

**Valsts pētījumu programmas
„Meža un zemes dzīļu resursu izpēte, ilgtspējīga izmantošana -
jauni produkti un tehnoloģijas” (ResProd)
pirmā posma izpildes izvērtēšanas konference**

**Zemes dzīļu resursu izpēte- jauni
produkti un tehnoloģijas (Zeme)**

***V. Segliņš, L. Bērziņa- Cimdiņa, G. Sedmale,
R. Švinka, M. Kļaviņš, O. Muter***

Latvijas Zinātņu akadēmija 2015.gada 27.novembrī

Projekta mērķis I pētījumu posmam

- **Veikt Latvijas zemes dzīļu resursu (galvenokārt mālus, dolomītus, kūdru un sapropeļa) pētījumus un uzsākt pētījumu eksperimentālo un analītisko daļu.**
-
- Projekta izpildītāji – 6 relatīvi patstāvīgas pētnieku grupas RTU (Silikātu materiālu un Vispārējās ķīmijas tehnoloģiju institūtā) un LU (ĢZZF, BF un Mikrobioloģijas un biotehnoloģiju institūtā).
- Atskaitīšanās par paveikto pirmajā posmā – laika periodā- 28.11.2014.- 30.06. 2015.

Projekta uzdevumi

Darba uzdevumi

1. Veikt Latvijas zemes dzīļu resursu (galvenokārt mālus, dolomītus, kūdru un sapropeļa) pētījumus un uzsākt pētījumu eksperimentālo un analītisko daļu
2. Mālu īpašību izpēte izmantošanai saules aizsargkrēmos, biodegradablu kompozītmateriālu un jauna granulveida sorbenta iegūšanai
3. Noteikt un norobežot perspektīvo minerālo izejvielu klāstu pielietošanai apstrādei, lai izmantotu keramikas produktu izstrādei
4. Augsti porainu keramikas materiālu ieguve un sorbcijas procesu analīze
5. Veikt kūdras un kūdras aktīvās ogles sorbcijas spēju izpēti attiecībā pret metālu joniem
6. Mikroorganismu konsorciji augsnes bioremediācijai, imobilizēt un pētīt mikrobioloģisko mēslošanas līdzekļu aktīvos komponentus

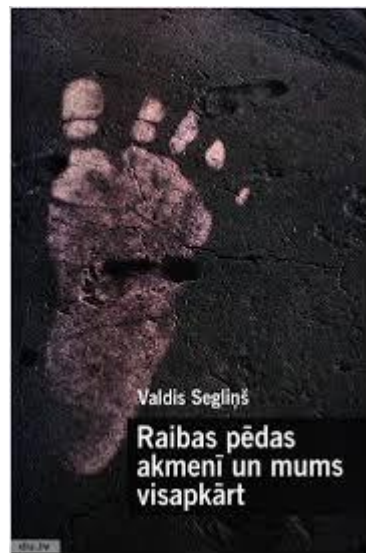
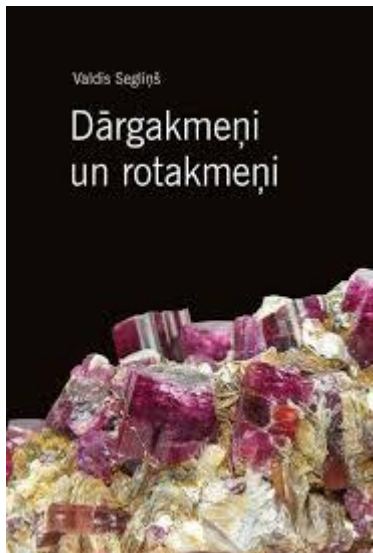
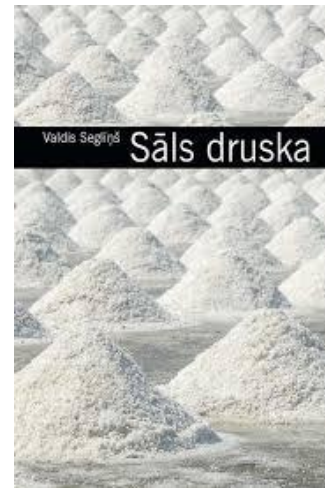
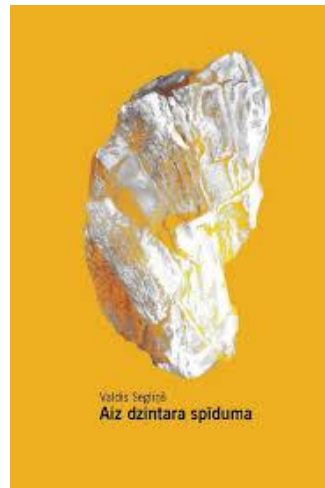
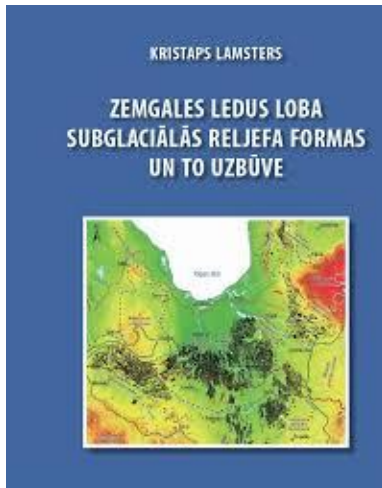
I pētniecības posma galvenie rezultāti

- Pirmajā pētniecības posmā rezultāti ir iegūti visās pētnieku grupās un sasniegti pētījumu noteiktie mērķi.
- Lai arī posms paredzēja galvenokārt tikai uzsākt laboratoriskos un eksperimentālos pētījumus, pirmie iegūtie rezultāti jau ir tikuši publicēti un tie pēc daudziem rādītājiem ievērojami tuvina projekta izpildi pārbaudāmo rezultātu indikācijās.
- Paveiktais ļauj visai precīzi noteikt arī turpmāko pētījumu virzību un atteikties no mazāk daudzsoļiem virzieniem
- Pētījumu nozīmīgākie rezultāti ir visai pilnīgi atspoguļoti projekta mājas lapā interneta:
- www.lu.lv/vpp/

4.1. Zemes dzīļu un resursu pētījumi

- . Blakus tradicionāliem augstvērtīgiem Latvijas zemes dzīļu resursu - dolomīta, māla, smilts un grants, kūdras pētījumiem, projekta pirmajā posmā ievērojama uzmanība tika veltīta netradicionālu resursu apzināšanai un izvērtēšanai (krams, okers, dzintars, dārgakmeņi, sāls u.c.) par kuriem sagatavoti monogrāfiski pētījumi un ļauj noslēgt šo pētījumu sadaļu. Šajā posmā izvērtētas māla iegulas pētniecības II posmam un par tām noteiktas turpmākiem tehnoloģiskiem pētījumiem - Kuprava, Nīcgale un Tūja. Šajā iegulās apzinātam mālam ir potenciāli augstas iespējas tikt izmantotam jaunu tehnoloģiju izstrādei augstvērtīgu tirgus pieprasītu produktu ražošanai.
- Izvērtētas iespējas netiešās (ģeofizikalās) pētniecības metodes pielietot kūdras iegulu pētījumos ar ļoti augstu izšķirtspēju un precizitāti, kas varētu ļaut izstrādāt jau II pētījumu posmā plašāku pētījumu un arī metodīku lietišķiem pētījumiem ceļu un uzbērumu detalizētiem instrumentālas kvalitātes pētījumiem.

Publikācijas



4.2. Mālu kosmētikā izmantojamo un sorbcijas īpašību pētījumi.

- Pētījumi liecina, ka Latvijas illītu saturošiem māliem (frakcija zem 2 μm) piemīt spēja nedaudz absorbēt UV starojumu un uzlabot emulsiju eļļa-ūdenī stabilitāti, kas attiecīgi paplašina Latvijas mālu izmantošanas iespējas izstrādāt jaunus produktus ar augstu pievienoto vērtību, piemēram, saules aizsargkrēmus.
- Turpmākie pētījumi būs par mālu frakcijas zem 2 μm iegūšanu, izmantojot izsmidzināšanas žāvētavu, un detalizētākiem pētījumiem par illīta mālu pievienošanas un dažādu parametru ietekmi uz emulsiju eļļa-ūdenī stabilitāti.
- Apkopoti literatūras dati par biodegradablu kompozītmateriālu izmantošanu ikdienas pārklājumu materiālos atkritumu poligonos. Uz literatūras datiem balstītie un apkopotie mālu īpašību kritēriji biodegradablu kompozītmateriālu izstrādē ir būtiski eksperimentu plānošanā un tiks izmantoti pārklājumu izveidošanā no Latvijas illīta mālus saturošiem kompozītmateriāliem.
- Turpmāk paredzēts pētīt dažādu mālu procentuālā sastāva ietekmi uz pārklājuma slāņa veidošanās īpašībām. Izstrādātā granulveida sorbenta (dobas sfēras) izgatavošanas metode, kurā izmanto uzputota polistirola granulas, saistvielu, Liepas mālus un paštaisītu rotācijas granulācijas iekārtu laboratorijas mērogā, nodrošina iegūtā materiāla īpašību homogenitāti.
- Iegūtajām granulām noteiktas mehāniskās īpašības un pētīta to struktūra un virsmas morfoloģija. Turpmākie pētījumi būs saistīti ar materiāla porainības un sorbcijas īpašību pētījumiem atkarībā no iegūšanas parametriem, lai to varētu izmantot agronomijas un ekoloģisko produktu izstrādē.



4.2. apakšprojekts

Mērķis

Pētīt Latvijas atradņu mālu apstrādes, sagatavošanas un modifikācijas iespējas ar mērķi izstrādāt jaunas tehnoloģijas un inovatīvus produktus ar augstu pievienoto vērtību izmantošanai kosmētikā un vides kvalitātes uzlabošanai (inovatīvi sorbenti un biodegradabli polimēri)

1. posma uzdevums

Mālu īpašību izpēte izmantošanai saules aizsargkrēmos, biodegradablu kompozītmateriālu un jauna granulveida sorbenta iegūšanai



RTU MLĶF VKT institūts

Apakšprojekta vadītāja: Līga Bērziņa-Cimdiņa

Mālu īpašību izpēte izmantošanai saules aizsargkrēmos (1/2)

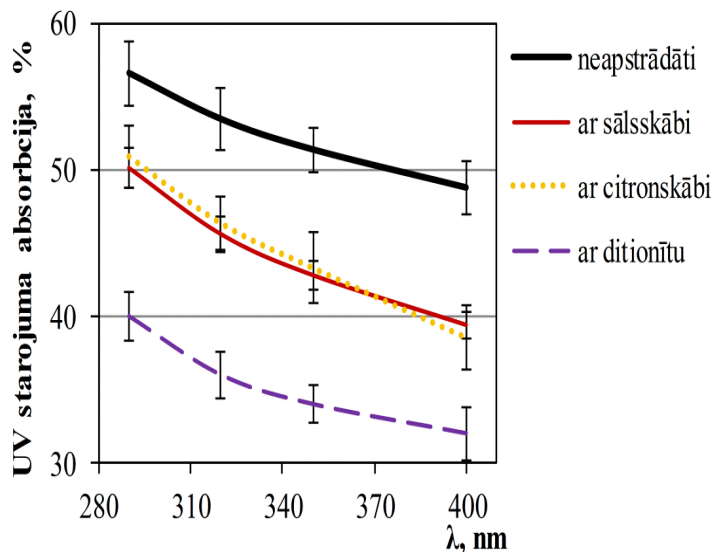


Materiāli: illītu saturošas mālu frakcijas zem $2\ \mu\text{m}$
50% glicerīna-ūdens šķīdums

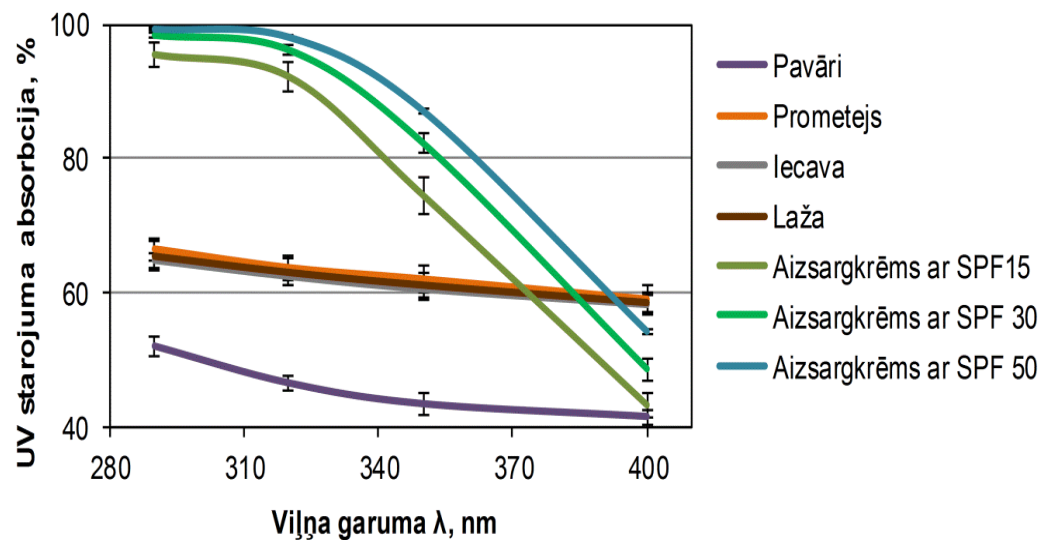
Galvenie rezultāti:

- Vislielāko UV starojuma absorbciju uzrādīja ķīmiski neapstrādāti māli (1.att.)
- Dzelzs savienojumu klātbūtne (piešķir māliem brūno krāsu) palielina mālu spēju absorbēt UV starojumu
- Glicerīna suspensijas ar 30 masas% neapstrādātu mālu saules aizsardzības faktors SPF sasniedza 2,8 (2.att.)
- Brūnās krāsas mālu pievienošana saules aizsargkrēmiem uzlabotu to SPF vērtību, reoloģiskās īpašības un stabilitāti un nodrošinātu gaiši brūnu krāsu

Pētīto mālu atrašanās vietas Latvijā



1. att. UV starojuma absorbcija Prometeja māliem pirms un pēc ķīmiskās apstrādes



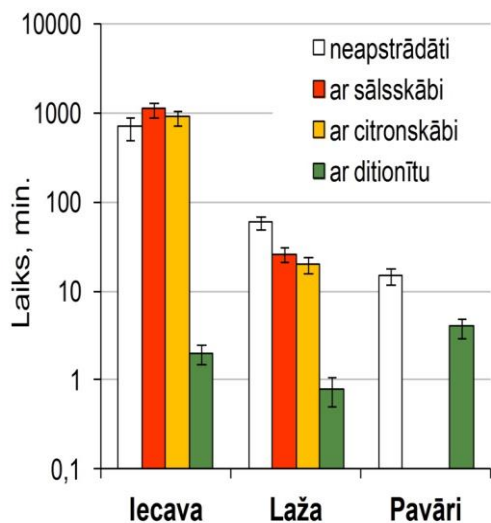
2. att. UV starojuma absorbcija neapstrādātiem māliem un komerciāliem saules aizsargkrēmiem

Mālu īpašību izpēte izmantošanai saules aizsargkrēmos (2/2)

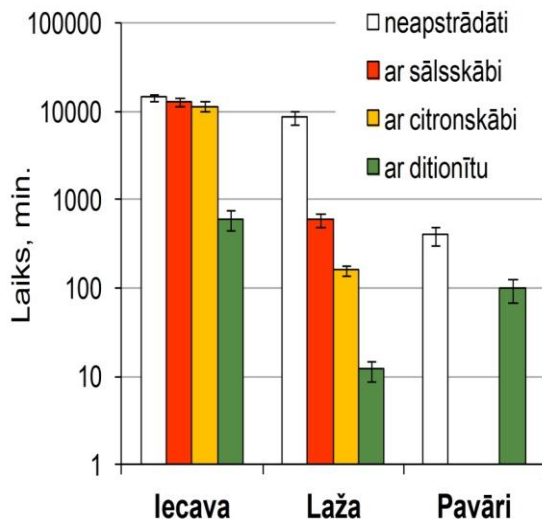
Materiāli: illītu saturošas mālu frakcijas zem 2 μm
safloras eļļa-ūdens emulsija

Galvenie rezultāti:

- Mālu frakcijas pievienošana (5-10 masas%) spēj uzlabot emulsijas eļļa-ūdenī stabilitāti
- Mālu apstrāde ar ditionītu (dzelzs savienojumu atdalīšana) ievērojami samazina mālu frakcijas spēju stabilizēt emulsiju



**Mālu frakcijas
koncentrācija – 5 masas%**



**Mālu frakcijas
koncentrācija – 10 masas%**

Turpmākie pētījumi:

- mālu frakcijas zem 2 μm iegūšanu, izmantojot izsmidzināšanas žāvētavu
- detalizētākiem pētījumiem par illīta mālu pievienošanas un dažādu parametru ietekmi uz emulsiju eļļa-ūdenī stabilitāti

Mālu īpašību izpēte izmantošanai biodegradablu materiālu iegūšanai

Pētīta un apkopota literatūra par:

- biodegradablu kompozītmateriālu izmantošanu alternatīvos ikdienas pārklājumos un šo materiālu īpašībām
- izmantotajiem materiāliem
- alternatīvo ikdienas pārklājumu klasifikāciju
- izsmidzināmo biodegradablu kompozītmateriālu sastāvu un iegūšanu
- mālu īpašību kritērijiem biodegradablu kompozītmateriālu izstrādē

Galvenie secinājumi:

- Māli tiek izmantoti alternatīvos ikdienas pārklājumos
- Pārklājuma veidošanai iesaistītajām mālu daļiņām jābūt ar plašu granulometrisko sastāvu, piemēram, diapazonā 0,001 – 0,1 mm
- Pielietojams atšķirīgs mālu procentuālais sastāvs, kas svārstās no 10 līdz 90% no kopējā sastāva
- Illītu mālu reoloģiskās īpašības var tikt izmantotas biodegradablu kompozītmateriālu izstrādē

Turpmākie pētījumi:

- dažādu mālu procentuālā sastāva ietekme uz pārklājuma slāņa veidošanās īpašībām

Piemērs no literatūras mālu paraugu sastāviem, ķīmiskajām un fizikālajām īpašībām iespējamam pārklājuma sastāvam

Parametri	A	B	C
Māli, %	60	30	50
S_{BET} , m ² /g	20,1	29,7	42,3
CEC, cmol/g	12,3	13,2	15,7
Organikas konc., %	1,18	13,2	0,06
Kvarcs, %	20	29	14
Mālu minerāli, %	74	47	72
Kaolinīts, %	62	6	11
Illīts, %	12	31	60
Smektīti, %	<1	10	1
Mikroklīns, %	1	3	4
Albīts, %	1	3	10
Dolomīts, %	2	4	<1
Kalcīts, %	1	13	<1
Citi minerāli, %	Sederīts	Pirīts	-
Fe ₂ O ₃ amorf., %	0,2	0,3	0,4
Hidrauliskā vadītspēja, m/s	1,93x10 ⁻¹⁰	4,07x10 ⁻¹⁰	1,69x10 ⁻¹⁰

N. Sánchez-Jiménez, M.T. Sevilla, J. Cuevas, M. Rodríguez, J.R. Procopio. Interaction of organic contaminants with natural clay type geosorbents: Potential use as geologic barrier in urban landfill. *Journal of Environmental Management*, 95, 2012, 182-187.

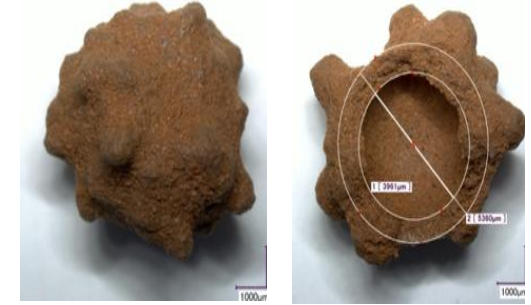
Mālu īpašību izpēte izmantošanai jauna granulveida sorbenta iegūšanai

4.2. apakšprojekts

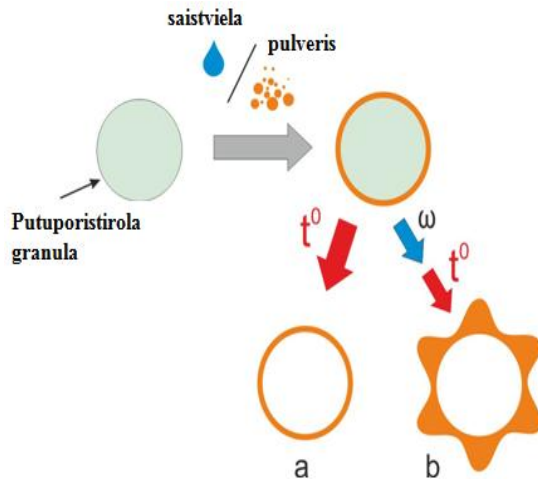
Materiāli: Liepas māli, putupolistirola (PPS) lodītes, saistviela (polivinilacetāta ūdens šķīdums)

Galvenie rezultāti:

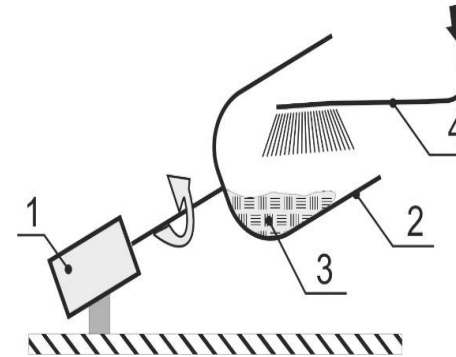
- Izstrādāta granulveida sorbenta (dobas sfēras) (1.att.) izgatavošanas metode (2.att.), izmantojot paštaisītu granulācijas iekārtu laboratorijas mērogā (3.att.)
- Vidējais sieniņas biezums ir 0,6 mm un eksperimentā iegūto granulu iznākums ir 57%
- Šo materiālu varētu izmantot agronomijas, ekoloģisko produktu un vieglu būvmateriālu izstrādē



1.att. Keramiskas dobas sfēras



2. att. Metodes shēma, kur a – vienkārša dobas sfēras forma; b – dobas sfēra ar izvīzītu formu; ω – rotācijas ātrums



3.att. Eksperimentālās iekārtas principiālā shēma

1-Elektriskais dzinējs, 2-tvertne, 3-PPS, 4 - mālu pulvera un saistvielas padošana

Turpmākie pētījumi:

- materiāla porainības un sorbcijas īpašību pētījumiem atkarībā no iegūšanas parametriem

4.3. Jaunu keramikas tehnoloģiju un produktu izstrāde.

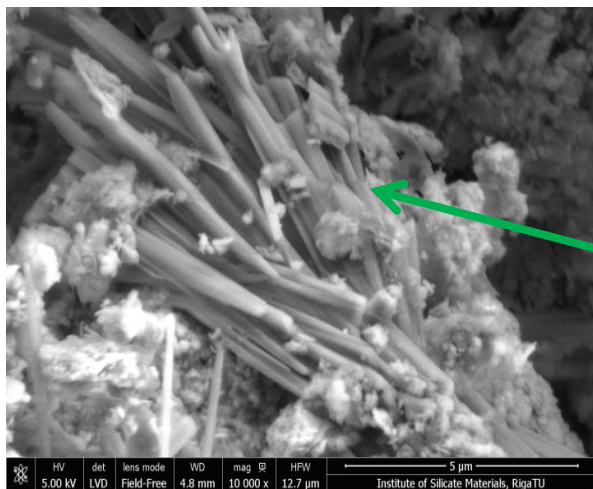
- Galvenie zinātniskie un praktiskie secinājumi, kas vērsti uz enerģiju taupošu keramikas materiālu izstrādi, ir sekojoši:
- 1. pielietojot dažādas apstrādes metodes (ķīmiskas, termiskas un mehāniskas), ir iespējams “deformēt” mālainā minerāla -illīta (kas ir Latvijas mālu dominējošais minerāls) struktūru, kas ir priekšnoteikums, lai izstrādātu keramikas materiālu pie zemākām, salīdzinot ar tradicionālo, apdedzināšanas temperatūrām, kā arī lai iegūtu jaunas fāzes (piemēram, hidratizēto nātrija alumosilikātu), kam varētu būt potenciāls pielietojums jaunu saistvielu materiālu izstrādē. Būtiskākās izmaiņas ar pētītiem Latvijas māliem notiek apstrādājot-aktivējot tos, vai arī tikai mālaino minerālu, illītu, ar ķīmiskām metodēm, pielietojot 4M- 6M NaOH vai KOH, kā arī dehidrosilējot mālus, tos termiski apstrādājot pie temperatūrām ap 600°C. Saistībā ar sārmu apstrādi var secināt, ka KOH ietekme uz illītu destrukturizāciju ir jūtāmāka, salīdzinot ar adekvātas koncentrācijas NaOH. Saistībā ar praktisko nozīmību ir jāatzīmē apdedzināšanas temperatūras ievērojams pazeminājums par ~ 150-200°C, lai izstrādātu keramikas materiālu (pielietojamu, galvenokārt, būvniecībā) ar spiedes izturību atkarībā no pielietotā māla 10-18 MPa robežās; savukārt māliem ar pietiekami augstu karbonātiežu saturu (CaO+MgO saturs ap 9-12%, karsēšanas zudumu 14-15%) pēc sārmu apstrādes ir novērojama nātrija alumohidrosilikāta $\text{Na}(\text{AlSiO}_4)_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ veidošanās, kā rezultātā šie apstrādātie māli cietē jau pie 100°C, veidojot produktu ar pietiekami augstu stiprību >15MPa.
- 2. No maisījumiem, kas veidoti no karbonātus saturošiem Latvijas māliem, kvarca smiltīm un sintētiskām piedevām, lai nodrošinātu kordierīta stehiometriju, ir izstrādāta poraina kordierīta keramika, kura veidojas šķidrās fāzes klātienē pazeminātā 1200°C temperatūrā, salīdzinot ar tradicionālo – 1400°C. Šis materiāls raksturojams ar zemu šķietamo blīvumu – ap 1g/cm³, poru tilpumu ap 50%, stiklveidīgās fāzes klātieņi un spiedes izturību ap 5MPa. Materiāls ir piemērots keramikas filtru sistēmās, piemēram, karsto dūmgāzu attīrīšanai.

Turpinājums

- 3. Saistībā –illītu - kas izdalīts no Apriķu atradnes māla, un apstrādāts līdzīgi māliem ar 1M...6M Na sārma šķīdumiem ir konstatēts, ka līdzīgi kā attiecīgiem māliem, illītu struktūras “noārdīšanās” notiek vāji un tikai daļēji. Vērā ņemama ir termiskā apstrāde pie ~ 600°C. Šie illīti ir aktīvi keramikas produktu saķepšanas un jaunu ugunturīgu kristālisko fāžu (piemēram, korunda) veidošanās procesa veicinātāji.
- 4. Kompozīcijās ar 20 -50 % Al(OH)₃ tie veido jaunu blīvu dažādas krāsu gammas (atkarībā no pievienotā Al(OH)₃ daudzuma) keramikas materiālu. Apdedzinātie paraugi raksturojami ar 2,2-2,5g/cm³ blīvumu un augstu spiedes stiprību – ap 170 N/mm². Tie var tikt izmantoti gan kā izturīgs (ilgmūžīgs) grīdas segums, t.sk., arī būvniecībā kopumā dažādu ēku detaļu izpildei, arī nesošās slodzēs. Nav izslēgta materiāla izmantošana kā keramisko krāsu materiālu pēc tā sagatavošanas smalka pulvera veidā, kurā dominētu nano- līmeņa daļiņas.
- 5. Parādīta illītu pozitīvā ietekme uz mullīta –ZrO₂ keramikas saķepšanas temperatūras pazeminājumu par 100-150°C
- 6. Jēkabpils dolomīta atsiju reciklēšana jaunos materiālos ir problemātiska, it sevišķi ievērojot to, ka reciklēšanai nedrīkstētu izmantot paaugstinātas temperatūras. Ir jāatzīmē gan, ka apstrādājot šos atlikumus ar koncentrētu sērskābi ir iespējams iegūt sintētisko ģipsi CaSO₄.2H₂O. Ņemot vērā, ka procesā ir jāpielieto koncentrētu sērskābe, šķiet, ka šāds process tomēr nav realizējams.

4.3. Jaunu keramikas tehnoloģiju un produktu izstrāde

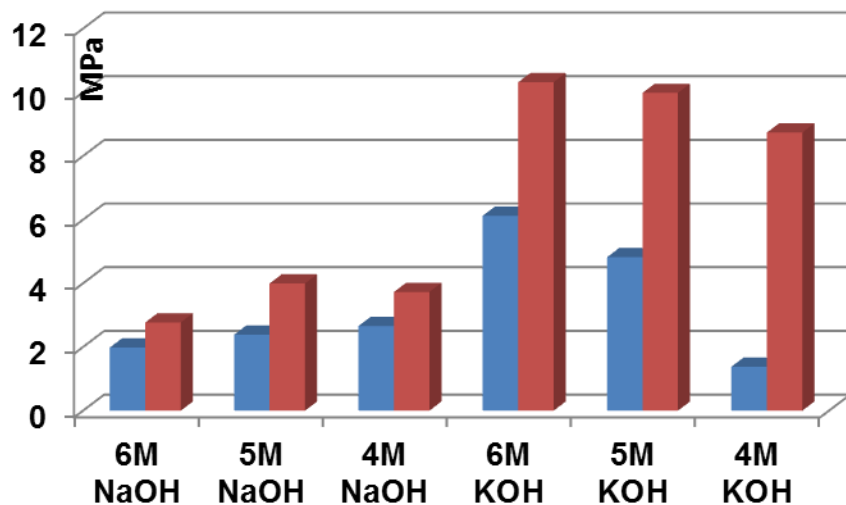
4.3.1. Ķīmiski apstrādātu maz- un daudzkarbonātu mālu pielietojums zemās temperatūrās cietējošu un apdedzinātu keramikas materiālu izstrādei



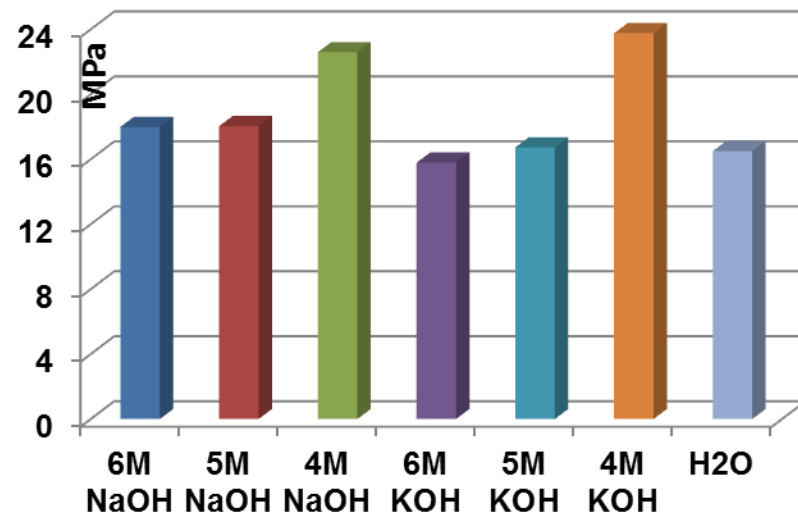
Aktivējot mālaino minerālu- illītu, pielietojot 4M- 6M NaOH vai KOH, kā arī dehidroksilējot mālus/illītus, pie temperatūrām ap 600°C notiek daļēja illītu destrukturizācija kas pieļauj pazemināt materiālu saķepināšanas temperatūru par 150-200°C, iegūstot keramikas materiālu ar spiedes izturību atkarībā no pielietotā māla 16-22 MPa robežās.

Mālos ar paaugstinātu karbonātus saturošo iežu klātni pēc ķīmiskas apstrādes ar 4-6M NaOH savukārt veidojas hidratizētais nātrija alumosilikāts $\text{NA}(\text{AlSiO}_4)_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$, kas nodrošina tiem saistvielas īpašības, cietējot 60°C temperatūrā un uzrādot augstus izturības rādītājus.

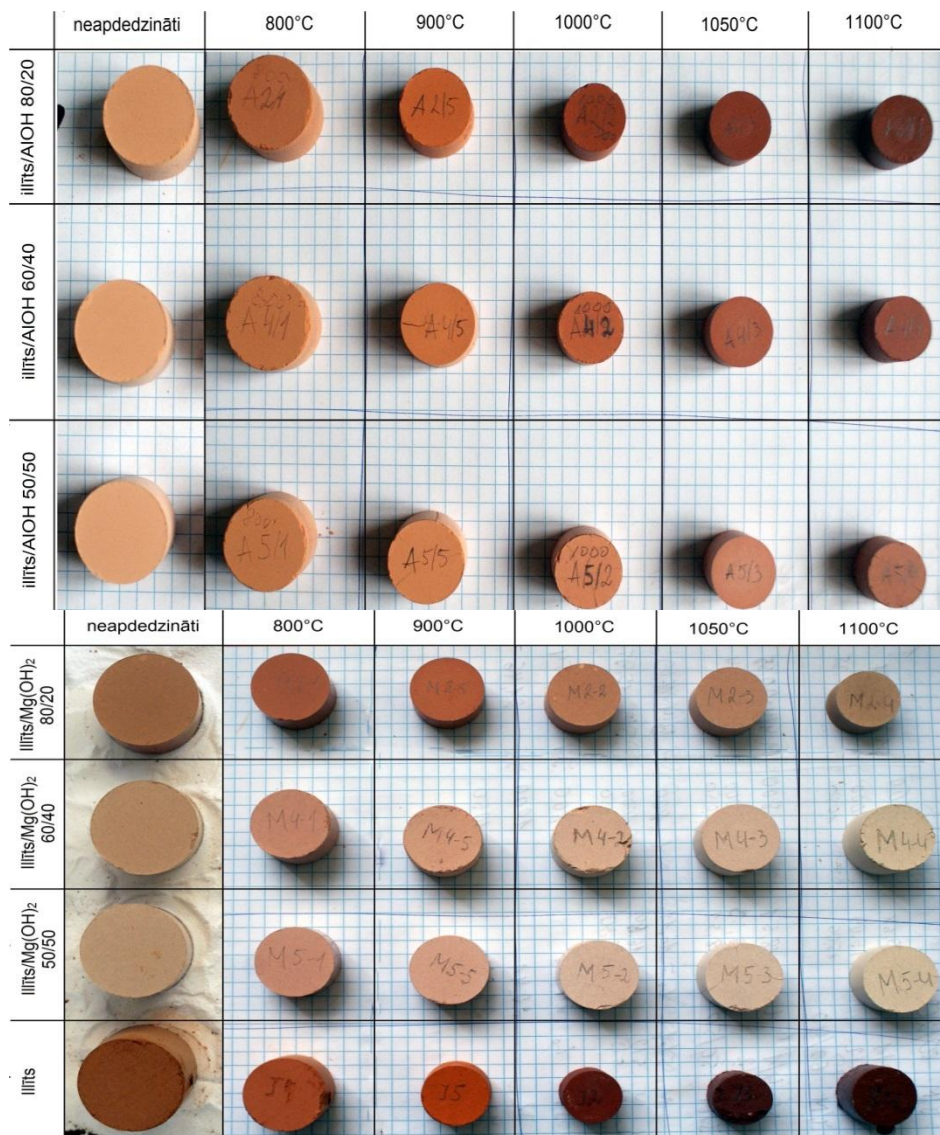
Spiedes stiprība pie 60°C



Spiedes stiprība pie 800°C



4.3.2. Termiski apstrādātu illītu kompozīcijas ar $\text{Al}(\text{OH})_3$ un $\text{Mg}(\text{OH})_2$



Spiedes izturība, MPa

	800°C	900°C	1000°C	1050°C	1100°C
I/A 80/20	–	23,15	65,42	28,51	15,31
I/A 60/40	–	9,63	72,34	94,94	168,22
I/A 50/50	–	–	34,96	68,27	27,45
I/M 80/20	11,8	20,48	18,72	25,03	42,93
I/M 60/40	–	–	–	–	–
I/M 50/50	–	–	–	–	–
I 100	–	–	54,32	16,7	10,18

Salīdzinājumam: māla ķieģeļu spiedes stiprība ir ap 30 N/mm²

Sarukums, % (pie 1050 °C)

	800°C	900°C	1000°C	1050°C	1100°C
I/A 80/20	2,4	27,6	30,5	27,3	15,2
I/A 60/40	3,7	24,1	28,3	31,3	13,7
I/A 50/50	5,2	21,9	25,9	31,4	12,6
I/M 80/20	2,4	10,5	12,4	18,6	10,1
I/M 60/40	2,2	5,6	5,7	6,1	5,5
I/M 50/50	2,9	5,2	5,6	7,1	4,9
I 100	1,3	27,3	26,0	16,9	15,5

Blīvi keramikas materiāli kompozīcijās ar $\text{Al}(\text{OH})_3$ un $\text{Mg}(\text{OH})_2$

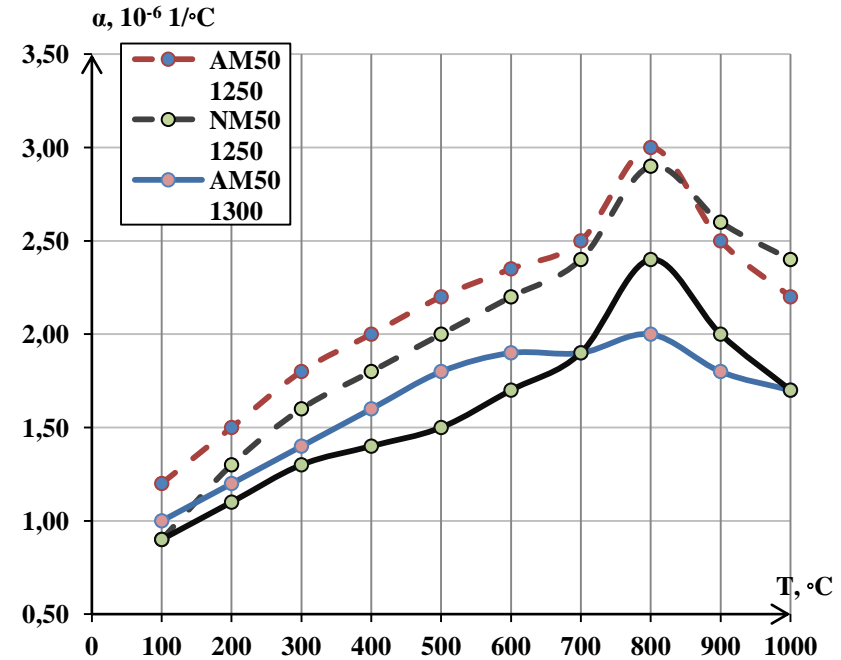
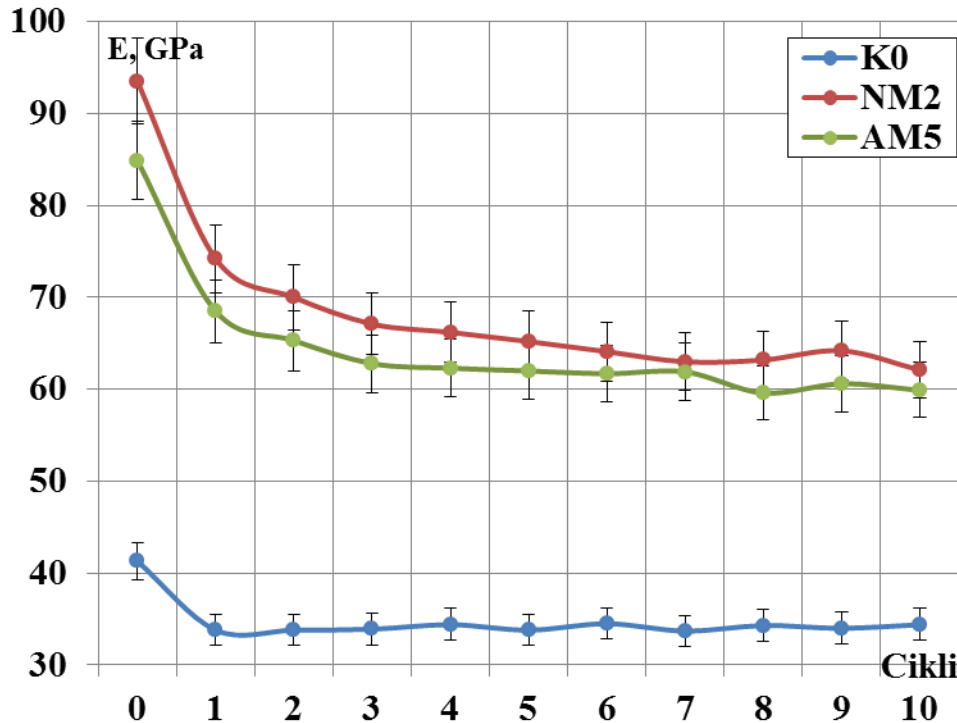
4.3.3. Blīva un poru saturoša kordierīta keramika, pielietojot Nīcgales un Apriķu mālu, Bāles atradnes kvarca smiltis

Elastības moduļa izmaiņas kordierīta keramikai pēc termiskā trieciena $1000^0/20^0$ C pārbaudes un un lineārais termiskās izplēšanas koeficients α atkarībā no temperatūras

Elastības moduļa [līknes A] vērtība un zemie lineārā termiskā izplēšanās koeficienta lielumi [līknes B] korelē. Tie nosaka šī materiāla augsto izturību pret krasām temperatūras izmaiņām.

Ir redzams it sevišķi mālu piedevas pozitīvais efekts!

Sastāvs	Māls	Smiltis	Sintētiskās izejvielas - $\text{Al}(\text{OH})_3$ un MgCO_3
K0	-	44,9	55,1
NM	18,7	32,0	49,3
AM	33,6	22,5	43,9



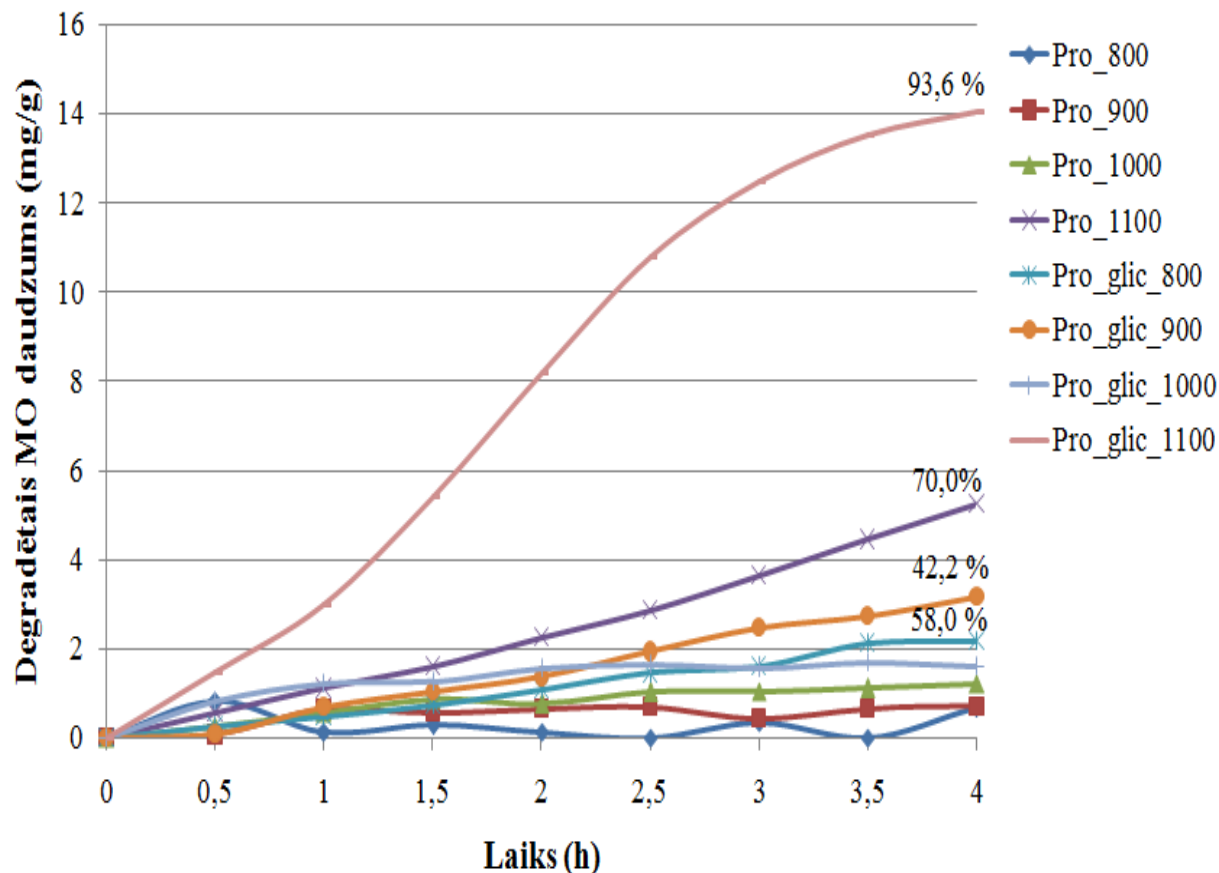
4.4. Augsti poraina keramika ar aktivētu virsmu.

- Galvenie zinātniskie un praktiskie secinājumi tiks sagatavoti turpmākajos pētījumu posmos, bet šajā posmā atzīmējami:
- (1) No māla un oksīdu izejvielām ir iegūti augsti poraini keramikas materiāli, kur izmantotas dažādas poras veidojošas metodes un/vai dažādas poras veidojošas piedevas;
- (2) iegūtajiem materiāliem piemīt sorbcijas spēja attiecībā uz dažiem neorganiskām un organiskām ūdeni piesārņojošām vielām. Sorbcijas spējas lielums ir atkarīgs no vairākiem faktoriem: a) māla izejvielu mineralogiskā un granulometriskā sastāva; b) apdedzināšanas temperatūras un apstākļiem; c) no keramikas virsmas papildus apstrādes, t.i., nanodispersa pārklājuma vai apstarošanas ar paātrinātajiem elektroniem;
- (3) materiālu īpašību uzlabošanai iespējams izmantot dažu citu ražošanas uzņēmumu atkritumu produktus;
- (4) vissvarīgākais šādu materiālu raksturojošais lielums ir īpatnējā virsma;
- (5) atkarībā no izmantojamā māla un apdedzināšanas temperatūras, materiāls ietekmē attīrāmās vides pH, kas savukārt ietekmē sorbcijas procesus;
- (6) materiālus var izmantot arī par keramikajiem filtriem. Šajā pētījumu posmā noteikti arī turpmākie darba virzieni: 1. izmantot papildus jaunas poras veidojošās piedeva; 2. izmantot tādus nanodispersus pārklājumus, kas nodrošinātu šo materiālu fotokatalītisku aktivitāti un attiecīgu iegūto materiālu izmantošanu; 3. izmainīt apstarošanas nosacījumu apstrādei ar paātrinātajiem elektroniem.

Poru veidošanās, izdegot organiskas dabas piedevām

Metiloranža fotokatalītiska sadalīšana

Augsti plastiski kvartāra māli ar dažādām organiskas dabas piedevām
Apdedzināšanas temperatūras 800 -1100°C

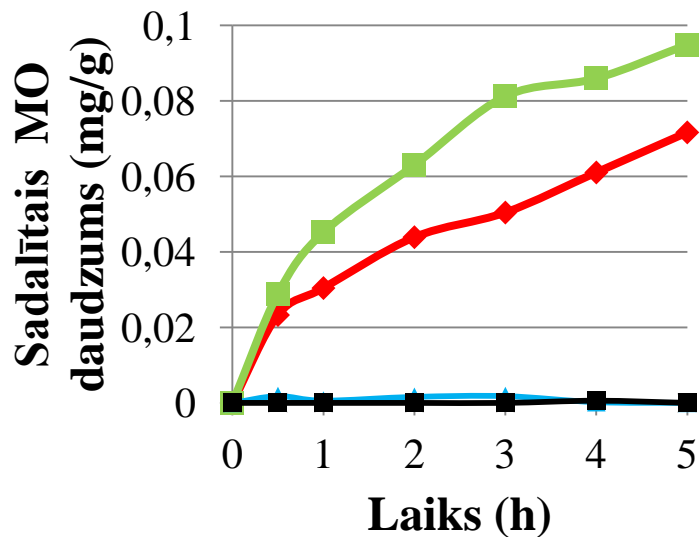
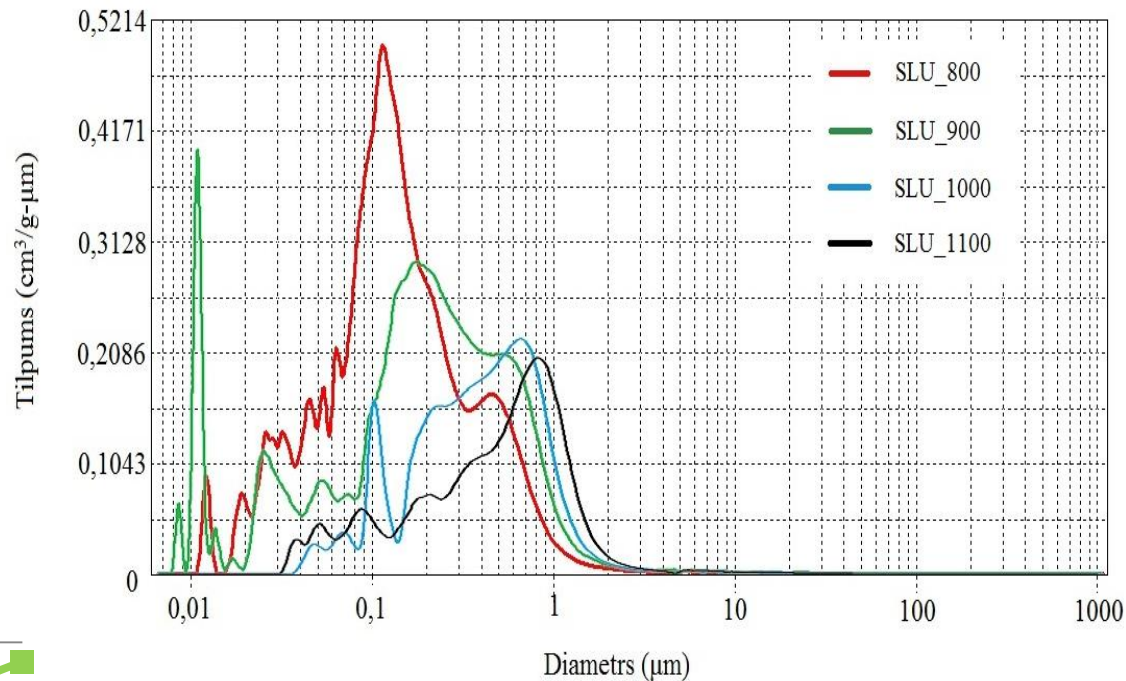


93,6 % no šķīdumā esošā metiloranža fotokatalītiskas reakcijas rezultātā sadalās (1100°C apdedzināta māla ar rūpniecības atkritumu produkta – glicerīna piedevu

Liesi kvartāra māli,
apdedzināti 800-
1100°C



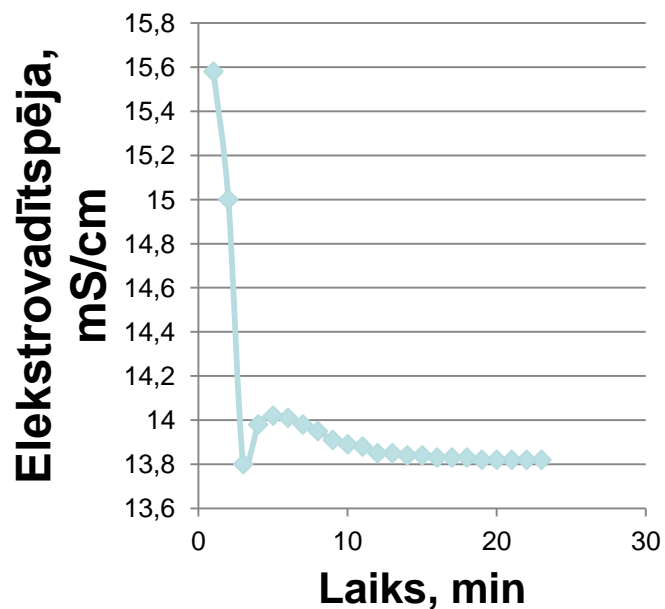
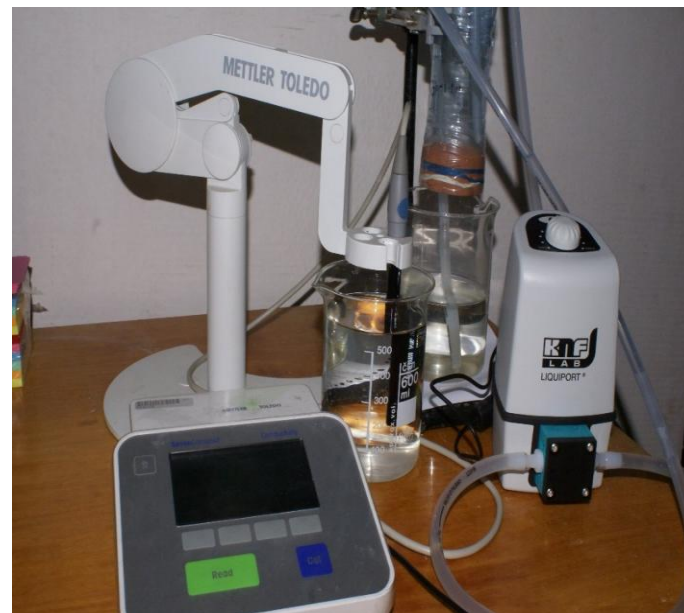
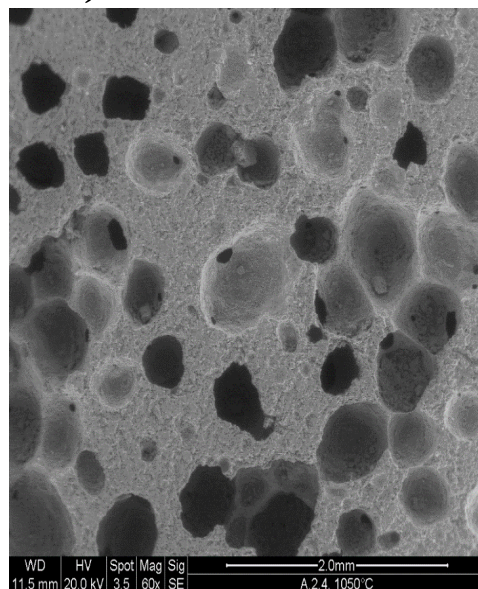
Porozimetrijas rezultāti



◆ SLU_800
■ SLU_900

**Labākā sorbcijas spēja ir
keramikas granulām ar
lielāko poru īpatnējās virsmas
laukumu**

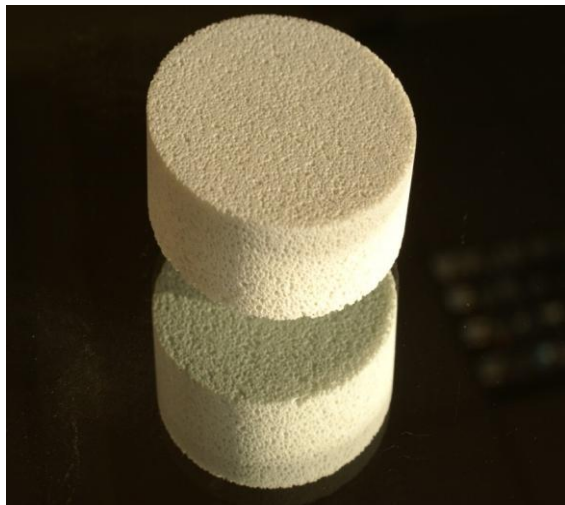
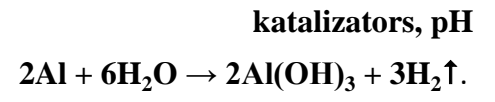
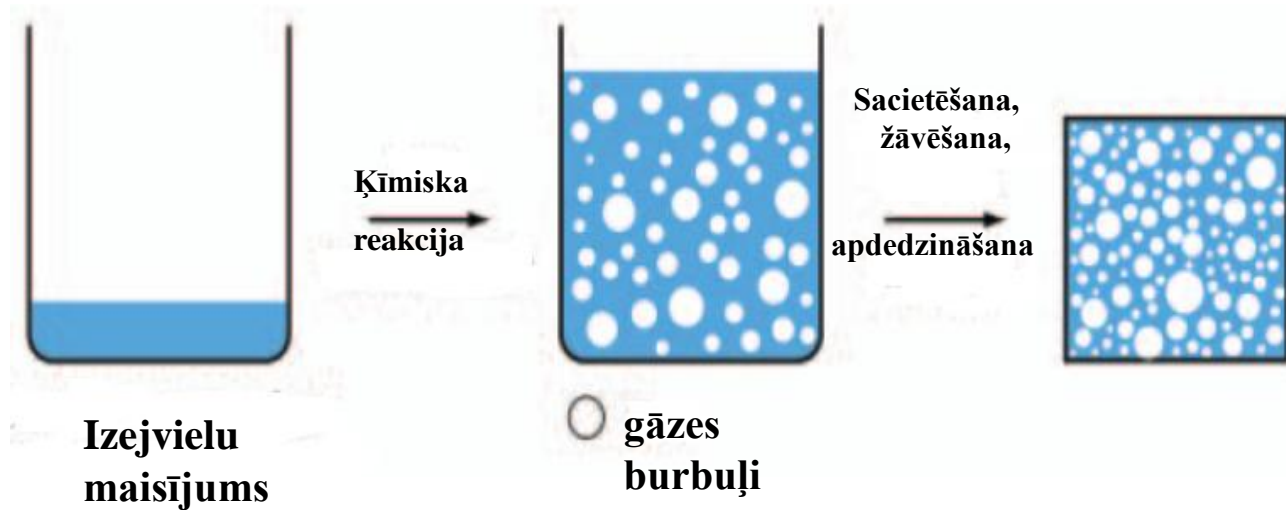
Augsti poraina devona mālu keramika (ķīmiskais poru veidošanas paņēmiens)



Elektrovadītspējas mērīšanas bloks

Mālu keramikas filtri filtrēšanas procesa laikā arī samazina ūdens elektrovadītspēju

Augsti poraina oksīdu keramika ar filtrējošām īpašībām. Poras iegūtas ar ķīmiskās reakcijas metodēm



Augsti poraina viegla keramzīta tipa keramika



Naftas un eļļas produktu savākšanai no
ūdens virsmas

Mikrobioloģijas vajadzībām



4.5. Kūdras, sapropeļa, mālu īpašību un modifikācijas iespēju pētījumi.

- Projekta 4.5. ietvaros tika pētītas kūdras spējas sorbēt metālus, piesārņojums ar kuriem aktuāls Latvijas vides apstākļos, kā arī metālu ģeokīmiskās akumulācijas īpatnības kūdrā dabiskā, mazpiesārņotā vidē. Raksturota sorbcijas procesu termodinamika un kinētika, pierādīta traucējošo faktoru ietekme uz kūdras kā biosorbenta izmantošanas iespējām, pierādīts, ka zemā purva kūdras gadījumā sorbcija notiek aizvietojot kūdrā saistītos sārmzemju un sārmu metālu jonus. Veikti izmēģinājumi, lai kūdru iegūtu granulētā formā, tādejādi uzlabojot hidrodinamiskās īpašības. Pētītas atšķirīgas valences metālu jonu sorbcijas īpatnības (Ti (I), Cu(II), Cr(III)) sorbcijas raksturs un aprakstītas sorbcijas likumsakarības un noteikts sorbcijas procesu modelis uz augstā tipa purvu kūdras. Pierādīts, ka sorbcija notiek spontāni, saskaņā ar Lengmīra sorbcijas modeli, tomēr zemā tipa kūdra sorbē saskaņā ar Raduškevica-Dubiņina sorbcijas modeli. Pētīts sorbcijas raksturs gan dinamiskā gan statiskā režīmā.
- Pētīts Latvijas ezeru sapropeļa īpašības atkarībā no nogulumu veidošanās apstākļiem, un izvērtētas kūdrainā sapropeļa veidošanās apstākļu/sorbcijas spēju kopsakarības.
- Pētītas zemā tipa kūdras izmantošanas iespējas lauksaimniecībā. Izstrādāta kompozīcija, kas ļauj izveidoto kūdras substrāta kompozīciju izmantot bioloģiskajā lauksaimniecībā saskaņā ar ES un Latvijas prasībām. Pierādīta izstrādātās kompozīcijas izmantošanas priekšrocības un sfēra.

Kūdras biosorbenti Tallija(I), vara(II), hroma(III) un fosfātjonu sorbcijai

Uzdevums

... pētīt iespējas izmantot kūdru un tās modifikācijas produktus metālu jonu un fosfātjonu sorbcijai.

Kūdras paraugu ievākšana



Kūdras priekšapstrāde



Kūdras modificēšana



**Kūdras sorbcijas kapacitātes
noteikšana atkarībā no:**

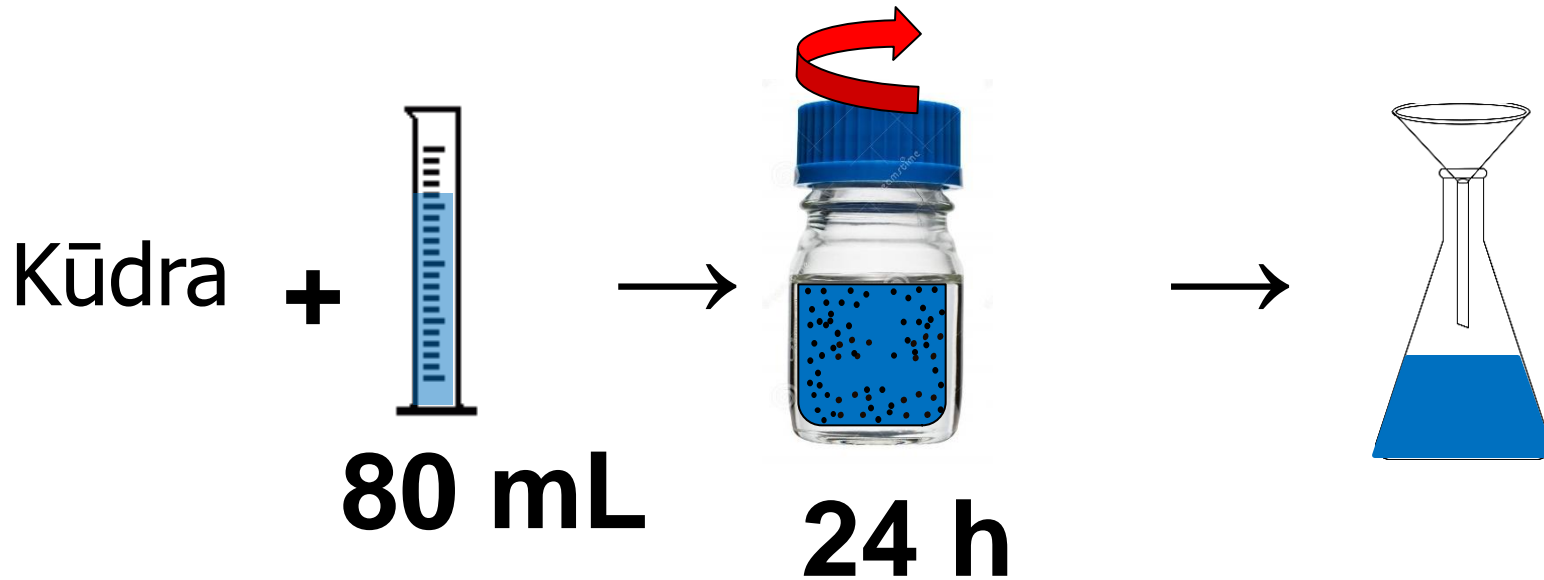
- Kūdras tipa un veida
- Izejas šķīduma koncentrācijas
- Šķīduma temperatūras
- Kontakta laika starp kūdru un sorbātu
- Šķīduma pH
- Iestatītā jonu spēka

**Kūdras raksturošana
(pirms un pēc sorbcijas)**



**Matemātisko sorbcijas
modeļu izmantošana**

Kūdras sorbcijas kapacitātes noteikšana

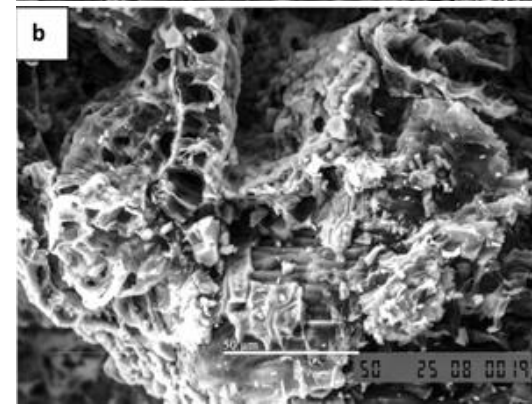
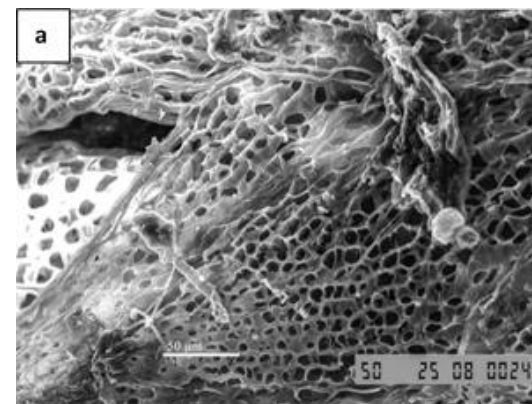
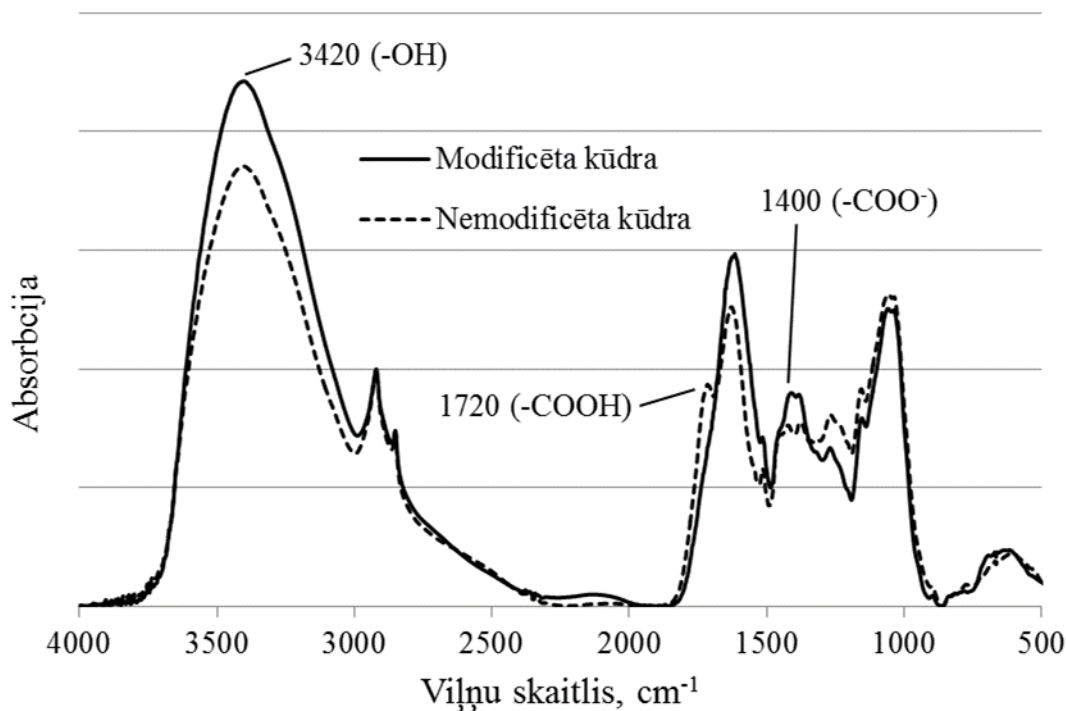


- Aizskrūvējamā 100 mL stikla burciņā iesver 1 g sorbenta un aplej ar 80 mL šķīduma. Nepieciešamības gadījumā šķīdumam, pirms tā uzliešanas kūdrai, iestata pH.
- Burciņas saskalina un krata noteiktā temperatūrā un noteiktu laiku.
- Suspensiju nofiltrē, izmantojot papīra filtru.
- Nosaka sorbāta koncentrāciju izejas šķīdumā un filtrātā, lai var aprēķināt sorbcijas kapacitāti.

Kūdras sorbentu raksturojums

Ar dzelzs hidroksīdu modificētas kūdras piemērs

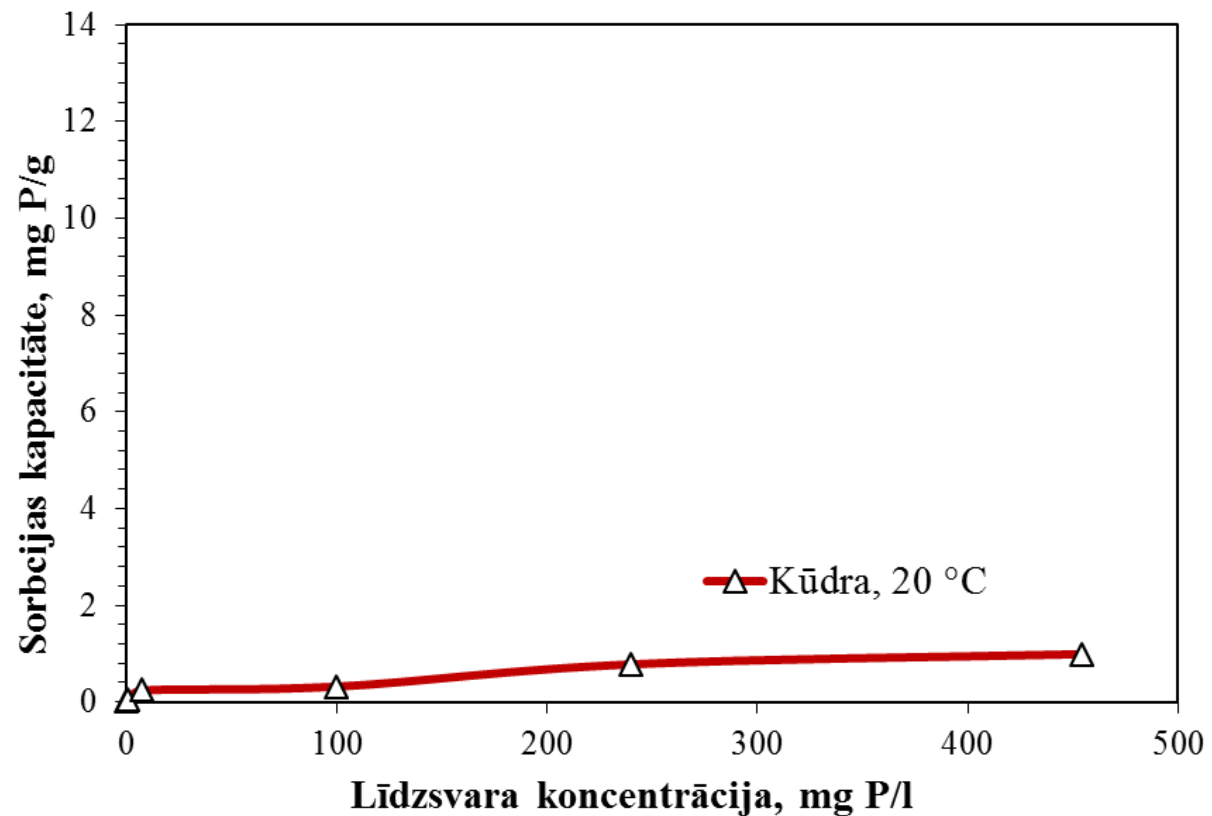
	Nemodificēta kūdra	Modificēta kūdra
Kūdras tips	Sfagnu fuskuma kdra	
pH (H ₂ O)	3,31	5,15
Organisko vielu saturs, %	96,6	83,4
Sadalīšanās pakāpe, %	22	-
Īpatnējās virsmas laukums (BET metode), m ² /g	3,02	43,80
Nulles lādiņa punkts (pH _{zpc})	2,43	3,68
Dzelzs koncentrācija, mg/kg	789	125000



Fosfātjonu sorbcija, izmantojot ar dzelzs hidroksīdu modificētu augstā tipa kūdru

Galvenie rezultāti:

**Modificēšana
būtiski palielinājus
sorbcijas kapacitāti**

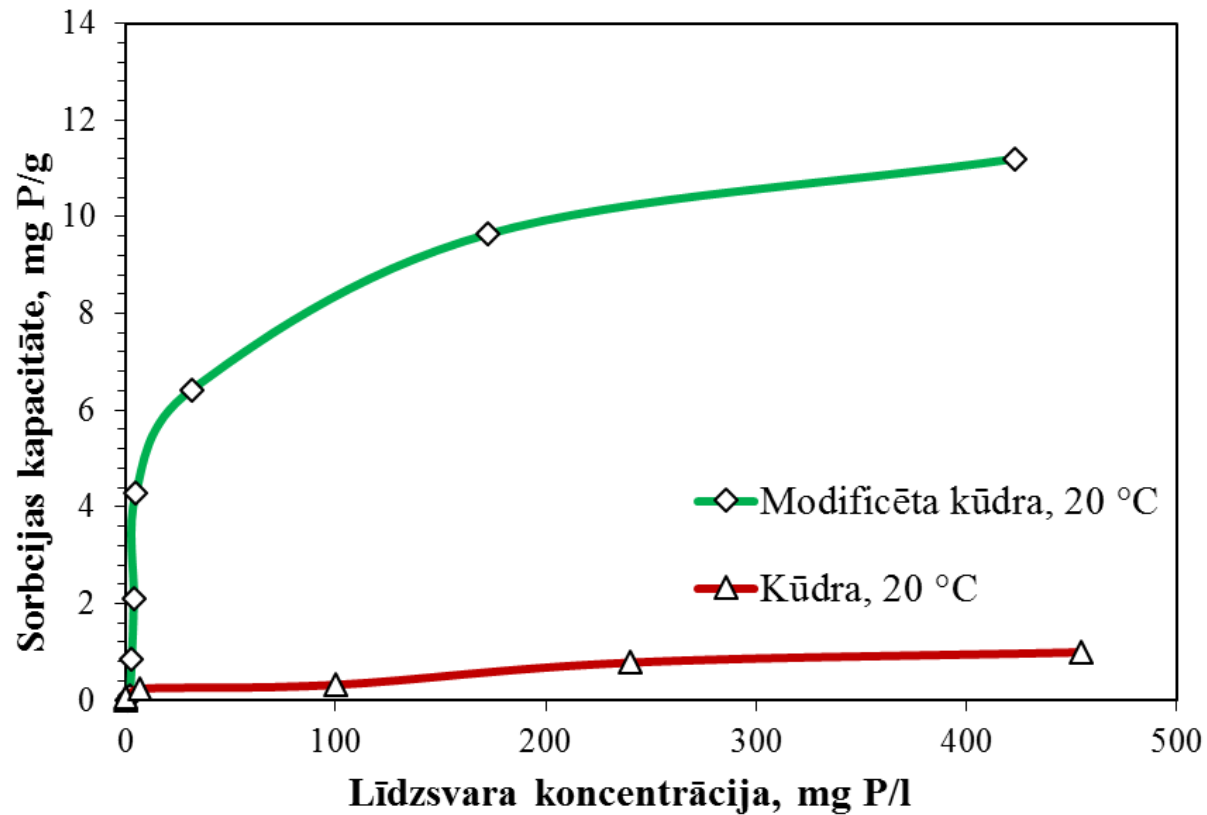


Fosfātu sorbcija, izmantojot ar dzelzs hidroksīdu modificētu augstā tipa kūdru

Galvenie rezultāti:

**Modificēšana
palielinājusi
kapacitāti**

**būtiski
sorbcijas**

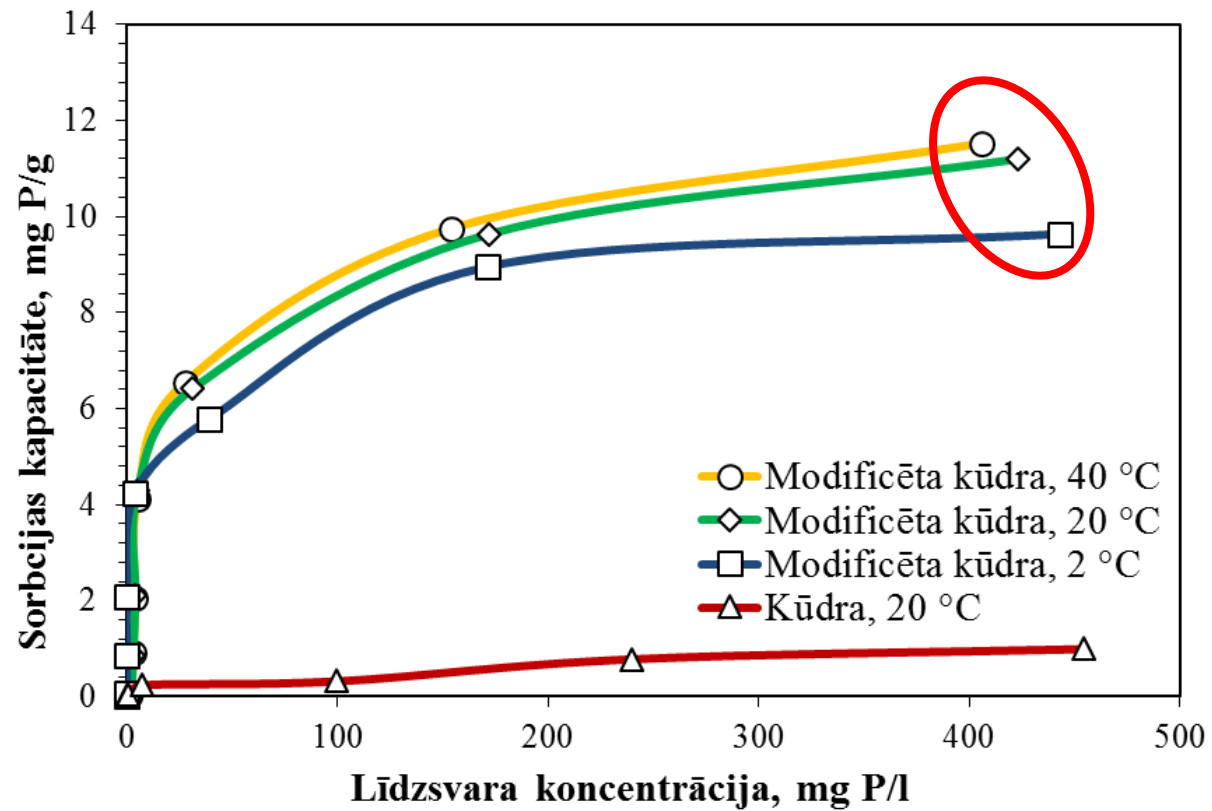


Fosfātu sorbcija, izmantojot ar dzelzs hidroksīdu modificētu augstā tipa kūdru

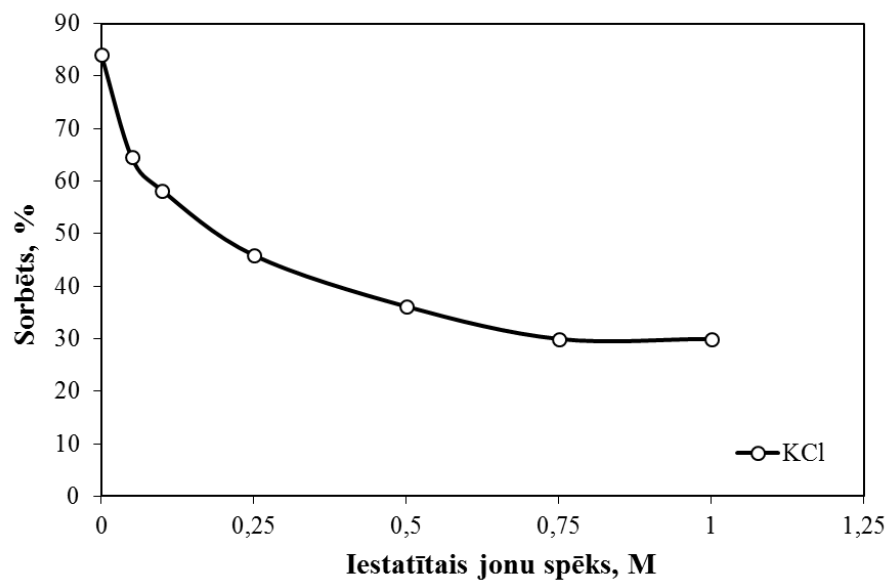
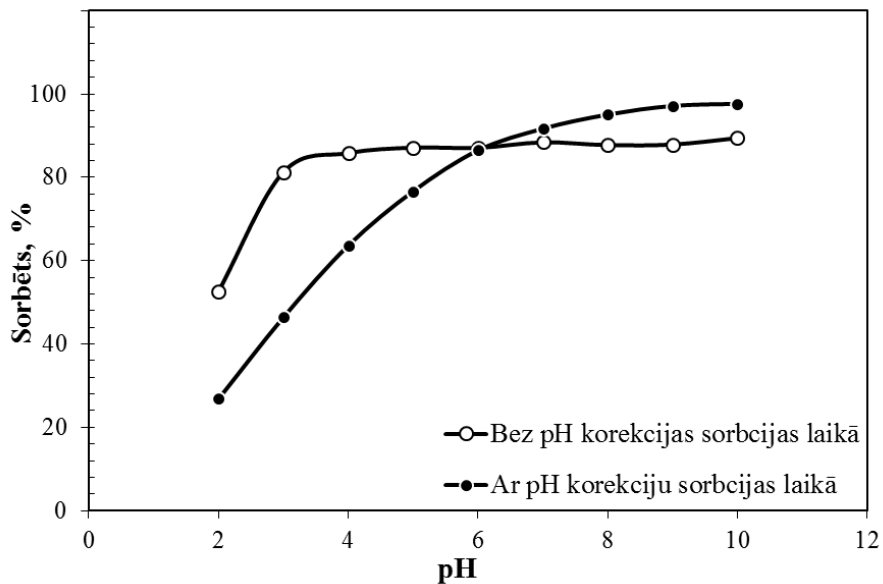
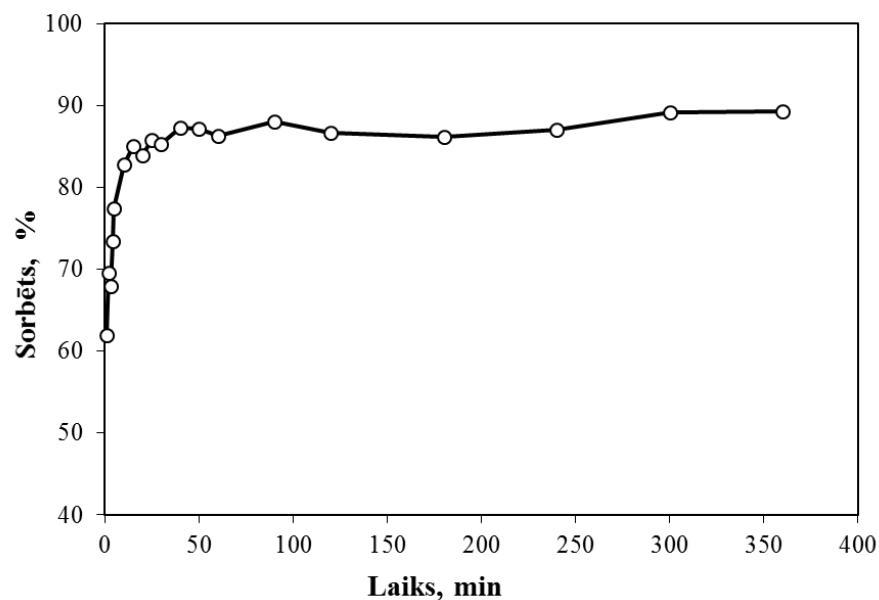
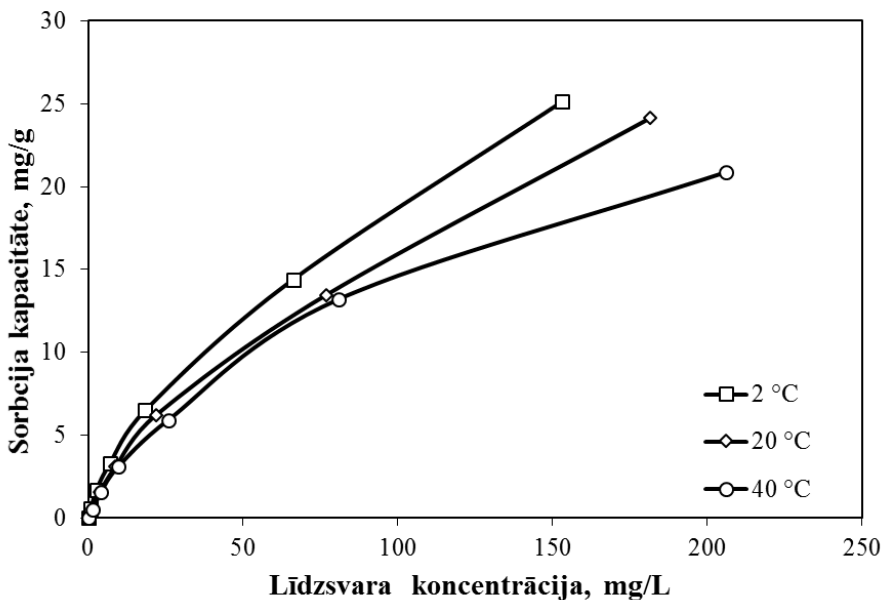
Galvenie rezultāti:

Modificēšana būtiski palielinājusi sorbcijas kapacitāti

Sorbcija ir endotermiska



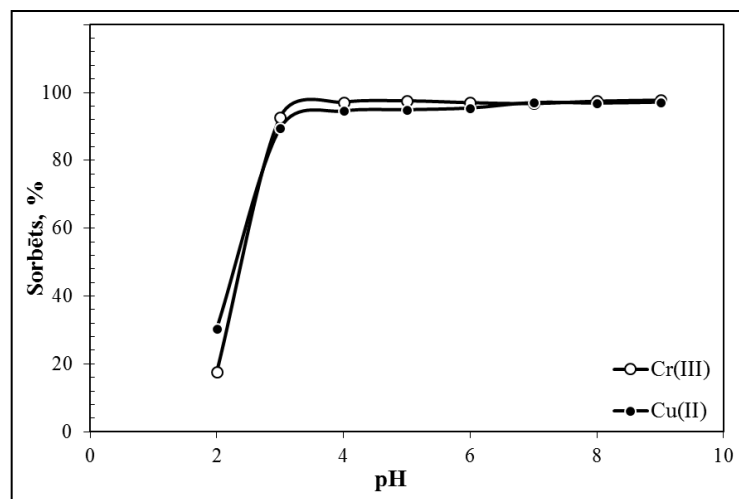
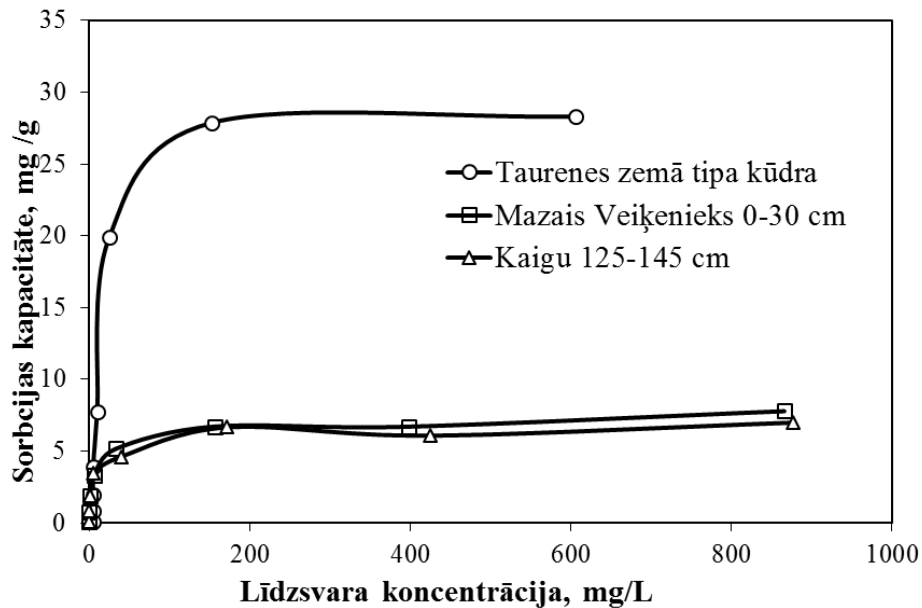
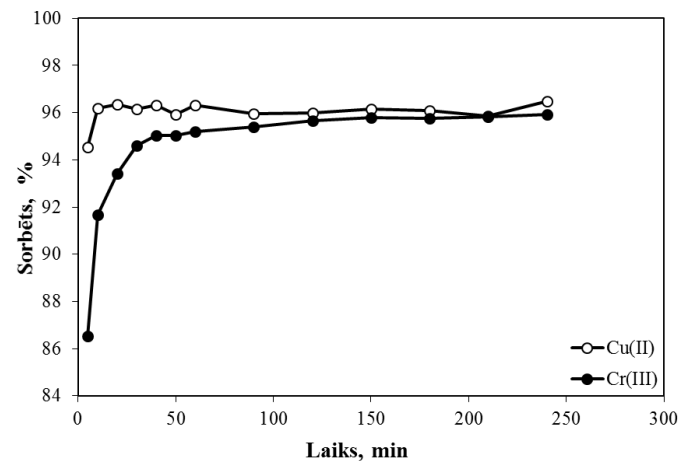
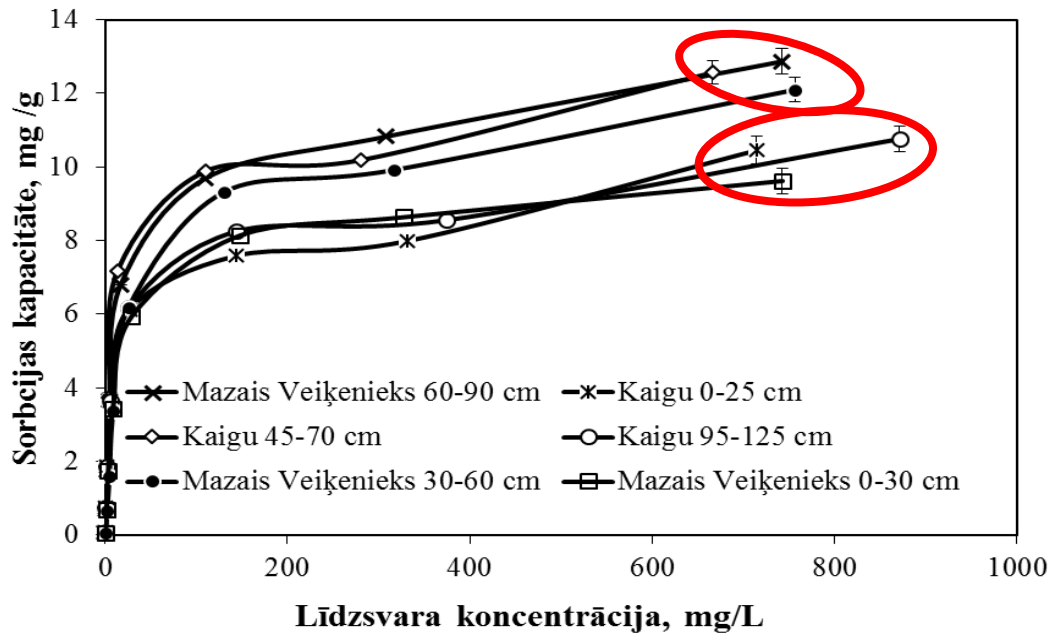
Tallija(I) jonu sorbcija, izmantojot zemā tipa kūdru (1/2)



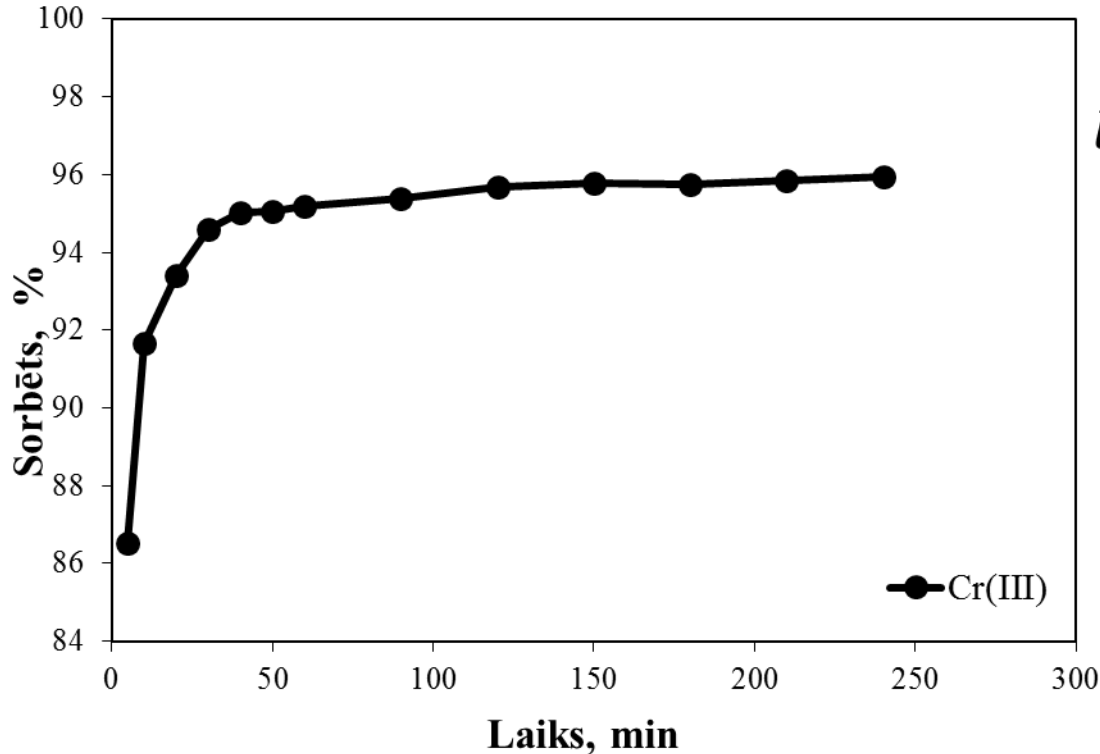
Tallija(I) jonu sorbcija, izmantojot zemā tipa kūdru (2/2)

	Taurenes purvs	Vīķu purvs	Svētupes purvs	Kaiģu 45-70 cm	Sīļu purvs
Kūdras veids	Koku-zāļu kūdra		Grīšļu kūdra	Sfagnu fuskuma kūdra	Spilvju-sfagnu kūdra
Sadalīšanās pakāpe, %	53	38	34	10	27
pH (H ₂ O)	6,35	5,78	5,68	3,91	3,31
Organisko vielu saturs, %	81	91	88	99	97
Tallija(I) jonu sorbcijas kapacitāte, mg/g					
	15,1	11,9	14,0	10,4	8,5

Vara(II) un hroma(III) jonu sorbcija



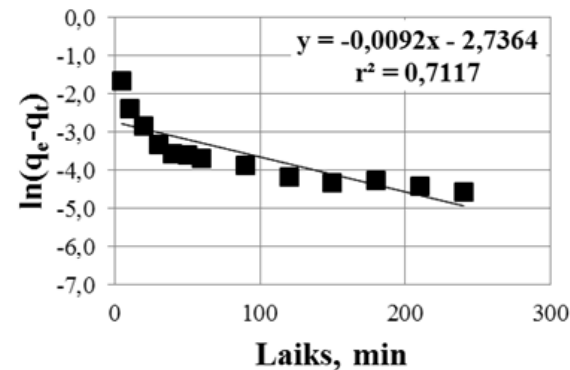
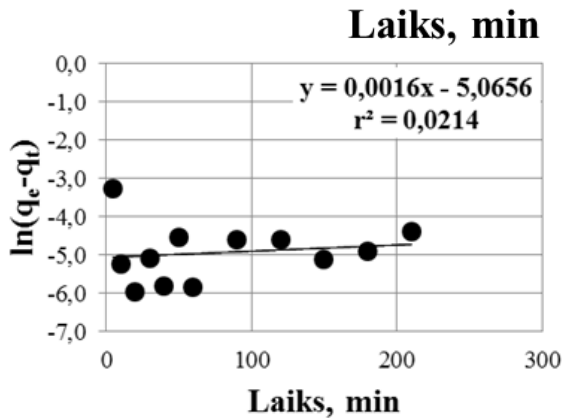
Sorbcijas kinētikas matemātisko modeļu izmantošana. Hroma(III) jonu piemērs.



$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k_1}{2,303} t$$

vai

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$



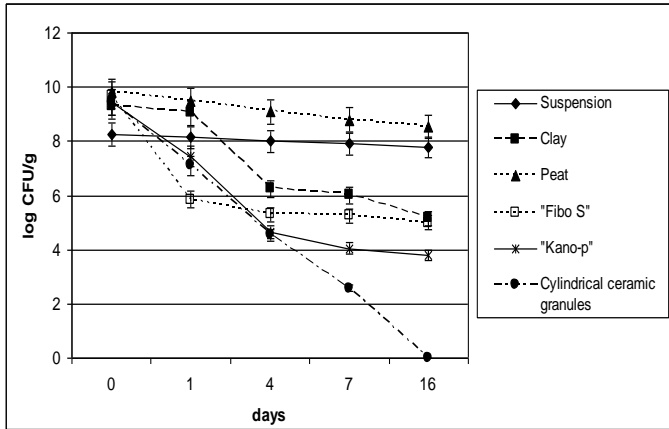
4.6. Mikrobioloģiskie pētījumi

- Gumiņbaktērijas izmanto lauksaimniecībā kā bioloģiskus mēslošanas līdzekļus augu augšanas veicināšanai. Šī pētījuma mērķis bija imobilizēt *Rhizobium leguminosarum* un noteikt tās dzīvotspēju šķīdumā un dažādos nesējmateriālos, lai izstrādātu uzlabotus gumiņbaktēriju preparātus. Imobilizēšanai izmantoti pieci sterilizēti materiāli: kūdra, māla pulveris, divu veidu ovāli šūnainās keramikas agregāti un cilindriskas keramikas granulas. Iegūtie rezultāti parāda, ka nesējmateriāls ietekmē imobilizācijas sekmes un ka uzglabāšanas temperatūra ietekmē *R. leguminosarum* dzīvotspēju.
- Vislabākie rezultāti iegūti uzglabājot baktērijas suspensijā vai pēc imobilizēšanas uz kūdras. Rekomendējam uzglabāt *R. leguminosarum* produktus -18 °C vai 4 °C temperatūrā. *R. leguminosarum* dzīvotspēja ilgstoši saglabājas pietiekami augstā līmenī (vismaz 10⁷ KVV/g substrāta), lai tās varētu izmantot kā bioloģisko mēslojumu tauriņziežiem. Veikti laboratorijas eksperimenti pussterilos apstākļos ar zirņiem un pupām, lai novērtētu gumiņu veidošanas spēju diviem pētītajiem *R. leguminosarum* izolātiem. Apstiprinājās, ka viens izolāts veido gumiņus pupām, bet otrs – gan pupām, gan zirņiem, bet visos gadījumos tas notika tikai vidē, kur nebija pievienots slāpekļa barības avots. Turpmākos eksperimentos izveidoto biopreparātu efektivitāte tiks pārbaudīta lauka apstākļos.

Turpinājums

- Eksperimentos ar sintētiskiem notekūdeņiem novērtēja keramikas granulu piemērotību slāpekļa un fosfora savienojumu noārdošo mikroorganismu imobilizācijai, notekūdeņu attīrīšanas procesam, kā arī granulu turpmāko izmantošanu kā alternatīvo mēslojumu.
- Izveidotajā biofiltrācijas kolonnu kaskāde pēc 42 dienu eksperimenta tika novērota kristālu veidošanās. N/P/K koncentrācija uz granulām sasniedza attiecīgi līdz 1.4/0.6/0.5 g/kg. 21-dienų veģetācijas eksperimentā ar rudziem un krešu salātiem bija pierādīts, ka granulu pievienošana mālsmilts augsnei stimulē testēto augu augšanu, t.i., virszemes augu biomasas sausnai palielinoties attiecīgi par 11.2 un 20.0%, salīdzinot ar kontroli bez granulām.
- Turpmākos pētījumos būtu svarīgi optimizēt notekūdeņu attīrīšanas procesa shēmu kolonnu kaskādē, saīsinot ūdens uzturēšanas laiku, mainot attiecību „nesējs:šķidrā fāze”, ka arī stimulējot P- un N-saturošo kristālu veidošanos uz granulu virsmas.

1.uzdevums: Imobilizēt un pētīt mikrobioloģisko mēslošanas līdzekļu aktīvos komponentus, augsnes kvalitātes paaugstināšanai



R. leguminosarum kolonijas veidojošo vienību (CFU) daudzuma dinamika suspensijā un imobilizētā stāvoklī uz nesējmateriāliem, glabājot 20 °C.

Veica baktēriju *Rhizobium leguminosarum* imobilizāciju un noteica tās dzīvotspēju šķīdumā un dažādos nesējmateriālos, lai izstrādātu uzlabotus gumiņbaktēriju preparātus.

Vislabākie rezultāti iegūti uzglabājot baktērijas suspensijā vai pēc imobilizēšanas uz kūdras. Rekomendējam uzglabāt *R. leguminosarum* produktus -18 °C vai 4 °C temperatūrā. *R. leguminosarum* dzīvotspēja ilgstoši saglabājas pietiekami augstā līmenī (vismaz 107 KVV/g substrāta), lai tās varētu izmantot kā bioloģisko mēslojumu tauriņziežiem.

Apstiprinājās, ka viens izolāts veido gumiņus pupām, bet otrs – gan pupām, gan zirņiem, bet visos gadījumos tas notika tikai vidē, kur nebija pievienots slāpekļa barības avots. Turpmākos eksperimentos izveidoto biopreparātu efektivitāte tiks pārbaudīta lauka apstākļos

Izpildītājs: LU Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts

Sadarbības partneri:

- LU Bioloģijas fakultāte
- RTU Silikātu materiālu institūts

2.uzdevums: Testēt notekūdeņu attīrīšanas procesā izmantotās keramikas granulas kā alternatīvo mēslojumu

Izveidotajā biofiltrācijas kolonnu kaskādē pēc 42 dienu eksperimenta tika novērota kristālu veidošanās. N/P/K koncentrācija uz granulām sasniedza attiecīgi līdz 1.4/0.6/0.5 g/kg. 21-dienų veģetācijas eksperimentā ar rudziem un krešu salātiem bija pierādīts, ka granulu pievienošana mālsmits augsnei stimulē testēto augu augšanu, t.i., virszemes augu biomasas sausnai palielinoties attiecīgi par **11.2 un 20.0%**, salīdzinot ar kontroli bez granulām. Turpmākos pētījumos būtu svarīgi optimizēt notekūdeņu attīrīšanas procesa shēmu kolonnu kaskādē, saīsinot ūdens uzturēšanas laiku, mainot attiecību „nesējs:šķidrā fāze”, kā arī stimulējot P- un N-saturošo kristālu veidošanos uz granulu virsmas.



Characteristics of a Ceramic Carrier after Wastewater Treatment Process in the Model Column Cascade with Ethanol Addition

Andrejs Berzins^{1,*}, Zaiga Petrina², Vizma Nikolajeva², Ruta Svinka³, Visvaldis Svinka³, Silvija Strikauska⁴ and Olga Muter¹

¹*Institute of Microbiology and Biotechnology, University of Latvia, 4 Kronvalda Blvd., Riga LV-1010, Latvia*

²*University of Latvia, Faculty of Biology, 4 Kronvalda Blvd., Riga, LV-1010, Latvia*

³*Riga Technical University, Faculty of Material Science and Applied Chemistry, Institute of Silicate Materials, 14/24 Azenes Str., Riga LV-1048, Latvia*

⁴*Latvia University of Agriculture, 2 Liela Str., Jelgava, LV-3001, Latvia*

Izpildītājs: LU Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts

Sadarbības partneri:

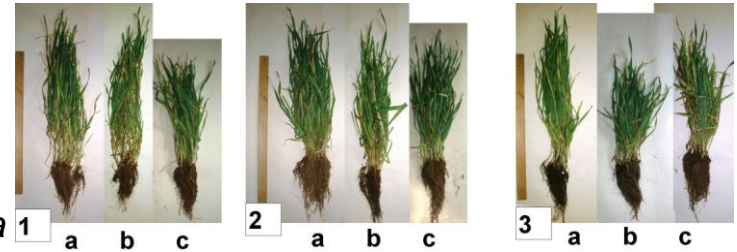
- LU Bioloģijas fakultāte
- RTU Silikātu materiālu institūts
- Latvijas Lauksaimniecības Universitāte

lesākie eksperimenti: pētījumi par bioogles un *Trichoderma* spp. mijiedarbību biopreparātu veidošanā un testēšanā

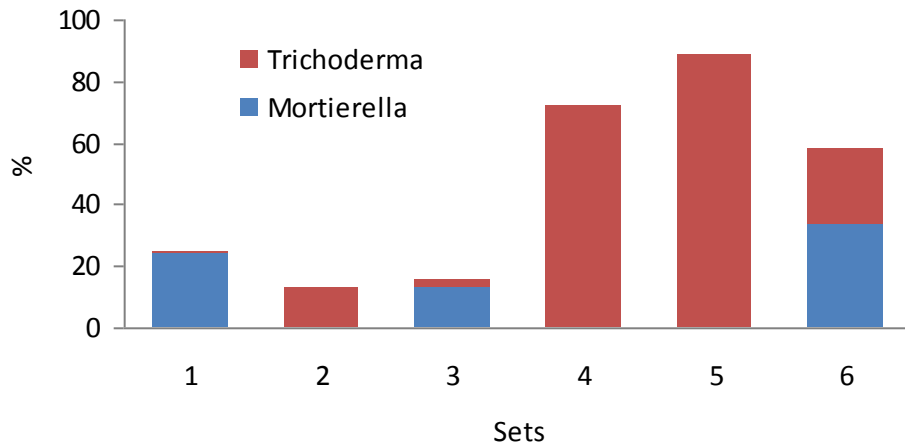
Uzdevums: noteikt dažāda izmēra koksnes bioogles frakciju ietekmi uz *Trichoderma* spp. aktivitāti un rudzu *Secale cereale* L. augšanu.

Testēja micelijsēņu *Trichoderma viride* ietekmi uz rudzu augšanu 3% koksnes bioogles klātbūtnē (smilšaina augsne, eksperiments podos).

Tika noskaidrots, ka variantos ar bioogli, micelijsēņu *Trichoderma* spp. dzīvotspēja ievērojami augstāka (Nr.4,5), salīdzinot ar variantu bez bioogles (Nr.6) (sk.attēlu)



Att. Micelijsēņu *Trichoderma* spp. und *Mortierella* īpatsvars augsnē pēc 50-dieņu eksperimenta ar rudziem. 1 – kontrole bez piedevām; 2 – 3% large-particle biochar (LPB); 3 - 3% fine-particle biochar (FPB); 4 – LPB+ *Trichoderma viride*; 5 – FPB+ *Trichoderma viride*; 6 - *Trichoderma viride*.



Pētījums turpinās

Izpildītājs: LU Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts

Sadarbības partneri:

- Latvijas Lauksaimniecības Universitāte
- University of Kassel, Germany
- BlackCarbon A/S, Denmark

lesākie eksperimenti: pētījumi par bioogles un *Trichoderma* spp. mijiedarbību biopreparātu veidošanā un testēšanā

Uzdevums: noteikt kviešu salmu bioogles ietekmi uz *Trichoderma* spp. aktivitāti un kukurūzas *Zea mays* augšanu.

Testēja miceljsēņu *Trichoderma viride* ietekmi uz kukurūzas augšanu 3% kviešu salmu bioogles klātbūtnē (mālsmilts augsnes, mini-lauka eksperiments). Salīdzināja sēklu dīgtspēju, augu augšanas dinamiku, biomasas ķīmisko sastāvu, augsnes mikroorganismu aktivitāti.



Eksperimentos ar kukurūzu ir pierādīta testēto biopreparātu stimulējošā ietekme uz augu augšanu, salīdzinot ar kontroli, šādā secībā:

[*Trichoderma viride*]>[*Trichoderma viride*+ salmu bioogle]>[Salmu bioogle].

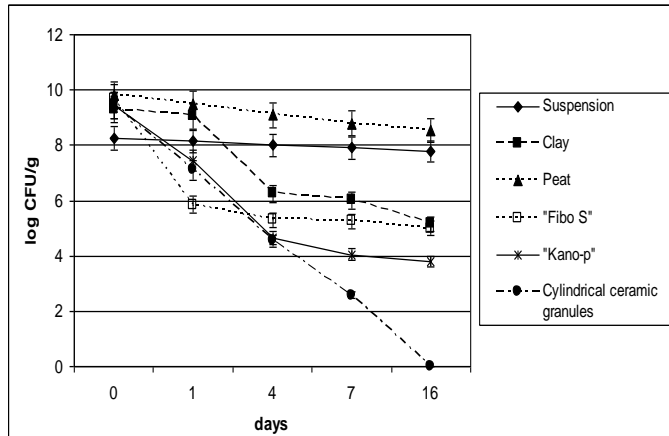
Pētījums turpinās

Izpildītājs: LU Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts

Sadarbības partneri:

- Latvijas Lauksaimniecības Universitāte
- University of Kassel, Germany
- BlackCarbon A/S, Denmark

Task No.1: To immobilize and study the active compounds of microbial biofertilizers for improving soil quality



The number of colony forming units (CFU) for *R. leguminosarum* being immobilized or in suspension, stored at 20 °C.



Five sterile materials were compared for immobilizing, i.e., peat, clay powder, two types of oval ceramic aggregates and cylindrical ceramic beads fabricated by different technologies.

The best results were obtained for biopreparation of *R. leguminosarum* immobilized on peat and stored either at -18 °C or +4 °C. These samples contained at least 10⁷ CFU/g substrate, and therefore could be considered as an appropriate biofertilizer. During the pot experiment, formation of root nodules on the roots of beans and faba beans in the presence of two strains of *R. leguminosarum* was shown to be plant species-specific. Further study is necessary to test the developed biopreparations under field conditions.

Host institution: Institute of Microbiology & Biotechnology, University of Latvia

Partners:

- Faculty of Biology, University of Latvia
- Institute of Silicate materials, Riga Technical University

Task No. 2: To estimate an effect of the ceramic beads after their use in wastewater treatment as an alternative fertilizer

After 42 days experiment in the columns cascade, formation of crystals on the beads surface was detected. Concentration of N/P/K achieved up to 1.4/0.6/0.5 g/kg beads, respectively. Comparison of rye and cress response to the presence of the used ceramic beads in loamy sand soil showed the plant species specific effect after a 21-day vegetation experiment. An increase of dry mass of aboveground biomass for rye and cress was 11.2% and 20.0%, respectively, as compared to control without beads.

The porous ceramic beads were shown to be a stable supporting material for microbial immobilization. The scheme of further experiments can be modified by shortening the retention time of wastewater in the columns as well as optimizing the “beads : liquid phase” ratio.

76

The Open Biotechnology Journal, 2015, 9, (Suppl 1-M8) 76-84

Open Access

Characteristics of a Ceramic Carrier after Wastewater Treatment Process in the Model Column Cascade with Ethanol Addition

Andrejs Berzins^{1,*}, Zaiga Petrina², Vizma Nikolajeva², Ruta Svinka³, Visvaldis Svinka³, Silvija Strikauska⁴ and Olga Muter¹

¹Institute of Microbiology and Biotechnology, University of Latvia, 4 Kronvalda Blvd., Riga LV-1010, Latvia

²University of Latvia, Faculty of Biology, 4 Kronvalda Blvd., Riga, LV-1010, Latvia

³Riga Technical University, Faculty of Material Science and Applied Chemistry, Institute of Silicate Materials, 14/24 Azenes Str., Riga LV-1048, Latvia

⁴Latvia University of Agriculture, 2 Liela Str., Jelgava, LV-3001, Latvia



Host institution: Institute of Microbiology & Biotechnology, University of Latvia

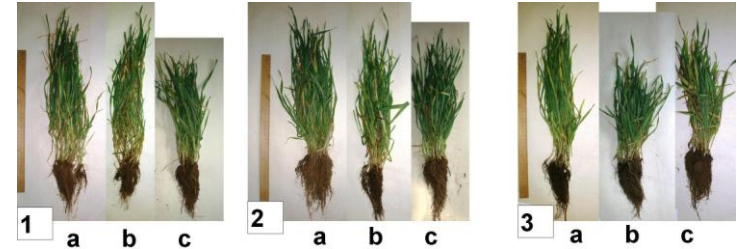
Partners:

- Faculty of Biology, University of Latvia
- Institute of Silicate materials, Riga Technical University
- Latvia Agriculture University

Ongoing experiments: study on interactions of *Trichoderma* spp. and biochar in biopreparations

Task: testing the interactions of *Trichoderma* spp. with wood-derived biochar differed by particle size. Pot experiments with rye *Secale cereale* L. (sandy soil)

The effect of *Trichoderma viride* alone and in the presence of 3% wood-derived biochar on the growth of rye *Secale cereale* L. (sandy soil, in pots) was tested. Fungal abundance in soil samples was estimated with emphasis on the prevalence of *Trichoderma* spp. in *Trichoderma*-amended soils.



The presence of *Trichoderma* was markedly elevated by the presence of biochar.

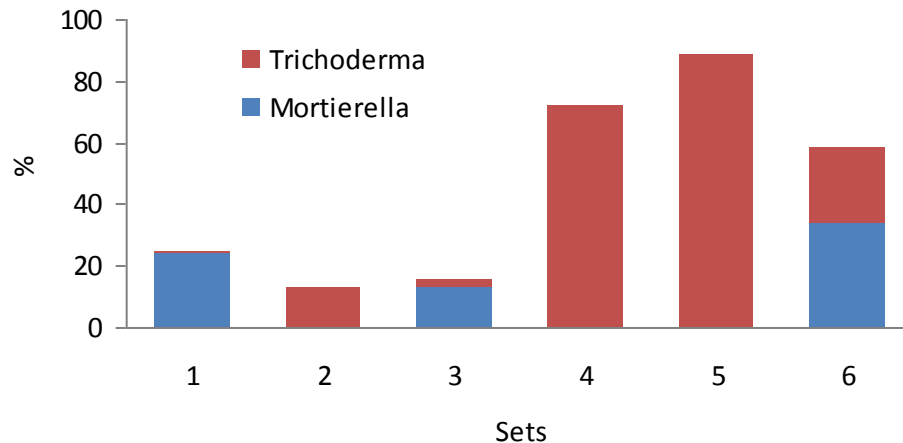


Fig. Abundance of *Trichoderma* spp. and *Mortierella* in soil after 50 days experiment with rye. 1 – untreated soil; 2 – 3% large-particle biochar (LPB); 3 - 3% fine-particle biochar (FPB); 4 – LPB+ *Trichoderma viride*; 5 – FPB+ *Trichoderma viride*; 6 - *Trichoderma viride*.

Host institution: Institute of Microbiology & Biotechnology, University of Latvia

Partners:

- Latvia Agriculture University
- University of Kassel, Germany
- BlackCarbon A/S, Denmark

Testing in progress

Ongoing experiments: study on interactions of *Trichoderma* spp. and biochar in biopreparations

Task: testing the interactions of *Trichoderma* spp. with wheat straw-derived biochar. Mini-field experiments with corn *Zea mayze* (loamy-sand soil)

The effect of *Trichoderma viride* alone and in the presence of 3% straw-derived biochar on the growth of corn *Zea mayze* was tested. Seed germination as well as the growth and development of seedlings were monitored.

Experiments with corn demonstrated a stimulating effect of treatments to the plant growth in comparison with untreated soil, in the following order: [*Trichoderma viride*]>[*Trichoderma viride*+straw biochar]>[Straw biochar].

Biochar addition resulted in a considerable decrease of the percentage of saprophytic fungi.



Testing in progress

Host institution: Institute of Microbiology & Biotechnology, University of Latvia

Partners:

- Latvia Agriculture University
- University of Kassel, Germany
- BlackCarbon A/S, Denmark

Rezultatīvais rādītājs	Plānots 2014.– 2017. g.	Sasniegts 28.11.2014.- 30.06. 2015
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji		
1. Zinātnisko publikāciju skaits:		
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP > 1) skaits	22	4
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits <i>ERIH</i> (A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos	0	0
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits citās datu bāzēs (EBSCO, VINITI, Chemical Abstracts et al):	36	3
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	4	5
Jaunu metodiku izstrāde	0	1
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:		
promocijas darbu skaits	7	3
maģistra darbu skaits	19	
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji		
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:		
Organizētās konferences	36	1
Semināri ("Zinātnieku nakts")	13	1
rīkoti semināri	2	0
populārzinātniskas publikācijas	15	2
izstādes	1	0
Radio pārraides un intervijas	0	2
2. Līdzdalība starptautiskās zinātniskās konferencēs -publicēto tēžu skaits	0	5
Tas pats vietējās zinātniskās konferencēs	0	11
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji		
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātības	1	0
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:		
Latvijas teritorijā	8	1
ārpus Latvijas		
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	12	
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	2	

Projekta Nr. 4 rezultatīvie rādītāji

Zinātniskie rezultatīvie rādītāji

- **Originālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP > 1)**
- Berzins A., Petrina Z., Nikolajeva V., Svinka R., Svinka V., Strikauska S., Muter O. 2015. Characteristics of a Ceramic Carrier after Wastewater Treatment Process in the Model Column Cascade with Ethanol Addition. The Open Biotechnology Journal 9, 76-84. *Pieejams elektroniski:*
<http://benthamopen.com/contents/pdf/TOBIOTJ/TOBIOTJ-9-76.pdf>
- Dabare, L., R.Svinka. Characterization of porous ceramic pellets from Latvian Clays. Chemija. 2014. vol. 25. No. 2. p. 82–88. ISSN:0235-7216.*Pieejams elektroniski internetā:* <http://www.scijournal.org/impact-factor-of-CHEMIJA.shtml> (SCOPUS)
- Stankevica, K., L.Kalnina, M.Klavins, A.Cerina, E.Kaup (2015) Reconstruction of the Holocene palaeoenvironmental conditions accordingly to the multiproxy sedimentary records from Lake Pilvelis, Latvia, *Quaternary International*, 72, 1-14.*Pieejams elektroniski internetā:*
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618215001226>
- Zake-Tiluga, I., R.Svinka, V.Svinka. Highly Porous Corundum – Mullite Ceramics – Structure and Properties. *Ceramics International*, 2014, vol. 40, iss. 2, pp. 3071.-3077. ISSN 0272-8842. *Pieejams:* doi:10.1016/j.ceramint.2013.09.139 (SCOPUS)
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884213012443>

Originālie zinātniskie raksti citās datu bāzēs (SCOPUS) (SNIP<1) (EBSCO, VINITI, Chemical Abstracts)

- 1. Rundans, M., G. Sedmale, I. Sperberga, I. Pundiene. Development of cordierite ceramics from natural raw materials. *Advances in Science and Technology*, Vol. 89, 2014, pp. 94-99. *Pieejams elektroniski: <http://dx.doi:10.4028/www.scientific.net/AST.89.94>*
- 2. Sedmale, G., I. Sperberga, M. Rundans, L. Grase. Different treatment application of illite clay for low temperature ceramics. *Advances in Science and Tehnology*, Vol. 92, 2014, pp. 62-67. *Pieejams elektroniski: <http://dx.doi:10.4028/www.scientific.net/AST.92.62>*
- 3. Medne, O., R. Serzane, L. Berzina-Cimdina. Composition for alternative daily cover materials with a perspective of usage of Latvian local resources. *Material Science and Applied Chemistry*, 2015, No. 32, 45-48. *Pieejams elektroniski internetā: <https://ortus.rtu.lv/science/lv/publications/20943>*

Orīginālas recenzētas zinātniskas monogrāfijas

- 1. Segliņš, V. 2015 Aiz dzintara spīduma. Daugavpils Universitāte, akadēmiskais apgāds "Saule", 170 lpp.
- 2. Segliņš, V. 2015. Sāls druska. Daugavpils Universitāte, akadēmiskais apgāds "Saule", 150 lpp.
- 3. Segliņš, V. 2015 Dārgakmeņi un rotakmeņi. Daugavpils Universitāte, akadēmiskais apgāds "Saule", 144 lpp.
- 4. Segliņš, V. 2015 Raibas pēdas akmenī un mums visapkārt. Daugavpils Universitāte, akadēmiskais apgāds "Saule", 88 lpp.
- 5. Krievāns, M. 2015. Hidrogrāfiskā tīkla veidošanās Lejas Gaujas senieelejā pēdējā apledošanas beigu posmā. Rīga, Latvijas Universitātes akadēmiskais apgāds, 132 lpp.

Izstrādātas jaunas metodes un metodikas

- Šiškins, A. “Granulveida sorbenta (dobas sfēras) iegūšanas tehnoloģija, izmantojot Latvijas mālus”, 2015

Programmas ietvaros aizstāvētie promocijas darbi

- 1. Dušenkova, I. “Latvijas mālu sagatavošanas tehnoloģijas izstrāde un īpašību pētījumi izmantošanai kosmētiskajos produktos”, aizstāvēts 2015. gadā. Pieejams internetā:
<https://ortus.rtu.lv/science/lv/publications/19817-Development+of+preparation+technology+and+investigation+of+properties+of+Latvian+clays+for+application+in+cosmetic...>
- 2. Krievāns, M. 2015 „Hidrogrāfiskā tīkla veidošanās Lejas Gaujas senielejai pieguļošajā teritorijā Vēlā Vislas apledošanas deglaciācijas laikā”. Disertācijas teksts pieejams
https://dspace.lu.lv/dspace/bitstream/handle/7/28297/298-46546-Maris_Krievans_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 3. Mahņicka-Goremikina, L.. Sintēzes apstākļu un leģējošo piedevu ietekme uz porainas augsttemperatūras keramikas īpašībām un struktūru. Rīga, 2015, 136 lpp. Pieejams elektroniski-
<https://ortus.rtu.lv/science/lv/publications/20334>

Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie- konferences

- LU 73. konferences Lietišķās ģeoloģijas sekcija-organizēta tieši VPP rezultātu apspriešanai. Ziņojumi un prezentācijas (18 ziņojumi un 6 stenda ziņojumi) pieejami elektroniski:
<http://www.geo.lu.lv/petnieciba/lukonferences/petniecibalukonferences/lietiska/>
- Konferences tēzes pieejamas elektroniski:
http://www.geo.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/gzzf/Konferences/Tezu_krajumi/A5_kopa_gala_versija_2015.pdf

Starptautiskās zinātniskās konferencēs nolasītie referāti/publicētās tēzes

- 1. Dudare, D., M.Klavins (2014) The interaction between humic substances and metals, depending on structure and properties of humic substances. In: Book of Abstracts of the 17th Meeting of IHSSIonannina, Greece, 2014, pp. 11-12
- 2. Klavins, M., O.Purmalis Diagenesis of structure and properties of humic substances. . In: Book of Abstracts of the 17th Meeting of IHSSIonannina, Greece2014, pp.,1-2
- 3. Klavins, M., O.Purmalis Variability of humic acid properties depending on their precursor material: a study of peat profiles Geophysical Research, 2015, Abstracts, 17, EGU2015-8994.
- 4.. Sperberga, I., M.Rundans, A.Cimmers,L.Krage, I.Sidraba Mechanical properties of materials obtained via alkaline activation of illite-based clays of Latvia. 1st International Conference on Rheology and Modeling of Materials”, publicēts Journal of Physics : Conference Series vol. 602 (2015; doi: 10.1088/1742-6596/6021/012007.*Pieejams internetā <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/602/1/012007>*
- 5. Sperberga, I., G.Sedmale, M.Rundans, A.Cimmers, V.Seglins. Quaternary clays of Latvia for chemical and thermal activation. In: Scientific Research Abstracts of Internat. Conf. on Applied Mineralogy & Advanced Materials, June 7-12, 2015, Castellaneta Marina, Italy, *Vol. 4, 2015,pp. 20-21.*

Vietējās zinātniskās konferencēs nolasītie referāti/publicētās tēzes

- Dabare, L., R.Svinka, V.Svinka. Ammonia removal from water solution by adsorption on porous caly ceramic pellets, 55th International Scientific Conference of the Riga Technical University, Riga, 14-17 October 2014. p.45.
- Damberga, M., I.Pudže, L.Dabare, R.Švinka. Atšķirīgu kvartāra mālu keramikas sorbcijas īpašības. Ģeogrāfija, Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 73. Zinātniskā konferences referātu tēzes, Latvijas Universitāte, 2015, 267-269. (ISBN 978-9984-45-958-5); Pieejams internetā: http://www.geo.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/gzzf/Konferences/Tezu_krajumi/A5_kopa_gala_versija_2015.pdf;
- Krūmiņš, J., M.Kļaviņš, V.Segliņš (2015) Zemā tipa kūdras sadalīšanās procesu raksturošana izmantojot 3D fluorescences metodi. LU 73 zinātniskā konference, lpp. 355 – 356. Pieejams internetā: http://www.geo.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/gzzf/Konferences/Tezu_krajumi/A5_kopa_gala_versija_2015.pdf
- Leščinskis, O., R.Švinka, V.Švinka. Keramikas granulu absorbcijas spējas izmaiņa. Ģeogrāfija, Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 73. Zinātniskā konferences referātu tēzes, Latvijas Universitāte, 2015, 297-299. (ISBN 978-9984-45-958-5); Pieejams internetā: http://www.geo.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/gzzf/Konferences/Tezu_krajumi/A5_kopa_gala_versija_2015.pdf;
- Randers, M., Sedmale. Diferencēti apstrādātu mālu struktūra un īpašības Ģeogrāfija, Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 73. Zinātniskā konferences referātu tēzes, Latvijas Universitāte, 2015, 309-310.lpp. (ISBN 978-9984-45-958-5); Pieejams internetā: : http://www.geo.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/gzzf/Konferences/Tezu_krajumi/A5_kopa_gala_versija_2015.pdf
- Rundāns, M., Šperberga, G.Sedmale. Poraina kordierīta keramika ar Latvijas kvartāra mālu,” Ģeogrāfija, Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 73. Zinātniskā konferences referātu tēzes, Latvijas Universitāte, 2015, 310-311.lpp. (ISBN 978-9984-45-958-5). Pieejams internetā: http://www.geo.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/gzzf/Konferences/Tezu_krajumi/A5_kopa_gala_versija_2015.pdf;
- Svinka, R., O.Lescinskis, V.Svinka. Activation of ceramic surface with accelerated electrons. 55th International Scientific Conference of the Riga Technical University, Riga, 14-17 October 2014 p.46.
- Vecstaudža D., Štelmahere S., Strikauska S., Grantiņa-Ieviņa L., Muter O. Dažāda izmēra koksnes bioogles frakciju ietekme uz mikroorganismu aktivitāti un *Secale cereale* L. augšanu. LU 73. zinātniskās konferences Lietišķās ģeoloģijas sekcijas sēde, 2015.g.06.februārī. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Referātu tēzes. Rīga: Latvijas Universitāte, 2015, lpp. 319-320. Pieejams elektroniski: http://www.geo.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/gzzf/Konferences/Tezu_krajumi/A5_kopa_gala_versija_2015.pdf
- Zake-Tiluga, I., R.Svinka, V.Svinka, T.Fey Thermal conductivity of porous Al₂O₃ –mullite ceramic. 55th International Scientific Conference of the Riga Technical University, Riga, 14-17 October 2014, Abstarcts, p.44.
- Zembaks, A., V.Švinka, R.Švinka. Augsti poraina Tūjas mālu keramika. Ģeogrāfija, Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 73. Zinātniskā konferences referātu tēzes, Latvijas Universitāte, 2015, 332-333. (ISBN 978-9984-45-958-5); Pieejams internetā: http://www.geo.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/gzzf/Konferences/Tezu_krajumi/A5_kopa_gala_versija_2015.pdf
- Žvagiņa S., Petriņa Z., Nikolajeva V., Lielpētere A. Immobilization of root nodule bacterium *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae*. Abstract of the 73rd Scientific Conference of the University of Latvia. Environmental and Experimental Biology, 2015, 13, 49. pieejams elektroniski internetā: http://eeb.lu.lv/EEB/201503/EEB_XII_1_abstracts.pdf

Populārzinātniskas publikācijas

- Kuzmina, I. “RTU pētniece Inga Dušenkova meklē plašāku pielietojumu Latvijas mālam”. Latvijas Avīze, 2015.gada 1.aprīlī. *Pieejams internetā: <http://www.la.lv/ja-strada-zinatne-vari-mainit-pasauli/>*
- „Ilustrētā zinātne” raksts „Notekūdeņi palīdzēs pabarot Kultūraugus”, 2014.g.augusts (8/2014)

Radio pārraides un intervijas

- 1. Intervija ar Ingu Dušenkovu “Latvijas mālu izmantošana kosmētika” Latvijas Radio 1 raidījumā “Zināmais nezināmajā”, 2015.gada 23.aprīlī. *Pieejams internetā:*
<http://lr1.lsm.lv/lv/raksts/zinamais-nezinamaja/latvijas-malu-pielietojums-kosmetika.a51027/>
- 2. Raidījums „Zināmais nezināmajā”, LR1, red. Olga Rimšāne, 2014.g. 3.novembrī 10.30.-11.00. Piedalījās: A.Bērziņš, V.Nikolajeva, R.Švinka. Pieejams LR1 radiopārraižu arhīvā:
<http://lr1.lsm.lv/lv/raksts/zinamais-nezinamaja/par-notekudenju-attiiriishanu-un-parstradi.a44525/>
- 3. Zinātnieku nakts, 2014.g.26.septembrī. “Kristālu veidošanās notekūdeņos”, prezentēja A.Bērziņš (pasākuma programma:
http://www.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/zinas/Zinatnieku_na_kts_2014.pdf)

Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji

- **Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits: *Latvijas teritorijā***
- 1. M.Kļaviņš, J.Krūmiņš, S.Bunere (2015)
Augsnes substrāts izmantošanai bioloģiskajā lauksaimniecībā un tā iegūšanas paņēmieni,
LV15013 no 05.03.2015 *Pieejams elektroniski*
<http://www.lrpv.gov.lv/sites/default/files/20150620.pdf>

Pateicos par uzmanību!