

**Projekta nosaukums:** Risinājumu rīks optimālai projektēšanai viedo polimēru nano kompozītmateriālu struktūru izveidei izmantojot 3D printēšanu

**Projekta līguma numurs:** 1.1.1.1/19/A/031

---

## PROJEKTA ĪSTENOŠANA PAR PĀRSKATA PERIODU

no 11.03.2022. līdz 10.09.2022.

Pārskata periodā īstenotas šādas darbības:

### 1. Darbība nr.2“Tehnoloģija”, kuras ietvaros:

- viedo struktūru modelēšanai tika izdrukātas divas hibrīda paraugu modifikācijas. Standarta ISO 572-2 suņu kaulu paraugi, tika izgatavoti, no pamata materiāla Ultimaker White Tough PLA, ko izmantoja 3D drukātām konstrukcijām ar iedrukātiem elektriski vadītspējīgiem celiņiem no Koltron G1. Divas modifikācijas ļauj uzraudzīt parauga pretestību stiepes testa laikā, izmantojot vadošo celiņu kā tensoresistoru vai izmantojot celiņu kā sildīšanas elementu, kas integrēts struktūrā.

### 2. Darbība nr.3 “3D nanokompozītu raksturojums”, kuras ietvaros:

- Turpinās darbs dažāda veidu materiālu mehānisko īpašību noteikšanā, datubāzes papildināšanai. Notestēti jauni elektrovadošie filamenti un ekstrudētie filamenti. Veikti mehāniskie testi hibrīda paraugiem, kur izolējošā materiālā integrēti elektrovadošie celiņi. Dažādu polimēru veidu saderība hibrīdām struktūrām tika novērtēta adhēzijas testos, veikti papildu testi raksta sagatavošanai.
- Puskristāliskiem un amorfiem materiāliem bija novērtētas un sistematizētas 3D drukāto paraugu mīkstināšanas temperatūra, lineārās termiskās izplešanās koeficients, neatgriezeniskā termiskā deformācija un siltumvadītspēja dažādos virzienos. Kopumā termofizikālas īpašības bija izpētītas sekojošiem materiāliem: PLA, kopoliesters, PLA LAVA, ABS, Polikarbonāts, PP, TPU. Tiek izmērītie elektriskie parametri 3D drukātiem paraugiem no elektrovadoša PLA un polivinilidēnfluorīda filamentiem. Elektriskie parametri bija novērtēti dažādos drukas iestatījumos (drukāšanas orientēšana, temperatūra) pie vairākiem slāņa biezumiem (0.1, 0.2, 0.4, 0.6 mm) un paraugu ģeometrijām (viena slāņa, daudzslāņu). Izmērītas elektriski vadošā filamenta Koltron G1 (polivinilidēnfluorīda polimērs ar grafēna ieslēgumiem) siltumīpašības.
- Tiek turpināta mitruma sorbcijas procesa izpēte polimēros, ko izmanto 3D drukātās struktūrās. Eksperimenti ir pabeigti vai notiek ar 11 materiāliem atmosfērā ar relatīvo mitrumu no 15 līdz 97 %. Tika veikta sākotnējā iegūto datu analīze.

Rezultāti liecina, ka vairumā gadījumu varētu izmantot sorbcijas procesa klasisko modeli. Procesu veicina difūzijas mehānisms. Sorbcijas process notiek ar parauga garuma palielinājumu. Tiek kontrolēti paraugu izmaiņas procesa parametri. Absorbēts mitrums ietekmē arī materiālu mehāniskās īpašības (elastības moduļa un stiprības), kuras arī kontrolē.

### 3. Darbība nr.4“Īpašību modelēšana”, kuras ietvaros:

- Skaitliskais galīgo elementu modelis tika izstrādāts Džoula sildīšanas efekta simulācijai 3D drukātos paraugos ar iebūvētiem vadošiem ceļiem. Elektrotermoelastīgais risinājums tika izmantots, lai novērtētu temperatūras sadalījumu paraugā elektriskās strāvas plūsmas rezultātā caur vadoša ceļa tīklu.
- Vienvirziena drukātā materiāla siltumvadītspējas īpašību novērtēšanai programmā Mathematica tika ieviests analītisks modelis, kas ļauj aprēķināt siltumvadītspējas koeficientu matricu 2D porainam materiālam, izmantojot vienas poras siltuma pretestības koeficientu matricu. Poras forma var būt patvaļīga.

### 4. Darbība nr.5“Risinājumu Rīka (RR) izstrāde”, kuras ietvaros:

- Tika izstrādāts moduļu komplekts, kas ļauj ģenerēt 3D vienību šūnas CAD modeļus, kas attēlo drukātos pavedienus mikrolīmenī, nosakot slāņa biezumu, rastra leņķus, sprauslas platumu un pildījuma blīvumu. Grafiskā lietotāja saskarne tika izstrādāta, izmantojot Net platformu, kas integrēta ar Gmsh programmatūru. Ģenerētos modeļus var eksportēt uz galīgo elementu programmatūru turpmākai analīzei.
- Tika izstrādāts moduļu komplekts, kas ļauj ģenerēt dažādu formu CAD modeļus elementāriem saliktajiem paraugiem (nelielai vadošo celiņu apakškopai, kas iebūvēta pamata nevadošā materiālā). Grafiskā lietotāja saskarne tiek izstrādāta, izmantojot Net platformu, kas integrēta ar Gmsh programmatūru. Ģenerētos modeļus var eksportēt uz galīgo elementu programmatūru turpmākai analīzei. Norisinās darbs pie rīka izveides, kas ļauj aprēķināt 2D poraina materiāla (piemēram, vienvirziena drukātais materiāls) elastīgās īpašības patvaļīgas poras formas gadījumā. Rīks izstrādāts, izmantojot programmu Mathematica un saglabāts formātā CDF (Computable Document Format). CDF formāts nodrošina interaktivitāti, tas ir, ļauj lietotājam ievadīt datus, kas ir nepieciešami rīka darbībai. Rīka lietošanai ir nepieciešama bezmaksas Wolfram aplikācija (CDF Player). Dotajā brīdī rīkā ieviesta poras kontūra punktu ievade.
- Prototipa ģenerēšanai tiek izstrādāts programmēšanas modulis – 3D drukāta kaste ar iebūvētu vadošu ceļu. Prototipa CAD modelis tiek ģenerēts, izmantojot izstrādātu skriptu Gmsh programmatūrai, kur prototipa galvenos ģeometriskos parametrus var definēt gala lietotājs. Ģenerēto CAD modeli var eksportēt kā STL failu 3D drukāšanai.

- Notiek rokasgrāmatas sagatavošana galalietotājiem par FDM struktūru īpašību modelēšanu mikrolīmenī un pielietojuma piemēriem atbilstoši projekta laika plānam.
- Mikromehāniskais modulis tika validēts, izmantojot eksperimentālus siltuma vadītspējas mērījumus paraugam, kas izdrukāts no ABS plastmasas un kuram ir noteikta mikrostruktūra. Aprēķinātās un eksperimentāli izmērītās materiāla siltumvadītspējas vērtības trīs virzienos atšķiras ne vairāk kā par 10%.

#### **5. Darbība nr.6“Rezultātu izplātīšana un sabiedrības iesaistīšanās”, kuras ietvaros:**

- Publicēts raksts: “Characterisation of polylactic acid parts produced using fused deposition modelling” E. Zīle, D. Zeleniakiene, A. Aniskevich. *Mechanics of Composite Materials* 2022, Vol. 58, No. 2, p. 169-180 <https://doi.org/10.1007/s11029-022-10021-6>.
- Projekta ietvaros plānota dalība vietējos populārzinātniskos pasākumos, piemēram, zinātnieku naktī. Tika sagatavots buklets un skrejlapas prezentēšanai publiskās vietās.

Informāciju sagatavoja: Viktorija Juhņeviča, [viktorija.juhnevica@lu.lv](mailto:viktorija.juhnevica@lu.lv)

Informācijas sagatavošanas datums: 30.09.2022.