

ERAF projekts Nr. 1.1.1.1/18/A/075

“Videi draudzīga bezatlikuma tehnoloģija šķidrās biodeģvielas un biogāzes ražošanai no biomasas”,  
ko realizē Rīgas Tehniskā Universitāte un sadarbības partneris SIA “Bio RE”

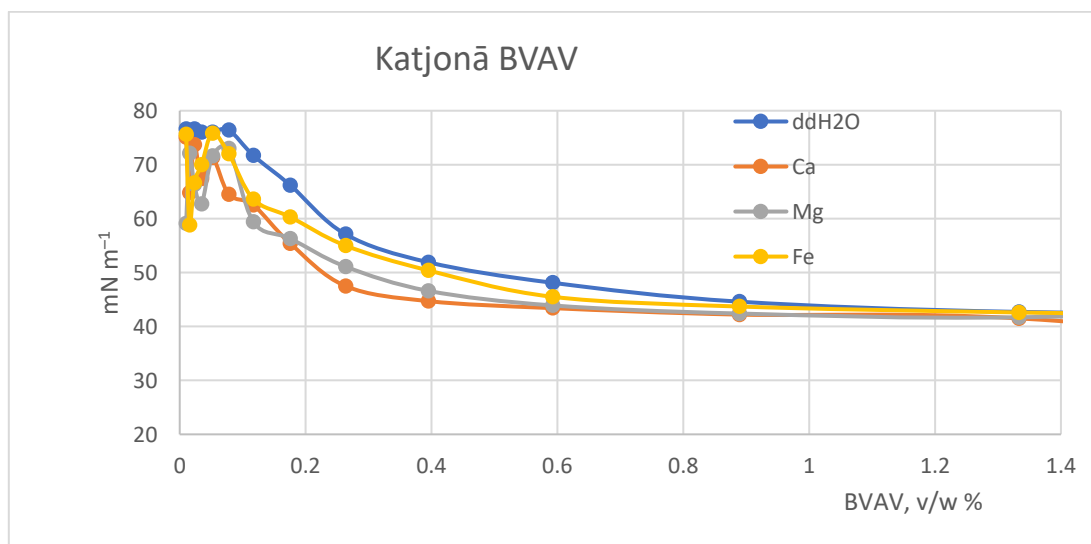
### Galvenie zinātniskie rezultāti

Projekta 12. ceturksnī (01.02.2022. – 30.04.2022.)

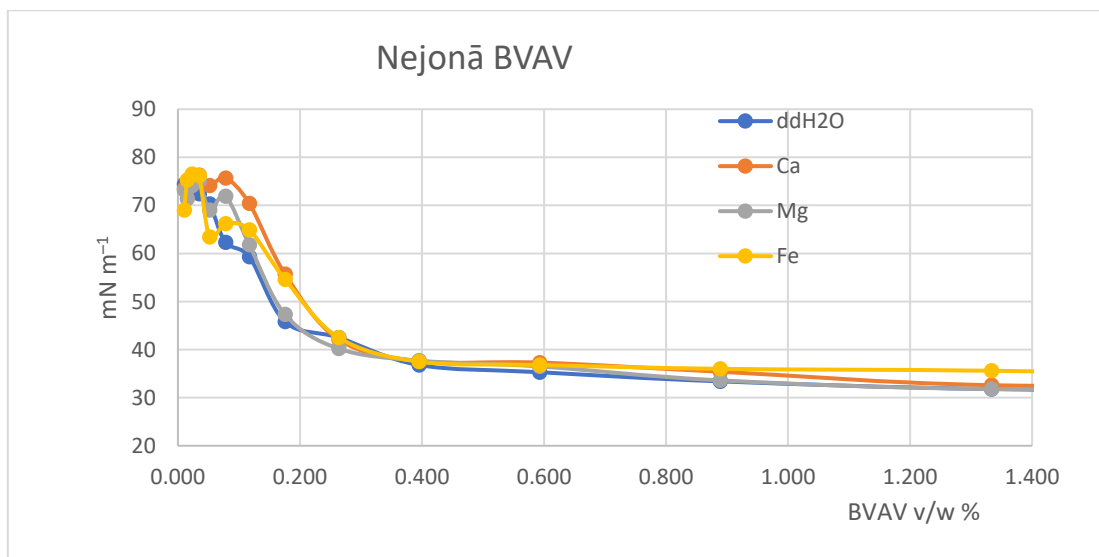
#### Darbība 3.1. “Bioloģiskas izcelsmes virsmas aktīvo vielu (BVAV) ietekme AF procesu novērtējums”, Rūpnieciskais pētījums

Turpinot aktivitātē iesākos pētniecības virzienus, šajā pētniecības periodā tikai veiktas literatūras studijas, lai izvērtētu iespējamās metodes bivalentu katjonu ietekmes novērtēšanai uz BVAV. Kā viena no efektīvākajām metodikām tika izvēlēta jau iepriekš pētījumos izmantotā kritiskās micēlu koncentrācijas noteikšanas metode ar tenziometriskajiem mērījumiem. Metodes pamatā ir parādība, kad BVAV noteiktā koncentrācijā samazina ūdens virsmas spraigumu brīdī, kad tiek panākts fizikāli ķīmiskais līdzsvars starp VAV molekulām un vidi, kurās tās atrodas, jeb BVAV molekulas ir pilnībā piesātinājušas vidi un ir vienmērīgi izvietojas uz fāžu saskares virsmām, samazinot to savstarpēju mijiedarbību.

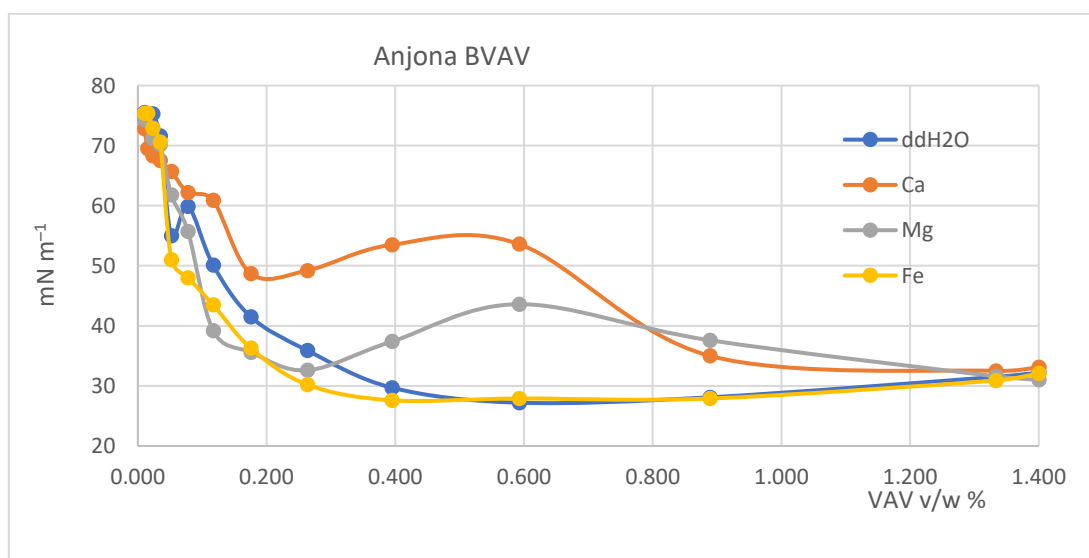
Ņemot vērā projekta citās aktivitātēs noteikto digestāta elementu sastāvu, tika atlasīti visvairāk izplatītie bivalentie katjoni - Ca (līdz 62 mg/L), Mg (līdz 42 mg/L), Fe (līdz 6.9 mg/L) - un pētīta šo jonu ietekme uz katjonu, anjonu un nejonu BVAV kritiskās micēlu koncentrācijas izmaiņām. Tika viedoti BVAV atšķaidījumi maksimāli iespējamajos jonu koncentrācijas šķīdumos. Iegūtie rezultāti atspoguļoti Attēlos 1, 2 un 3.



Attēls 1. Katjonās BVAV kritisko micēlu koncentrācijas izmaiņa dažādu bivalento jonu ietekmē



Attēls 2. Nejonās BVAV kritisko micēlu koncentrācijas izmaiņa dažādu bivalento jonu ietekmē



Attēls 3. Anjonās BVAV kritisko micēlu koncentrācijas izmaiņa dažādu bivalento jonu ietekmē.

Eksperimentu rezultāti rāda, ka bivalentie katjoni atstāj mainīgu ietekmi uz dažāda veida BVAV kritisko micēlu koncentrāciju, tomēr katrs jons atstāj citādu ietekmi un spēj kā palielināt tā arī samazināt šo vērtību. Zīmīgi, ka katjonu un anjonu BVAV tiek visvairāk ietekmēti, salīdzinājumā ar nejonu BVAV. Tomēr ir jāņem vērā, ka BMP eksperimentos izmantotās koncentrācijas 100 – 200 ppm robežās izmaiņas ir niecīgas visos gadījumos un var secināt, ka digestātā visvairāk izplatīto katjonu ietekme ir maznozīmīga.

### Darbība 3.2. “Tauku ķerāju tauku AF optimizācijas eksperimenti izmantojot bioloģiski noārdāmas VAV”, Rūpnieciskais pētījums

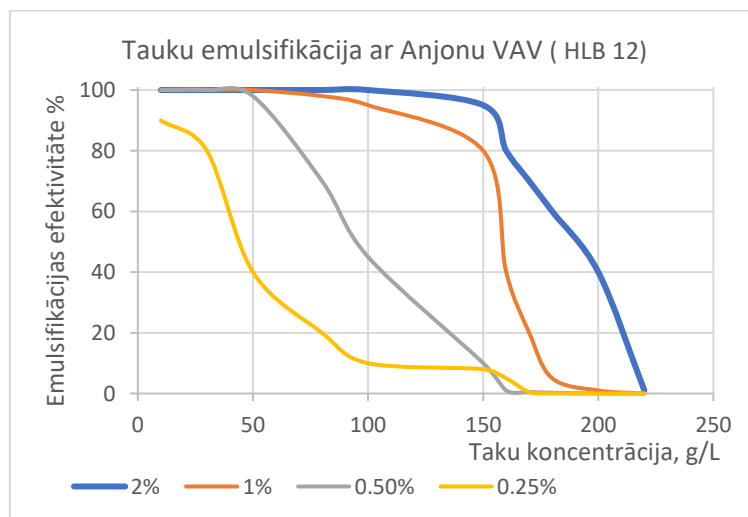
Pētniecības periodā tika uzstādīta un izmēģināta nepārtrauktas darbības laboratorijas tipa homogenizēšanas iekārta, kas sastāv no termostatējama caurplūdes trauka, kurā iespējama tauku homogenizācija, izmantojot rotora/statora tipa homogenizatora galvu.

Lai noteiktu tauku emulsifikācijas efektivitātes robežvērtības, tikai veidoti vairāki homogenizācijas eksperimenti, mainot virsmas aktīvo vielu koncentrāciju un to HLB vērtību un šķīstošās un nešķīstošās fāzes attiecības. Dati atspoguļoti zemāk dotajos Attēlos 4 un 5. Eksperimentos tika secināts, ka visefektīvāk emulsifikāciju spēj nodrošināt tieši anjonās virsmas aktīvās vielas, kas sevi pozitīvi pierāda arī BMP testos. Attēlos ir norādīta anjonās BVAV emulsifikācijas efektivitāte pie dažādām tauku un VAV koncentrācijām un pie konstanta homogenizācijas režīma 15 000 rpm, 2 min.

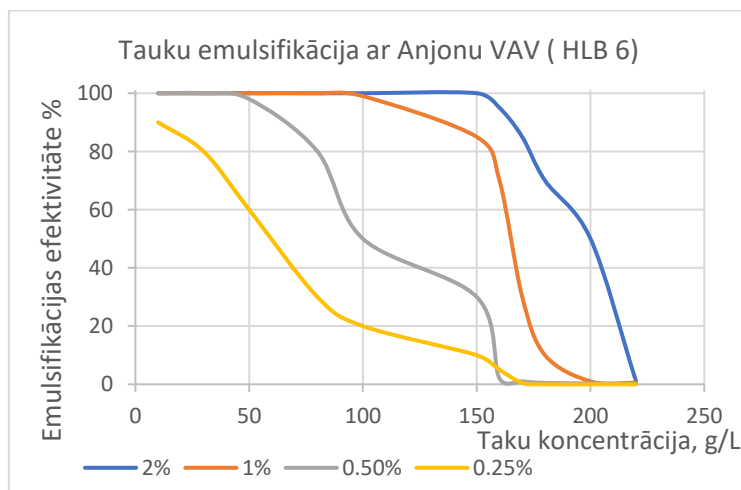


Kad emulsifikācijas efektivitāte nokrītas zem 100 v/w%, tas parāda, ka šķidrās fāzes virspusē joprojām ir palikuši tauku atlikumi un ne visi tauki ir iemaisījušies šķīdumā. Ja efektivitāte nokrītas zem 20 v/w%, maisījums vairāk nonāk ūdens eļļā (W/O) emulsijas stāvoklī un tauki vairāk pārvēršas par biezpiena tipa vielu ar lieko brīvo ūdeni, nevis 2 fāzu šķidru vielu.

Emulsija ir izveidojusies gadījumā, ja emulsifikācija notikusi ar vismaz 40v/w% un lielāku efektivitāti.



Attēls 4. Tauku emulsifikācijas efektivitāte ar Anjonu VAV (HLB 12).



Attēls 5. Tauku emulsifikācijas efektivitāte ar Anjonu VAV (HLB6).

Tiek secināts, ka anjonu VAV ir vispiemērotākās gaļas pārstrādes un citu tauku ķērāju tauku emulsiju veidošanai ūdenī, jo tas ir efektīvs līdz 160 g/l FOG slodzei pie 2 v/w % SAS koncentrācijas, ja HLB vērtība ir 6. Izvēle ar šāda veida FOG, jo anjonu SAS ar HLB 12 spēj nodrošināt stabilu emulsiju tikai ar tauku koncentrāciju, kas ir zemāka par 100 g/l pie tādas pašas VAV koncentrācijas.

### **Darbība 3.3. “Biomases enzimatiskās hidrolīzes atkritumu anaerobās fermentācijas robežnosacījumu izpēte ieskaitot VAV pielietojumu”, Rūpnieciskais pētījums**

Tika turpināti eksperimenti nepārtrauktas darbības AF reaktorā. Iegūtie dati norāda, ka vienreizējas ielādes reaktoros iesimulētā enzimatiskās hidrolīzes biomasas substrāta toksicitātes efekts saglabājas arī nepārtrauktas darbības reaktorā pat pēc 45 dienu ilgas fermentācijas. Ieteicamā substrāta masas daļa no ielādes nedrīkst pārsniegt 10% no kopējā uzkrātā VS/dienā. Vadoties no literatūrā pieejamās informācijas, tika sagaidīta mikroorganismu konsorcija aklimatizācija, tomēr, vadoties pēc iegūtā biogāzes daudzuma sastāva, šādas izmaiņas netika novērotas. Tika secināts, ka, ja ir nepieciešama enzimatiskās zāles hidrolīzes atlikumu biomasas izmantošana kā galveno substrātu, to ir iespējams īstenot tikai pēc priekšapstrādes, piemēram, to ieskābjot un pēc tam barojot fermenterī.

### **Darbība 3.4. “Zāles biomasas enzimatiskās hidrolīzes ražošanas atlikumu un tauku ķērāju tauku līdzfermentācijas nosacījumu izstrāde”, Rūpnieciskais pētījums**

Pārskata periodā tika pabeigti pētījumi, kas saistās ar zāles biomasas enzimatiskās hidrolīzes ražošanas atlikumu un tauku ķērāju tauku līdzfermentācijas nosacījumu izstrādi. Tika noskaidrots, ka tauku ķērāju tauku fermentācija, izmantojot anjonās virsmas aktīvās vielas, ir efektīvāka salīdzinājumā ar tauku saturošu substrātu fermentāciju bez VAV pielietojuma un uzlabo iegūto BMP līdz pat 30 %. Tomēr VAV pozitīvā ietekme nav tieši saistāma ar tauku daudzumu noteiktajās tauku ķērāju dūņās. Virsmas aktīvās vielas lielākā vai mazākā mērā palielina kopējo biogāzes iznākumu no noteikta substrāta, taču fermentācijas kinētiku šī piedeva īsti neietekmē.

Līdzīgu pozitīvo ietekmi iespējams novērtot arī ar zāles enzimatiskās hidrolīzes atlikumu fermentāciju, kad virsmas aktīvo vielu ietekmē palielinās šī substrāta BMP līdz pat 27 %. Tomēr nav novērojams, ka VAV pievienošanas gadījumā būtu iespējams palielināt substrāta organisko slodzi.

Tauku ķērāju tauku un zāles enzimatiskās hidrolīzes biomasas līdzfermentācija ir iespējama iepriekš noteiktajās robežās (līdz 5 % zāles hidrolizāta no kopējā VS uzkrātā un vidēji 10 % tauku ķērāju tauki no kopējā uzkrātā VS). Nenovērojot substrāta toksicitātes pazīmes, ir jāatzīmē, ka šo substrātu līdzfermentācijas BMP ir vidēji par 40 % mazāks salīdzinājumā ar vienkārši tauku fermentācijas BMP, ņemot vērā arī VAV ietekmi. Tāpēc iespējams secināt, ka šāda līdz fermentācijas sistēma ir iespējama, taču nevēlama, jo tiek samazināts kopējais substrātu BMP.

### **Darbība 5. “Digestāta bezatlikumu pārstrādes tehnoloģijas izstrāde”, Eksperimentālā izstrādne**

Iepriekšējā pētījumu ceturksnī jau tika prezentēta digestāta bezatlikumu tehnoloģija. Turpmākajos pētījuma posmos tiek padziļināti optimizēti katrs atsevišķs tehnoloģijas posms. Šajā ceturksnī tika pētīta Ultrafiltrācijas iekārtas ražības optimizēšana un pārbaudītas dažādas membrānu mazgāšanas metode, lai nodrošinātu membrānu ilgmūžību un efektivitāti.

Viena no galvenajām keramisko membrānu pozitīvajām iezīmēm ir to augstā ķīmiskā noturība pret dažādām virsmas aktīvajām vielām - skābēm un bāzēm. Membrānas “Flux ” ar viendabīgu digestāta filtrātu tika testētas pēc katras mazgāšanas cikla, kas tika izpildīts pēc katra filtrācijas perioda beigām. Filtrācijas perioda baigas tika noteiktas, balsoties no iepriekšējo eksperimentu pieredzes.

ERAF projekts Nr. 1.1.1.1/18/A/075 “Videi draudzīga bezatlikuma tehnoloģija šķidrās biodegvielas un biogāzes ražošanai no biomasas”

Tabulā 1 ir aprakstītas mazgāšanas metodes, kā arī membrānas “Fluks” jauna filtrācijas cikla sākumā. Pēc “flux” izmaiņām var secināt, ka membrāna optimāli saglabā savu caurlaidības kapacitāti un to ir iespējams mazgāt gan ar skābi, gan ar virsmas aktīvajām vielām.

Tabula 1. Membrānas FLUX filtrācijas sākumā pēc dažādām mazgāšanas metodēm.

Membrānas FLUX (l/h/m <sup>2</sup> )	Membrānas mazgāšanas procedūra
5.43	Mehāniski tīru membrānu 1 h mērcē 10 % HCl šķ. un skalo ar tehnisko ūdeni
5.02	Skalo ar ūdeni no laboratorijas krāna
5.28	Mehāniski mazgā ar tehnisko ūdeni un sūkli + nejonu VAV
5.11	Mērcē membrānu nejonā VAV 1 % šķ un skalo ar lielu ūdens daudzumu.
5.46	Mehāniski tīru membrānu 1 h mērcē 10 % HCl šķ. un skalo ar tehnisko ūdeni.
4.40	Tikai mehāniski ar salveti notīra membrānas virsmu

Ne mazāk svarīgi arī ir tas, ka pēc dažādās membrānu mazgāšanas netika novērotas būtiskas izmaiņas UF permiāta kvalitātē, skatoties pēc ĶSP vērtības, un tā saglabājās robežās no 2120 – 2340 mgO<sub>2</sub>/L .

#### **Darbība 6.1 “Biogāzes ražošanas pilna cikla tehnoloģijas testēšana, kas ietver zāles biomasas, enzimatiskās hidrolīzes ražošanas atlikumu, tauku ķērāju tauku līdzfermentāciju un digestāta pilnīgu pārstrādi”, Eksperimentālā izstrādne.**

Aktivitātes ietvaros tika analizēta 50 l AF reaktora darbība, nodrošinot aktivitāti 3.3. Ir gūtas atziņas par masas apmaiņas (maisīšanas) optimālo reglamentu, substrāta padeves mezgla maināmo parametru iestatījumiem, biogāzes sastāva mērījumu biežumu. Reaktors tika sagatavots nepieciešamajiem papildus eksperimentiem.

Perioda laikā tika veikta adatu analīze un apkopojums, lai iegūtu vienotu zinātību bāzi fermentācijas nodrošināšanai, digestāta tālākās pārstrādes ciklam un tehnoloģijai, kas gala substrātu ļauj novadīt vai arī izmantot atkārtotos tehnoloģiskajos procesos.

Sagatavoja:

Elvis Klaučāns (biotehnologs)

Ēriks Skripsts (vadošais pētnieks)