



**Granulētas augu biomasas kurināmo raksturlielumu paaugstināšana, apstrādājot tās mikroviļņu laukā un turpmāk uznesot uz to virsmas augu vai naftas izcelsmes atstrādātus šķidrums energonesējus**

***Latvijas Valsts Koksnes Ķīmijas Institūts***

**Lignīna ķīmijas laboratorija**

***Autoru kolektīvs:***

***MSc Aleksandrs Aršanaica, MSc Jegors Akišins, Dr. habil. chem. Gaļina Teliševa, Dr. habil. chem. Tatjana Dižbite, MSc Valentīns Solodovņiks***

***Rīga. LZA 19.01.2016***



Cietais augu biokurināmais, iekļaujot koksni un lauksaimniecības atlikumus, spēlē ievērojamu lomu alternatīvo un atjaunojamo resursu vidū, kas ir piemēroti siltuma un enerģijas ieguvei. Augu biomasas kā enerģijas avota galvenie trūkumi salīdzinājumā ar cieto fosilo kurināmo ir zema enerģētiskā vērtība, zems blīvums un zema hidrofobitāte. Gan granulēšana, gan torefikācija ir atzītas par perspektīvākajām augu biomasas kurināmā īpašību uzlabošanas tehnoloģijām.



## **Augu biomasas granulas ir vienīgais cietais kurināmais, kam ir globāls, pastāvīgi augošs tirgus:**

Ir novērtēts, ka augu kurināmo granulu produkcijas apjoms pasaulē 2009 gadā sasniedza **13** miljonus tonnu un tiek prognozēts uz **2020.** gadu granulu patēriņš sasniegs **50** miljonu tonnu.

Latvijā granulu ražošana periodā no 2008 līdz 2014 g. ir pieaugusi 3,5 reizes un **2014.g.** sastādīja **1.381 tūkst. tonnu**. No kā vairāk kā **90%** tiek eksportētas.

**Torefikācijas tehnoloģija** šobrīd ir izstrādes stadijā un galvenokārt tiek prezentēta pilotiekārtu vai mazāku/vidēju demo versiju iekārtu veidā (Austrija, Dānija, Holande, ASV, Somija).

### ***Granulēšana:***

«+»: tilpuma blīvuma un tilpuma enerģijas blīvuma pieaugums, samazinoties transportēšanas un uzglabāšanas izmaksām.

«—»: zema siltumspēja, augsta hidrofilitāte un tādēļ zema mitruma izturība

### ***Torefikācija:***

«+»: siltumspējas un hidrofobitātes palielināšana, enerģijas patēriņa samazinājums tālākā malšanas procesā

«—»: blīvuma samazinājums un slikta samaltās biomasas granualitāte



Izstrādne, ko pārstāv autori, ļauj apvienot galvenās granulēšanas un torefikācijas priekšrocības vienā tehnoloģiskā procesā.



### ***Izstrādātā procesa īpatnības:***

Izmantojot granulēto biomasu, tai skaitā komerciālās koksnes granulas kā izejvielu ir sekojošas priekšrocības:

- **Negatīvā biomasas blīvumu samazināšanās efekta pazemināšana.**
- **Novērsta nepieciešamība granulēt torificēto biomasu.**

Mikrovilņu starojuma (2,45 GHz) izmantošana par alternatīvu siltumenerģijas avotu, kas ir nepieciešams biomasas torifikācijas nodrošināšanai pie 200 - 300 C dod:

- **Ātrāku un mazāk energoietilpīgu biomasas sildīšanas procesu visā tilpumā salīdzinājumā ar konvektīvo/konduktīvo sildīšanu.**
- **Granulu mehānisko bojājumu rašanās izslēgšanu torefikācijas procesā.**
- **Augstu automātiskās vadības un procesa uzraudzības precizitāti.**

Šķidro energonesēju uzsmidzināšana 10 – 15 % atstrādātu augu (rapšu eļļa) vai minerāleļļu veidā, uz torificēto granulu virsmas dod:

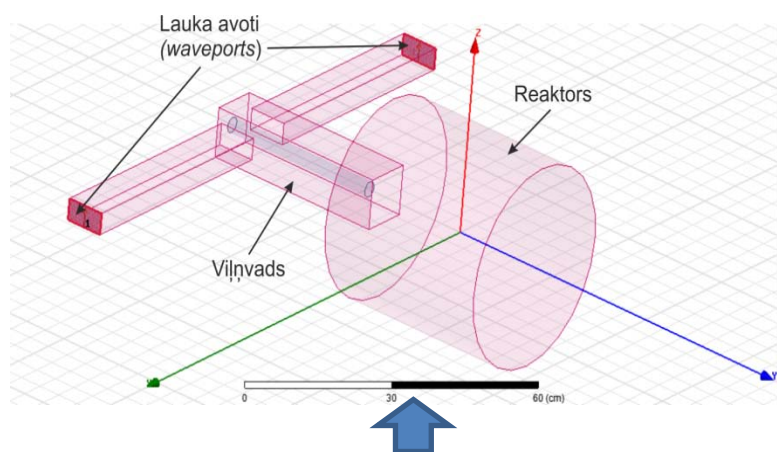
- **Iepriekš torificēto granulu enerģētiskā blīvuma palielināšanos.**

*Rīga. LZA 19.01.2016*

Pētījumi par mikroviļņu lauka ietekmi uz biomasas transformācijas procesu un torefikācijas režīmu pilnveidošana veikta laboratorijas iekārtā (1.3kW).

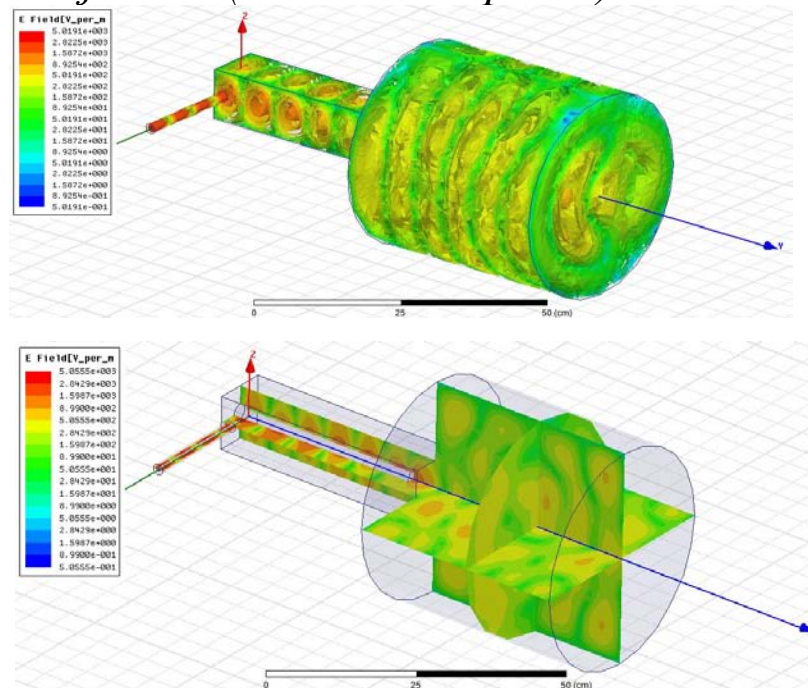
Laboratorijas mikroviļņu iekārtas izveidē tika izmantota datormodelēšana (HFSS programmatūra):

- *Viļņvada forma un izmēri.*
- *Rezonatora forma un izmēri.*
- *Optimālākā vieta viļņvada un rezonatora savienojumam (rezonatora apakšā).*



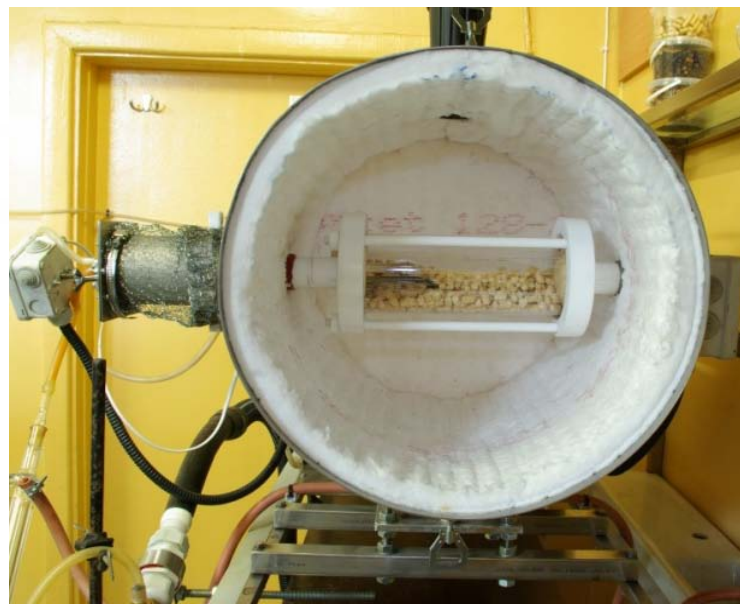
*Optimāla viļņvada un rezonatora forma.*

*Trīsdimensiju sadalījums elektriskā lauka vektora lielumam modelī un elektriskā lauka vektora lieluma sadalījums dažādās modeļa sekcijās.*





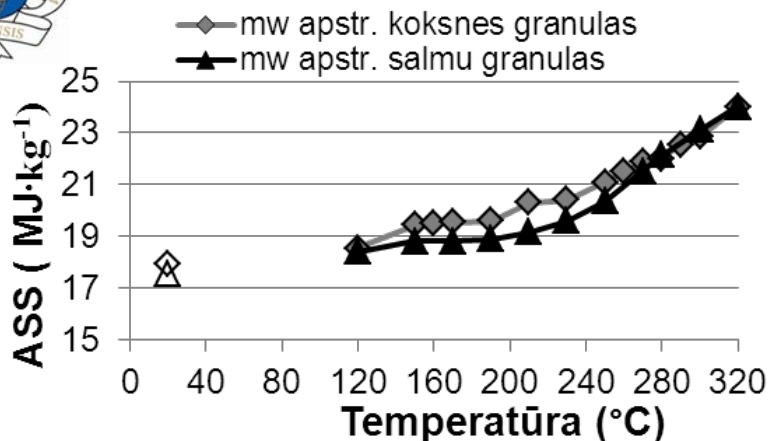
# Mikroviļņu laboratorijas iekārtas kopskats



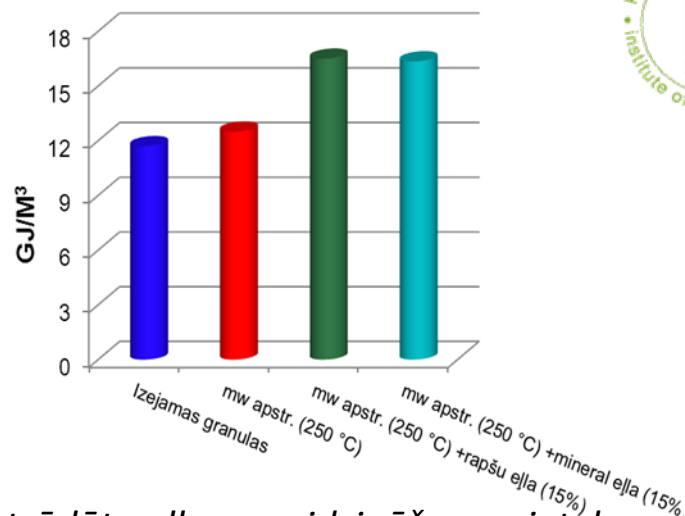
1. Vadības pults
2. Magnetrons
3. Viļņvads
4. Rezonators
5. Industriālais fēns
6. Termopāris

7. Kontrollers
8. Ežektors
9. Dzesinātājs
10. Vāks
11. Gaisa kompresors
12. Barošanas bloks

# Modificēto granulu kurināmā īpašības



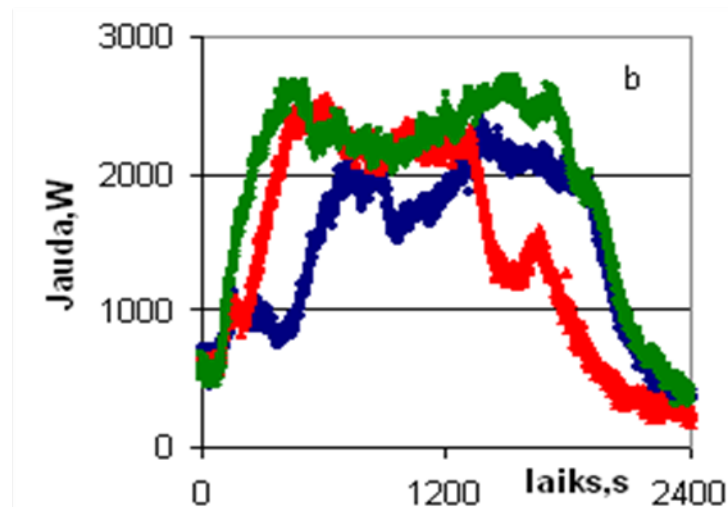
Granulu augstākās siltumspējas (ASS) izmaiņas atkarībā no mikroviļņu apstrādāšanas temperatūras



Atstrādāto eļļu uzsmidzināšanas ietekme uz koksnes granulu enerģētisko blīvumu (GJ/M<sup>3</sup>)



Laboratorijas iekārta modificēto granulu degšanas procesa pētījumiem



Siltuma jaudas kinētikas izmaiņas degšanas procesā atkarībā no koksnes paraugu apstrādes veida: izejas (1), toreficēti ar mikroviļņiem(2); toreficēti un apstrādāti ar eļļu (3)

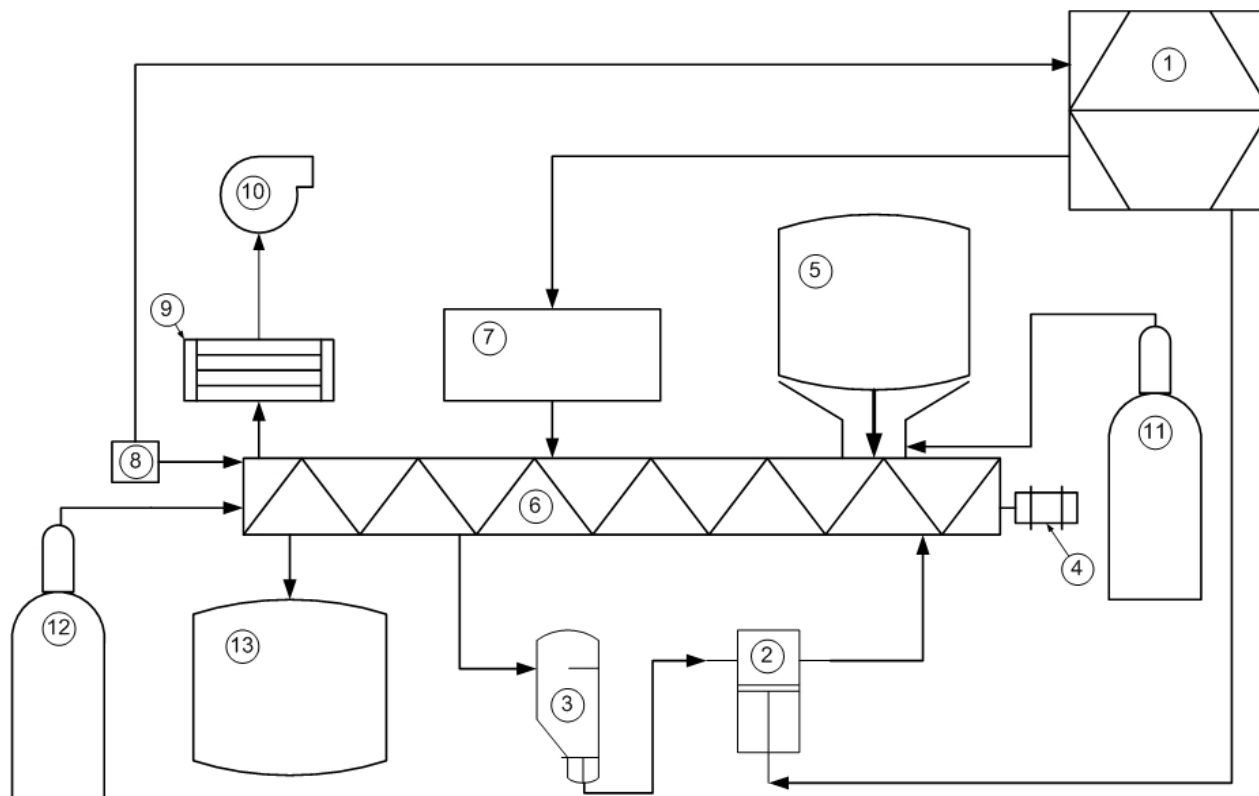
# Modificēto granulu hidrofobitāte un ūdens izturība



*Izejas (dzeltenas) un modificētas (brūnas) koksnes granulas pirms (A) un pēc (B) 15 min. kontaktā ar ūdeni.*



Uz rezultātu pamata, kuri iegūti laboratorijas mikroviļņu reaktorā, ir radīta pilotiekārta ar ražošanas jaudu 15 -25 kg/stundā (uz gatavu produktu), tā pašlaik tiek izmantota tālākiem procesa režīmu optimizācijas eksperimentiem.



### ***Pilotiekārtas principiālā shēma:***

*1. Vadības pulsts; 2.Sūknis; 3. Eļļas boilers; 4. Elektrodzinējs ar reduktoru;  
5. Iekraušanas tvertne; 7. Magnetronu bloks; 8.Termopāris; 9. Kondensāta savākšanas mezgls  
10.Velkmes ventilācija;*

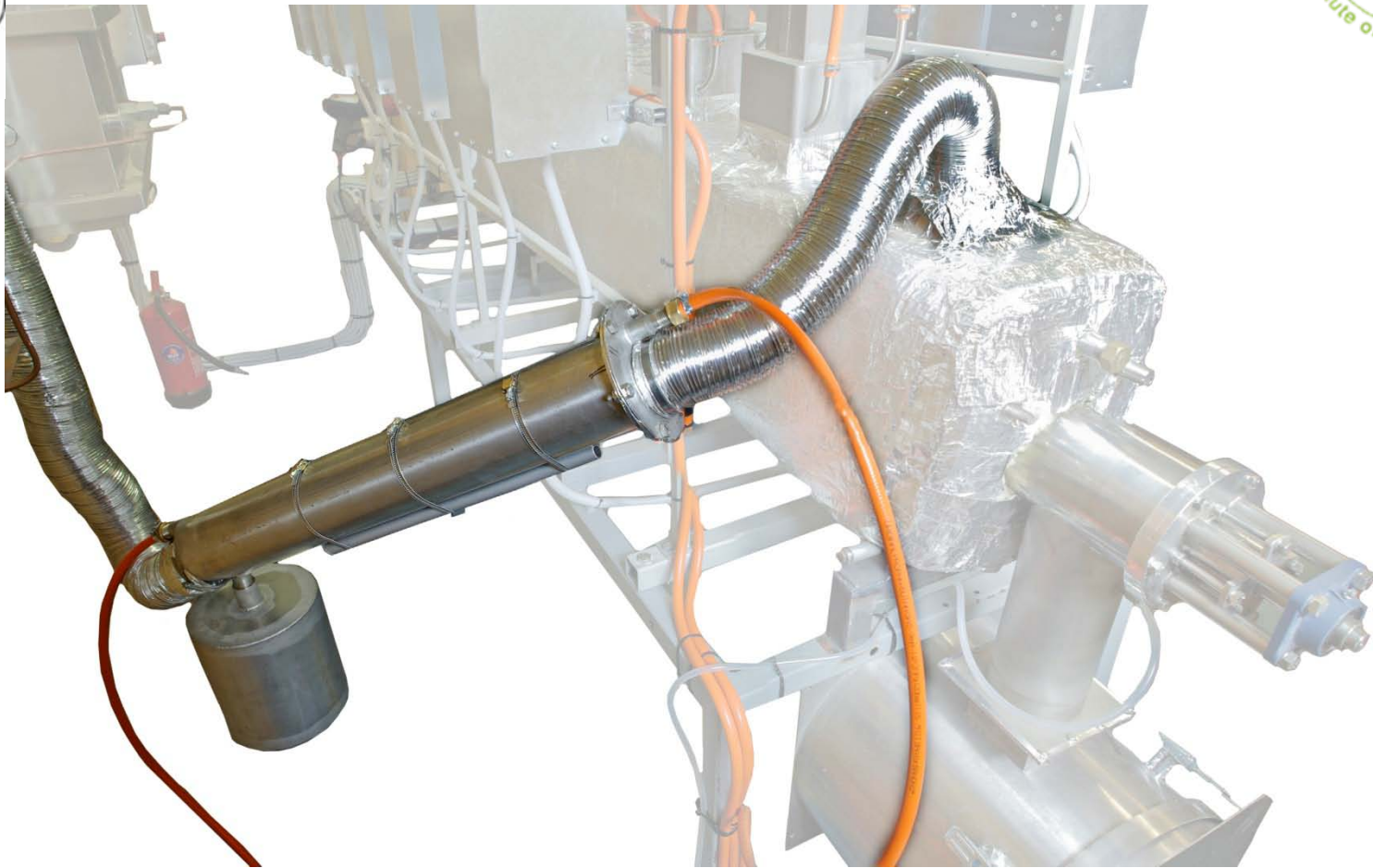
*Rīga. LZA 19.01.2016*





***Kurināmo granulu mikroviļņu torefikācijas un tālākas šķidro energonesēju uzsmidzināšanas uz to virsmas pilotiekārtas kopskats (10,8 kW)***

*Rīga. LZA 19.01.2016*



*Mezgli tvaiku- gāzu maisījumu aizvadišanai un kondensātu savākšanai*



***Kurināmo granulu mikroviļņu torefikācijas un tālākas šķidro energonesēju uzsmidzināšanas uz to virsmas pilotiekārtas kopskats (10,8 kW)***

*Rīga. LZA 19.01.2016*



# Sasniegtie rezultāti:



- Granulētās biomasas torefikācijas procesa ātruma palielinājums, samazināts enerģijas patēriņš un efektīva procesa kontrole.
- Procesas drošības nodrošinājums ( mikroviļņa starojuma noplūdes iespējamības izslēgšana)
- Kurināmo granulu siltumietilpības palielinājums.
- Kurināmo granulu enerģētiskā blīvuma paaugstinājums.
- Kurināmo granulu pilnīgāka sadegšana un degšanas procesa siltumenerģijas iznākuma paaugstinājums, kaitīgo emisiju samazināšana.
- Kurināmo granulu hidrofobitātes un ūdens izturības palielinājums.



Rīga. LZA 19.01.2016



**Dotā uzdevuma risinājums kļuva iespējams pateicoties dažādu veidu biomasas granulēšanas un to degšanas procesu pētījumiem, kas veikti Lignīna ķīmijas laboratorijā atšķirīgu zinātnisku programmu un projektu ietvaros :**



NILE (6. FP - "New Improvements for Lignocellulosic Ethanol", Integrālais Projekts, kontrakta Nr. 019882 (SES6) (2005-2010).

Valsts pētījumu programma Nr. 2010.10-4/VPP-5: "Vietējo resursu (zemes dzīļu, meža, pārtikas un transporta) ilgtspējīga izmantošana - jauni produkti un tehnoloģijas (NatRes)" (2010.-2013.g.g.)

VPP sadaļa Nr. 4-2 "Funkcionāli produkti ar augstu PV no koku mizām" (2014)  
ERAF projekts Nr.2010/0241/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/006: "Dažādas izcelsmes atjaunojamo kurināmo maisījumu jauna veida granulētu produktu izveidošana ekoloģiski tīru un efektīvu degšanas un siltuma ražošanas procesu nodrošināšanai ar būtiski uzlabotu šo procesu tehnoloģiju" (2010. - 2013.g.g.)

ERAF projekts: 2014/0042/2DP/2.1.1.1.0/14/APIA/VIAA/054: "Granulēto augu biomasas kurināmā kvalitātes paaugstināšana impregnējot tās virsmas slāni ar augstās enerģētiskās ietilpības šķidro energonesēju atkritumiem, iepriekš apstrādājot biomasu zemas intensitātes mikroviļņu laukā"

*Rīga. LZA 19.01.2016*

## Jaunākās publikācijas citējamās (SCI) žurnālos:

Alexandr Arshanitsa, Yegor Akishin, Edmund Zile, Tatiana Dizhbite, Valentin Solodovnik, Galina Telysheva. **Microwave treatment combined with conventional heating of plant biomass pellets in a rotated reactor as a high rate process for solid biofuel manufacture.** *Renewable Energy* (Impact factor 3.47) 2015, *Submitted for publication.*

Alexandr Arshanitsa, Tatiana Dizhbite, Oskars Bikovens, Gunars Pavlovich, Anna Andersone, and Galina Telysheva. **Effects of Microwave Treatment on the Chemical Structure of Lignocarbhydrate Matrix of Softwood and Hardwood.** *Energy Fuels* (Impact Factor 2.77), DOI: 10.1021/acs.energyfuels.5b02462. *In Press.*



# Pateicība:



Visam Lignīna ķīmijas laboratorijas kolektīvam par ligno-ogļūdeņražu matricas transformācijas procesu mikroviļņa lauka iedarbībā, veiktiem kvalificētiem pētījumiem.

LU Fizikas Institūta līdzstrādniecēm Dr. M. Zaķei un Dr. I. Barminai par modificēto granulu degšanas parametru noteikšanu.



**Paldies par uzmanību!**

*Rīga. LZA 19.01.2016*



