



Vienošanās Nr.1.1.1.1/16/A/020

“Nanolīmenī modificētu tekstiliju virsmu pārklājumu sintēze un enerģētiski neatkarīgas mērīšanas sistēmas integrācija viedapģērbā ar medicīnisko novērojumu funkcijām”

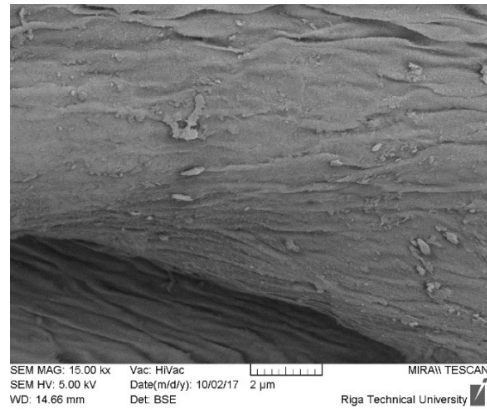
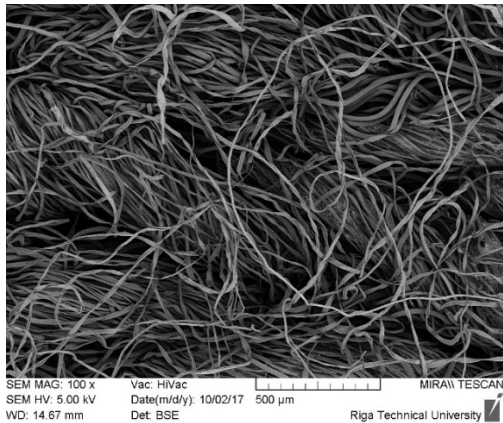
## Projektā sasniegto rezultātu apraksts 2.pārskata periodā

(01.06.2017.-31.08.2017.)

### 1.darbība

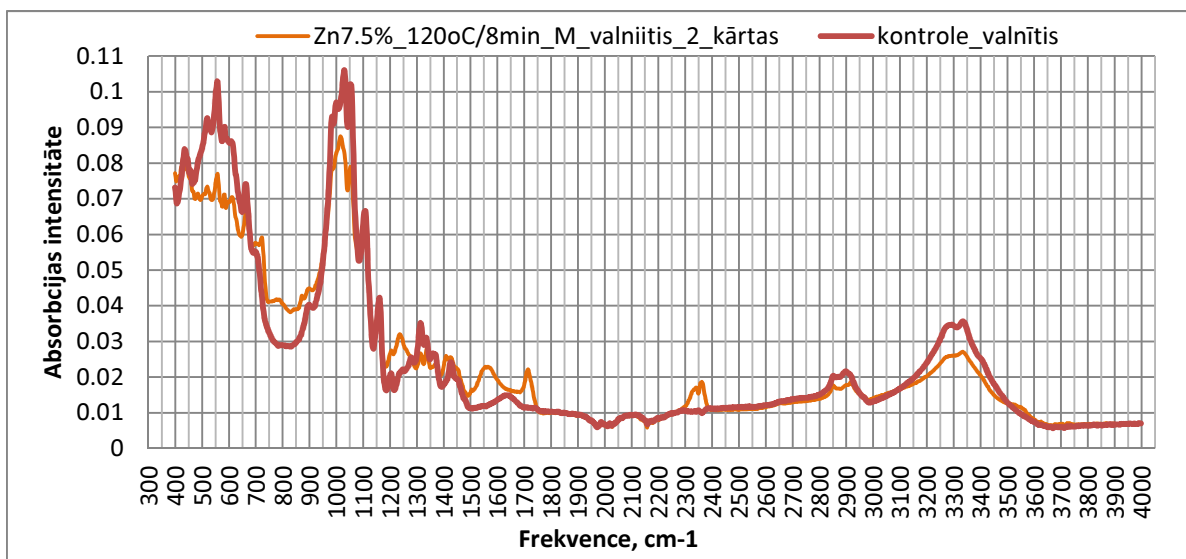
Sarežģīto molekulu spektri sastāv no dažādas intensitātes liela skaita joslām, kuras, turklāt, pārklājas un tādēļ tādu spektru identifikācija ir diezgan grūts uzdevums. Risinājums ir iespējams tikai tāpēc, ka absorbcijas joslas novietojums dotai ķīmiskai saitei ir tuvs neatkarīgi no tā, kādās molekulās saite atrodas. Spektru analīze notiek lietojot speciālas datu bāzes, vai lietojot speciālas tabulas. Ja tādas nav pieejamas, jāizveido specifiskiem lietojumiem atbilstošas datu bāzes sakopojot gan publicētos materiālos sastopamos, gan pētījumu rezultātā iegūtos FT-IR grafikus un to interpretācijas. Ņemot vērā, ka pētījuma objekti projekta ietvaros veidoti no dabas šķiedrām kopā ar poliamīda/poliestera šķiedrām, kas atsevišķās produkta joslās pastiprināti ar elastīgām šķiedrām un kopumā tās ir komponentes ar zemu, pie tam atšķirīgu noturību pret temperatūrām, kādas nepieciešamas modifikācijas procesos, modifikācijas procesos var notikt šķiedru materiālu destrukcija. Bez tam modifikācijas rezultātā uz šķiedrām tiek uznesti pārklājumi, ko veido silīcija, fluora un cinka bāzes ķīmisko savienojumu 3D tīkls. FT-IR analīze ir viena no ātrākām metodēm gan vēlamā, gan nevēlamā izmaiņu identificēšanai, ja ir pieejamas tabulas un grafiku bāzes gan šķiedru veidiem atsevišķi, gan jauktā veidā nemodificētiem un modificētiem materiāliem.

Šajā etapā piloteksperimentos sol-gel procesā modificēti kokvilnas (81%)/poliamīda (19%) zeķu izstrādājumi variējot apstrādes parametrus. Parametru kopas efektivitātes novērtēšana ir ļoti sarežģīta, tā kā piemērotās modifikācijas procesā uz šķiedru virsmas veidojas sarežģīti, grūti identificējami Si, Zn un F savienojumi, kas kopumā nodrošina virkni zeķes papildfunkciju. Pieļaujamās kondensācijas procesa temperatūras ierobežo zema tekstilšķiedru temperatūras izturība. Līdz ar to jālieto/jāizstrādā kombinētas metodikas, kas ļauj novērtēt labvēlīgās un nelabvēlīgas izmaiņas modifikācijas procesā. SEM mikrogrāfijas ļauj iegūt priekšstatu par modificēto šķiedru virsmas morfoloģiju, t. sk. pārklājuma defektiem (1. att.). Tradicionālās daudzpusīgās tekstiliju īpašību pētīšanas metodes ļauj novērtēt lietošanas īpašību kompleksu. Bet lai gūtu priekšstatu par ķīmisko mijiedarbību procesu iznākumiem, nepieciešamas apjomīgas zināšanu bāzes.



1. att. Sol-gel procesā modificētu zeķu mikrogrāfijas

Informācijas iegūšanai par ķīmisko saišu radīto frekvenču sadalījumu pievienotā piemēra 2. attēlā savietoti kokvilnas/poliāmīda zeķes valnīša FT-IR grafiki pirms un pēc modifikācijas. Lai nolasītu grafikos integrēto informāciju, jāņem vērā, ka valnītī bez divām minētajām komponentēm vēl pievienoti elastāna pavedieni. Līdz ar to parādās visas trīs komponentes raksturojošās smailes, kas, diemžēl, arī pārklājas. Bez tam, katru komponenti raksturojošās smailes vispārējā gadījumā var pārvietoties atkarībā no to apstrādes/iegūšanas procesiem pirms ieadīšanas zeķē. Piemēram, atkarībā no tā, kura no celulozes modifikācijām ir pārsvarā sastopama kokvilnas pavedienā (celuloze I vai celuloze II, vai celuloze III) vai kura no poliāmīda modifikācijām lietota (\*1.tabula).



2. att. Kokvilnas/poliāmīda zeķu izstrādājuma valnīša FT-IR grafiki pirms un pēc modifikācijas

Līdz šim publicētajos materiālos praktiski nav uzmanība pievērsta FT-IR spektru zemo frekvenču joslai ( $300-900\text{ cm}^{-1}$ ), kurā, kā redzams 2. att. grafikos, modifikācijas efekti izpaužas visvairāk. Šajā joslā parādās smailes, kas liecina par tādu ķīmisko grupu kā Si-O, Si-O-Si, Zn-O-Si, -C-Fx un vēl citu klātbūtni.

\*) Alifātiskie poliamīdi (neilons), kas var būt lietoti tekstilijās:

Neilons	Pamatgrupa
6	
6,6	
6,10	
11	
12	

Šajā pētījumu etapā sakopoti FT-IR spektri, izveidotas analīzei nepieciešamās tabulas, veikta publicēto un piloteksperimentos iegūto spektru salīdzinoša analīze.

## 2.darbība

Izmantojot divu dažādu veidu pavedienus, izstrādātas viedzeķes, kurās ieadīti elektrovadoši joslas un spiediena sensori gan stulma, gan pēdas daļā. Elektrovadošās joslas un sensori pārklāti ar divām dažādām ūdens atgrūdošām vielām. Veikti vairāki mazgāšanas cikli, lai novērtētu pavedienu, joslu un sensoru darbības ilgmūžību. Eksperimentu laikā konstatētas adījuma nepilnības un noteikts piemērotākais pavediena veids. Eksperimentos secināts, ka vismazāk mazgāšanas laikā mainās elektrovadošo pavedienu elektriskā pretestība, ja tie pārklāti ar silikonu. Pavedienu elektriskā pretestība mainās atkarībā no to struktūras un lineārā blīvuma. Gludiem, neteksturētiem pavedieniem tā ir zemāka un tie ir izturīgāki pret mazgāšanu. Turpmākiem eksperimentiem viedzeķēs izmantoti dažāda rupjuma neteksturēti multifilamentārie elektrovadošie pavedieni.

Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, tika pilnveidota adījuma tehnoloģija un struktūra. Uzlabotās konstrukcijas zeķēm uznešs ūdens atgrūdošais pārklājums un aizsākti mazgāšanas cikli, lai novērtētu sensoru un elektrovadošo joslu valkmūžu.

Izveidota stājas korekcijas novērtēšanas 3D rīka (aplūkacija) pirmā versija, turpināts darbs pie versijas pilnveidošanas.

### 3.darbība

Lai salīdzinātu cilvēka kustību enerģijas iespējamo pārveidošanu elektrībā ar cilvēka izstarota siltuma pārveidošanu elektrībā tika veikti termoelektrisko ģeneratoru (Peltje elementu) izmantošanas pētījumi.

Ekspiments tika veikts ar mērķi apzināt Peltjē elementu iespējamās izmantošanas apstākļus un potenciālos ieguvumus. Peltjē elementi tika pievienoti garas kokvilnas zeķes augšdaļā kājas muskulatūras izdalītā siltuma izmantošanai.

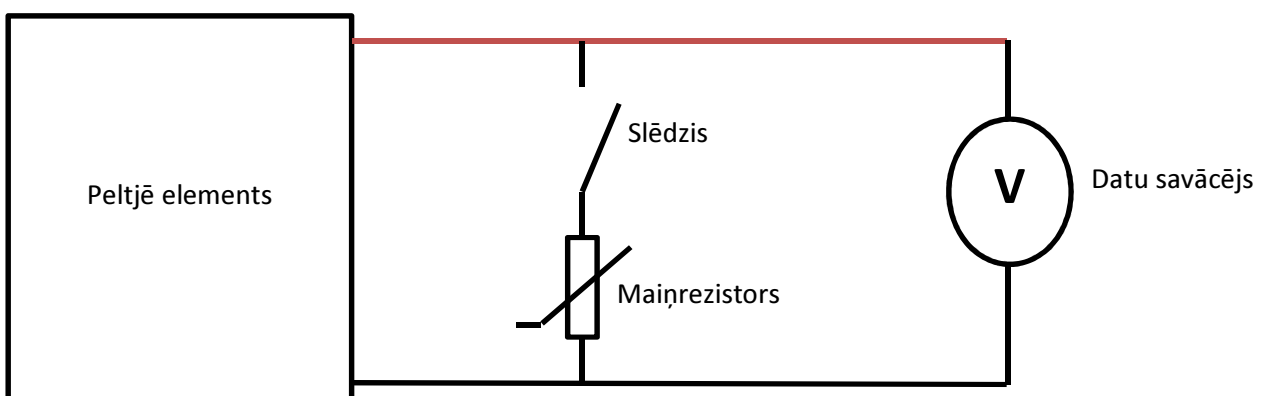
Tika izmantoti 3 dažādu izmēru Peltjē elementi:

1. 40 x 40 mm
2. 20 x 20 mm
3. 10 x 10 mm

Katrs no Peltjē elementiem tika aprīkots ar temperatūras sensoriem abām elementa pusēm. Tika mērīta arī ādas temperatūra un istabas temperatūras. Peltje elementa izvietojums:



Katra Peltjē elementa ģenerētais spriegums līdzās temperatūrām tika reģistrēts, izmantojot Agilent 34972A datu savācējs. Peltjē elementu iekšējā pretestība tika noteikta, izmantojot maiņstrāvas tiltu, lai nodrošinātu ģenerētā sprieguma mērīšanu ne tikai atvērta ķēdes režīmā, bet arī salāgotas slodzes režīmā. Elementi tika slogoti ar rezistoru matricu, piemērojot pretestības vērtības ar 0,01 Oma precizitāti.

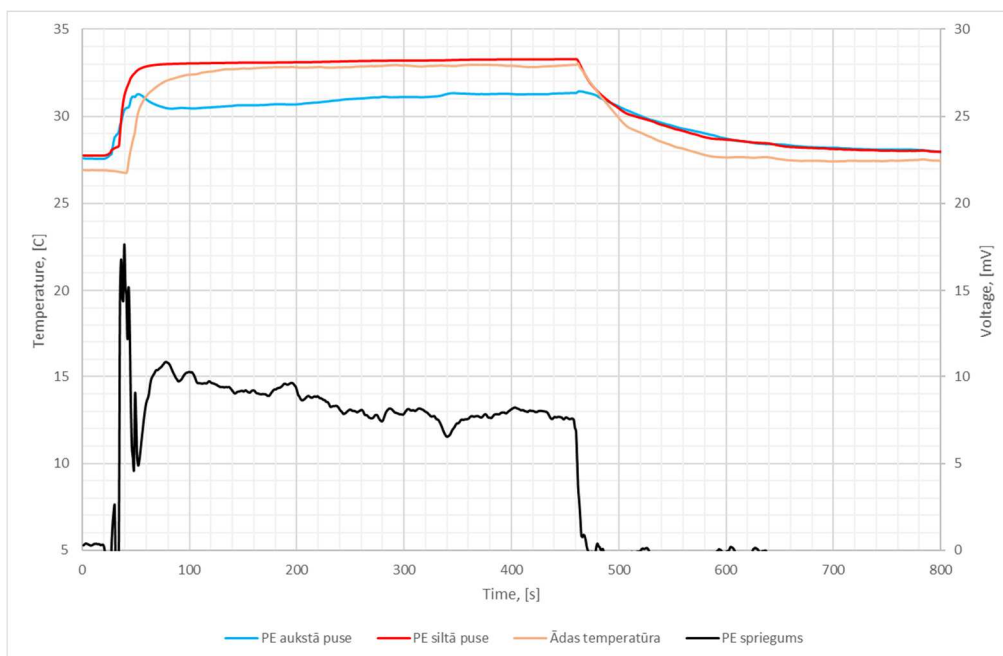


Ekspērimētālā gaita sevi ietvēra 3 stabilu stāvokļu panākšanu:

1. Zeķe un Peljtē elementi ir stabilā istabas temperatūrā pirms zeķes uzvilkšanas
2. Zeķe tiek uzvilkta un sagaidīts mirklis, kad temperatūras nemainās
3. Zeķe tiek novilkta un sagaidīts mirklis, kad tajā esošie Peljtē elementi atdziest līdz istabas temperatūrai

Ekspērimenta gaitā tika novērots ka Peljtē elementi sasniedz termisko līdzsvaru aptuveni 6 minūšu laikā. Lielākā temperatūru starpība starp silto un auksto Peljtē elementu pusi tiek novērota pirmās minūtes laikā – 3 °C. Šis ir mirklis, kad tiek attīstīts lielākais ģenerētais spriegums, kas ir aptuveni divas reizes lielāks par pārējā zeķes valkāšanas laikā saģenerēto spriegumu, kurā temperatūru starpība ir aptuveni 1,5 - 2 °C. Ņemot vērā faktu, ka normālas darbības laikā visdrīzāk tiks novērots tieši stabilais režīms, pīķī saģenerētais spriegums varētu būt derīgs enerģijas uzkrāšanas procesu sākšanai. Kopumā jāreķinās tieši ar enerģiju, kas tiek saģenerēta pie 1,5 – 2 °C starpības.

Ekspērimētālo rezultātu piemērs ir parādīts attēlā:



Ģenerētās vērtības apkopotas sekojošā tabulā:

$\Delta T=2-3^{\circ}\text{C}$	$R, \Omega$	$U_{oc}, \text{mV}$	$U_{sl}, \text{V}$	$P, \mu\text{W}$
4x4 cm	1,13	10,8	10,6	99,4
2x2 cm	3,46	5,7	5,6	9,06
1x1 cm	0,21	1,4	1,1	5,76

Šīm vērtībām ir informatīvs raksturs ar mērķi noskaidrot vai dotais ģenerēšanas režīms ir pieņemams un izmantojams tālākai enerģijas uzkrāšanai. Rezultāti parādīja, ka pie tik zemas temperatūru starpības atsevišķi Peljtē elementi nav spējīgi nodrošināt vismaz 20mV līmeni, kas nepieciešams, lai veiksmīgi uzkrāt enerģiju. Nepieciešama vairāku elementu slēģšana virknē sprieguma paaugstināšanai.

Visu trīs elementu izvietošana zeķē nesagādāja grūtības vai vērā ņemamu diskomfortu, tomēr tika novērtēts, ka vairāku 40 x 40 mm Peltjē elementu izvietošana būtu apgrūtināta un zeķe zaudētu savu elastību un valkājāmību. Savukārt izmantojot mazākus elementus ir nepieciešams slēgt virknē lielāku elementu skaitu un noklāt lielāku ādas virsmu ar tiem.

Eksperimenta rezultātā tika izvirzīti nākošie soļi:

1. Nepieciešams izvietot vairākus Peltjē elementus zeķē virknes slēgumā ar mērķi sasniegt vismaz 20mV līmeni pie 1,5-2 °C temperatūru starpības.
2. Salīdzināt pieejamo Peltjē elementu veikspēju dotajos apstākļos.

*Projekta īstenošanas vieta: Paula Valdena iela 3, Rīga*  
*Projekta zinātniskais vadītājs: vadošais pētnieks Silvija Kukle*

*Projekta administratīvais vadītājs: Evija Plone*

*© Rīgas Tehniskā universitāte, 2017*

*Publicēts RTU mājas lapā 13.09.2017.*