



**Projekta “Bezatlíkuma tehnoloģija bioetanola un citu vērtīgu produktu ieguvei no  
lapkoku koksnes” partnera „Rīgas Tehniskā universitāte  
atskaite par 8. periodu (01.08.2013 - 30.12.2013)**

Periodā tika veikti pētījumi šīs aktivitātes ietvaros:

**1.2. Bioetanola iegūšanas pētījumi (veiks RTU un LU):**

1.2.5. Pētījumi par imobilizētā rauga izmantošanas efektivitāti iegūstot etanolu:

- spirta raugu imobilizācijas iespējas uz dažādiem substrātiem;
- substrāta virsmas funkcionalizācijas metode;
- substrāta virsmas analīze;
- imobilizēto spirta raugu preparātu izmantošanas ietekme uz rūgšanas procesa efektivitāti.

Projekta BINI grupa:

Aleksejs Kataševs, Vineta Zemīte, Anna Bystrova, Jurijs Dehtjars, Linda Lancere, Genādijs Sagalovičs.

**1. Iss darbības apraksts**

Pārskata periodā aktivitātes 1.2 ietvaros apakšaktivitātes 1.2.5. Pētījumi par imobilizētā rauga izmantošanas efektivitāti iegūstot etanolu ievāros tika turpināti pētījumi uz vairākiem nesējiem imobilizēta rauga fermentācijas aktivitātes novērtēšana .

Pārskata periodā tika atkārtoti rauga imobilizācijas eksperimenti uz šamota un HAP virsmas. Tika veikti biomasas pieauguma modelēšana, izmantojot iepriekšējā posma izveidoto uzlaboto fermentācijas modeli (A. Kataševs):

$$\frac{dS}{dt} = -\alpha\mu(S) \cdot X \tag{1}$$

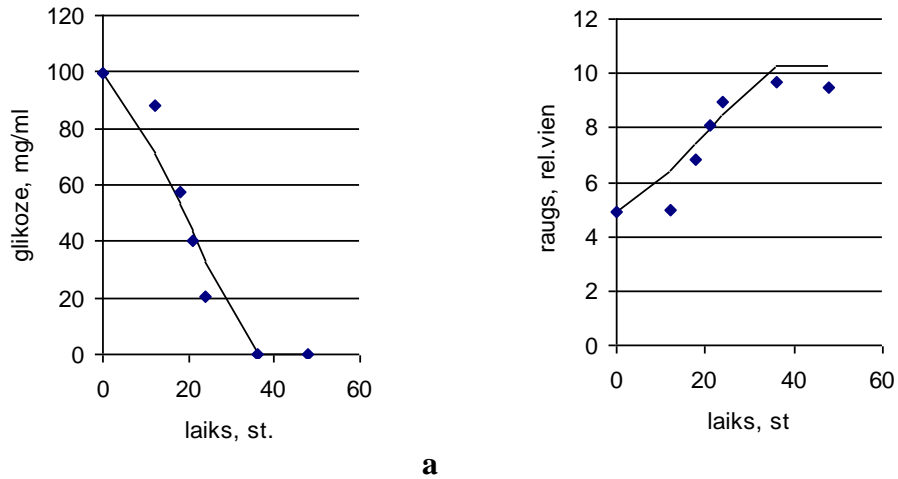
$$\frac{dX}{dt} = \mu(S) \cdot X - k_d X$$

kur  $S$  – glikozes koncentrācija (mg/ml),  $X$  – raugs koncentrācija (mg/ml), kinētiskais koeficients  $\mu$  ir atkarīgs no substrāta koncentrācijas

$$\mu(S) = \mu^* \frac{S}{K + S}, \tag{2}$$

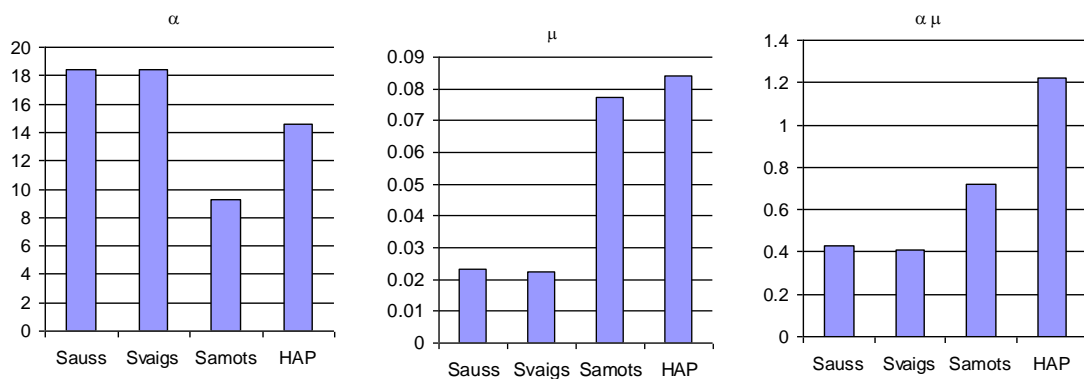
kur  $K$  un  $\mu^*$  ir modeļa parametri,  $k_d$  – biomasas atmiršanas ātrums, kas šī modeļi pieņemts vienāds ar nulli,  $\alpha$  ir īpatnējs glikozes patēriņa ātrums.

Pie attiecīgi izvēlētiem modeļa koeficientiem  $K$ ,  $\mu^*$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ , sistēmas (1) risinājumi pietiekoši labi sakrīt ar eksperimentāliem datiem - glikozes un rauga koncentrāciju pie dažādiem fermentācijas laikiem (att.1)



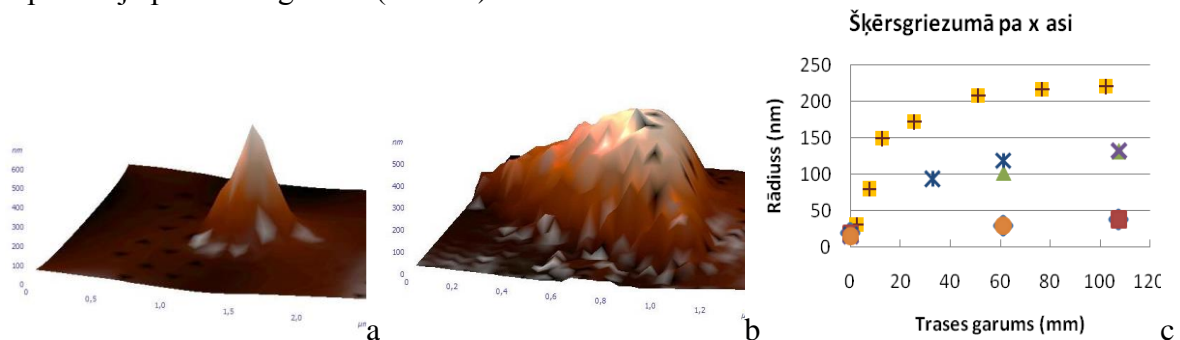
Attēls 1. Glikozes (a) un rauga (b) eksperimentāli iegūtas koncentrācijas atkarības no laika apksimācija ar modeļa (1) skaitliskā risinājuma rezultātiem.

Modeļa kinētiskie koeficienti novērojami atšķiras dažādiem fermentācijas režīmiem. Maksimālais glikozes noārdīšanas ātrums novērojams, ja raugs tika imobilizēts uz HAP nesēja. Šī modeļa koeficientu atrašana pēc biomasas datiem dod reālistiskās biomasas vērtības salīdzinājumā ar iepriekš izmantojamo noteikšanu tikai pēc glikozes koncentrācijas, tomēr ir jāatzīst, ka sakrišana starp modeli un eksperimentu ir sliktāka.



Attēls 2. Ar glikozes izlietošanu saistītie kinētiskie koeficienti dažādi imobilizētiem raugiem. Koeficients  $\alpha\mu$  nosaka glikozes noārdīšanas ātrumu

Atskaites periodā tika turpināti Kelvina zondes adatas nodiluma pētījumi atkarībā no parauga materiāla cietības (V. Zemīte) kontaktā un puskontakta režīmā. Iegūtie rezultāti ir saskanā ar iepriekšējā perioda iegūtiem (attēls 3)



Attēls 8. ASM adatas formas rekonstrukcija (a - jaunuzstādīta adata, b – pēc 108 mm garas trases skanēšanai) un rādiusa nodilums atkarībā no trases garuma (c)

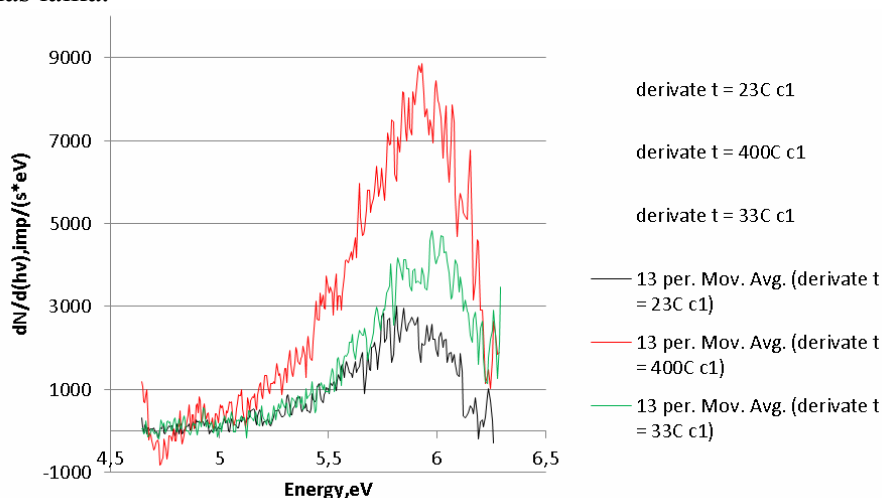
Pārskata periodā tika turpināti pētījumi ar mērķi izvērtēt iespēju izmantot slāpināšanas leņķa metodi lai novērtēt gan gludo (stikls, PMMA), gan poraino (HAP, Šamots) materiālu virsmas enerģijas izmaiņi (A. Bystrova, J. Dehtjars L. Lancere, G. Sagalovičs)

Pārskata periodā veikta ārējo faktoru ietekmes izpēte uz hidroksolapatīta (HAP) keramikas izejas darbu ar mērķi noskaidrot šīs ietekmes mehānismus. Tam tika veikta HAP fotoelektriska izejas darba noteikšana pēc fotoelektronu emisijas spektriem, kā arī pašu emisijas spektru diferenciālā analīze. Noskaidrota tipiskā HAP izejas darba izmaiņas paraugu uzsildīšanas laikā (Tabula 1):

Tabula 1. Keramiska HAP izejdarbs pie dažādām temperatūrām atkvēlināšanas laikā

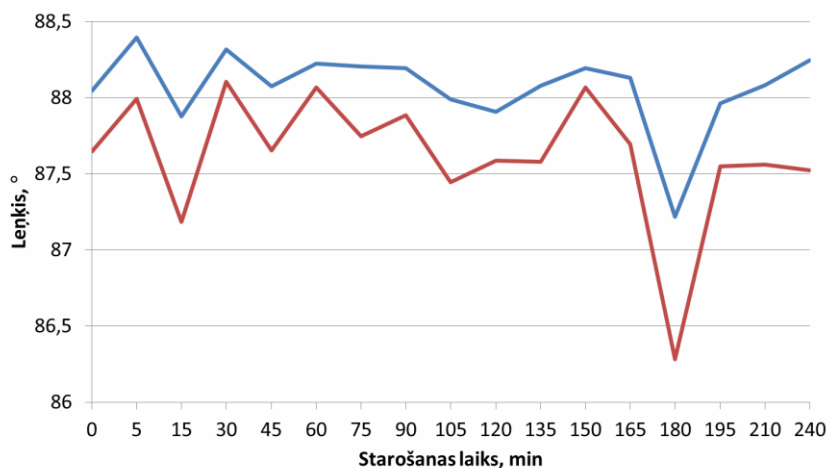
	Izejas darbs pēc spektra I posma, eV	Izejas darbs pēc spektra II posma, eV
Pirms atkvēlināšanas, t = 21 C	5,12	5,48
Atkvēlināšanas laikā, t = 400 C	4,97	4,41
AfterPēc atkvēlināšanas, t = 29 C	5,42	5,26

Spektru diferenciālā analīze (Attēls 4) nerāda būtiskās HAP elektrinu struktūras izmaiņas atkvēlināšanas laikā.



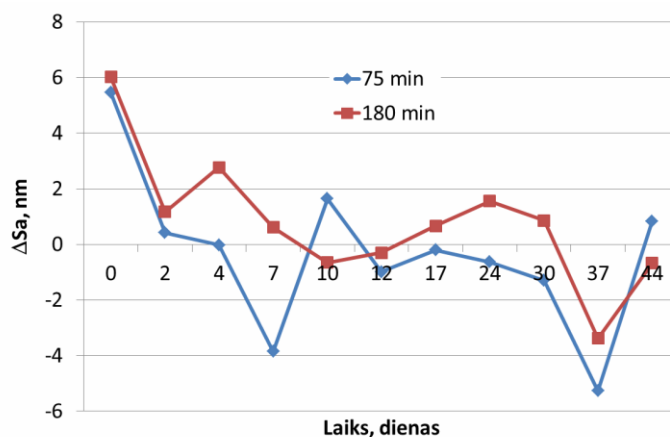
Attēls 4. HAP diferenciāla fotospektra izmaiņas atkvēlināšanas laikā

Pārskata periodā turpināti UV starojuma ietekmes uz PMMA virsmas īpašībām. Tika pētīta UV ietekme uz virsmas mehāniskām un ģeometriskām īpašībām. Attēls 5 rāda atomspēku mikroskopa „spēks – attālums” līknes stāvuma leņķa atkarību no PMMA parauga apstarošanas laika. Stāvuma leņķis ir saistīts materiāla virsmas nanoslāņa cietību – lielākais leņķis atbilst lielākai cietībai.

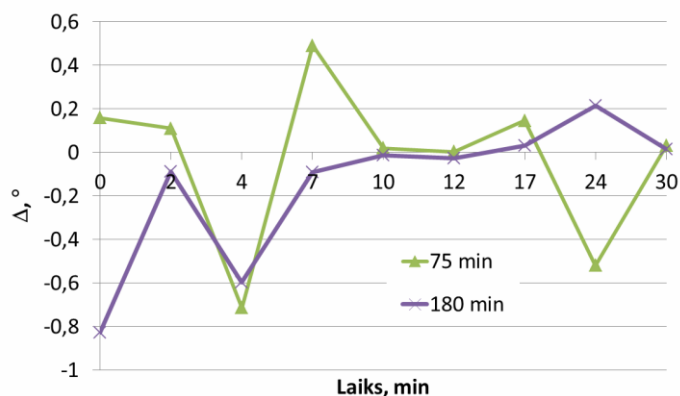


Attēls 5. Ar UV apstarota PMMA AFM spēks – distance līknes stāvuma leņķis

Tika konstatēts apstarota PMMA parauga virsmas ģeometrisko parametru relaksācija laikā. Attēls 6 rāda virsmas raupjuma atkarību no pēc UV apstarošanas pagājušā laika. Līdzīga uzvītība (atgriešanās pie vērtībām pirms apstarošanas) tika novērota arī spēks – distance līknes stāvuma leņķim (attēls 7)

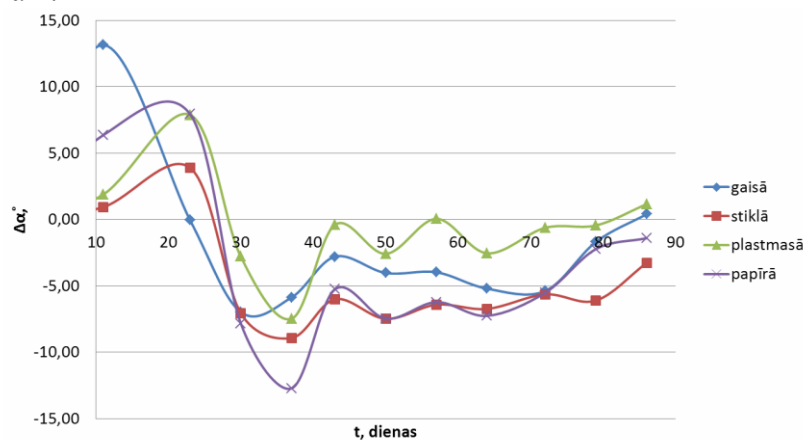


Attēls 6. Ar UV apstarota PMMA virsmas raupjuma izmaiņas relaksācija



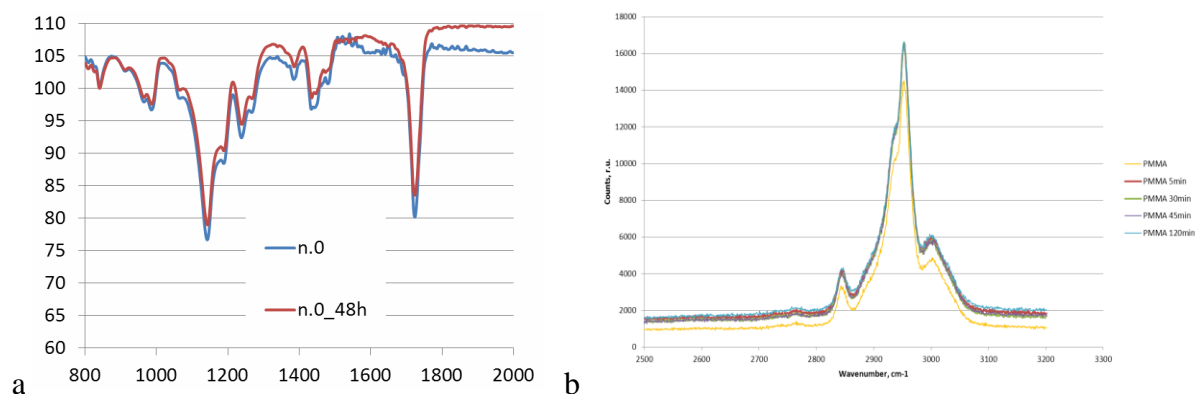
Attēls 7. Ar UV apstarota PMMA AFM spēks – distance līknes stāvuma leņķa relaksācija

Etapā tika pētīta arī PMMA ar UV apstarošanu izraisītā slapināšanas leņķa relaksācijā, paraugus turot dažādās vidēs (attēls 8). Tika konstatēts, ka paraugiem, kas tika glabāti slēgtā iepakojumā - stikla, plastmasas vai papīra – modificētās slapināšanas īpašības saglabājās līdz pat 20 dienām.



Attēls 8. Ar UV apstarošanu modificētā slapināšanas leņķa relaksācija dažādos glabāšanas apstākļos

Lai noskaidrotu UV ietekmes uz PMMA īpašībām dabu, tika veikti PMMA pētījumi izmantojot infrasarkanā (FTIR) un Ramana spektroskopiju. Iegūtie spektri (attēls 9) rāda, ka UV apstarošanas rezultātā dažādo ķīmisko saišu koncentrācijas praktiski nemainās



Attēls 9. Ar UV apstaroto PMMA FTIR (a) un Ramana (b) spektri

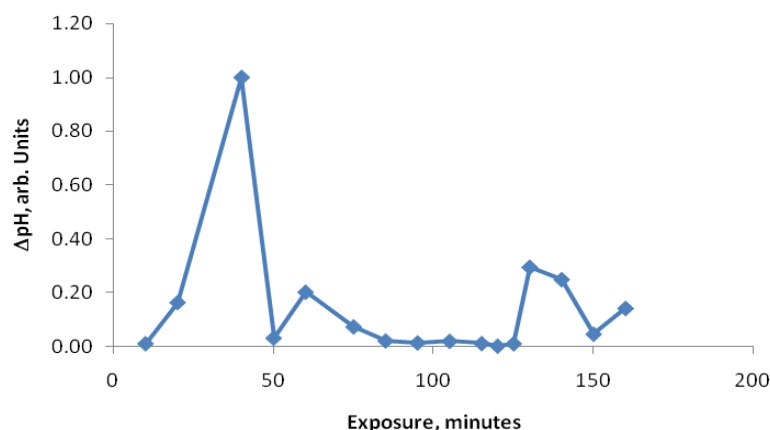
Iepriekšējos projekta etapos tika parādīts, ka ultravioleta starojuma apstarošanas rezultātā stikla pamatņu (kurus izmanto šūnu imobilizācijai) virsma elektriski uzlādējas un virsmas elektriskai potenciāls mainās nelineāri, palielinot apstarošanas ekspozīciju. Turklāt, dielektriskās pamatnes virsmas elektriskais potenciāls ietekme šūnu imobilizāciju un proliferāciju<sup>1</sup>. Sakarā ar to, ka imobilizācija, un sevišķi proliferācija, stipri atkaras no vides pH tika turpināti pētījumi ar mērķi noteikt, cik lielā mērā uzlādēta pamatnes virsma ietekme apkārtējas vides pH radītājam.

Ņemot vērā ka ūdeni izmanto kā šķīdinātāju bioķīmisko reakciju nodrošināšanai pamatnes tika ievietotas ūdenī un pH radītais tika mērīts pamatnēm pirms un pēc apstarošanas un tika

<sup>1</sup> Dekhtyar Yu, Dvornichenko MV, Karlov AV et al. (2009) Electrically Functionalized Hydroxyapatite and Calcium Phosphate Surfaces to Enhance Immobilization and Proliferation of Osteoblasts In Vitro and Modulate Osteogenesis In Vivo, IFMBE Proceedings vol. 25, 2009, pp 245–248

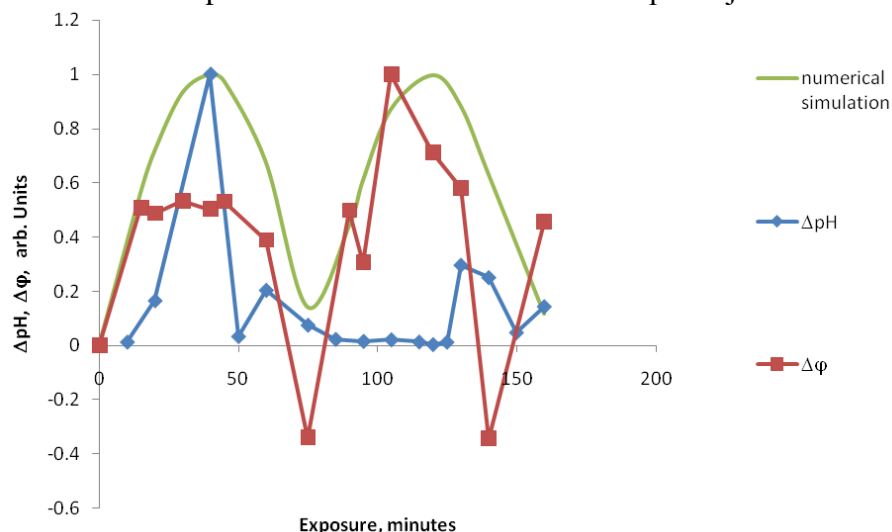
noteikta pH starpība  $\Delta pH$ . Lai panāktu  $\Delta pH$  taustāmo rezultātu, ūdens apjoms mērstobriņā tika mazināts, kamēr novērojama  $\Delta pH$  vērtība vairākas reizes pārsniedza mērījumu nenoteiktību. Tāds ūdens tilpums tika saglabāts visiem mērījumiem. Tomēr, izvēloties nepieciešamo ūdens apjomu, tika nodrošināts, ka pamatnes ir pārklātas ar ūdeni. Mērījumu nenoteiktības noteikšanai tika veikti pH mērījumi, izmantojot vienādās pamatnes. Rezultātā, tika novērtēts, ka relatīva  $\Delta pH$  nenoteiktība nepārsniedz 0.8 %.

Tika novērots, ka UV starojums ietekmē pH.  $\Delta \phi$ . Attēlā 10 tika parādītas ūdens  $\Delta pH$  izmaiņas atkarībā no ultravioleta apstarojuma ekspozīcijas.



Attēls 10. Ūdens pH izmaiņas stobriņā, kurā tika ievietota ar UV starojumu apstarota stikla pamatne

$\Delta pH$  vērtības mainās stipri nelineāri, palielinot apstarošanas ekspozīciju. Iegūtie dati demonstrē, ka  $\Delta pH$  uzvedība ir līdzīga stikla virsmas elektriskā potenciāla izmaiņām, t.i. ir viļņveidīgā. Elektriskā potenciāla izmaiņas tika novērotas iepriekšējā projekta etapā. Attēls 11 demonstrē līdzīgo  $\Delta pH$  un fotoelektrona izejas darba  $\Delta \phi$  (kas tika izmantota virsmas elektriskā potenciāla novērtēšanai) uzvedību atkarībā no apstarošanas ekspozīcijas. Ir novērojami 2 maksimumi aptuveni 40 un 125-138 minušu ekspozīcijās.



Attēls 11. Stikla pamatni saturošo ūdens pH izmaiņas (zila līnija), stikla fotoelektriskā izejas darba izmaiņa (sarkana līnija) un divu centru mijiedarbības procesa modelēšanas rezultāti (zaļa līnija)

Tāds viļņu vieda process liecina par stikla vismaz divu mijiedarbojošos elektrisko centru iesaisti virsmas elektriskā potenciāla nodrošināšanai apstarošanas rezultātā. Centru mijiedarbību ir iespējams novērtēt, analizējot centru koncentrācijas izmaiņas atkarībā no UV ekspozīcijas. Šāda tipa procesi jau tika veiksmīgi modelēti elektronu emisijas gadījumā<sup>2</sup>. Pamatojoties uz šiem rezultātiem, tika izveidots datorizēts modelis, kurā prognoze ir saskaņā ar eksperimentu (Attēls 11, zaļa līnija). Pēc modelēšanas rezultātiem, noskaidrots, ka raksturīgais centru mijiedarbības laiks ir aptuveni 25 minūtes.

Pārskata periodā tika prezentēts stenda referāts “Effect of environment on measurements of glass surface potential by Kelvin probe force microscopy” konferencē “**Advanced materials and technologies**” 2013. g. augustā Palangā, kā arī tika nolasīta uzaicināta lekcija „Scaffold Surface Electrical potential To Adgere Cells” konferencē “**Bioceramics 25**” 2013. g. 06 – 10. novembrī Bukarestē

Pārskata periodā iepirkumu RTU grupā nebija

RTU darba grupas vadītājs

A. Kataševs

---

<sup>2</sup> Dekhtyar, Yu.D., Gamza, A.R., Vinyarskaya, Yu.A., Hitrov, V.V., Mungalov, D.D. Photo- and exoelectron analysis of the surface layer of carbon fibre-reinforced plastic. International Journal of Adhesion and Adhesives

V 14 (4), 1994, 255-259.