri vzorcih ST in STL utrjena na lamelni temeljni deski in ima strukturirano površino. Vrhnji (1. sloj) in spodnji sloj (3. sloj) vzorcev je izdelan iz pletiva, pri čemer je vrhnji sloj izdelan iz pletenega pliša iz bombažnih vlaken. Spodnji sloj analiziranih vzorcev pa je iz snutkovnega pletiva. Notranji (2. sloj) pri vseh analiziranih vzorcih je izdelan iz vlaknovine, pri čemer je vlaknovina vzorcev z oznako T in TL izdelana iz mešanice PES/CV/WO vlaken in ima gladko strukturo, medtem ko je vlaknovina vzorcev z oznako ST in STL izdelana iz 100 % PES vlaken in ima strukturirano površino (Preglednica 1). Vzorca z oznako TL in STL vsebujeta še mikroporozno membrano iz PES, debeline 20 µm.

Preglednica 1: Surovinska sestava analiziranih vzorcev

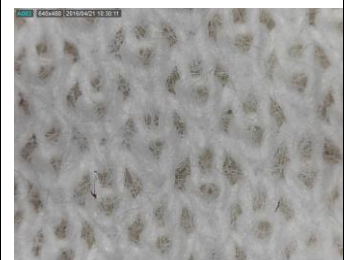
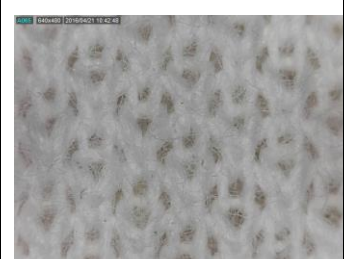
Vzorec	Surovinska sestava			Mikroporozna membrana
	1. sloj	2. sloj	3. sloj	
VZOREC T	CO	PES/CV/WO	CO/PA	/
VZOREC TL	CO	PES/CV/WO	CO/PA	PES
VZOREC ST	CO	PES	CO/PA	/
VZOREC STL	CO	PES	CO/PA	PES

Preglednica 2: Strukturne lastnosti analiziranih vzorcev

Vzorec	Masa, M (g/m ²)	Debelina ^{a.)} , h (mm)	Masa vlaknovine, M _{vlaknovina} (g/m ²)	Debelina ^{a.)} vlaknovine, d _{vlaknovina} (mm)	Premer vlaken v vlaknovini, d _{vlaken} (μm)		
					PES	CV	Wo
VZOREC T	1367,3	8,416	637,7	4,456	26,0	18,0	42,0
VZOREC TL	1427,6	8,350	610,1	4,391	28,0	18,0	45,0
VZOREC ST	1195,81	9,407	307,9	5,301	25,0	-	-
VZOREC STL	1278,14	9,439	336,9	5,285	29,0	-	

^{a.)} Debelina vzorcev je bila izmerjena na mikrometru brez uteži pri tlačni obremenitvi $p = 2 \text{ kPa}$ in površini pritisne noge $A = 25 \text{ cm}^2$

Preglednica 3: Prikaz vzorcev pri 50x povečavi

VZORCI	Zgornji sloj (1. sloj)	Notranji sloj (2. sloj)	Spodnji sloj (3. sloj)
T			
TL			
ST			
STL			

Preglednica 4: Prikaz mikroporozne PES membrane pri 50x povečavi

	TL	STL
Vzorec		

3.2 Predstavitev uporabljenih metod

V nadaljevanju naloge so predstavljene uporabljene metode (pretržna sila in pretržni raztezek, elastični povratek pri kompresijskem obremenjevanju, zračna propustnost, toplotna prevodnost, prepustnost vodne pare ter fizikalne lastnosti vlaknovin).

3.2.1 Pretržna sila in pretržni raztezek (standard SIST EN ISO 13934-1)

Vlaknovine so v procesih obdelave kot tudi kasneje med uporabo izpostavljene različnim obremenitvam oziroma različnim silam. Trdnost materialov se opredeli glede na smer zunanje sile. Za tekstilne materiale je pomembna natezna trdnost. Natezna trdnost predstavlja maksimalno upornost notranje strukture proti zunanjim silam.

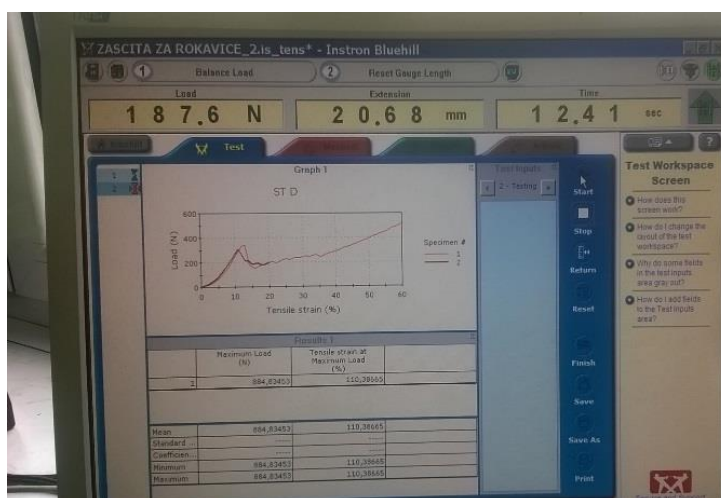
Pri nateznem preskušanju ugotavljamo pretržno silo in pretržni raztezek, ki deluje na preskušanca v natezni smeri v trenutku pretrga ter spremembo dolžine preskušanca.

Natezne lastnosti so bile izmerjene na dinamometru Instron 5567 (Slika 1), ki lahko meri natezne lastnosti različnih materialov (tekstilni materiali, papir, karton, polimerni materiali ...). Izmerjene vrednosti se obdelajo s pomočjo programa Blue Hill (Slika 2), ki je prirejen za tovrstno merjenje in nam omogoča posreden vpogled v notranje spremembe in dogajanje v strukturi materiala, ki se je odvijalo v času nateznega testiranja. Obenem nam program omogoča tudi kasnejšo interpretacijo izmerjenih vrednosti.



Slika 3: Dinamometer Instron 5567

Dinamometer sestavlja dve prižemi, med katerima vpnemo vzorec. Standardna velikost vzorcev znaša 50 x 200 mm.



Slika 4: Podatki v programu Blue Hill



Slika 5: Prikaz vzorca pri določanju pretržne sile/raztezka

3.2.2 Elastični povratek pri kompresijskem obremenjevanju (standard ASTM 1664)

Elastične lastnosti analiziranih vzorcev smo merili po standardu ASTM 1664, pri čemer smo vzorec tlačno obremenjevali s kroglo premera $d = 3,0$ cm. Premer držala vzorca je znašal 3,5 cm (slika 4). Vzorec se pri tem standardu obremeni do mase 1,814 kg oz. sile 17,8 N in pusti pri tej obremenitvi 5 min, nato se spusti prižemo v začetni položaj, čemur sledi relaksacija (5 min). Nato se izvede kontrolni cikel, da lahko odčitamo trajni raztezek in iz tega izračunamo elastični povratek, E_e (enačba 1).

$$E_e = (\epsilon_e / \epsilon) \cdot 100 \quad (1)$$

Kjer je ϵ_e , elastični raztezek in ϵ , celotni raztezek.



Slika 6: Prikaz tlačnega obremenjevanja vzorca s kroglo

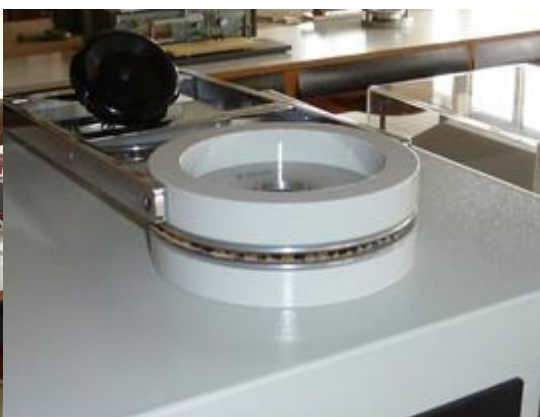
3.2.3 Zračna prepustnost (standard SIST EN ISO 9237)

Zelo pomembna lastnost vlaknovin, ki bistveno vpliva na udobje pri nošenju, je zračna prepustnost. Uporabili smo metodo po standardu SIST EN ISO 9237.

Air-Tronic (slika 5) je aparat za določanje zračne prepustnosti v smislu hitrosti zračnega pretoka, ki preide skozi vzorec v vertikalni smeri pod vnaprej znanimi in točno določenimi pogoji. Uporablja se za tkanine, pletenine, netkane tekstilije, industrijske tkanine za tehnične namene, umetno usnje, polst, žamet in papir. Aparat je opremljen tudi z enoto za tiskanje.



a



b

**Slika 7: Aparat Air-Tronic za določanje zračne prepustnosti; a – Aparat Air-Tronic
b – Testna površina vzorca ($A = 10 \text{ cm}^2$)**

Na aparatu smo določili tlak pretoka zraka Q, v l/h,. Testna površina vzorca je znašala 10 cm², pritisk pa 100 Pa.

3.2.4 Toplotna prevodnost (CAN/CGSB-4.2. No. 70.1.-94)

Merjenje toplotne prevodnosti uporabljamo za merjenje določenega prehoda toplote skozi tkanino. Merili smo po standardu CAN/ CGSB-4.2. No.70.1.-94.

Toplotno prevodnost merimo na aparatu (slika 6), ki ima na dnu izolirno ploščo, na katero smo postavili topli blok s temperaturo 60 °C. Nato položimo drugo bakreno merilno ploščo in nanjo stekleno ploščo z znano toplotno prevodnostjo ($\lambda_x = 1,0319 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), tanjšo bakreno merilno ploščo. Sledi naš vzorec, ponovno debelejša merilna plošča in blok s temperaturo 20 °C. Vse skupaj spojimo s termočleni z merilnikom temperature. Temperature merimo po tri minute, dokler posamezne vrednosti ostanejo pri vnovičnih meritvah nespremenjene.



a



b

Slika 8: Aparat za merjenje toplotne prevodnosti; a – merilna glava aparata, b – termostat za reguliranje temperature toplega in hladnega bloka

Za izračun toplotne prevodnosti smo uporabili naslednjo enačbo (2).

$$\lambda_x = \lambda_n \cdot \frac{dx}{dn} \cdot \frac{T_3 - T_2}{T_2 - T_1} \quad \left(\frac{W}{mK} \right) \quad (2)$$

kjer je:

λ_x = toplotna prevodnost preizkušanca (W/mK),

λ_n = toplotna prevodnost referenčne steklene plošče ($\lambda_x = 1,0319 \text{ W/mK}$),

dx = debelina preskušanca (mm),

T_1 = temperatura tanke bakrene plošče (K),

T_2 = temperatura srednje bakrene plošče (K) in

T_3 = temperatura debelejšje bakrene plošče (K).

3.2.5 Prepustnost vodne pare (ASTM E 96:00)

Po standardu ASTM E 96:00 smo merili prepustnost vodne pare. Pri merjenju prepustnosti vodne pare so za to namenjene steklene posodice s kovinskim pokrovom, ki ima na sredini odprtino s premerom 3 cm. V stekleno posodico s pomočjo pipete nalijemo 7 ml destilirane vode. Na posodico smo namestili vzorec z licem navzdol in pokrili s pokrovom, ter fiksirali. Posodice z vzorcem smo po eni uri stehali, nato pa dali v komoro za 24 ur. Pogoji v komori so sledeči: RH = 55 %, T = 23° C.



Slika 9: Klimatska komora in posodica

4 REZULTATI Z RAZPRAVO

4.1 Rezultati pretržne napetosti in pretržnega raztezka vlaknovin

Rezultate pretržne napetosti in pretržnega raztezka prikazuje Preglednica 5.

Preglednica 5: Pretržni raztezek in pretržna napetost analiziranih vzorcev

Vzorec	Pretržni raztezek, ε (%)		Pretržna napetost, σ (N/mm ²)	
	Vzdolžno	Prečno	Vzdolžno	Prečno
Vzorec T	11,02	28,55	0,724	0,842
Vzorec TL	37,05	24,04	1,272	0,735
Vzorec ST	98,13	42,57	0,900	0,742
Vzorec STL	94,12	39,05	1,127	0,824

Največji pretržni raztezek v obeh smereh ima vzorec ST. V vzdolžni smeri znaša njegov pretržni raztezek 98,13 % in v prečni smeri 42,47 %. Večja stopnja raztega vzorca ST je posledica lamelnega utrjevanja temeljnega sloja, kar vpliva na spremembo strukture temeljnega sloja in s tem na zvišanje pretržnega raztezka, (vzorca ST in STL imata višje vrednosti pretržnega raztezka, kot vzorca T in TL, ki sta utrjena na ravni temeljni deski). Pretržni raztezek vzorcev ST in STL, ki vsebujeta mikroporozno PES membrano, je višji, kot pri vzorcih T in TL, ki nimata vstavljene mikroporozne membrane. Vzorec TL ima največjo pretržno napetost, tj. v vzdolžni smeri 1,272 N/mm² in v prečni smeri 0,735 N/mm². Sledi mu vzorec STL s pretržno napetostjo, ki znaša 1,127 N/mm². Iz omenjenega sledi, da imata vzorca TL in STL, ki vsebujeta mikroporozno PES membrano, višjo pretržno napetost, kot, vzorca T in TL, ki membrane nimata.

4.2 Rezultati točke polzišča in začetnega modula elastičnosti

Rezultati točke polzišča in začetnega modula elastičnosti so prikazani v Preglednici 6

Preglednica 6: Raztezek in napetost v točki polzišča, začetni elastični modul in raztezek

Vzorec	Raztezek v točki polzišča, ε_y (%)		Napetost v točki polzišča, σ_y (N/mm ²)		Začetni elastični modul, E_0 (N/mm ²)		Raztezek pri E_0 (%)	
	Vzdolžno	Prečno	Vzdolžno	Prečno	Vzdolžno	Prečno	Vzdolžno	Prečno
Vzorec T	10,0	6,7	0,25	0,203	0,056	0,024	4,0	2,0
Vzorec TL	10,0	7,0	0,15	0,232	0,012	0,027	4,0	3,0
Vzorec ST	36,05	16,58	0,119	0,099	0,002	0,004	20,0	7,71
Vzorec STL	39,05	14,0	0,229	0,198	0,005	0,014	21,0	6,0

Največji raztezek v polzišču v vzdolžni smeri ima vzorec STL (39,05 %). Napetost v točki polzišča za vzorec STL je tudi najvišja, in sicer znaša 0,229 N/mm². Raztezek v točki polzišča je najvišji pri vzorcih ST in STL, tako v vzdolžni, kot tudi v prečni smeri. Razlog za višji raztezek je strukturirana površina vlaknovine vzorcev ST in STL, glede na vzorca T in TL, kjer je vlaknovina utrjena na ravni temeljni deski. Obenem imata vzorca ST in STL najnižji modul elastičnosti, kar pomeni, da se slabše upirata nadaljnjim obremenitvam, kar vpliva na višjo vrednost raztezka pri modulu E_0 v področju elastičnosti (20 %) in končno pretrznega raztezka v vzdolžni smeri, ki je za vzorca ST in STL prav tako najvišji (Preglednica 5). Na višji pretržni raztezek, raztezek v točki polzišča in nižji elastični modul vpliva strukturirana površina vlaknovine, ki je utrjena na lamelni temeljni deski, ki vpliva na višjo stopnjo raztezka vlaknovine.

4.3 Rezultati elastičnega povratka po kompresijskem obremenjevanju

Rezultati elastičnega povratka po kompresijskem obremenjevanju so prikazani v Preglednici 7.

Preglednica 7: Elastični povratek po kompresijskem obremenjevanju analiziranih vzorcev

Vzorec	Elastični povratek, Ee (%)
Vzorec T	54,24
Vzorec TL	60,56
Vzorec ST	55,95
Vzorec STL	61,18

Najvišji elastični povratek po tlačnem obremenjevanju zasledimo pri vzorcu STL, in, znaša 61,18 %. Sledi mu vzorec TL z elastičnim povratkom, ki znaša 60,56 %. Oba vzorca vsebujeta mikroporozno PES membrano, ki vpliva na povišanje elastičnega povratka. Vzorca T in ST, ki nimata mikroporozne membrane, imata posledično za 10 % nižji elastični povratek. Vzorec STL ima tudi najvišji pretržni raztezek (94,12 %) in raztezek v točki polzišča (39,05 %), kar pomeni da ima tudi širše področje, kjer so deformacije popolnoma povratne. Enako velja tudi pri vzorcu TL, ki ima pretržni raztezek (37,05 %) in raztezek v točki polzišča (10,00 %). Oba vzorca (TL in STL) imata vstavljeno mikroporozno membrano, premera 20 μm .

4.4 Rezultati prepustnih lastnosti vlaknovin

4.4.1 Prepustnost vodne pare

V Preglednici 8 so prikazani rezultati prepustnosti vodne pare.

Preglednica 8: Rezultati prepustnosti vodne pare.

Vzorec	Prepustnost vodne pare WVT, (g/m ² h)
Vzorec T	88,538
Vzorec TL	87,099
Vzorec ST	84,003
Vzorec STL	87,535

Najvišjo prepustnost vodne pare ima vzorec T. Vzorci T, TL in STL imajo podobne vrednosti prepustnosti vodne pare (od 87,009 do 88,538 g/m²h). Večjo spremembo v prepustnosti vodne pare izkazuje vzorec ST (84,003 g/m²h), ki nima vstavljene porozne PES membrane in ima strukturirano površino, kar najverjetneje vpliva na znižanje prepustnosti vodne pare, saj vodna para težje prehaja v okolje skozi strukturirano površino vlaknovine. Višjo prepustnost vodne pare dosegata v povprečju vzorca T in TL, ki sta utrjena na ravni temeljni deski, pri čemer se prepustnost vodne pare ne poviša niti v primeru vstavljene mikroporozne PES membrane (vzorec TL), kar je bilo pričakovano. Mikroporozna membrana tako vpliva na večjo prepustnost vodne pare le pri vzorcu STL, ki je utrjen na lamelni temeljni deski in ima strukturirano površino. Med vzorcema ST in STL so večje razlike v prepustnosti vodne pare (84,003 g/m²h in 87,535 g/m²h).

4.4.2 Zračna prepustnost

V Preglednici 9 so razvidni rezultati zračne prepustnosti.

Preglednica 9: Rezultati zračne prepustnosti

Vzorec	Zračna prepustnost, Q (l/h)
Vzorec T	138,9
Vzorec TL	48,2
Vzorec ST	173,4
Vzorec STL	22,4

Največjo zračno prepustnost ima vzorec ST, sledi mu vzorec T, ki nima vstavljene mikroporozne membrane. Vrednost zračne prepustnosti za vzorca T in ST je 138,9 l/h in 173,41 l/h. Vzorcema TL in STL, ki vsebujeta mikroporozno PES membrano, se zračna prepustnost zniža za več kot 50 % in se giblje od 22,4 l/h za vzorec STL do 48,2 l/h za vzorec TL. Najnižja zračna prepustnost je izmerjena pri vzorcu STL (22,4 l/h), ki vsebuje mikroporozno PES membrano in ima strukturirano površino, kar vpliva na nižjo zračno prepustnost. Zračna prepustnost vzorcev se tako bistveno zniža pri vzorcu STL, ki vsebuje mikroporozno PES membrano in ima strukturirano površino, kar bistveno poslabša zračno prepustnost vzorca. Vzorca T in TL, ki imata ravno površino (utrjena na ravni temeljni deski), imata tako tudi v povprečju višje vrednosti zračne prepustnosti in sicer v primeru z vstavljeno mikroporozno PES membrano in brez nje.

4.4.3 Toplotna prevodnost

V Preglednici 10 so prikazani rezultati toplotne prevodnosti.

Preglednica 10 : Rezultati toplotne prevodnosti

Vzorec	Toplotna prevodnost W/mK
Vzorec T	0,1055 W/mK
Vzorec TL	0,1122 W/mK
Vzorec ST	0,1288 W/mK
Vzorec STL	0,1231W/mK

Rezultati analize toplotne prevodnosti kažejo, da ima največjo toplotno prevodnost vzorec ST (0,1288W/mK), sledi mu vzorec STL (0,1231 W/mK). Vzorca ST in STL sestavlja vlaknovina iz 100 % PES vlaken, ki vplivajo na višjo toplotno prevodnost, kot pri vzorcih T in TL (0,1055 W/mK in 0,1122 W/mK), ki sta iz mešanice PES/CV/WO, ki ima nižjo toplotno prevodnost kot 100 % PES vlakna. Vzorca T in TL imata v povprečju nižjo debelino, kot vzorca ST in STL, vendar ima surovinska sestava v tem primeru večji vpliv na toplotno prevodnost vlaknovine, kot struktura vlaknovine. Mikroporozna PES membrana vpliva na zvišanje toplotne prevodnosti le pri vzorcu TL (0,1122 W/mK), medtem ko se pri vzorcu STL malenkostno zniža. Vzorca ST in STL, ki imata strukturirano površino (vlaknovina utrjena na lamelni temeljni deski), imata sicer višjo toplotno prevodnost, vendar vstavljena mikroporozna PES membrana nima pomembnega vpliva na spremembo toplotne prevodnosti pri vzorcu STL (glede na vzorec ST).

Za zaščitne rokavice je tako najprimernejši vzorec T, ki ima najnižjo toplotno prevodnost in tako najboljše izolativne lastnosti glede na druge analizirane vzorce.

5 ZAKLJUČEK

Pri diplomskem delu smo raziskali tri plastne vzorce dveh različnih proizvajalcev, pri čemer sta dve vlaknovini v notranjem sloju iz mešanice PES/CV/WO vlaken (vzorca T in TL) in imata gladko površino ter enakomerno strukturo, pri čemer ima vzorec TL vstavljeno mikroporozno PES membrano. Vzorca ST in STL sta izdelana iz strukturirane vlaknovine iz 100 % PES vlaken, vzorec STL pa ima vstavljeno mikroporozno PES membrano.

Na podlagi raziskave uporabnih lastnosti zaščitnih rokavic lahko trdimo, da strukturno utrjevanje temeljnega sloja vpliva na večji pretržni raztezek. Najvišji raztezek imata vzorca ST in STL, ki imata strukturirano površino. Na višji pretržni raztezek vpliva tudi vstavljena mikroporozna PES membrana pri vzorcih TL in STL. Prav tako imata vzorca TL in STL, ki vsebujeta mikroporozno PES membrano višjo pretržno napetost kot vzorca T in ST.

Napetost in raztezek v točki polzišča (meja elastičnosti) sta prav tako višja za vzorca ST in STL, ki imata strukturirano vlaknovino, utrjeno na lamelni temeljni deski. Modul elastičnosti vzorcev ST in STL je najnižji, kar pomeni, da se slabo upirata nadaljnjim obremenitvam, kar vpliva na višje vrednosti pretržnega raztezka. Vstavljena mikroporozna membrana vpliva na višje vrednosti napetosti in raztezka v točki polzišča pri vzorcu STL, ki ima strukturirano vlaknovino, utrjeno na lamelni temeljni deski in vstavljeno mikroporozno PES membrano.

Na višje vrednosti elastičnega povratka pri tlačnem obremenjevanju vpliva strukturirana površina vlaknovine vzorca STL, ki je utrjen na lamelni temeljni deski. Vstavljena mikroporozna membrana vzorcev TL in STL vpliva na boljše elastične lastnosti vlaknovin na eni strani, na drugi strani pa na nižjo zračno prepustnost (vzorca TL in STL).

Vzorcem TL in STL, ki imata mikroporozno PES membrano, se zračna prepustnost zniža za več kot 50 % in se giblje od 22,4 l/h za vzorec STL do 48,2 l/h za vzorec TL.

Najvišjo toplotno prevodnost imata vzorca ST in STL, kjer je vlaknovina izdelana iz 100% PES vlaken. Vzorca T in TL, ki imata vlaknovino iz mešanice PES/CV/WO vlaken, imata nižjo toplotno prevodnost kot vzorca ST in STL. Pri tej preiskavi ima večji vpliv na toplotno prevodnost surovinska sestava pred strukturo vzorca. Vzorca T in TL sta z vidika toplotne prevodnosti primernejša za zaščitne rokavice.

Iz rezultatov analize diplomskega dela lahko zaključimo, da vsebnost mikroporozne membrane izboljša mehanske lastnosti vzorcev in elastične lastnosti vzorcev. Na drugi strani pa vsebnost mikroporozne membrane vpliva na nižjo zračno prepustnost in višjo prepustnost

vodne pare, v primeru vzorca STL, ki vsebuje mikroporozno membrano in ima vlaknovino z strukturirano površino. Prepustnost vodne pare je višja pri vzorcih, ki imajo gladko, ravno površino, vendar se močno poveča v primeru vzorca STL, ki vsebuje mikroporozno membrano in ima vlaknovino z strukturirano površino.

Strukturirana vlaknovina v vzorcih ST in STL vpliva na višjo toplotno prevodnost vzorcev.

Rezultati analize so pokazali, da na toplotno prevodnost vzorcev pomembno vpliva surovinska sestava vlaknovine, manj pa struktura vlaknovine.

6 LITERATURA

1. NIKOLIĆ, M. in NIKOLIĆ, Z. *Netkane tekstilije*. Ljubljana : Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2004, str. 11.
2. RUSSEL, S., J. *Handbook of nonwovens*. Cambridge : CRC Press, Woodhead Publishing , 2007, str. 16-109.
3. ALBRECHT, W., FUCHS, H., Kittelmann, W. *Nonwoven fabrics*. Raw materials, manufacture, applications, characteristics, testing Processes. Weinheim : Wiley , 2003, str. 141-170.
4. *Edana* [dostopno na daljavo], [citirano 20.4.2016]. Dostopno na svetovnem spletu: < <http://www.edana.org> > .
5. ŠAJN GORJANC, D. *Načrtovanje vlaknovin in kompozitov* : študijsko gradivo. Ljubljana : Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2014, 1 optični disk (CD-ROM).
6. MAITY, S., SINGHA, K. Structure-property relationships of needle-punched nonwoven fabric. *Frontiers in Science*, 2012, vol. 6, no. 2, str. 226-234.
7. ŠAJN GORJANC, D. *Procesne linije za izdelavo kopenskih tekstilij* : študijsko gradivo. Ljubljana : Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2014, str. 33.
8. GREGOR SVETEC, D. SLUGA, F. *Tekstilne preiskave* : zapiski predavanj. Ljubljana : Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2005, str. 36.
9. GREGOR SVETEC, D. RIJAVEC, T. SLUGA, F. *Tekstilne preiskave* : navodila k vajam. Ljubljana : Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 1999, str.43-45.
10. GREGOR SVETEC, Diana. *Temeljne preiskave tekstilij*. Ljubljana : Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2010, str. 119.
11. PATNAIK, A., TEJYAN, S. Mechanical and visco-elastic analysis of viscose fiber based needle-punched nonwoven fabric mat reinforced polymer composites: Part I. *Textile Research Journal*, 2014, vol. 43, no. 3, str. 440-457.

12. SCOTT, R., A. *Textiles for protection*. Cambridge : CRC Press, Woodhead Publishing , 2005, str. 398-437.
13. NING, P. GIBSON, P. *Thermal and moisture transport in fibrous materials* Cambridge : Woodhead, 2006, str. 67.
14. PAUSE, B. Nonwoven protective garments with thermo-regulating properties. *Journal of industrial textiles*, 2004, vol. 33, No. 2, str. 93-99.
15. VONČINA, B. *Tehnične tekstilije*. Maribor : Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, 2011, str. 54-58.