

DAUGAVPILS UNIVERSITĀTE
DAUGAVPILS UNIVERSITY

DAUGAVPILS UNIVERSITĀTES ZINĀTŅU DAĻA
SCIENCE DEPARTMENT OF DAUGAVPILS UNIVERSITY

DAUGAVPILS UNIVERSITĀTES JAUNO ZINĀTNIEKU ASOCIĀCIJA
DAUGAVPILS UNIVERSITY ASSOCIATION OF YOUNG RESEARCHERS

**DAUGAVPILS UNIVERSITĀTES
56. STARPTAUTISKĀS ZINĀTNISKĀS
KONFERENCES RAKSTU KRĀJUMS**

**PROCEEDINGS OF THE 56th
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
OF DAUGAVPILS UNIVERSITY**

A. DAĻA. DABASZINĀTNES

PART A. NATURAL SCIENCES

DAUGAVPILS UNIVERSITĀTE
AKADĒMISKAIS APGĀDS „SAULE”
2014

Apstiprināts Daugavpils Universitātes Zinātnes padomes sēdē 2014. gada 19. decembrī, protokols Nr. 13.

Zuģicka I. sast. *Daugavpils Universitātes 56. starptautiskās zinātniskās konferences rakstu krājums. A. daļa "Dabaszinātnes" = Proceedings of the 56th International Scientific Conference of Daugavpils University. Part A "Natural Sciences"*. Daugavpils: Daugavpils Universitāte, 2014.

Daugavpils Universitātes 56. starptautiskās zinātniskās konferences Programmas komiteja / Programme Committee of Daugavpils University 56th International Scientific conference:

- Dr., prof. Arvīds Barševskis, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University (Rektors, Programmas komitejas priekšsēdētājs / Rector, Chairman of Programme Committee)
- Dr., asoc.prof. Inese Kokina, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University (Zinātņu prorektore, priekšsēdētāja vietniece / Vice Rector for Research, Vice Chairman)
- Dr., asoc.prof. Edmunds Tamanis, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University (Zinātņu daļas vadītājs, koordinators / Head of Department of Sciences, coordinator)
- Dr., prof. Ingrida Šauliene, Šauļu Universitāte (Lietuva) / Siauliai University (Lithuania)
- Dr., prof. Bronius Maskuliūns, Šauļu Universitāte (Lietuva) / Siauliai University (Lithuania)
- Dr., prof. Enne Koresaare, Tartu Universitāte (Igaunija) / University of Tartu (Estonia)
- Dr., prof. Irina Belobrovceva, Tallinas Universitāte, (Igaunija) / Tallinn University (Estonia)
- Dr., prof. Ulla Harkonen, Joensuu Universitāte (Somija) / Joensuu University (Finland)
- Dr., prof. Malgorzata Suswillo, Varnijas un Mazuru Universitāte Oļštinā (Polija) / University of Varmia and Mazuri in Olsztin (Poland)
- Dr.phil., prof. Genadii Shafranov-Kucev, Tjumeņas universitāte (Krievija) / University of Tjumen (Russia)
- Dr., prof. Slawomir Partycki, Jāņa Pāvila II Ļublinas Katoliskā universitāte (Polija) / The John Paul II Catholic University of Lublin (Poland)
- Dr., prof. Alena Vankevich, Vitebskas Valsts Tehnoloģiskā universitāte (Baltkrievija) / Vitebsk State University of Technology (Belarus)
- PhD, prof. Geoffrey R. Swain, Glazgovas universitāte (Lielbritānija) / University of Glasgow (UK)
- Dr.habil.biol., prof. Yaroslaw Sklodowski, Varšavas Dzīvības Zinātņu Universitāte (Polija) / Warsaw University of Life Sciences (Poland)
- Dr.habil.art., prof. Romualdas Apanavičius, Vītauta Dižā universitāte (Lietuva) / Vytautas Magnus University (Lithuania)
- Dr.habil.art., prof. Ludmila Kazantseva, Astrahaņas konservatorijas un Volgogradas Mākslas un kultūras institūts (Krievija) / Astrakhan Conservatory and Volgograd Institute of Art and Culture (Russia)
- Dr., prof. Fjodorš Fjodorovs, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., prof. Vilma Šaudiņa, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., prof. Zaiga Ikere Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., prof. Aleksandrs Ivanovs, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., prof. Irēna Saleniece, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., prof. Elfrīda Skraстиņa, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., prof. Aleksejs Vorobjovs, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., prof. Vladimirs Meņšikovs, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., prof. Valfrīds Paškevičs, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., prof. Artūrs Škute, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., prof. Aleksandra Šļahova, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., prof. Ēvalds Daugulis, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., prof. Vitolds Zahars, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., asoc.prof. Dzintra Iliško, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., asoc.prof. Elita Jermolajeva, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., asoc.prof. Irēna Kokina, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University
- Dr., asoc.prof. Edgars Znutiņš, Daugavpils Universitāte / Daugavpils University

Daugavpils Universitātes 56. starptautiskās zinātniskās konferences Rīcības komiteja / Organizing Committee of Daugavpils University 56th International Scientific conference:

Inese Zuģicka, Uldis Valainis, Kristīna Aksjuta, Zeltīte Barševska, Henrihs Soms, Juris Soms, Arnita Aleksejeva, Miervaldis Mendriks.

***Daugavpils Universitātes 56. starptautiskās zinātniskās konferences rakstu krājuma redkolēģija /
Editorial staff of the 56th International scientific conference of Daugavpils University***

Dr.biol., asoc.prof. Natālija Škute (*bioloģija / biology*)
Dr.biol., doc. Pēteris Evarts-Bunders (*bioloģija / biology*)
Mg.biol., Inese Jahundoviča (*bioloģija / biology*)
Dr.geol., doc. Juris Soms (*vides zinātnes / environmental sciences*)
Dr.geogr., lekt. Santa Rutkovska (*vides zinātnes / environmental sciences*)
Dr.chem., doc. Jeļena Kirilova (*vides zinātnes / environmental sciences*)
Mg.vid.plān., lekt. Dainis Lazdāns (*vides zinātnes / environmental sciences*)
Mg.biol., lekt. Angelika Paškeviča (*veselības zinātnes / healthy sciences*)
Dr.math., asoc.prof. Ināra Jermačenko (*matemātika / mathematics*)
Dr.oec, doc. Ludmila Aleksejeva (*ekonomika / economic*)
Dr.oec, doc. Aina Čaplinska (*ekonomika / economic*)
Dr.paed., doc. Inta Ostrovska (*ekonomika / economic*)
Dr.phys., prof. Antonijs Salītis (*fizika / physics*)
Dr.phys., prof. Valfrīds Paškevičs (*fizika / physics*)
Dr.paed., asoc.prof. Nellija Bogdanova (*datorzinātnes / computer sciences*)
PhD, asoc.prof. Dzintra Iliško (*pedagoģija / pedagogy*)
PhD, pētn. Ilona Mičule (*pedagoģija / pedagogy*)
Dr.paed., vad. pētn. Mārīte Kravale-Pauliņa (*pedagoģija / pedagogy*)
Dr.psych., asoc. prof. Irēna Kokina (*psiholoģija / psychology*)
Dr.psych., asoc.prof. Aleksejs Ruža (*psiholoģija / psychology*)
Dr.psych., pētn. Margarita Ņesterova (*psiholoģija / psychology*)
Dr.sc.soc., prof. Vladimirs Meņšikovs (*socioloģija / sociology*)
Dr.jur., prof. Vitolds Zahars (*tiesību zinātnes / law*)
Dr.philol., prof. Maija Burima (*filoloģija / philology*)
Dr.philol., asoc.prof. Jeļena Koroļova (*filoloģija / philology*)
Dr.philol., pētn. Ilze Kačāne (*filoloģija / philology*)
Dr.philol., pētn. Žans Badins (*filoloģija / philology*)
Dr.philol., asoc.prof. Elīna Vasiļjeva (*filoloģija / philology*)
Dr.philol., doc. Rudīte Rinkeviča (*filoloģija / philology*)
Dr.philol., doc. Svetlana Polkovņikova (*filoloģija / philology*)
Mg.philol., lekt. Valentīna Baranovska (*filoloģija / philology*)
Mg.philol., lekt. Natalja Minova (*filoloģija / philology*)
Dr.hist., prof. Aleksandrs Ivanovs (*vēsture / history*)
Dr.hist., prof. Irēna Saleniece (*vēsture / history*)
Dr.paed., prof. Aleksandra Šlahova (*mākslas zinātnes / art*)
Mg.art., Mg.paed., pētn. Zeltīte Barševska (*mākslas zinātnes / art*)
Dr.art., prof. Ēvalds Daugulis (*mākslas zinātnes / art*)

Atbildīgā par izdevumu / Responsible for the Edition:

Inese Zuģicka (inese.zugicka@du.lv)

Daugavpils Universitātē docētāju un studējošo zinātniskās konferences notiek kopš 1958. gada. Konferencēm ir starpdisciplinārs raksturs un tajās piedalās gan studējošie, gan docētāji, gan arī ievērojami zinātnieki no dažādām pasaules valstīm. Daugavpils Universitātes 55. starptautiskās zinātniskās konferences pētījumu tematika bija ļoti plaša – eksaktās, humanitārās, izglītības, mākslas un sociālo zinātņu jomās.

Zinātnisko rakstu krājumā *Daugavpils Universitātes 56. starptautiskās zinātniskās konferences rakstu krājums = Proceedings of the 56th International Scientific Conference of Daugavpils University* apkopoti 2014. gada 9.–11. aprīlī konferencē prezentētie materiāli.

Daugavpils Universitātes 56. starptautiskās zinātniskās konferences rakstu krājums tiek publicēts 3 daļās: A. daļa. *Dabaszinātnes*; B. daļa. *Sociālās zinātnes*; C. daļa. *Humanitārās zinātnes*.

The annual scientific conferences at Daugavpils University have been organized since 1958. The themes of research presented at the conferences cover all spheres of life. Due to the facts that the conference was of interdisciplinary character and that its participants were students and outstanding scientists from different countries, the subjects of scientific investigations were very varied – in the domains of exact sciences, the humanities, education, art and social sciences.

The results of scientific investigations presented during the conference are collected in the collection of scientific articles *Proceedings of the 56th International Scientific Conference of Daugavpils University*.

Proceedings of the 56th International Scientific Conference of Daugavpils University are published in three parts: part A. *Natural sciences*; part B. *Social Sciences*; part C. *Humanities*.

SATURS / CONTENTS

BIOLOĢIJA / BIOLOGY

<i>Anna Batjuka, Aleksandrs Petjukevičs, Natalija Škute, Georgijs Kirilovs</i>	THE INFLUENCE OF AN INHIBITOR OF CYTOCHROME ELECTRON TRANSPORT ANTIMYCIN A ON CHANGE OF THE TOTAL REACTIVE OXYGEN SPECIES CONTENT IN WHEAT SEEDLINGS (TRITICUM AESTIVUM L.) UNDER SALT STRESS	6
<i>Sabīne Bunere, Karina Stankeviča, Māris Kļaviņš</i>	SAPROPEĻA IETEKME UZ REDĪSU (RAPHANUS SATIVUS L.) ATTĪSTĪBU	16
<i>Jānis Pētersons</i>	KOKU KVALITĀTES NOVĒRTĒJUMS MEŽAUDZĒ PĒC MAŠINIZĒTAS KRĀJAS KOPŠANAS	25
<i>Dace Smiltina, Andris Balins, Ziedonis Grislis, Rīta Sarma</i>	EFFECTS OF ALPHA - LACTALBUMIN (α -LA) GENETIC VARIANTS ON MILK PRODUCTIVITY	32

VIDES ZINĀTNES / ENVIRONMENTAL SCIENCES

<i>Vija Frīda</i>	DABAS LIEGUMA „PILSKALNES SIGULDIŅA” ŪDENS VIDES KVALITĀTE UN TO IETEKMĒJOŠIE FAKTORI	44
<i>Juris Soms, Dāvis Gruberts, Juris Taškovs</i>	DEVELOPMENT OF LINEAR EROSION FEATURES ON GLACIOFLUVIAL SEDIMENTS-DERIVED SOILS IN THE VALLEY OF RIVER DVIETE: RESPONSE TO METEOROLOGICAL AND ANTHROPOGENIC FORCINGS	55
<i>Santa Strode, Juris Soms, Artis Markots</i>	EOLO RELJEFA FORMU IDENTIFIKĀCIJA UN ĢEOMORFOLOĢISKĀ IZPĒTE AR MEŽU KLĀTĀS TERITORIJĀS, IZMANTOJOT AEROLĀZERSKENĒŠANAS LIDAR DATUS: IEKŠZEMES KĀPU MASĪVA PIEMĒRS (DIENVIDAUSTRUMU LATVIJA)	65
<i>Līga Zariņa, Jānis Segliņš</i>	FLINT STUDIES IN ULTRAVIOLET LIGHT	74

FIZIKA / PHYSICS

<i>Pāvels Grigorjevs, Amandis Podiņš</i>	KVANTU PUNKTU EMITĒTAS GAIŠMAS VIĻŅU GARUMU ATKARĪBA NO TO IZMĒRIEM	81
<i>Andrius Nemeikšis, Daiva Nemeikšytė</i>	RESEARCH OF CONTROLLED MOVIES OF 2.5 DOF ARTICULATED ROBOT ARM	89
<i>Павел Сараев, Ирена Михайлова, Вячеслав Гербредер</i>	ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ОКСИДА ЦИНКА ГИДРОТЕРМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	98

МАТЕМАТИКА / MATHEMATICS

<i>Valentīns Sengļejevs</i>	HAMILTONA SISTĒMU FĀZES PORTRETI	104
-----------------------------	----------------------------------	-----

DATORZINĀTNES / COMPUTER SCIENCES

<i>Mihails Aleksejevs, Svetlana Ignatjeva</i>	INTERAKTĪVO IT RISINĀJUMU IESPĒJAS DARBA AIZSARDZĪBAS SISTĒMAS PILNVEIDOŠANĀ	111
---	--	-----

BIOLOĢIJA / BIOLOGY

THE INFLUENCE OF AN INHIBITOR OF CYTOCHROME ELECTRON TRANSPORT ANTIMYCIN A ON CHANGE OF THE TOTAL REACTIVE OXYGEN SPECIES CONTENT IN WHEAT SEEDLINGS (*TRITICUM AESTIVUM* L.) UNDER SALT STRESS

Anna Batjuka, Aleksandrs Petjukevičs, Natalja Škute, Georgijs Kirilovs

Daugavpils University, Vienības Street 13, Daugavpils, Latvia, LV-5401

anna.batjuka@du.lv, aleksandrs.petjukevics@du.lv, natalja.skute@du.lv

Abstract

The influence of an inhibitor of cytochrome electron transport antimycin A on change of the total reactive oxygen species content in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.) under salt stress

Antimycin A as an inhibitor of cytochrome respiration was used to determine the participation of the alternative respiratory pathway in plants. The aim of the research described in this article is oriented to determination the role of cytochrome pathway respiration inhibitor antimycin A and analysis the effect of different salinity levels on the total reactive oxygen species content in the organs of etiolated wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). Salinity is serious environmental factor that leads to a productivity reduction of agricultural crops. In Latvia, similar studies have not been performed yet. The results indicated that total reactive oxygen species content increased by salt stress on average by 12% in the organs of wheat seedlings compared with control. The activation of alternative respiratory pathway in wheat organs under stress conditions effectively prevented the reactive oxygen species production in mitochondrial electron transport chain, which was induced by antimycin A. These results are evidence that alternative pathway alleviates oxidative stress in plant cells.

Key words: Triticum aestivum L., reactive oxygen species, oxidative stress, antimycin A, salt stress.

Kopsavilkums

Citohroma elektronu transporta inhibitora antimicīna A ietekme uz kopējo aktīvā skābekļa formu saturu izmaiņām kviešu dīgstos (*Triticum aestivum* L.) sāls stresa apstākļos

Antimicīns A kā citohroma elpošanas inhibitora tika izmantots, lai noskaidrotu alternatīvās elpošanas daļību augos. Pētījuma mērķis ir orientēts uz citohroma elpošanas ceļa inhibitora antimicīna A lomas noteikšanu un nātrija hlorīda ietekmi uz kopējo aktīvā skābekļa formu saturu etiolētajos kviešu dīgstu orgānos (*Triticum aestivum* L.). Sāls stress ir viens no galvenajiem vides faktoriem, kas izraisa ražas apjoma samazināšanu lauksaimniecības kultūrām. Šādi pētījumi līdz šim Latvijā vēl nav veikti. Rezultāti parādīja, ka aktīvās skābekļa formas kopīgais saturs palielinājās sāls stresa apstākļos vidēji par 12%, salīdzinot ar kontroldīgstiem. Tajā pašā laikā alternatīvā ceļa aktivizēšana kviešu dīgstos stresa apstākļos efektīvi novērsa pārmērīgu aktīvo skābekļa formu veidošanos mitohondriju elektronu transporta ķēdē, kuru inducēja antimicīns A. Šie rezultāti liecina par to, ka alternatīvā elpošana novērš oksidatīvo stresu augu šūnās.

Atslēgvārdi: Triticum aestivum L., aktīvā skābekļa formas, oksidatīvais stress, antimicīns A, sāls stress.

Introduction

The resistance of plants to various abiotic stressors including salinity depends on the activity of antioxidant systems consisting of low molecular weight components and antioxidant enzymes that protect plants against the oxidative stress induced by reactive oxygen species (ROS). Mitochondria's functioning plays an important role in the adaptation of plants to abiotic stress factors. Mitochondria are dynamic organelles that constantly change their structural and functional state, depending on the intensity of the metabolic reactions and environmental conditions. Mitochondria's electron transport chain (ETC) is essential source of ROS generation in the plant cells (Blokhina et al. 2003). They have a damaging effect on proteins, cell membrane, components

of the photosynthetic apparatus, reduce the content of major photosynthetic pigments and apart from the many harmful effects on plant growth and metabolism at low amounts they have a positive role in signalling. They are capable of implementing retrograde signalling (from the organelle to the nucleus). H_2O_2 is one of the most stable and important signalling molecules of ROS.

Salt stress is certainly main environmental factor that limits growth, development, quality of plants and leads to huge losses in the productivity of crop plant (Flowers 2004). It is one of the most serious abiotic stresses affecting approximately 7% of the world's total land area (Shabala & Cuin 2008). Wheat (*Triticum aestivum* L.) is a glycophyte plant which has significant negative response to salt stress at germination, vegetative and reproductive growth stages (Ali et al. 2009).

Salinity and other abiotic stress factors cause ROS production that affect the physiology and biochemistry of plants and can lead to a reduction in plant yield (Mittler 2002). ROS include superoxide radical ($O_2^{\cdot-}$), hydrogen peroxide (H_2O_2), hydroxyl radical (OH^{\cdot}), singlet oxygen (1O_2) which damage proteins, nucleic acids, carbohydrates, cause lipid peroxidation (LPO) (Gill & Tuteja 2010) and lead to programmed cell death (Fleury et al. 2002). In salinity conditions impairs metabolism of plants, reduces activity of nucleic acids, disturbs nitrogen metabolism and decreases photosynthetic productivity (Parida & Das 2005).

Plant mitochondria besides the phosphorylating (cytochrome) pathway have a non-phosphorylating (alternative) respiratory pathway (Affourtit et al. 2001). Plant mitochondria might control ROS generation by energy-dissipation systems such as alternative oxidase (AOX), plant uncoupling mitochondrial protein and others (Pastore et al. 2007). These systems are first protection lines against oxidative stress. An alternative (cyanide-resistant) respiration activated by influence of adverse environmental factors on plants: low temperature (Borecký et al. 2006), water deficits, chilling stress (Vidal et al. 2007) and others.

Antimycin A (AA) is a potent inhibitor of the mitochondrial respiratory chain that blocks normal electron flow through complex III and binds the quinone reduction site of the cytochrome bc₁ complex (Huang et al. 2005) and may cause the activation of alternative respiration.

In the present study tested the hypothesis that AA leads to the increase in the actual activity of the alternative respiratory pathway in stressed plants grown at adverse environmental factor: salt stress, that may preventing an increase formation of toxic reactive oxygen species.

The aim of the research was to evaluate the effect of cytochrome pathway respiration inhibitor AA on total ROS content in different organs of wheat seedlings under salt stress (0.05M; 0.1M NaCl) in order to understand how plants respond and adapt on a biochemical level to this stress.

Material and methods

Plant material and growth conditions

The object of the study was 6-days-old etiolated seedlings of *Triticum aestivum* L. (cv. Harmony). Wheat seedlings germinated on wet filter paper in thermostat at 26 °C. After germination wheat seedlings were transferred into 5 cuvettes (70 × 100 mm dimensions) on two layers of filter paper and then watered with 10 ml of distilled water (control), 10 ml of saline solutions containing 0.05M NaCl and 0.1M NaCl, 10 ml of AA with 0.05M NaCl (1:1), 10 ml of AA with 0.1M NaCl (1:1) and left to grow at 26 °C for 6 days. Coleoptiles used as a model of the senescent organ, first leaves as a model of the developing organ. Roots are main vegetative organs that first contact with adverse environmental factors enshrine plants in the soil and absorb water with mineral salts.

Detection of reactive oxygen species

The content of ROS in the organs of wheat seedlings (first leaf, coleoptile and root) was determined by using H₂DCF-DA (2', 7'-dichlorofluorescein diacetate). This nonpolar compound (H₂DCF-DA) is rapidly oxidized to the highly fluorescent dichlorofluorescein form (DCF) by intracellular hydrogen peroxide and other peroxides. For the determination of the ROS content in the organs of wheat seedlings plant tissue infiltrated with a solution of H₂DCF-DA at a final concentration of 1 mM and incubated for 30 min in the darkness at 26 °C. DCF fluorescence measured in the supernatant at Fluorescence Spectrometer FLS 920 (Edinburgh instrument, UK), ROS fluorescence excitation wavelength – 480 nm, emission – 524 nm. The ROS content expressed in relative units per wet weight. ROS content was estimated by following the method of Maxwell *et al.* (1999).

All data in three replicates were analyzed statistically in the program “*Statistica 2010*”. Results presented as arithmetic means values ± standard errors. The difference was considered at $P \leq 0.05$.

Results and discussion

During the oxygen reduction to water in mitochondrial respiratory chain a small part of absorbed oxygen (about 1–3%) converted to potentially toxic ROS, such as superoxide (O₂^{•-}), hydrogen peroxide (H₂O₂), hydroxyl radicals (OH[•]) etc., but various abiotic stress factors increase ROS production to dangerous levels. In non-photosynthesizing plant cells, mitochondria are the main source of ROS production (Couée *et al.* 2006). An excessive amount of ROS contributes to damage of lipids, proteins, nucleic acids. Plants counteract the production of ROS with mechanisms for neutralizing them.

The influence of different NaCl levels (0.05M; 0.1M) on total content of ROS in first leaves has been shown on Fig. 1. The results indicated that the total ROS content in first leaves compared

to control seedlings significantly increased under different concentrations of salinity (0.05 M and 0.1 M NaCl). In our experiment the total ROS content elevated by 7% (0.05 M) but at higher salt concentration (0.1 M) by 11% in first leaves. An increase of ROS formation under salt stress was also reported by other researchers (Miller et al. 2010; Roy and Sengupta 2014). As appears from our data NaCl initiated the oxidative stress in plants, as evidenced by the increase in the intensity of free radical processes.

Therefore, an increase of the formation of ROS by chloride salinity induced membrane biochemical and functional alterations and this led to cell damage. The results clearly indicated that NaCl treatment led to an increase of ROS generation that damaged cellular structure and metabolism.

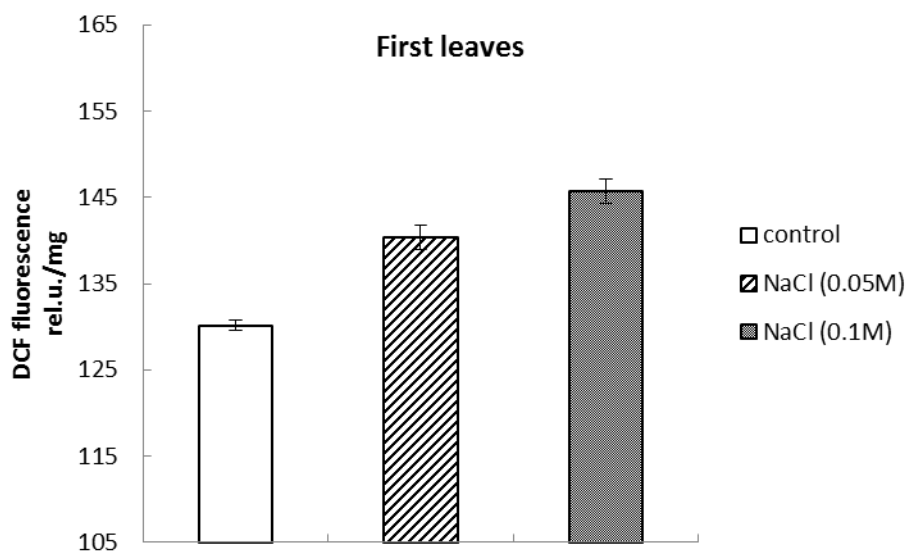


Figure 1. Effect of different salinity concentrations on total ROS content in first leaves

ROS in cells have a double function: at high concentrations they damage molecules and cause the development of programmed cell death but at low concentrations act as signaling molecules (Jabs 1998). Simultaneously was studied an inhibitor's effect on total ROS content. The (Fig. 2) shows data about the influence of AA on total ROS content in first leaves under salinity stress. The results revealed that ROS content in the presence of the cytochrome electron transport inhibitor AA at 0.05 M NaCl gradually decreased by 12% and at 0.1 M NaCl by 9% (Fig. 2).

The gradual reduction of ROS under the influence of AA considered as a realization of signal function, which allows creating defense mechanisms, including activation of antioxidant systems. Present results have indicated that in stressful conditions caused by salt stress and AA increases the activity of alternative respiration.

AA is an inhibitor that inhibits cyclic flow of electrons and also increases the activity of alternative pathway substrate oxidation, including external NADH dehydrogenases that reflected in

the decrease of mitochondrial ROS content. The present investigation revealed that AA caused significant decrease of ROS content compared with wheat seedlings, which subjected only by salinity. Also, Maxwell *et al.* (1999) reported decline of intracellular ROS production by addition of AA by 52% in cultured tobacco cells (*Nicotiana tabacum*). These results demonstrate that the activity of alternative respiration should consider as a mechanism by which plants can protect themselves from oxidative stress.

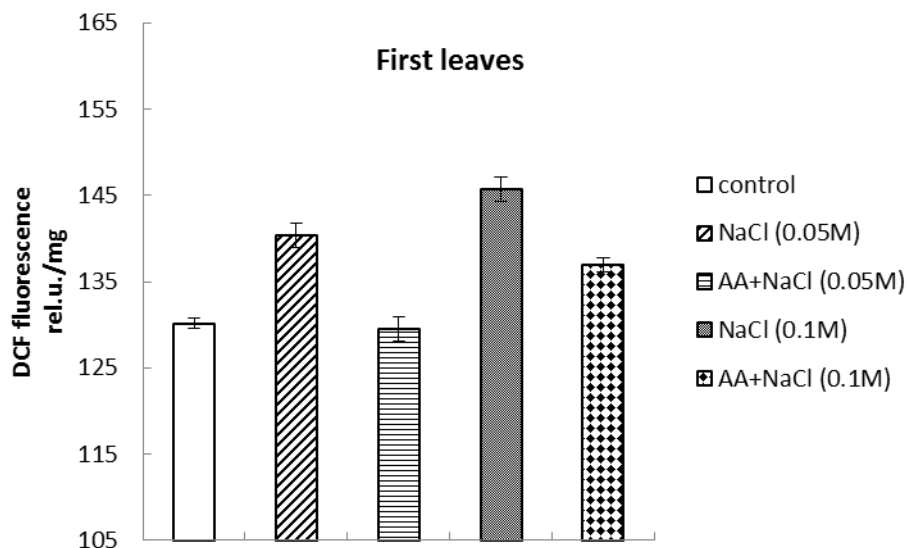


Figure 2. The effect of antimycin A on total ROS content in the presence of salt stress (NaCl) in first leaves

Coleoptiles are juvenile organs that have short period of development and finish its physiological function in process of programmed cell death (Рудашевская и др. 2009). In etiolated coleoptiles of wheat seedlings apoptosis occurs on 6-8 days (Vanyushin et al. 2004). An increase of ROS generation in cells of plants considered as one of the first signal that activates programmed cell death. They depolarize mitochondria and lead to release of cytochrome *c* in intermembrane spaces.

The total ROS increase observed in coleoptiles after exogenous NaCl treatment. According to (Fig. 3), the salt stress (0.05 M and 0.1 M NaCl) had a significant effect on ROS content. Results represented in (Fig. 3) has indicated that in coleoptiles of wheat seedlings influenced by NaCl (0.05 M) the total content of ROS increased by 8% and at the higher concentration of salt stress (0.1 M NaCl) by 23%. Probably this was related with the action of salt stress inducing oxidative stress, with general cellular metabolism slowdown and programmed cell death. The distinctive apoptosis features in coleoptiles are vacuolization of the cytoplasm, condensation of chromatin in the nucleus, internucleosomal fragmentation of nuclear DNA and others (Vanyushin et al. 2004).

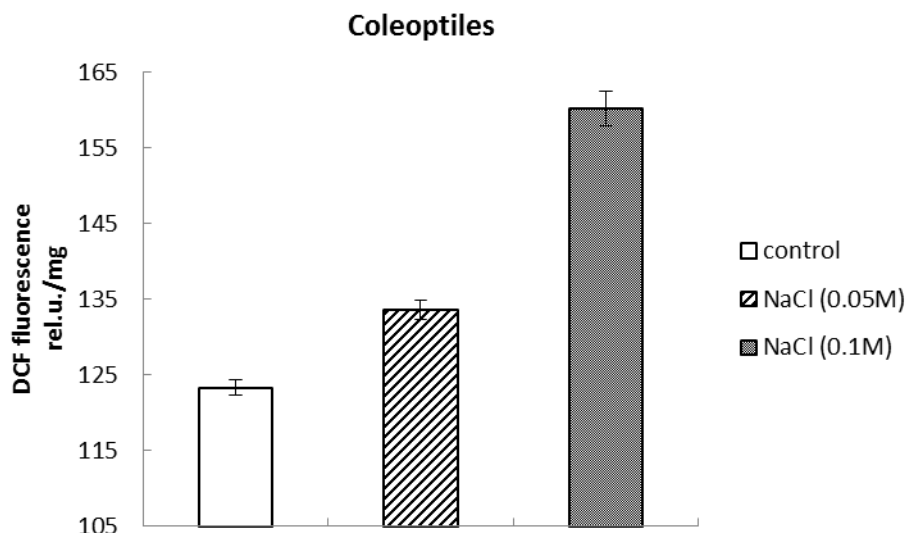


Figure 3. Effect of different salinity concentrations on total ROS content in coleoptiles

At the same time considerable decrease of ROS content was observed in the presence of AA, depending on NaCl concentrations. The (Fig. 4) shows that at this stage of ontogenesis, influenced by AA, ROS content decreased by 3% at NaCl (0.05 M) and at the high salinity treatment (0.1 M NaCl) by 21%. The result shows that this decrease relates with the activation of the mitochondrial protective systems, including increased activity of substrate oxidation alternative pathway.

An activity of alternative oxidase increased tremendously in the conditions of AA and salt stress that avoided the oxidative damage caused by ROS. Reducing of ROS may change timing and intensity of apoptosis.

Maxwell *et al.* (2002) have reported that cytochrome pathway inhibitor of electron transport (AA) induced nuclear AOX gene (*Aox1*) in cultured tobacco cells and decreased the induction of intracellular ROS accumulation. Djajanegara *et al.* (2002) have found the same result respectively in soybean suspension cells. In fact, combined action of AA and salinity effect on germination by decreasing of the respiratory chain generate of ROS.

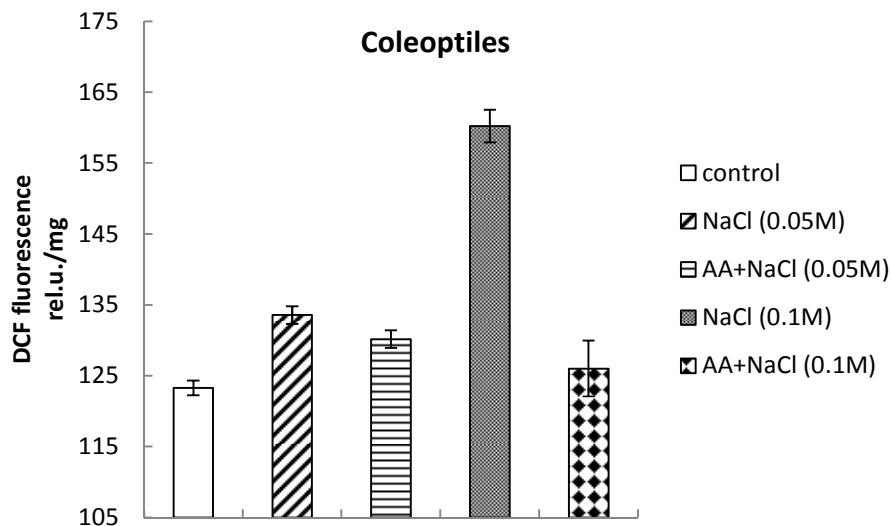


Figure 4. The effect of antimycin A on total ROS content in the presence of salt stress (NaCl) in coleoptiles

The effect of salt stress on total content of intracellular ROS in roots of wheat seedlings had shown in (Fig. 5). Our results demonstrate an increase of the total ROS content by 8% (0.05M) and by 13% (0.1 M) under the influence of salt stress. Our study showed that roots of wheat seedlings were more sensitive to NaCl treatment than first leaves and coleoptiles. The total ROS content increased in roots by 5.15% compared with first leaves and by 8.08% in comparison to coleoptiles. Perhaps, the significant increase of total ROS content in roots compared to coleoptiles and first leaves of wheat seedlings is due to the fact that roots unlike shoots are constantly in contact with H₂O. According to Miller *et al.* (2010), NaCl and salicylic acid treatments similarly induced the ROS accumulation by 14% in roots of *Arabidopsis*. Salinity damages the root hairs and zone of cell elongation that is major zones of the absorption of salt and water ingress (Бондарева и др. 2012). The damage of these zones increases the water deficit in the tissues, despite on the decline of transpiration rate. The cell damage of root hairs causes poor absorption of mineral nutrients primarily nitrogen, phosphorus and potassium. As a result, plants are starving. Salinity leads to disruption of ratio between the absorption of sodium, potassium and magnesium: intense absorption of sodium reduces the absorption of potassium and magnesium. In cells of roots reduced the membrane permeability to water and it is one of the adaptations of plants to the water regime of soil salinity. The excess salts in the soil can cause asynchronous division of meristematic cells (Бондарева и др. 2012).

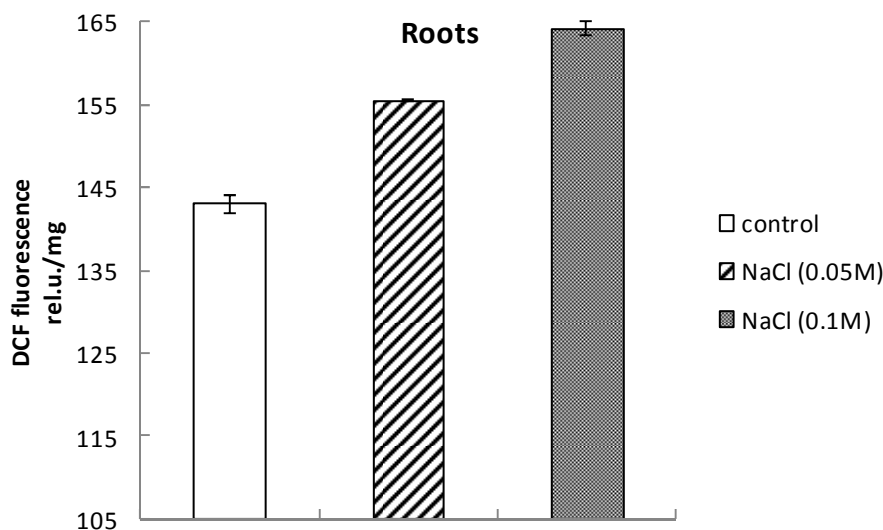


Figure 5. Effect of different salinity concentrations on total ROS content in roots

It is known, that a content of ROS is relatively constant in absence of different adverse factors. The combined presence of salt stress and AA significantly reduced the oxidative effect in roots of wheat seedlings (Fig. 6). Results demonstrate a decrease of the total ROS content by 4% under the influence of salt stress (0.05M) and AA and by 9% under combined presence of salt stress (0.1M) and AA (Fig. 6).

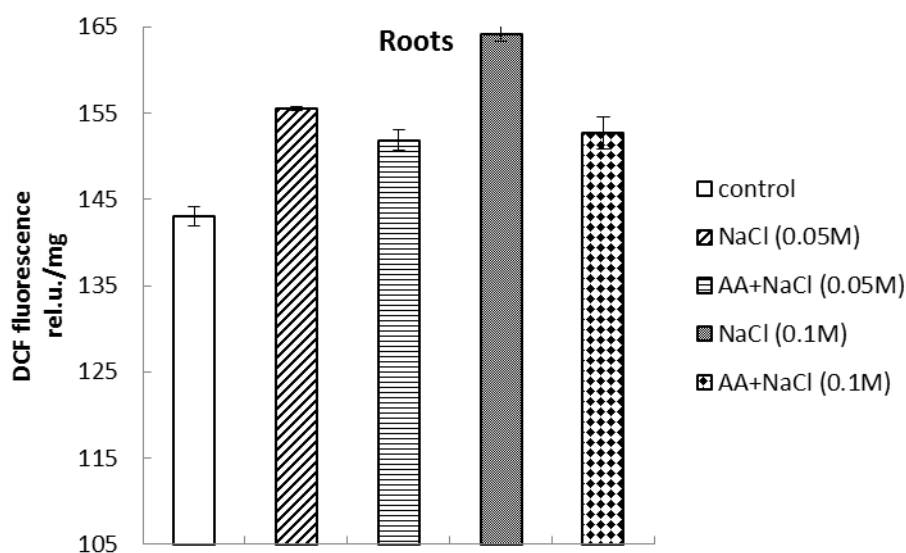


Figure 6. The effect of antimycin A on total ROS content in the presence of salt stress (NaCl) in roots

Alternative pathway respiration serves to lower ROS production. The uncoupling of oxidation and phosphorylation enhances mitochondrial respiration, reduces the time of semiquinone existence and, therefore, decreases the production of ROS by transferring electrons from

semiquinone to oxygen. NAD(P) H oxidation that do not conjugate with translocation of protons reduces recovery of redox components in mitochondrial ETC, which in turn reduces ROS generation in roots. Thus, is investigated the role of AA in roots that reduced the oxidative stress and increased antioxidant status of wheat seedlings.

Conclusions

We studied the total ROS content in the developing (first leaves), senescent (coleoptiles) organs and roots of etiolated wheat seedlings under the influence of salt stress (0.05 M; 0.1M NaCl) and evaluated the role of AA in this process. Present study demonstrated the connection between the activation of the alternative oxidase (AO) that induced AA and the generation of ROS under salt (NaCl) conditions in wheat seedlings. Results of our investigation had reported that wheat seedlings exposing to different salt concentrations had elevated levels of ROS generation and led consequently to oxidative stress in different organs of wheat seedlings. However, we found that AA in wheat seedlings effectively prevented the ability of raising the ROS substrate generation level. Considering that AA activates alternative respiration we can assume that its antioxidant role is one of the reasons for the decreasing of the respiratory chain generating ROS in plant mitochondria.

References

- Affourtit C., Krab K., Moore A. L. 2001. Control of plant mitochondria respiration. *Biochimica et Biophysica Acta* 1504: 58 – 69.
- Ali A., Basra S.M.A., Ahmad R., Wahid A. 2009. Optimizing silicon application to improve salinity tolerance in wheat. *Soil & Environ.* 28(2): 136 – 144.
- Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt V. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Annals of Botany* 91: 179 – 194.
- Borecký J., Nogueira F.T.S. de Oliveira K.A.P., Maia J.G., Vercesi A.E., Arruda P. 2006. The plant energy-dissipating mitochondrial systems: depicting the genomic structure and the expression profiles of the gene families of uncoupling protein and alternative oxidase in monocots and dicots. *Journal of Experimental Botany*, Vol.57, No 4, pp. 849 – 864.
- Couée I., Sulmon C., Gouesbet G., Amrani A.E. 2006. Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, No. 3, pp. 449 – 459.
- Djajanegara J., Finnegan P.M., Mathieu C., McCabe T., Whelan J., Day D.A. 2002. Regulation of alternative oxidase gene expression in soybean. *Plant Molecular Biology* 50:735 -742.
- Flowers T.J. 2004. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 55, No. 396, pp. 307 – 319.
- Fleury C., Mignotte B., Vayssire J.L. 2002. Mitochondrial reactive oxygen species in cell death signaling. *Biochimie* 84: 131 – 141.
- Gill S.S., Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 48: 909 – 930.
- Huang L., Cobessi D., Tung E.Y., Berry A. 2005. Binding of the respiratory chain inhibitor antimycin to the mitochondrial *bc₁* complex: a new crystal structure reveals an altered intramolecular hydrogen-bonding pattern. *J. Mol. Biol.* 351: 573 – 597.
- Jabs T. 1998. Reactive oxygen intermediates as mediators of PCD in plants and animals. *Biochem. Pharmacol.*, 57, 231 – 245.

- Maxwell D.P., Nickels R., McIntosh L. 2002. Evidence of mitochondrial involvement in the transduction of signals required for the induction of genes associated with pathogen attack and senescence. *The Plant Journal* 29 (3), pp. 269 – 279.
- Maxwell D.P., Wang Y., McIntosh L. 1999. The alternative oxidase lowers mitochondrial reactive oxygen production in plant cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Vol. 96, 8271 – 8276.
- Miller G., Suzuki N., Ciftci – Yilmaz S., Mittler R. 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses. *Plant, Cell and Environment* 33, 453 – 467.
- Mittler R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science* Vol.7 No.9:405 – 410.
- Parida A.K., Das A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60: 344 – 349.
- Pastore D., Trono D., Laus M.N., Fonzo N.D., Flagella Z. 2007. Possible plant mitochondria involvement in cell adaptation to drought stress. A case study: durum wheat mitochondria. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 58, No.2, pp. 195 – 210.
- Rhoads D.M., Umbach A.L., Subbaiah C.C., Siedow J.N. 2006. Mitochondrial reactive oxygen species. Contribution to oxidative stress and interorganellar signaling. *Plant Physiology*, Vol. 141, pp. 357 – 366.
- Roy C., Sengupta D.N., 2014. Effect of short term NaCl stress on cultivars of *S. lycopersicum*: a comparative biochemical approach. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, Vol. 10, No. 1, pp. 59 – 81.
- Shabala S., Cuin T.A. 2008. Potassium transport and plant salt tolerance. *Physiologia Plantarum* Vol. 13, Issue 4, pp. 651 – 669.
- Vanyushin B.F., Bakeeva L.E., Zamyatnina V.A., Aleksandrushkina N.I. 2004. Apoptosis in plants: specific features of plant apoptotic cells and effect of various factors and agents. *Int. Rev. Cytol.*, 233, p. 135 - 179.
- Vidal G., Ribas-Carbo M., Garmier M., Dubertret G., Rasmusson A.G., Mathieu C., Foyer C.H., Paere R.D. 2007. Lack of respiratory chain complex I impairs alternative oxidase engagement and modulates redox signaling during elicitor-induced cell death in Tobacco. *The Plant Cell*, Vol. 19:640 – 655.
- Бондарева А.О., Молдакимова Н.А. 2012. Влияние солевого стресса на злаковые растения. УДК 581.1, с. 1 – 4.
- Рудашевская Е.Л., Яковлев А.,Ю., Яковлева О.В., Шишова М.Ф. 2009. Изменение активности Н⁺-АТФазы плазмалеммы кукурузы разного возраста. *Цитология*. Том.51, №2, с. 149 – 154.

SAPROPEĻA IETEKME UZ REDĪSU (*RAPHANUS SATIVUS* L.) ATTĪSTĪBU

Sabīne Bunere, Karina Stankeviča, Māris Kļaviņš

Latvijas Universitāte, Raiņa bulvāris 19, Rīga, Latvija, LV-1586
sabine.bunere@gmail.com

Abstract

Effects of saptopel on the growth of radish (*Raphanus sativus* L.)

Intensive use of synthetic fertilizers ensures high productivity of agriculture, but may deteriorate environmental quality and reduce quality of food articles. Many countries, including Latvia, have prioritized development of organic farming and sustainable use of local resources to prevent pollution. Studies on sustainable use of local resources, lake recultivation and development of organic farming are one of the aims in Latvian Environmental Policy Strategy 2014 – 2020 and the aim of territorial planning in Latvian National Development Plan 2014 – 2020. As a priority direction of Latvia research is studies of natural resource use and development of new agricultural fertilizers to support Latvian national economy.

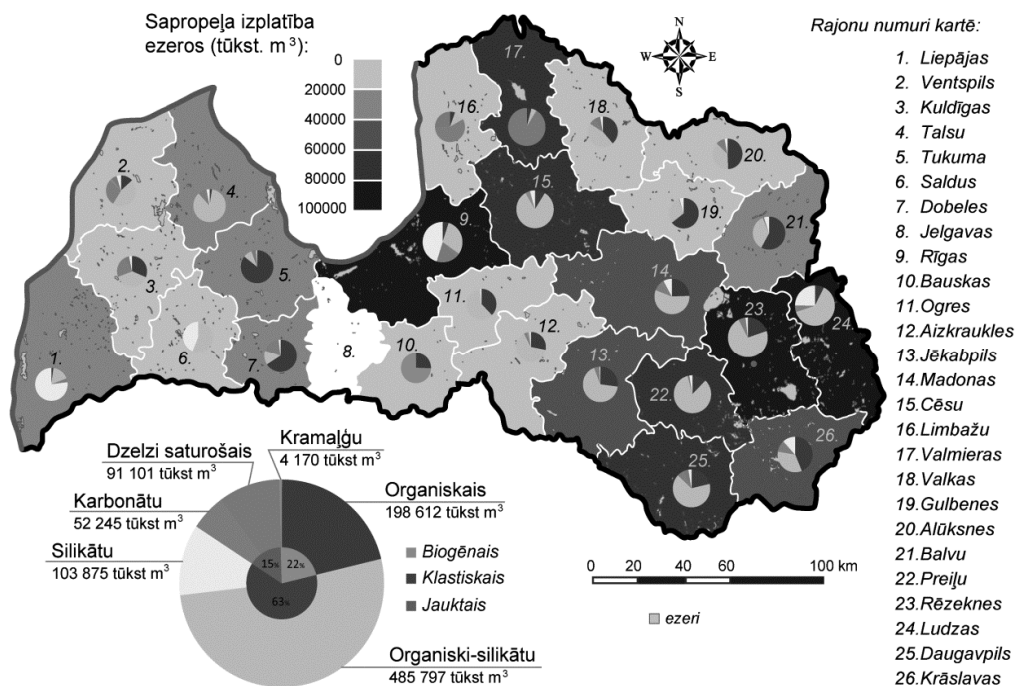
The aim of the research is to study saptopel potential use in an agriculture, testing development of radish *Raphanus sativus* L. in hydroponics in Pilveļu lake peaty saptopel top layer (0,0 – 1,0 m) solutions. Statistically best results were reached using saptopel according to humic acid concentration 5 mg/l. Exceeding concentration 5 mg/l, effect of saptopel on plants was inhibitory.

Key Words: saptopel, humic acids, radish, hydroponics.

IEVADS

Saptopelis ir daļēji atjaunojams Latvijas zemes dzīļu resurss, kas veidojas ūdenstilpēs no ūdens organismu atliekām. Visintensīvāk saptopelis veidojas seklās ūdenstilpēs (2 – 20 m) ar nelielu virsmas laukumu un vāju caurteci. Šādos apstākļos gada laikā uzkrājas vidēji 1 – 2 mm sapiropeļa (Дмитриева 2003). Tomēr sapiropeļa atradnes ir ne tikai ūdenstilpēs, bet arī kūdras purvi, jo gandrīz katrs trešais purvs ir radies aizaugot ezeram (Курцо 2007). Sapiropeļa lielāko masas daļu (~90 %) veido ūdens, kā arī dažādi minerālie komponenti, organiskie savienojumi un mikroorganismi, kuri piedalās sapiropeļa pārveidošanā.

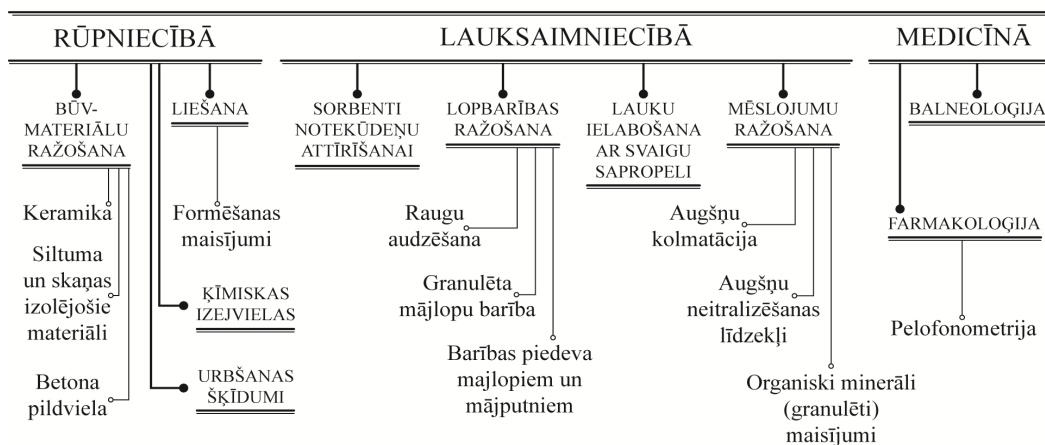
Latvijā viena no biežāk izmantotajām sapiropeļa klasifikācijām ir sapiropeļa veidu klasifikācija, kurā saptopelis tiek iedalīts atkarībā no pelnainības, mineralogiskā vai bioloģiskā sastāva, kalcijs un dzelzs oksīdiem saussnē trijos tipos: biogēnais, klastiskais un jauktais saptopelis. Savukārt, kūdrainais saptopelis ir biogēnā tipa, organogēnās klases sapiropeļa veids, kura pelnainība ir zemāka par 30 % un kura organiskās vielas vairāk par 35% veido augstākie augi (Alksnītis 1998). Latvijas kopējie sapiropeļa krājumi ezeros sastāda aptuveni 800 – 900 milj. m³ (skat. 1. att.) (Lācis 2003) un 1,5 milj. m³ purvos zem kūdras slāņa (Brakšs un Miļins 1960). Lielākais ezeru sapiropeļa atradņu skaits ir augstieņu rajonos, sevišķi Latgales augstienē: bijušajā Rēzeknes rajonā – 94,2 milj. m³, bij. Preiļu rajonā – 66,1 milj. m³ un bij. Daugavpils rajonā – 65,3 milj. m³ (Lācis 2003).



1. attēls. Sapropēja izplatība Latvijas rajonos pēc resursa daudzuma un tā tiem (Stankeviča u.c. 2014)

Sapropelīm ir daudzveidīgas izmantošanas iespējas (skat. 2. att.) – būvniecībā, medicīnā, balneoloģijā, taču visplašāk sapropeli iespējams izmantot lauksaimniecībā. Sapropēja augstu lauksaimnieciskās izmantošanas potenciālu nosaka tā humusvielu saturs. Humusvielas ir dabā bioloģiski noturīgas organiskās vielas, kas veidojas bioķīmisko procesu rezultātā, sadaloties augu un dzīvnieku atliekām (Nikodemus u.c. 2008). Sapropēja humīnskābes ir bioloģiski aktīvākas nekā humīnskābes, kas izdalītas no citiem materiāliem, piemēram, kūdras. Sevišķi daudz humīnskābju uzkrājas kūdrainajā sapropelī – aptuveni 30 – 48 % no organiskās masas (Дмитриева 2003), kas parasti veido virsējo sapropēja slāni aizaugošos ezeros (Курзо 2007).

SAPROPELIS



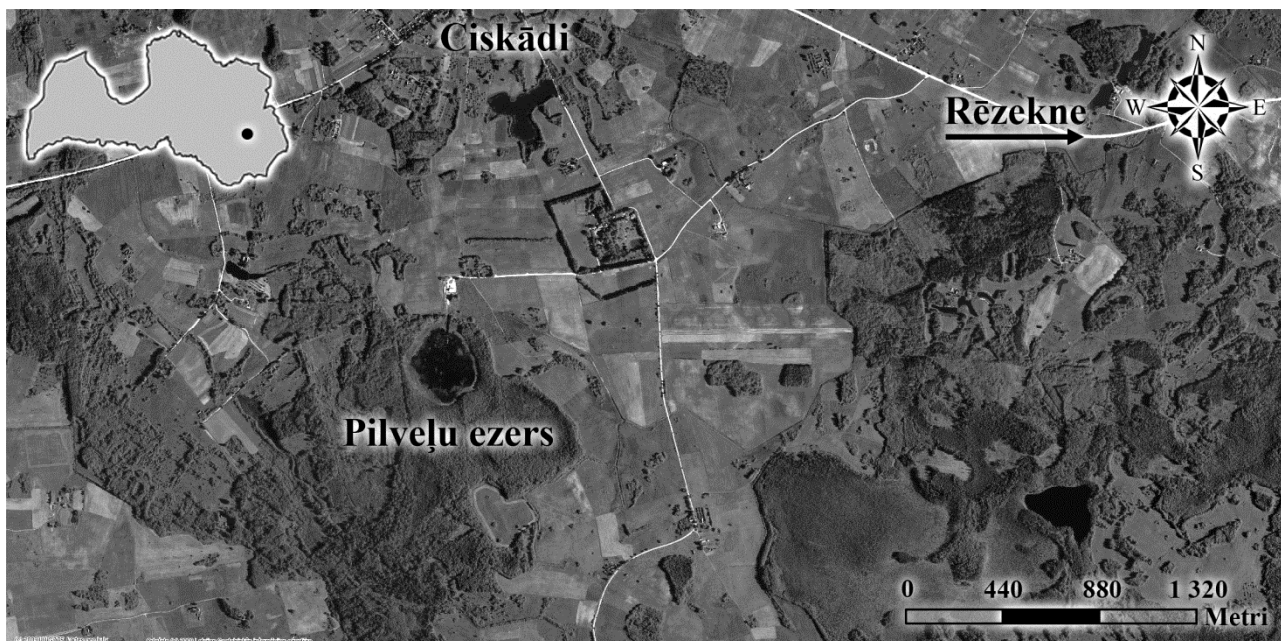
2. attēls. Sapropēja izmantošanas iespējas (Stankeviča un Kļaviņš 2013).

Latvijā sapropeļa izmantošanas iespējas lauksaimniecībā ir pētītas Bulduru Dārzkopības tehnikumā vienu sezonu 1954./1955. gadā, kad augsnes mēslošanai tika izmantots Spīgu purva sapropelis. Salīdzinot ar kūstmēsliem, Lielupes sapropelītu un augsni bez mēslojuma, Spīgu purva sapropelis uzrādīja vislabākos rezultātus – kartupeļu raža pieauga par 160 %, salīdzinot ar kontroles paraugiem, kāpostu raža par 175 %, bet burkānu raža par 140 % (Vimba 1955). Vēlāk, 1969. gadā, kolhozā „Lielaucē”, izmantojot granulētu sapropeļa mēslojumu, tika konstatēts, ka tas stimulē augu augšanu labāk nekā minerālmēslojums (miežu ražas pieaugums par 25 %, kartupeļu – par 56 %) (Бракш 1971). Valsts Priekuļu laukaugu selekcijas institūtā 2013. gadā tika pētīta sapropeļa ietekme uz kartupeļu augšanu šķirnēm „Prelma” un „Borodjanskij rozovij”. No laukiem ar sapropeļa mēslojumu tika novākti kartupeļi ar lielākiem bumbuļiem nekā no kontroles lauka (Zariņa 2014).

Pētījuma mērķis ir izpētīt redīsu attīstību hidroponikā sapropeļa šķīdumos.

MATERIĀLI UN METODES

Pētījumā tika analizēta redīsu *Raphanus sativus L.* attīstība hidroponikā Pilveļu ezera kūdrainā sapropeļa (skat. 1. tab.) šķīdumos, kas veido ezera nogulumu virsējo slāni dziļumā līdz 1 m. Pētījumā tika izmantots komerciāli iegādāts A/S „Spodrība” minerālmēslojums „Vito” (3,5 % kopējais slāpeklis, 2,4 % nitrātu slāpeklis, 1,1 % amonija slāpeklis, 2,3 % ūdenī šķīstošais fosfors, 5,0 % ūdenī šķīstošais kālijs, 0,65 % magnijs, 0,002 % bors, 0,0005 % varš, 0,08 % dzelzs, 0,01 % mangāns, 0,0002 % molibdēns, 0,003 % cinks) un komerciāli iegādātas redīsu *Raphanus sativus L.*, šķirne Cherry Belle (agrofirma „Séklos”, Lietuva), sēklas.



3. attēls. Pilveļu ezera atrašanās vieta.

Pilveļu ezers (skat. 3. att.) atrodas Rēzeknes novada Sakstagala pagasta D daļā, 1,5 km uz D no Ciskādu ciema. Ūdens virsmas laukums ir 9,9 ha, vidējais ūdens dziļums – 0,9 m. Sapropeļa iegulas krājumi sastāda 360 000 m³, vidējais sapropeļa slāņa biezums ir 4,5 m, lielākais – 7,0 m (Alksnītis 1998). Sapropeļa paraugs tika ievākts 02.07.2013, izmantojot 1 m garu kameras tipa mīksto iežu urbi un uzglabāts noslēgtā konteinerā +4°C.

1. tabula. Pilveļu ezera kūdrainā sapropeļa raksturlielumi (Bunere 2014).

Rādītājs, mērvienība		Vērtība svaigā sapropelī
	Mitruma saturs, %	95
	Organisko vielu masas daļa, %	4,6
	Karbonātu masas daļa, %	0,1
	Minerālo vielu masas daļa, %	0,5
	Aktīvais skābums, pH	6,105
	Apmaiņas skābums, pH	5,155
Biogēno elementu saturs	PO ₄ ³⁻ , µg/g	44,6
	NO ₃ ⁻ , µg/g	622,8
	NO ₂ ⁻ , µg/g	3,22
	NH ₄ ⁺ , µg/g	120,13
	HV saturs, mg/g	7,8

Humīnskābju daudzuma noteikšana

Humīnskābju daudzums svaiga sapropeļa paraugā tika noteikts, izmantojot 2 % KOH šķīdumu un 4 M HCl ar spektrometrijas metodi (Zalba et al. 1996).

Testa šķīdumu sagatavošana

Katra testā papildus šķīdumiem ar svaigu sapropeli tika testēti arī šķīdumi ar svaigu sapropeli un minerālmēslojumu „Vito”. Testā tika izmantots svaigs Pilveļu ezera kūdrainais sapropelis, kura daudzums tika izvēlēts, balstoties uz humīnskābju saturu (7,8 mg/g svaiga sapropeļa), papildus arī šķīdumu sērija ar pievienotu minerālmēslojumu 2 ml/L, atskaites šķīdumi – krāna ūdens un krāna ūdens ar minerālmēslojumu 2 ml/L (skat. 2. tab.).

2. tabula. Testā izmantoto šķīdumu sastāvs.

	Sapropeļa koncentrācija	Humīnskābju koncentrācija	Minerālmēslojums
Kontrole: ūdens	-	-	-
Kontrole: minerālmēslojums	-	-	2 ml/l
Svaiga sapropeļa suspensija	320 mg/l	2,5 mg/l	-
	641 mg/l	5 mg/l	-
	897 mg/l	7 mg/l	-
	1025 mg/l	8 mg/l	-
	320 mg/l	2,5 mg/l	2 ml/l
	641 mg/l	5 mg/l	2 ml/l
	897 mg/l	7 mg/l	2 ml/l
	1025 mg/l	8 mg/l	2 ml/l

Raphanus sativus L. audzēšana

200 redīsu sēklas pirms testa uzsākšanas tika diedzētas 7 dienas tumsā +20,5°C temperatūrā. No visiem dīgstiem tika atlasīti 100 veselīgākie, kurus, pa 10 augiem iestiprinot putuplasta plāksnēs, ievietoja 10 testa šķīdumos dārzkopības kastēs (skat. 2. tab.) (Laganowsky et al. 2009). Kastes ievietoja augšanas kamerā *KBWF 720* (BINDER, Vācija) ar programmu: 16 h 100 % apgaismojums, temperatūra +20°C un 8 h 0 % apgaismojums, temperatūra +8°C. Augi augšanas kamerā atradās 4 nedēļas. Testa šķīdumi tika mainīti 2 reizes nedēļā. Tests tika atkārtots 3 reizes.

Augu analīze

Augi tika analizēti pēc 7 rādītājiem – sakņu un lapu garums, sakņu un lapu svaigā masa un sausmasa, hlorofila koncentrācija lapās.

Saknes un lapas tika atdalītas ar skalpeli, nomērītas ar lineālu un nosvērtas. Tad tās tika ievietotas žāvskapī +105°C temperatūrā uz 4 stundām. Augu daļas tika vēlreiz nosvērtas, lai noteiktu sausmasu.

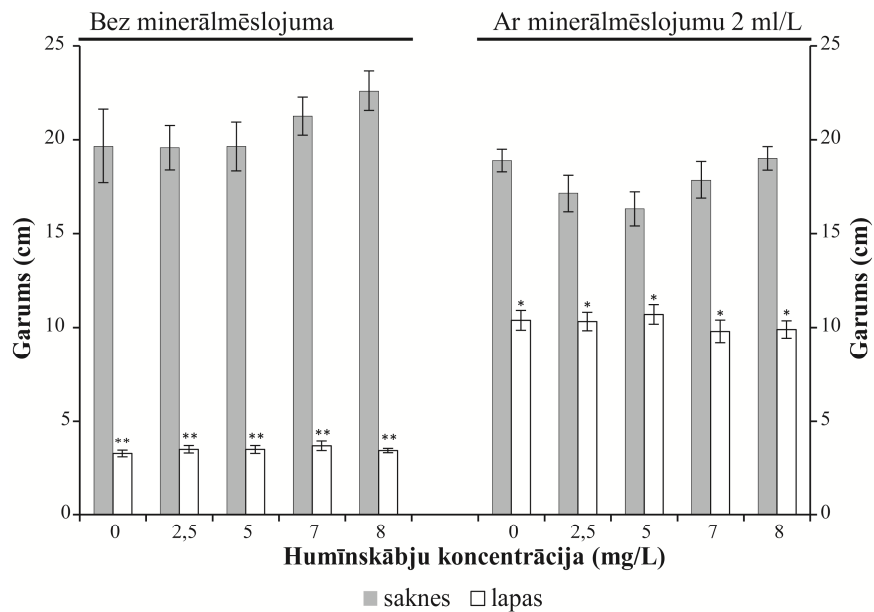
Hlorofila daudzums augu lapās tika noteikts, izmantojot hlorofila daudzuma mērītāju *SPAD 502* (Konica Minolta, UK) (Hawkins et al. 2009).

Datu statistiskā apstrāde

Datu apstrāde tika veikta ar vienfaktora dispersijas analīzi (Anova: Single Factor ($p = 0,05$)) *Microsoft® Office Excel 2007* vidē, rezultātu atšķirību būtiskums tika noteikts pēc funkcijas *FDIST*. Rezultātu atšķirības tiek uzskatītas par būtiskām, ja $FDIST < 0,05$ (Liepa 1974).

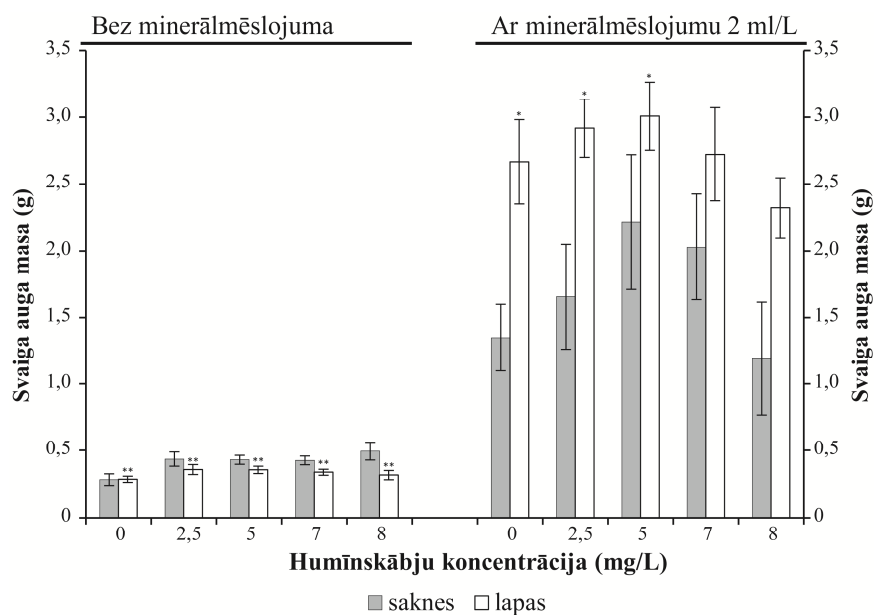
REZULTĀTI UN DISKUSIJA

4. attēlā redzams, ka visgarākās saknes attīstījās redīsiem šķīdumā ar svaigu sapropeli atbilstoši humīnskābju (HS) koncentrācijai 8 mg/L (22,6 cm). Kopumā redīsiem bez minerālmēslojuma (MM) izveidojās garākas saknes nekā redīsiem ar MM, taču atšķirība nav statistiski būtiska. Tas ir skaidrojams ar to, ka testos tika izmantots svaigs sapropelis, kas arī bez minerālmēslojuma pievienošanas satur augiem nepieciešamās barības vielas (Stankeviča 2011), kas spēj nodrošināt vienmērīgu augu attīstību visās testa grupās. Sapropēļa šķīdumā ar HS koncentrāciju 5 mg/L redīsiem attīstījās īsākas saknes abās šķīdumu grupās (attiecīgi 19,7 cm bez MM un 16,3 cm ar MM), jo barības vielu daudzums tika uzņemts pietiekamā daudzumā un saknēm nebija jāizstīdzē, meklējot barības vielas. Arī iepriekš veiktajos pētījumos, audzējot redīsus ūdens šķīdumos ar tīrām HS, kas tika izdalītas no šiem pašiem Pilveļu ezera kūdrainā sapropēļa paraugiem, HS koncentrācija 5 mg/L tika atzīta par labvēlīgāko redīsu augšanai (Bunere et al. 2013) Izmantojot sapropēļa suspensiju, lapu attīstība norisinājās vienmērīgi abu šķīdumu grupu ietvaros, kā rezultātā statistiski būtiskas atšķirības grupas ietvaros netiek novērotas, taču kopumā redīsiem attīstījās garākas lapas, pievienojot ūdens-sapropēļa suspensijai arī MM.



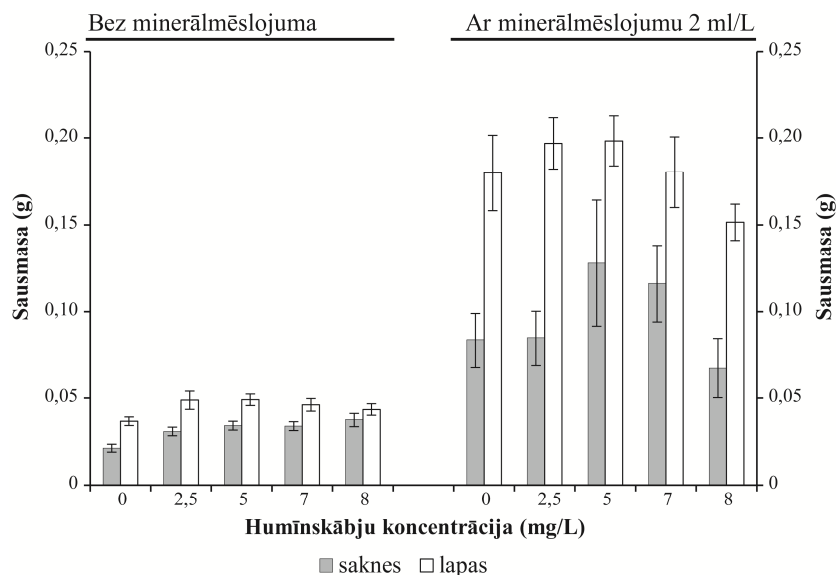
4. attēls. Redīsu sakņu un lapu garuma vidējās vērtības šķīdumos bez un ar minerālmēslojumu. (*statistiski būtiski (FDIST < 0,05 pie p = 0,05) atšķiras no kontroles: ūdens; **statistiski būtiski (FDIST < 0,05 pie p = 0,05) atšķiras no kontroles: minerālmēslojums 2 ml/l)

5. attēlā redzams, ka lielāka sakņu un lapu masa ir redīsiem šķīdumos ar pievienotu MM. Novērojama tendence, ka, HS koncentrācijai pieaugot līdz 5 mg/L, sakņu un lapu masa pieaug, taču, koncentrācijai pārsniedzot 5 mg/L, to masa samazinās. Tomēr šķīdumos ar HS koncentrāciju 5 mg/L un MM rezultāti statistiski būtiski atšķiras tikai no ūdens kontroles grupas. Šķīdumos bez MM redīsu sakņu un lapu attīstība ir salīdzinoši līdzīga un būtiski viena no otras neatšķiras.



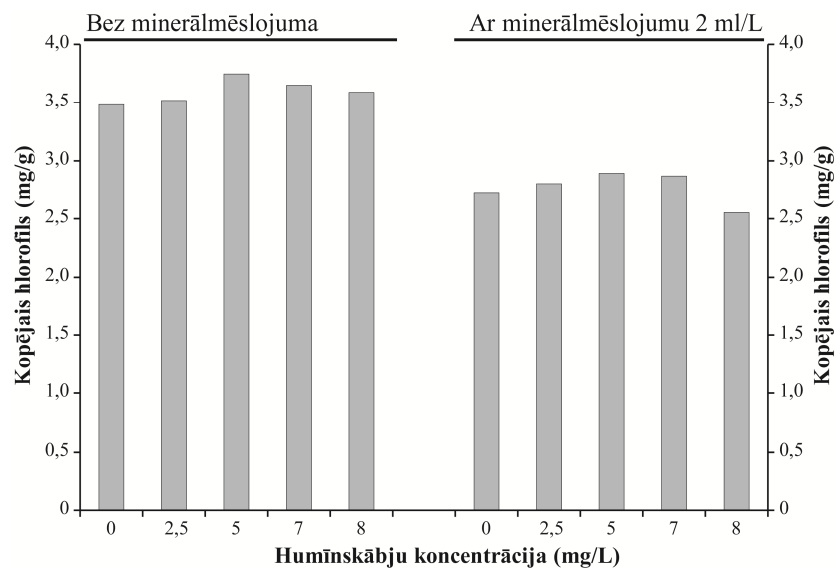
5. attēls. Svaigu redīsu sakņu un lapu masas vidējās vērtības šķīdumos bez un ar minerālmēslojumu (*statistiski būtiski (FDIST < 0,05 pie p = 0,05) atšķiras no kontroles: ūdens; **statistiski būtiski (FDIST < 0,05 pie p = 0,05) atšķiras no kontroles: minerālmēslojums 2 ml/l)

Salīdzinot redīsu sakņu un lapu sausmasas vidējās vērtības (skat. 6. att.), neviens no šķīdumiem neuzrāda statistiski būtisku atšķirību pret kādu no kontroles šķīdumiem. Tomēr kopumā šķīdumos ar MM sakņu un lapu sausmasa ir lielāka nekā sapropeļa-ūdens šķīdumos. Tendence, ka HS koncentrācijā līdz 5 mg/L redīsu attīstība uzlabojas, bet to pārsniedzot pasliktinās, saglabājas.



6. attēls. Redīsu sakņu un lapu sausmasas vidējās vērtības šķīdumos bez un ar minerālmēslojumu.

Lielāks hlorofila daudzums ir konstatēts augos, kas attīstījās bez MM (skat. 7. att.). Šķīdumos bez MM redīsiem attīstījās mazākas, tumši zaļas lapas, bet šķīdumos ar MM lapas ir lielākas un gaišākas. Lai gan atšķirības ir redzamas gan salīdzinot abas šķīdumu grupas, gan arī grupu ietvaros – abās grupās visvairāk hlorofila ir augiem no šķīduma ar HS koncentrāciju 5 mg/l – rezultāti nav uzskatāmi par statistiski būtiski atšķirīgiem.



7. attēls. Kopējā hlorofila saturs redīsu lapās vidējās vērtības šķīdumos bez un ar minerālmēslojumu.

SECINĀJUMI

Labākie statistiski ticamie rezultāti ir iegūti izmantojot sapropeļa-ūdens šķīdumus ar minerālmēslojumu. Redīsu attīstībai optimāla sapropeļa humīnskābju koncentrācija ir 5 mg/L vai 641 mg/L svaiga sapropeļa: redīsiem ir garākas lapas, lielāka svaiga masa un sausmasa, kā arī augstāks hlorofila saturs. Sapropelis var tikt pielietots kā papildus mēslojums, nevis kā patstāvīgs mēslojums, jo sapropelī esošās augiem nepieciešamās barības vielas nespēj nodrošināt pilnvērtīgu augu attīstību. Humīnskābju koncentrācijas 7 un 8 mg/L kavē augu attīstību.

PATEICĪBAS

Vēlamies izteikt pateicību LU BF dekānam Nilam Rostokam un profesoram Ģedertam Ieviņam, kā arī ESF projektam “Starpdisciplināra jauno zinātnieku grupa Latvijas purvu un to resursu izpētei, ilgtspējīgai izmantošanai un aizsardzībai 1DP/1.1.1.2.0/13/APIA/VIAA/044” par finansiālu atbalstu.

Bibliogrāfija

- Alksnītis, R. 1998. *Pārskats par ezeru sapropeļa atradņu meklēšanas darbiem Rēzeknes, Preiļu un Jēkabpils rajonos. 3. grāmata. Pārskata teksts un grafiskais pielikums*. SIA Geo-konsultants, Rīga, Valsts ģeoloģijas fonds.
- Brakšs, N., Miļins, N. 1960. Pētījumi par sapropeļa kompleksas izmantošanas iespējām ar hidrolīzes un saustvaices metodēm. *LLU raksti*. Jelgava: LLU.
- Bunere, S. 2014. Sapropeļa izmantošana augu attīstības stimulēšanai: bakalaura darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Bunere, S., Stankeviča, K., Kļaviņš, M. 2013. Effects of humic substances derived from sapropel on the growth of radish (*Raphanus sativus* L.). *International workshop „Peat humic substances and their application”*. Riga, Latvia.
- Hawkins, T.S., Gardiner, E.S., Comer, G.S. 2009. Modeling the relationship between extractable chlorophyll and SPAD-502 readings for endangered plant species research. In: *Journal for Nature Conservation*. Vol.17, pp. 123 – 127.
- Lācis, A. 2003. Sapropelis Latvijā. No: *Latvijas Universitātes 61. zinātniskā konferences tēzes*. Rīga: LU, lpp. 161. – 163.
- Laganowsky, A., Gómez, S.M., Whitelegge, J.P., Nishio, J.N. 2009. Hydroponics on a chip: Analysis of the Fe deficient *Arabidopsis* thylakoid membrane proteome. In: *Journal of Proteomics*. Vol.72(3), pp. 397 – 415.
- Liepa, I. 1974. *Biometrija*. Rīga: Zvaigzne ABC.
- Nikodemus, O., Kārklīšs, A., Kļaviņš, M., Melecis, V. 2008. *Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība*. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds.
- Stankeviča, K., Kļaviņš, M. 2013. Sapropelis un tā izmantošanas iespējas. No: *Material Science and Applied Chemistry*. Vol.29, lpp. 109. – 126.
- Stankeviča, K., Obuka, V., Rūtiņa, L., Bunere, S. 2014. Ūdenstilpju izmantošanas vides un ekonomiskie aspekti Pilveļu ezera piemērā. No: *Latvijas Universitātes 72. zinātniskā konferences tēzes*. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 481. – 483.
- Stankeviča, K. 2011. Sapropeļa īpašības un tā izmantošanas iespējas: maģistra darbs. Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.
- Vimba, B. 1955. Sapropelis kā mēslošanas līdzeklis. Npublicēti materiāli 1954/1955.
- Zalba, P., Gasparoni, J.C., Peinemann, N. 1996. A rapid method for estimating the carbon concentration of fulvic acids. In: *Communications of Soil Science and Plant Analysis*. Vol.27(1-2), pp. 1 – 5.

- Zariņa, L. 2014. *Sapropeļa efektivitāte laukaugu mēslošanā*: referāts LU 72. konferencē. Rīga, Latvijas Universitāte.
- Бракш, Н. 1971. *Сапропелевые отложения и пути их использования*. Рига: Издательство „Зинатне”.
- Дмитриева, Е. 2003. *Химический состав и биологическая активность сапропеля Белгородской области*. Диссертация. Санкт-Петербург: ТГПУ им. Л. Н. Толстого.
- Курзо, Б. 2007. *Горно-геологические условия формирования месторождений сапропеля, экологобезопасные технологии их разработки и комплексное использование сапропелевых ресурсов Беларуси*. Автореферат. Минск: Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси.

KOKU KVALITĀTES NOVĒRTĒJUMS MEŽAUDŽĒ PĒC MAŠINIZĒTAS KRĀJAS KOPŠANAS

Jānis Pētersons

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Akadēmijas iela 11, Jelgava, Latvija
j.petersons@lv.m.lv

Abstract

Assessment of the Quality of the Trees in the Forest Stand after Machine Operated Thinning

Thinnings are one of the most important factors affecting the development of high quality forest stand. This study deals with the assessment of the quality of the residual forest stands after performing thinning operations with harvester-type machines. The research presents the evaluation of the quality and location uniformity of the residual trees of a thinned forest stand. The uniformity of location of the residual trees was assessed as the stand's thickness at different distances from the strip roads. The tree quality indicators of the residual stand were assessed separately distinguishing: mechanically damaged trees (trunk and root damage as a result of mechanized logging), trees with trunk defects, trees with crown defects, dry trees and healthy trees. The results of the research show that the stands were thinned non-uniformly, since the stand had a smaller basal area closer to the strip roads, but away from technological corridors the stands became denser. From the silvicultural point of view the stands should be thinned uniformly in all areas regardless of the distance from strip roads, however the specifics of machined thinning operations, inaccessibility of trees and sometimes hastiness of operators result in the improper distribution of trees across the stand. As a result of the research a qualitative distribution of the residual trees was obtained: healthy trees - 88.6%, trees with mechanical damages - 4.2%, trees with trunk defects - 3.0%, trees with crown defects - 2.7%, dry trees - 1.5%. From the results obtained it should be concluded that the distribution of trees in the residual stands of the researched felling areas is allowable and complies with the thinning regulations in Latvia.

Key Words: thinning, harvester, tree quality, forest stand density.

Ievads

Mežs kā ekoloģiska sistēma savā attīstības ciklā iziet vairākus etapus. Viens no būtiskākajiem ir vidējā vecuma etaps, kad jaunā mežaudze pārtop pieaugušā mežā. Vēsturiski ilgi valdīja uzskats, ka šajā laikā mežaudzes augšana ir pašpietiekama un cilvēka līdzdalība šajā procesā nav nepieciešama. Daži mežkopji gan ieteica vairākus priekšlikumus, piemēram, veidot mežaudzes, pielietojot ciršanas paņēmienus, tomēr dominēja viedoklis, ka koku izciršana pirms cirtmeta nav vajadzīga. Ar laiku uzskati par mežkopību mainījās, un tika atzīts, ka, pielietojot kopšanas cirtes, var sekmīgi veidot mežu un iegūt arī papildus koksni tautsaimniecības vajadzībām. Krājas kopšana veicina koku kvalitātes uzlabošanos, nodrošinot tiem plašāku augšanas telpu. Krājas kopšanas mērķis – gūt maksimālus ienākumus no meža audzēšanas. Krājas kopšanas cirtēs izvācami nevēlamo sugu koki, tāpat galvenās sugas slimie, bojātie un nomāktie, mazvērtīgie starpaudzes koki un, ja normatīvi pieļauj, arī koki no galvenās audzes (Bušs 1981).

Paralēli mašinizācijas ieviešanai mežizstrādes darbos, aizsākās meža mašīnu pielietošanu ietekmējošo faktoru izpēte. Galvenās izmantošanas cirtēs mašinizētās tehnoloģijas uzdevums ir nodrošināt ātru un efektīvu izcērtamo koku apstrādi un tehnikas pārvietošanos apgrūtinātajos braukšanas apstākļos. Savukārt, izdarot kopšanas cirtes, ir īpaši svarīgi, lai paliekošā audzes daļa būtu vesela, novēršot iespējamus augsnes, kā arī atstājamo koku stumbru un sakņu bojājumus, tādā veidā radot optimālus augšanas apstākļus mērķa audzes turpmākajai attīstībai (AS Latvijas valsts meži 2008).

Latvijā krājas kopšanas ciršu izstrādei pielieto sortimentu tehnoloģiju, kuras pamatā ir trīs darba operāciju komplekss: sagatavošana, pievešana un izvešana. Koksnes sagatavošanai Latvijā izmanto motorzāģus vai harvesterus, kombināciju procesors + motorzāģi praktiski nelieto. Atkarībā no tā, kādas mašīnu kopas tiek izmantotas, krājas kopšanas ciršu izstrāde iedalāma: mašinizētā izstrādē (sagatavošanu veic harvesters, pievešanu – forvarders) un mehanizētā izstrādē (sagatavošanu veic ar motorzāģiem, pievešanu – ar forvarderu) (Saliņš 1997).

No mežkopības viedokļa īpaši nozīmīga, izdarot krājas kopšanas cirti, ir harvestera operatoru darba kvalitāte, no kā atkarīga arī audžu veselība un ražīgums. Tieši viņš izvēlas izvācamos un nākotnes kokus, izvērtējot situāciju katrā konkrētajā audzē. Turklāt tas izdarāms īsā laika sprīdī, dažkārt pat sevišķi apgrūtināšos apstākļos, kad plosās negaiss, zibeņo, pastiprināti līst, kā arī diennakts tumšajā laikā un kad koku vainagos sakrājušies bieza sniega kārtā u.t.t. Tādēļ harvestera operatoram jāapgūst nepieciešamās zināšanas mežkopībā, lai, izmantojot audzes modeļus, viņš varētu noteikt optimālo robežu, līdz kurai pieļaujama konkrētās audzes šķērslaukuma samazināšana.

Darba mērķis: mašinizēti izkoptajā mežaudzē novērtēt atstāto koku izvietojuma vienmērīgumu un atstāto koku kvalitāti.

Materiāls un metodika

Pētījumā izmantotie dati ievākti laikā no 2008. gada līdz 2010. gadam. Informācija pētījumu pamatbāzei iegūta 12 dažādās krājas kopšanas cismās, AS “Latvijas valsts meži” Zemgales un Vidusdaugavas mežsaimniecību teritorijā, kur ierīkotas 660 parauglaukumu kopas. Izmēģinājumos izmantoti 3 Latvijā populārāko marku un modeļu kopšanas ciršu harvesteri: John Deere 1070, Ponsse Beaver un Valmet 901.4. (skat. 1. tab.).

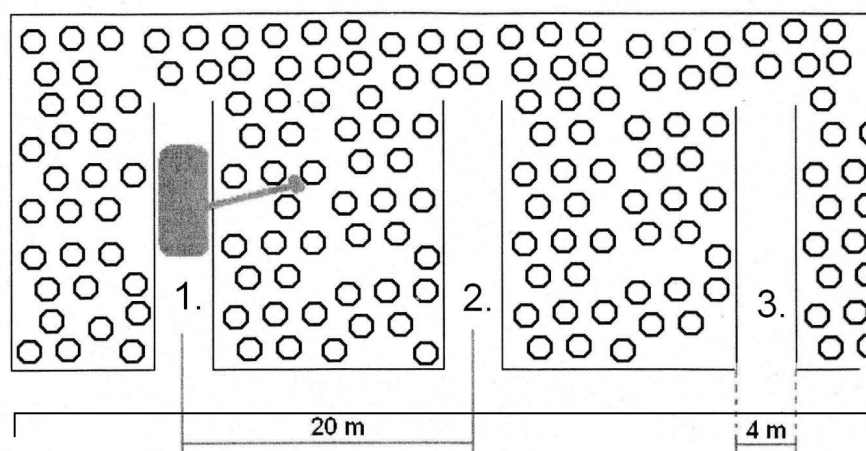
1. tabula. Pētījuma objekti

Nr.p.k.	Iecirknis	Kvartāls	Nogabals(i)	Platība, ha	Sastāvs	Koku augstums, m <i>Tree height, m</i>	Meža tipi	Harvestera marka, modelis
1	Klīves	134	10;11;13	12.7	10P	20	Ln	John Deere 1070d
2	Engures	287	2;3;5;16; 21;22	11.4	5E5B	20	Dm;Vr	John Deere 1070d
3	Tērvetes	245	4	1.8	8P2B	19	Ln	John Deere 1070d
4	Skaistkalnes	408	11;15	1.6	10E	15	Dm	John Deere 1070d
5	Skaistkalnes	389	19	2.1	10P	16	Dm	Ponsse Beaver
6	Skaistkalnes	386	6	1.4	10P	20	Ln	Ponsse Beaver
7	Engures	552	4	3.1	8P2E	19	Dm	John Deere 1070d
8	Engures	118	5	1.2	7E3B	17	As	Ponsse Beaver
9	Vecumnieku	108	7;8;9	6.1	8P2E	15	Mr	Ponsse Beaver

Nr.p.k.	Iecirknis	Kvartāls	Nogabals(i)	Platība,ha	Sastāvs	Koku augstums,m <i>Tree height,m</i>	Meža tipi	Harvestera marka, modelis
10	Misas	111	17	5.3	8E1B1Ma	18	Dm	Valmet 901.4
11	Līvbērzes	13	1	12.2	10P	23	Dm	John Deere 1070d
12	Tērvetes	125	4	4.8	10E	20	Vr	John Deere 1070d

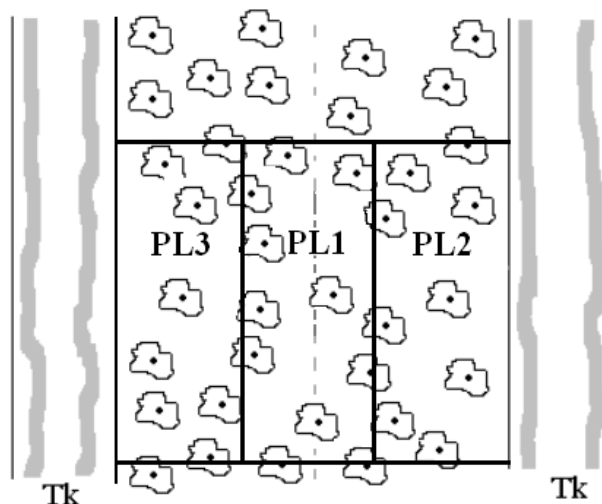
Visās pētāmajās cirmās koku izvietojums ir izkliedēts. Audzes, kur koki izvietoti rindās, šajā darbā nav pētītas. 1. tabulā redzams, ka pārsvarā visas izraudzītās cirmsas atrodas sausieņu mežu tipos. Tas darīts ar nolūku, lai izslēgtu dažādus blakus faktorus, kas varētu ietekmēt harvesteru darbu izmēģinājumos un līdz ar to arī pētījuma rezultātus.

Pirms izstrādes katra cirma tika rūpīgi sagatavota. Vispirms pēc tradicionālās shēmas iezīmēti tehnoloģiskie koridori – 20 m starp tehnoloģisko koridoru centriem, tehnoloģisko koridoru platums - 4.0 m. Lai izpēti veiktu racionāli, visu izvēlēto 12 cirsma konfigurācija ir taisnstūrveida, kas vienkāršo atsevišķu izmēģinājumu veikšanu. Cirmsas shēma un tehnoloģisko koridoru izstrādes secība skatāma 1. attēlā.



1. attēls. Tehnoloģisko koridoru izstrādes secība izmēģinājumu cirmās

Pēc šāda veida cirsma izstrādes izkoptajā audzē ierīkoti taisnstūrveida parauglaukumi; katra platība 100 m² (skat. 2. att.): divi malējie – PL2, PL3 un centrālais parauglaukums, kas atrodas pusslejas vidusdaļā – PL1.



2. attēls. Parauglaukumu izvietojuma shēma

Visās pētījumā iekļautajās cirsmais parauglaukumi un tehnoloģiskie koridori ierīkoti tā, lai parauglaukums PL3 atrastos tajā pusslejā, kuru harvesters izstrādā uz nekoptās audzes pusi, turpretī parauglaukums PL2 – pusslejā, kuru izstrādā uz izkoptās audzes pusi.

Veidojot parauglaukumus, mežaudzes sleja starp tehnoloģiskajiem koridoriem sadalīta trīs vienādās daļās. Pārsvārā slejas platums ir 16.0 m, un līdz ar to katra parauglaukuma malas garums – 5.3 m. Lai parauglaukuma platība sastādītu 100 m², otras malas garums ir 18.87 m. Ja kādā no cirsmas parauglaukuma vietām slejas platums ir lielāks vai arī mazāks, tad attiecīgi rindas malas garums noteikts tāds, lai katra parauglaukuma platība visos gadījumos būtu 100 m². Parauglaukumi katrā cirsma izvietoti tādā veidā, lai varētu apsekot 40–50% no cirsmu platības, bet cirsma, kuru platība pārsniedz 5.0 ha (1.; 2.; 9.; 10. un 11. objekts), šādi parauglaukumi aizņemtu 20% no cirsmas kopplatības. Kopumā ierīkoti 660 parauglaukumi. Katrā parauglaukumā pēc cirsmas izstrādes tika noteikts atstāto koku skaits, kas pārrēķināts uz hektāra (koku biezums). Vienlaicīgi ar biežuma novērtēšanu cirsmu parauglaukumos, izvērtēti paliekošās audzes koku kvalitātes rādītāji, atsevišķi nodalot:

- mehāniski bojātos kokus (stumbra un sakņu bojājumi mašīnizētās mežizstrādes rezultātā);
- kokus ar nepilnīgu stumbra formu;
- kokus ar vainaga defektiem, kas izveidojušies augšanas laikā;
- sausos kokus;
- veselos, nebojātos kokus.

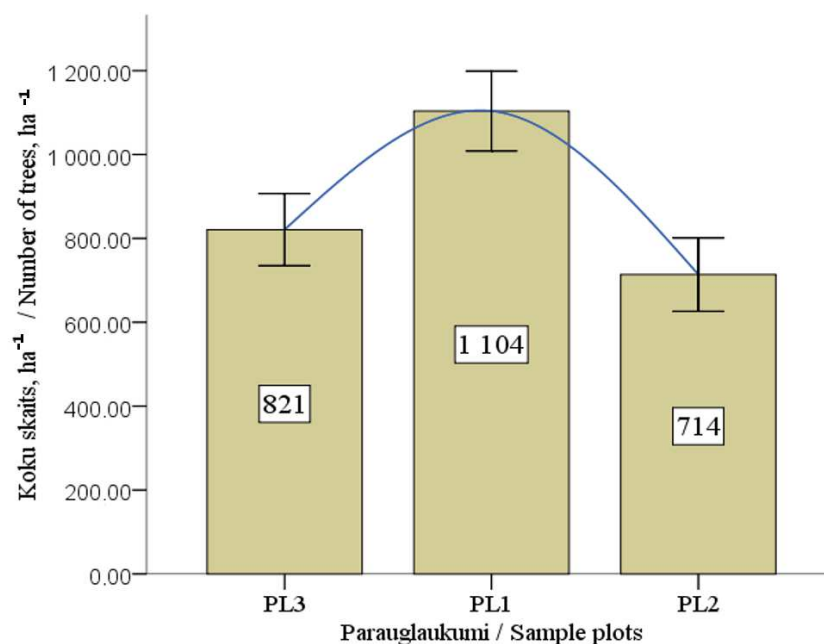
Šādi koki uzskaitīti katras cirsmas parauglaukumos, procentuāli aprēķināts audzē paliekošo, nekvalitatīvo koku daudzums un izdarīts to sadalījums pa vainu veidiem. Pēc tam iegūtie dati ievadīti datorprogrammā SPSS 17, kur tie tika statistiski apstrādāti izmantojot T - testu.

Rezultāti un diskusija.

Veicot gradācijas klašu salīdzinājumu (skat. 2. tab.), konstatēts, ka būtiskas izkopto audžu biezuma atšķirības ir starp abiem malējiem (PL3 un PL2) un centrālo (PL1) audžu parauglaukumu, ko uzrāda arī 3. attēla ticamības intervāli.

2. tabula. Izkoptajā audzē atstājamo koku skaita salīdzinājums (T-tests)

Parauglaukumu grupas	t	Standartnovirze	Standartklūda	Vidējais	95% ticamības intervāls	
					Zemākais	Augstākais
PL3	20.994	135.443	39.099	821	734.777	906.889
PL1	25.550	149.658	43.203	1104	1008.745	1198.922
PL2	17.938	137.850	39.794	714	626.248	801.419



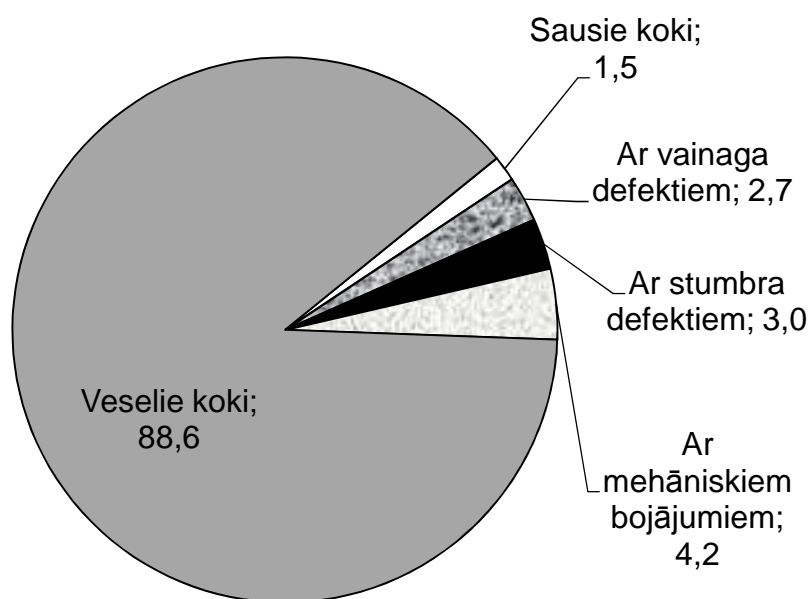
3. attēls. Izkoptās audzes nevienmērīgums attiecībā pret tehnoloģiskajiem koridoriem

3. attēlā redzams, ka dažādi izvācamo koku aizsniedzamības apstākļi ir par iemeslu tam, ka mežaudzes slejas vidusdaļā - starp tehnoloģiskajiem koridoriem turpmākai augšanai atstāti būtiski vairāk koku nekā slejas malās blakus tehnoloģiskajam koridoram. Tādējādi mežaudze ir izkopta nevienmērīgi, galvenokārt koku neaizsniedzamības, mašinizētās kopšanas tehnoloģijas nepilnību un, dažkārt, operatora paviršības dēļ.

Rezultāti par audzē atstāto koku kvalitāti redzami 3. tabulā un 4. attēla diagrammā.

3. tabula. Paliekošās audzes koku kvalitatīvais sadalījums pa cirmsmām

Koku kvalitātes raksturojums	Vidēji %	Atbilstošo koku sadalījums pa cirmsmām, %											
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Sausie koki	1.5	2.3	2	0.8	2.4	0.7	0.6	0.9	1.7	1.1	3.8	0.2	1.7
Ar vainaga defektiem	2.7	2.5	2.1	3.9	0.9	4	3.4	3.1	2.1	1.8	2.2	3.1	3.4
Ar stumbra defektiem	3	2.1	3.4	1.4	4.6	2.7	2.1	3.3	4	5.1	1.8	2	3.9
Ar mehāniskiem bojājumiem	4.2	4.9	3.8	5.7	3.6	4.2	2.8	6.4	3.9	2.9	3.7	4.3	4.1
Vesēlie koki	88.6	88	89	88	89	88	91	86	88	89	89	90	87
Kopā	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



4. attēls. Paliekošās audzes koku sadalījums pēc to kvalitātes

AS "LVM" izstrādātās kvalitātes prasības krājas kopšanas cirtēm nosaka, ka pēc krājas kopšanas cirtes bojāto koku īpatsvars nedrīkst pārsniegt 5% no paliekošo koku skaita. Apskatot 3. tabulas datus, redzams, ka šis kritērijs ir pārsniegts tikai divās no divpadsmit cirmsmām, tātad var pieņemt, ka vidēji šis rādītājs ir normas robežās.

Paliekošie koki ar neviendabīgu stumbra formu vai vainaga defektiem parasti novērtējami vizuāli, pēc tam aprēķinot, cik tādu koku ir uz hektāra vai nosakot procentuāli. Slikta stumbra forma attiecināma uz kokiem, kuru stumbri ir izteikti līki – vienpusīgā vai daudzpusīgā līkumainība. Savukārt biežāk sastopamie stumbru defekti ir saussāni un mizas ieaugumi, ko izraisījuši dzīvnieku bojājumi, retāk koku slimības – vēzis. Vērtējot atstāto koku stumbrus, jānoskaidro, cik koku ar stumbra formu defektiem audzē bijis pirms kopšanas un palicis pēc kopšanas. Bieži praksē

vērojama situācija, ka pat 2/3 no audzes kokiem ir ar sliktu stumbra formu. Šajā gadījumā nav iespējams visus šādus kokus izvākt, jo tad audze būtu pārāk izretināta un tiktu pārkāpti kopšanas nosacījumi.

Audzes sausie koki ir atmiruši, un to augšana ir apstājusies, tādēļ izkoptajās audzes daļās šādi koki nav atstājami. Tomēr harvesteru operatori, strādājot diennakts tumšajā laikā, bieži tos neievēro.

Pēdējā laikā Latvijas mežkopībā aktuāla ir tendence - jau krājas kopšanas cirtē izraudzīt saglabājamus ekoloģiskos kokus. Tas notiek arī AS "LVM" apsaimniekotajos mežos, un par to ir informēti arī harvesteru operatori. Šādi atsevišķi zaraini, ar īpatnējām stumbra un vainaga formām mežaudzē saglabāti ekoloģiskie koki var daļēji ietekmēt pētījuma rezultātus.

Ņemot vērā iepriekš teikto un apskatot 4. attēlā paliekošās audzes koku sadalījumu pēc to kvalitātes, secināms, ka šajās cirmās tāds tas ir pieļaujams un atbilst Latvijā pieņemtajiem krājas kopšanas ciršu izpildes nosacījumiem.

Secinājumi

1. Atšķirīgie izvācamo koku aizsniedzamības apstākļi ir par iemeslu tam, ka mežaudzes slejas vidusdaļā - starp tehnoloģiskajiem koridoriem - turpmākai augšanai tiek atstāts būtiski lielāks skaits koku (no 15% līdz 35%), nekā slejas malās, blakus tehnoloģiskajam koridoram. Tādējādi mežaudzes tiek izkoptas nevienmērīgi.
2. Harvesteru operatori, strādājot mežaudzes tehnoloģiskajā koridorā, abas piegulošās pusslejas saredz atšķirīgi: pussleja, kas atrodas blakus izstrādātajai audzes daļai tiek izkopta intensīvāk nekā pussleja virzienā uz neizstrādātās audzes pusi, taču šīs atšķirības nav būtiskas.
3. Izpētes cirmās paliekošās audzes koku kvalitātes izvērtējums pēc attiecīgajiem rādītājiem atbilst krājas kopšanas ciršu izpildes nosacījumiem Latvijā.

Bibliogrāfija

- AS Latvijas valsts meži 2008. *Kopšanas ciršu rokasgrāmata*. Rīga, 108 lpp.
Bušs K. 1981. *Meža ekoloģija un tipoloģija*. Rīga. Zinātne. 66 lpp.
Saliņš Z. 1997. *Mežizstrādes tehnoloģija*. Jelgava : LLU, 78 lpp.

EFFECTS OF ALPHA - LACTALBUMIN (α - LA) GENETIC VARIANTS ON MILK PRODUCTIVITY

Dace Smiltina¹, Andris Balins², Ziedonis Grislis³, Rita Sarma⁴

¹Laboratory of the Molecular Genetic Researches, Faculty of Agriculture, Latvia University of Agriculture (LUA) Latvia Academy of Agricultural and Forest Sciences, Strazdu Street 1, Latvia, LV-3004, dace.smiltina@yahoo.co.uk / dace.smiltina@llu.lv

²Laboratory of the Molecular Genetic Researches, Faculty of Agriculture, Latvia University of Agriculture (LUA), Strazdu Street 1, Latvia, LV-3004, balins.andris@inbox.lv

³Institute of Agrobiotechnology, Faculty of Agriculture, Latvia University of Agriculture (LUA), Liela Street 2, Latvia, LV-3001, lizg@llu.lv

⁴Faculty of Agriculture, Latvia University of Agriculture (LUA), Liela Street 2, Latvia, LV-3001, dr.rita.sarma@gmail.com

Abstract

The aim is to the identification of α – lactalbumin gene (*LAA*) polymorphism and to analysis of the genotype structure in population of Latvian dairy cows, and also to the determinations of the effects of *LAA* genetic variants on milk production traits. Blood and sperm cells samples of 168 living individuals of 6 different breeds from Latvian dairy farms and representing different ages were genotyped, resulting in 0.0417 – 0.2927 frequency of A allele and in 0.7073 – 0.9583 frequency of B allele according of the each breed. Genotypes of *LAA* were determined by Polymerase Chain Reaction and Restriction Fragment Length Polymorphism (PCR – RFLP) analysis of several dairy cattle breeds in Latvia. In our research the PCR products were digested with the restriction enzyme *MnII*. We did not distinguish *LAA* genotype AA in any breed of our research. The discovery of α – lactalbumin allele A in Latvian dairy cows' population is critical in the content of genetic resources (Latvian Brown and Latvian Blue) preservation. In our research we also stated that *LAA* genetic variants A and B did not show the statistical significant increase of a yield of the milk and also did not upraise statistically significantly a percentage and a yield of the milk fat or percentage and yield of the milk protein..

Key Words: dairy cows, α – lactalbumin, polymorphism, milk productivity

Kopsavilkums

Govju alfa - laktalbumīna (α -LA) ģenētisko variantu ietekme uz piena produktivitāti

Pētījuma mērķis ir α – laktalbumīna gēna (*LAA*) polimorfisma identificēšana un slaucamo govju populācijas genotipu struktūras analīzi Latvijā, kā arī *LAA* ģenētisko variantu ietekmi uz piena produktivitātes rādītājiem, veicot pētījumu Latvijas Lauksaimniecības universitātes (LLU) Lauksaimniecības fakultātes (LF) Molekulārās ģenētikas pētījumu laboratorijā (MGPL). Mūsu pētījumā izmantojām 168 asins un spermas šūnu paraugus no 6 dažādām slaucamo govju šķirnēm Latvijā, pārstāvējot dažāda vecuma dzīvniekus, nosakot *LAA* genotipus, kur alēles A frekvence fiksēta robežās no 0.0417 – 0.2927 un alēles B frekvence 0.7073 – 0.9583, atkarībā no šķirnes. *LAA* genotipus noteicām ar polimerāzes ķēdes reakcijas un restrikcijas fragmentu garumu polimorfisma (PCR – RFLP) analīzi vairākām slaucamo govju šķirnēm Latvijā. Polimerāzes ķēdes reakcijas produktiem izmantojām restrikcijas enzīmu *MnII*. Pētījumā nevienam pētāmajam objektam neizdalījās *LAA* genotips AA. Mūsu pētījumā konstatējām, ka *LAA* ģenētiskie varianti A un B nepaaugstina statistiski būtiski piena izslaukumu, nepalielina statistiski būtiski piena proteīnu (% , kg) un arī piena taukus (% , kg) .

Atslēgvārdi: slaucamās govīs, α – laktalbumīns, polimorfisms, piena produktivitāte

Introduction

More than 95% of proteins contained in ruminants' milk are coded by 6 structural genes, now well characterised (Martin et al. 2002). A recent revision of milk protein nomenclature (Farrell et al. 2004) indicates the 8 α_{s1} -casein, 4 α_{s2} - casein, 12 β - casein, 11 κ - casein, 11 β - lactoglobulin, and 3 α - lactalbumin variants within the cattle species. Originally the ancestral alleles of caseins were α_{s1} -casein C, α_{s2} – casein A, β – casein A2, κ – casein A, but from whey proteins, genes of the common ancestor were α – lactalbumin B and β – lactoglobulin B, and those still predominant in *Bos indicus* while very important shifts have occurred in *Bos Taurus*.

α – lactalbumin (α - LA) is a multifunctional protein synthesized in the mammary gland, and its immunological properties have modestly tested (Clare et al. 2003). *LAA* gene occurs in cattle on the BTA 5 q21 chromosome (Hayes et al. 1993) and exposes linkage with the lysozyme gene located in the q23 band of the same chromosome (Irwin et al. 1992). It consist of four exons and 3 introns. The complete amino acid sequences of α – lactalbumin alleles A and B were determinate by the group of a scientist Brew (Brew et al. 1970). It is a single chain polypeptide of 123 amino acid residues, a recent revision of the milk protein nomenclature (Farrell et al. 2004: 1645) indicates 3 variants (A, B and C) of α - lactalbumin within the cattle species, well characterised (Formaggioni et al. 1999). Allele A differs from B by a single substitution of glutamine (Gln) for arginine (Arg) at position 10 of *LAA*. *LAA* was found to be polymorphic in Zebu populations investigated, allele B being always predominant over allele A. *LAA* appears to be monomorphic in northern European breeds, while allele A is present in African *Taurine* populations and in breeds of southern Europe (Mahe et al. 1999). The frequency criterion designates *LAA* allele B as the original variant of the genus *Bos* (Caroli et al. 2009), but when the amino acid residue at position 10 of *LAA* alleles A and B are compare, allele B, with arginine (Arg), is identical to *LAA* of the Italian water buffalo, *Bubalus arnee* (Addeo et al. 1976) and of the Bali cattle *Bos javanicus* (Bell et al. 1981) while allele A of *LAA*, with glutamine (Gln), is identical with sheep and goat proteins (McGillivray et al. 1979; Gaye et al. 1987). The age of heifers at first calving is related to the variant of α – lactalbumin, β – lactoglobulin (*LGB*) and κ – casein (*CSN3*) (Jairam, Nair 1983), because heifers of *LAA* genotype BB, *LGB* genotype AB and *CSN3* genotype AB are younger than heifers with other genotypes at the start of first lactation. Keeping in view the importance of milk quality in the economy of Latvia husbandry and to study the genetic variability among dairy breeds, our study was to identify the occurrence of polymorphism at α – lactalbumin locus in breeds. Molecular genetics research in animal production began only in recent years, with LUA Molecular Genetics Research Laboratory's development. Gene assisted selection could help us to analyze and to implement new standards for dairy livestock breeding to improve the productivity of cows, average milk yield, protein quantity, protein content of the total amount and quality in dairy farming of Latvia. This research is a novelty in population of dairy cows in Latvia.

Materials and Methods

Cows were chosen at random from each herd in Latvia. The blood was taken from the jugular vein, and was collected in K₂ - EDTA coated sterile vacutainers, and stored at - 20 °C until used for DNA extraction. Samples of sperma we got from the Sigulda Station of Breeding and Artificial Insemination (Sigulda CMAS) of Latvia. The research has done in the Laboratory of Molecular Genetic Researches of Faculty of Agriculture of LUA (Latvia University of Agriculture) in Jelgava (Latvia).

DNA was extracted using the modified PUREGENE[®] DNA Blood and tissue kit (QIAGEN, USA), and DNAeasy Blood @Tissue Kit which had extracted by QIAcube technology (QIAGEN, USA). The amplified product includes nucleotides 657 to 822 of the *LAA* gene (BTA5), and it was amplified using primers: *LAA forward* 5'- CTC TTC CTG GAT GTA AGG CTT - 3' and *LAA revers* 5'- AGC CTG GGT GGC ATG GAA TA - 3' from methodology of Laboratory of J. F. Medrano and updated by Gonzalo Rincon (Milk Proteins PCR Protocols 2005) and Mao (1994). The *LAA* alleles were identified using the PCR - RFLP (Polymerase Chain Reaction and Restriction Fragment Length Polymorphism) method which is simple, rapid and effective for animals of any sex age, thus permitting the inclusion of milk protein genotypes into selection programs. The PCR reaction elaborated by Mao (Mao 1994) was modified and containing 10mM magnesium chloride, 1X PCR buffer, 0.2 mM dNTPs (Fermentas, Lithuania), 1.0 μM of each primer and 0.12 U Taq DNA Polimerase (Fermentas, Lithuania). The amplification was carried out in Applied Biosystems 2720 Thermal Cycler with the following amplification conditions: 95 °C for 10 min (initial denaturation), then followed 45 cycles with denaturation at 95 °C for 30 sec, annealing at 60 °C for 30 sec, and extension at 72 °C for 30 sec with a final extension of 72 °C for 10 min. Samples of PCR products (25 μl) were digested with *Mnl* I endonuclease (recognition site GAGGNNNNNN↓) according to the manufacturer's recommendations (Fermentas). Restrictive fragments were separated on 4 % agarose gel with ethidium bromide (10 μl EtBr 100 ml⁻¹ of 4 % agarose gel). Electrophoresis was used for visualisation of the restricted DNA bands (60V, 150 min, 133 mA) in 0.5X TBE buffer. The amplified PCR product was 166 bp in length. According to the polymorphism, 36 bp, 52 bp, and also 78 bp fragments of digested PCR product refer to allele A, and allele B specific polymorphism creates an additional digestion site for endonuclease *Mnl* I the fragment of 52 bp, and 114 bp fragment result. The heterozygous genotype has four bands after the electrophoresis separation – 36, 52, 78 and 114 bp.

The alleles' frequencies were calculated by using the appropriate diallele locus expressions, where the allele's A relative frequency was designated as p, and the relative frequency of B allele - as q. We obtained the p and q expressions:

$$p = \frac{2D+H}{2N} \quad (1) \quad \text{and} \quad q = \frac{2R+H}{2N} \quad (2),$$

where

D, H, R - the number of individuals with genotypes AA, AB and BB;

N - total number of animals in the analysis;

2N - total number of alleles in the analysis.

Calculations were made by the Microsoft Office Excel 2007 standard package assistance, but the computer program package TFPGA (Tools for Population Genetic Analyses, Version 1.3) was used as a population genetic basis of the accuracy of testing (Miller 1997). The allele frequencies were estimated by simple allele counting according to the Hardy - Weinberg equilibrium (Falconer et al. 1996). Also with the computer program package TFPGA were calculated Nei's Genetic Distances on α -LA gene of distribution alleles A and B in cows' population of Latvia.

Productivity data and indexes. Milk recording results of cows and of bulls were obtained from the state agency 'Agricultural data centre' (LDC) which organize milk recording and is responsible for the genetic evaluation of dairy cattle in Latvia.

Statistical analysis. Data analysis was performed using the GLM procedure of the SAS program package (SAS, 1998). The estimated least squares means were compared using Scheffe's multiple range test. The following statistical model (general linear model) was used to analyze milk production traits (milk yield, fat yield and protein yield, fat and protein content) of cows, where each trait was analyzed separately:

$$y_{ijk} = \mu + G_i + B_k + e_{ijk}, \quad (3),$$

where:

- y_{ijkl} = individual observation of milk production traits,
- μ = overall mean,
- G_i = fixed effect of α - lactalbumin genotype,
- B_k = fixed effect of breed group,
- e_{ijkl} = random residual effect.

α - lactalbumin genotype included 3 genotypes: AA, AB and BB. Calving years were from 1993 to 2012, from 1994 to 2012 and from 1996 to 2012, respectively for 1st, 2nd and 3rd lactation cows. Breed group included 2 classes.

Given statistical model without fixed effect of year – season of calving also were used to test the effect of α - lactalbumin genotypes on different breeding value indexes (selection, productivity, health and conformation) of bulls, where each index was analyzed separately.

Results and discussion

For research of bovine α - LA protein gene had used dairy cattle from the individual dairy cattle herds whose owners breed dairy cows around all regions of Latvia, also included native breeds of Latvian Genetic Resources – Latvian Blue (LZ) and Latvian Brown (LB) dairy cows.

Clarifying the influence of genetic forms of milk protein genes regarding to the milk productivity features the data of 619 animals were able to use, including the data of 545 cows (Table 1) and 74 bulls (Table 2).

Table 1. Analyzed dairy cows' breeds for effects of polymorphism on productivity in Latvia (2012)

Breed		Cows	
Name	Denomination	Number of	% of total number
Latvian Brown	LB	293	53.8
Latvian Blue	LZ	153	28.0
Holstein Black and White	HM	47	8.6
Danish Red	DS	37	6.8
Holstein Red and White	HS	5	0.9
Swiss Brown	OB	1	0.2
Dairy crossbreed	XP	2	0.4
Cows of unknown origin	XX	7	1.3
Total		545	100

We analyzed all the basic used bulls of Sigulda CMAS and cows from local 81 herds selected on Latvia territory. Latvian Brown breed is represented in numerical superiority and it amounts to 293 LB cows or 53.8 % of the total number of examined dairy cows. Also a native breed of Latvian Blue (LZ) represents high numerical level, 153 cows or 28 % of the total number of examined dairy cows.

There were used breeding value indexes from 31 bull of Holstein breed (in the 1st breed group) with data of 673 daughters' records from 281 herd, and 5 bulls of Red breed group (in 2nd breed group) with data of 990 daughters' records from 396 herds (Table 2).

Table 2. Grouping of tested bulls among the breeds and related groups of breeds for polymorphism of milk protein genes (2012)

Breed		Group of Breed	Bulls	
Name	Code		Number of	% of total number
Holstein Black and White	HM	1	26	35.1
Holstein Red and White	HS	1	8	10.8
In the 1 st breed group:			34	46.0
German Red (Angler)	AN	2	4	5.4
Danish Red	DS	2	13	17.6
Swedish Red and White	ZS	2	3	4.1
Latvian Brown	LB	2	20	27.0
In the 2 nd breed group:			40	54.0
Total			74	100.0

The bulls used for this study have passed national genetic evaluation in April 2012 with the average reliability of 92 % (Holstein breed) and 95% (Red breed group) for all traits.

Relationships reviews of the milk protein genetic variants and milk production of the 1st lactation shows (Table 3) that milk yield in 1st lactation is relatively high, milk yield have in the range of 5724 - 7844 kg.

Latvian Blue (LZ) cattle breed that has retained Genetic Resources breed heifers average milk yield is one of the lowest (3840 kg, Table 3). Lowest fat content have for Holstein Black and White breed heifers (3.91 %), but highest fat content – for Holstein Red and White breed heifers (4.65%). Lowest protein content (3.25 %) and also fat content is lowest have for dairy crossbred breed (4.16 %), but this crossbred have a highest milk yield (7844 kg).

Table 3. The productivity of dairy cattle – heifers (ranking by breeds)

Breed		n = 498	Production traits of the 1st standart lactation				
Code	Related group		Milk yield, kg	Fat yield, kg	Protein yield, kg	Fat content, %	Protein content, %
HM	1	42	6833	266.3	229.0	3.93	3.37
HS	1	5	5724	263.2	202.1	4.65	3.55
LB	2	279	5890	259.7	201.5	4.43	3.41
DS	2	35	6434	293.1	225.0	4.58	3.50
OB	2	1	6083	278.3	206.7	4.58	3.40
XP	2	1	7844	326.1	254.9	4.16	3.25
XX	2	7	6299	274.8	223.0	4.37	3.54
LZ	3	128	3840	165.4	127.6	4.32	3.33

Remark (Table 3): HM – Holstein Black and White, HS - Holstein Red and White, LB – Latvian Brown, DS – Danish Red, OB – Swiss Brown, XP – Dairy crossbred, XX – cows of unknown origin, LZ –Latvian Blue.

In order to analyze the relationship between milk protein genetic variants and milk productivity traits, in the statistical model have used related breed groups for exclusion the effect of a variety (Table 3 and Table 4). This grouping shows the differences between the productivity traits of 3 related groups, and that means that breeders should take into account the effect of α - LA genotypes when evaluate the productivity results between different breeds of dairy cows. These groups showed differences in the productivity traits, and breeders should consider the milk productivity impact assessments of protein genetic variants.

Analyzing the effect of α - LA genotypes on the productivity traits for heifers (Table 5) we ascertain that heterozygous heifers have higher milk yield.

Table 4. The productivity of dairy cattle – heifers (ranking by related groups)

Related group of breed	n	Production traits of the 1st standart lactation				
		Milk yield, kg	Fat yield, kg	Protein yield, kg	Fat content, %	Protein content, %
1	47	6715	265.9	226.1	4.00	3.39
2	323	5964	263.9	204.7	4.44	3.43
3	128	3840	165.4	127.6	4.32	3.33
Total	498	5489	238.8	186.9	4.37	3.40

But homozygous BB heifers have higher fat content (4.21 %) and protein content (3.39 %) in milk (Table 5). Heifers of AB genotype have higher milk yield than heifers of BB genotype (diference +157 kg), and heifers of BB genotype a little bit lag behind in the milk fat yield (- 0.6 kg), and also lag behind in the milk protein yield (- 3.6 kg). But heifers of α - LA genotypes AB and BB do not significantly outperform.

Table 5. Effect of α - LA genotype on the productivity traits of 110 dairy heifers ($\bar{x} \pm s_x$)

Trait	α - LA genotype	
	AB	BB
Milk yield, kg	5570 \pm 242.4	5413 \pm 165.3
Fat yield, kg	225.3 \pm 10.58	224.7 \pm 7.22
Protein yield, kg	187.0 \pm 8.50	183.4 \pm 5.80
Fat content, %	4.10 \pm 0.102	4.21 \pm 0.069
Protein content, %	3.37 \pm 0.045	3.39 \pm 0.030

Data analysis of study of 2nd lactation confirmed the data of 1st lactation (Table 5) about productivity traits, but α - LA genotypes AB and BB do not show statistically significant effects on the milk productivity in noone trait of 2nd standart lactation (Table 6).

Table 6. Effect of α -LA genotypes on productivity of 2nd standard lactation (2012) ($\bar{x} \pm s_x$)

Trait	α -LA genotypes (n = 94)	
	AB	BB
Milk yield, kg	6355 \pm 302.9	6406 \pm 198.2
Fat yield, kg	267.4 \pm 14.27	279.2 \pm 9.34
Protein yield, kg	213.7 \pm 10.42	218.0 \pm 6.82
Fat content, %	4.24 \pm 0.122	4.38 \pm 0.080
Protein content, %	3.39 \pm 0.050	3.42 \pm 0.033

Analysis of the data for the 3rd lactation productivity traits confirmed the results of 1st and 2nd lactations, and it did not show statistically significant diferences between the productivity traits of α – LA genetic forms AB and BB (Table 7).

Table 7. Effect of α - LA genotypes on the productivity traits of 3rd standard lactation
 (n = 67, 2012) ($\bar{x} \pm s_x$)

Trait	α - LA genotypes	
	AB	BB
Milk yield, kg	6928 \pm 437.1	6749 \pm 287.9
Fat yield, kg	299.7 \pm 19.42	305.5 \pm 12.79
Protein yield, kg	237.8 \pm 15.02	229.2 \pm 9.89
Fat content, %	4.35 \pm 0.129	4.51 \pm 0.085
Protein content, %	3.43 \pm 0.062	3.40 \pm 0.041

Influence of the bovine α – LA genetic variants on the breeding value estimates of breeding bulls have tested for 45 bulls (Table 8). Milk recording results of bulls (2012) were obtained from the state agency ‘Agricultural data centre’ (LDC) which organize milk recording and is responsible for the genetic evaluation of dairy cattle in Latvia.

Table 8. Estimated 2 related groups of bulls of local breeds for the polymorphism of α – lactalbumin gene in Latvia (2012)

Genotypes		Group of the breed			Total
		1.	2.	Total	
α – LA	AA	1	-	1	45
	AB	14	2	16	
	BB	20	8	28	
Total		35	10	45	-

Data analysis was performed by grouping bulls in two groups of breeds, according to the breeding value assessment methodology. In our study the 1st related group of the breed joined 31 Holstein bull, but in 2nd related group of the breed joined 5 bulls of Red breeds (Table 2). In Table 12 have a fact those homozygous bulls of α - LA genotype AA have only 1 bull of Holstein breed (HM), but in related group of Red breed population – none of the bull of α – LA genotype AA.

Table 9 summarizes estimates of the related groups of breed effects on breeding value indexes of bulls. We analyzed those bulls that were included in the genetic evaluation of 10 daughters’ indicators and these daughters should be in 10 herds.

Table 9. Least square means of breeding value indexes for the related breed groups of bulls
 ($\bar{x} \pm s_x$)

Index	Group of breeds	
	Holstein (1)	Red (2)
Selection Index	100 \pm 5.5	104 \pm 9.4
Productivity Index	99 \pm 7.2	104 \pm 11.5
Health Index	97 \pm 12.4	100 \pm 11.0
Conformation Index	112 \pm 2.7	105 \pm 4.2

Selection, productivity, health and conformation indexes were not significantly affected by the related groups of breeds, however, there was a tendency that bulls from the related group of Holstein breeds have higher conformation index, but bulls from the related group of Red breeds have higher selection, production and health indexes.

Table 10 summarizes estimates of α - LA genotypic effects on breeding value indexes of bulls. Analyzing relationships between α - LA genotypes AA, AB, BB and 4 breeding value indexes do not show statistically significant differences by the α - LA genotypes, however, there was a tendency that bull with α - LA genotype AA had results with minus effect on milk yield and on protein yield of daughters productivity (Table 10).

Table 10. Milk productivity traits of daughters Least square means of breeding value indexes of α - LA genotypes of bulls ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

Traits	α - LA genotypes		
	AA	AB	BB
Milk yield, kg	- 66 ± 334.0	374 ± 124.2	447 ± 81.8
Fat yield, kg	7.9 ± 14.0	12.3 ± 5.19	15.7 ± 3.42
Protein yield, kg	- 4.8 ± 9.84	6.7 ± 3.66	15.2 ± 2.41

In DNA samples (n = 168) of local cattle breeds the examination found that frequencies of α - LA alleles A and B for bulls are 0.200 and 0.800, for all cattle population 0.128 of allele A and 0.872 of allele B (Table 11).

To compare with our study cows and bulls we found that in the cows' population desirable allele B frequency have increased to 0.898 (Table 11) , i.e. about + 0.098.

If we view that so far these frequencies of alleles are not selective controlled and the results identified a gene drift, then the question remains, however, which resulted in the allele B frequency prevalence, which we found in the data of our research.

Table 11. Comparison of frequencies of bovine α - LA alleles in Latvian dairy cattle population (2012)

Genotypes	Results		
	Frequencies of Hardy - Weinberg		
	All population (n = 168)	Cows (n = 123)	Bulls (n = 45)
AA	0.01	0.00	0.02
AB	0.24	0.20	0.36
BB	0.75	0.80	0.62
Total	1.000	1.000	1.000
Alelles			
A	0.128	0.102	0.200

Genotypes	Results		
	Frequencies of Hardy - Weinberg		
	All population (n = 168)	Cows (n = 123)	Bulls (n = 45)
B	0.872	0.898	0.800
Total	1.000	1.000	1.000

In fact, comparison of frequencies of bovine α - LA alleles in Latvian dairy cattle population accepts results of different researches in Europe and shows very similar frequencies of Hardy - Weinberg (Caroli et al. 2009).

Conclusions

1. Using modified molecular genetic methodology by PCR - RFLP have possibility to ascertain α - lactalbumin genotypes AA, AB and BB in DNA samples (n = 168) of 6 local cattle breeds the examination found that frequencies of α - lactalbumin alleles A and B for bulls are 0.200 and 0.800, but for all cattle population 0.128 of allele A and 0.872 of allele B. We did not recognize genotype of AA for none cow (n = 123).
2. Frequency of α - lactalbumin allele B is four times higher than the frequency of α - LA allele A. The reason which caused the prevalence of α - LA allele B is not known yet.
3. Latvian dairy cattle population is in the genetic equilibrium, but with tendency to fixation state α - lactalbumin allele B.
4. Our research accepts that α - lactalbumin have not a statistically significant effect on milk productivity traits.
5. Analyzing relationships between α - LA genotypes AA, AB, BB and 4 breeding value indexes do not show statistically significant differences by the α - LA genotypes, however, there was a tendency that a bull of MH breed with α - LA genotype AA had results with minus effect on milk yield and on the protein yield of his daughters productivity.

Acknowledgments

The study was supported also by financing of the Research Project No. 09.1461 of the Latvian Science Council, and our team of the research represent the Latvia Academy of Agricultural and Forest Sciences. Participation in the conference is possible due to the financial support of the European Regional Development Fund project No. 2009/0180/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/017/ agreement No. 04.4-08/EF2.PD.69.



References

- Addeo F., Mercier J., Dumas Ribadeau B. 1976. Elements de structure primaire de L' α – lactalbumine et de la β -laktoglobuline de buffle. *FEBS letters*. Vol., 63, pp. 255.
- Bell K., Hopper K. E., McKenzie H. A. 1981. Bovine α – lactalbumin C and α_{S1} -, β -, κ - Caseins of Bali (Banteng) Cattle, *Bos (Bibos) javanicus*. In: *Australian Journal of Biological Sciences*. Vol. 34, pp. 149–159.
- Brew K., Castellino F. J., Vanaman T. C., Hill R. L. 1970. The complete amino acid sequences of bovine α - lactalbumin. In: *Journal of Biological Chemistry*. Vol. 245, pp. 4570–4582.
- Caroli A. M., Chessa S., Erhardt G. J. 2009. Milk protein genetic variation in cattle: Impact on animal breeding and human nutrition. *9th World Congress on Genetics applied to Livestock Production*. Pieejams: <http://www.kongressband.de/wcgalp2010/assets/html/0030.htm>
- Clare D. A., Catagnani G. L., Swaisgood H. E. 2003. Biodefense properties of milk: the role of antimicrobial proteins and peptides. In: *Journal of Current Pharmaceutical Design*. Vol. 9, pp. 1239–1255.
- Falconer D. S., Mackay T. F. C. 1996. *Introduction to Quantitative genetics*. Edition 4th, Longmans Green, Harlow. Essex, UK.
- Formaggioni P., Summer A., Malacarne M., Mariani P. 1999. Milk protein polymorphism: detection and diffusion of the genetic variants in Bos genus. In: *Annali della Facolta di Medicina Veterinaria Universita di Parma*, Vol. XIX, pp. 127–165; <http://www.unipr.it/arpa/facvet/annali/1999/formaggioni/formaggioni.htm>].
- Farrell H. M., Jimenez-Flores R., Bleck G. T., Brown E.M., Butler J. E., Cramer L. K., Hicks C. L., Hollar C. M., Ng – Kwai - Hang K. F., Swaisgood H. E. 2004. Nomenclature of the Proteins of Cows' Milk – Sixth Revision. In: *Journal of Dairy Sciences*. Vol. 87, pp. 1641–1674.
- Gaye P., Hue-Delahaie D., Metier J. C. Soulier S., Vilotte J. L., Furet J. P. 1987 Complete nucleotide sequence of ovine α lactalbumin mRNA. *Biochimie*. 69, pp. 601–608.
- Hayes H. C., Popescu P., Dutrillaux B. 1993. Comparative gene mapping of lactoperoxidase, retinoblastoma and alpha lactalbumin genes in cattle, sheep and goat. In: *Mammalian Genome*. Vol. 4 (10), pp. 593–597.
- Irwin D. M., Prager E., Wilson A. C. 1992. Evolutionary genetic of ruminant lysozymes. In: *Journal of Animal Genetics*. Vol. 23, pp.193–202.
- Jairam B. T., Nair P. G. 1983. Genetic polymorphism of milk protein and economic character in dairy animals. In: *Indian Journal of Animal Science*. Vol. 53, pp. 1.
- Mahé, M.F., Miranda, G., Queval, R., Bado, A., Zafindrajaona, P.S., Grosclaude, F. 1999. Genetic polymorphism of milk proteins in African *Bos taurus* and *Bos indicus* populations. Characterization of variants $\alpha S1$ -Cn H and κ -Cn. In: *Journal in Genetics Selection Evolution*, Vol. 31, pp. 239–253.
- Mao F.C. 1994. Rapid communication: A Bovine α – lactalbumin gene *Mnl1* restriction fragment length polymorphism. In: *Journal of Animal Science*. Vol. 72, pp. 529.
- Martin P. A. and Grosclaude F. 1993. Improvement of milk protein quality by gene technology. In: *Livestock Production Science*. Vol. 35, pp. 95–115.
- Martin P., Szymanowska M., Zwierzchowski L., Leroux Ch. 2002. The impact of genetic polymorphisms on the protein composition of ruminant milks. In: *Reproduction Nutrition Development*. Vol. 42, pp. 433–459.
- McGillivray, R. T., Chung, D. W., and Davie, E.W. 1979. Biosynthesis of Bovine plasma proteins in a cell – free system. Amino-terminal sequence of preproalbumin. *European Journal of Biochemistry*. 98 (2), pp. 477–485.
- Milk Proteins PCR Protocols 2005. Pieejams: <http://animalscience.ucdavis.edu/laboratory/animalgenomics/laboratory/protocols/protocols.htm>; <http://animalscience.ucdavis.edu/laboratory/animalgenomics/laboratory/protocols/alphaLApotocol2005.pdf>.

Miller M.P. 1997. *Tools for population genetic analyses (TFPGA) version 3.1*: a Windows program for the analysis of allozyme and molecular population genetic data. <http://www.marksgeneticssoftware.net/tfpga.htm>].

Ng – Kwai - Hang K. F. 1997. A review of the relationship between milk protein polymorphism and milk composition / milk production. In: *Milk Protein Polymorphism*. Creamer L. K. (Editor). International Dairy Federation. Brussels. Belgium. pp. 22–79.

SAS 1998. *SAS User's guide SAS Institute Inc.* Gary. North Carolina.

VIDES ZINĀTNES / ENVIRONMENTAL SCIENCES

DABAS LIEGUMA „PILSKALNES SIGULDIŅA” ŪDENS VIDES KVALITĀTE UN TO IETEKMĒJOŠIE FAKTORI

Vija Frīda

Daugavpils Universitāte, Parādes iela 1, Daugavpils, Latvija, LV-5401

vija.frida@gmail.com

Abstract

Quality and the factors influencing aquatic environment in the Nature Reserve "Pilskalnes Siguldiņa"

Nature Reserve "Pilskalnes Siguldiņa" is created to retain the unique valley formed by subglacial processes, as a diverse but unitedly functioning complex of ecosystem with series of gullies and water bodies, and its biodiversity (natural biotopes, rare and protected species).

Nature Reserve "Pilskalnes Siguldiņa" is included in the Natura 2000 network, but its nature conservation plan, individual usage and protection rules has not been approved yet. Nature conservation plan was developed in 2005 but due to its deficiencies it was not approved. Currently the plan is outdated and additional research and corrections are necessary.

The river Dubupīte flows through the whole subglacial channel of Pilskalne – through eight lakes and Nature Reserve "Pilskalnes Siguldiņa", for that reason it can be used as a factor for estimation of environmental quality.

The aim of the study is to investigate aquatic environment quality in Nature Reserve "Pilskalnes Siguldiņa" and to determine its influencing factors.

The results of the study indicate that the main influencing factors in Nature Reserve "Pilskalnes Siguldiņa" are of anthropogenic origin, i.e. tourism, pollution, economic activity.

Key words: Nature reserve „Pilskalnes Siguldiņa”, Nature management plan, water quality, influencing environment factors.

Ievads

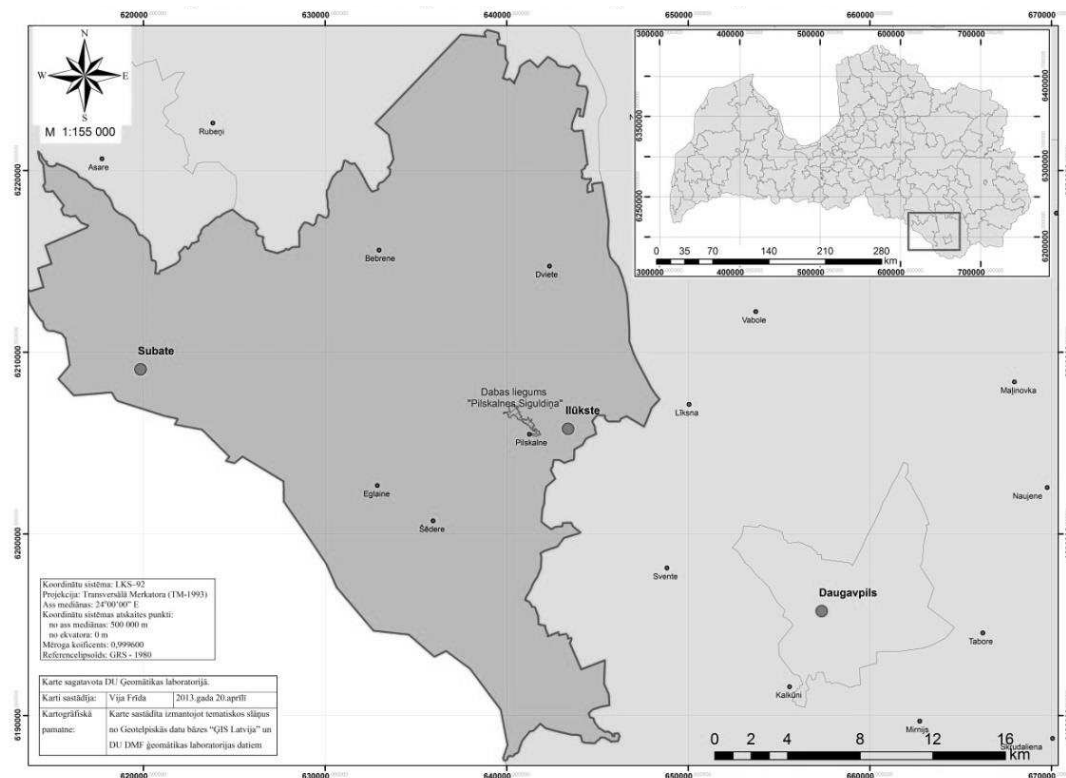
Dabas liegums „Pilskalnes Siguldiņa” ir bioloģiski ļoti daudzveidīga īpaši aizsargājamā dabas teritorija, kurai piešķirts Eiropas nozīmes īpaši aizsargājamā dabas teritorijas (NATURA 2000) statuss un tā atrodas Ilūkstes novadā Pilskalnes pagastā (skat.1.att.). Dabas liegums „Pilskalnes Siguldiņa” tika nodibināts 1999.gadā, bet līdz šim nav apstiprināts šīs teritorijas dabas aizsardzības plāns un individuālie aizsardzības un izmantošanas noteikumi (Pilskalnes Siguldiņa 2012).

Ilūkstes novada ilgtspējīgas attīstības stratēģijā 2013. – 2030.gadam dabas liegumu „Pilskalnes Siguldiņa” ir plānots attīstīt kā atpūtas un rekreācijas zonu (Ilūkstes novada ilgtspējīgas attīstības stratēģijā 2013. – 2030.gadam, 2013).

Dabas liegums “Pilskalnes Siguldiņa” ir izveidots, lai saglabātu subglaciālo procesu veidoto unikālu ieleju ar gravu un ūdens objektu virkni, kā daudzveidīgu, bet vienoti funkcionējošu ekosistēmu kompleksu ar tās bioloģisko daudzveidību (dabiskie biotopi, retās un aizsargājamās sugas) (Junkurs 2005).

Caur visu Pilskalnes subglaciālo iegultni tek Dubupīte, kas iztek no Driģenes ezera un ietek Ilūkstes upē. Dubupīte tek caur astoņiem ezeriem un dabas liegumu „Pilskalnes Siguldiņa”, tāpēc tā var kalpot par vides stāvokļa kvalitātes rādītāju.

Pētījuma mērķis – noskaidrot vides faktoros, kas ietekmē dabas lieguma „Pilskalnes Siguldiņa” ūdens vides kvalitāti.



1. attēls. Dabas lieguma „Pilskalnes Siguldiņa” ģeogrāfiskā lokalizācija.

Pētījuma uzdevumi:

1. apkopot informāciju par agrāk veiktajiem pētījumiem dabas liegumā „Pilskalnes Siguldiņa” un potenciālajiem piesārņojuma avotiem;
2. veikt Dubupītes un Rubeņu strauta bioloģiskās ūdens kvalitātes noteikšanu pēc saprobitātes indeksa metodes;
3. salīdzināt iegūtos rezultātus ar 2004.–2007.gadā Baibas Vucenlīdzānes veikto pētījumu rezultātiem (Vucenlīdzāne 2007);
4. izvērtēt dabas liegumu „Pilskalnes Siguldiņa” ietekmējošos vides faktoros.

Materiāli un metodes

Ūdens bioloģiskās kvalitātes noteikšanai tika izmantota makrozoobentosa cenožu saprobitātes indeksa metode (LVS 240:1999), kas tika pielietota Dubupītē 2012.gada 25.aprīlī un Rubeņu strautā 2012.gada 11.novembrī. Uz vietas tika noteikts, upes tips, gultnes raksturs, makrofītu flora, krastu stāvoklis u.c. parametri. Tāpat ar hidrometriskajiem spārniņiem *SWOOFER-3000* tika noteikts upes straumes ātrums, kas, pēc metodes pielietošanas nosacījumiem, nedrīkst būt lēnāks par $0,1 \text{ m s}^{-1}$.

Makrozoobentosa paraugu ievākšanai tika izmantots sietiņš ar acs izmēru $1 \times 1 \text{ mm}$. Lai ievāktais materiāls daudzpusīgi atspoguļotu upes faunu, paraugu ievākšana notika visas upes šķērsprofilā. Ievāktie paraugi ar pincetes palīdzību tika pārvietoti traukā ar aizskrūvējamu vāku. Lai

paraugi saglabātos ilgāku laiku, tiem tika pievienots 4% formalīna šķīdums. Paraugi tika transportēti uz Daugavpils Universitātes Ekoloģijas institūta laboratoriju, kur ar saldūdens bezmugurkaulnieku noteicēju palīdzību tika analizēts ievāktais materiāls un noteikta saprobitātes pakāpe (Urtāne un Urtāns 1997; Gruberts 2003).

Saprobitātes indeksu aprēķina pēc formulas:

$$S = \frac{\sum s_i \times h_i}{\sum h_i}$$

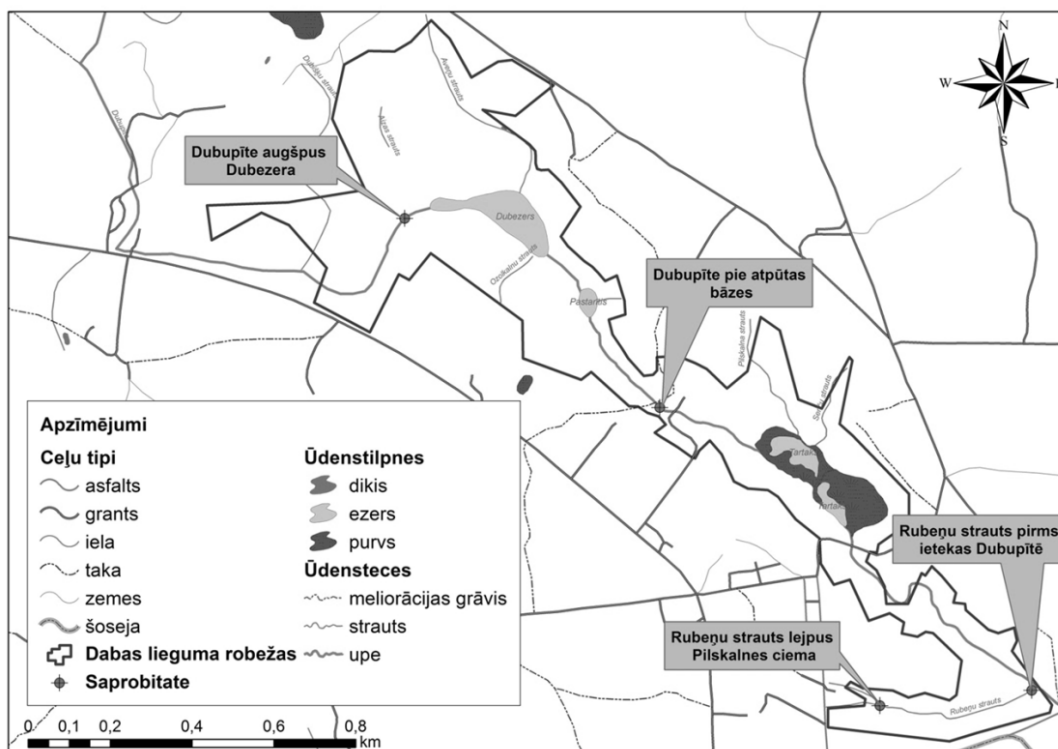
kur: S - saprobitātes indekss;

s_i - i-tās sugas individuālais saprobitātes indekss;

h_i - i-tās sugas relatīvais sastopamības biežums paraugā (LVS 240:1999).

Sākotnēji uz Dubupītes tika izvēlētas piecas makrozoobentosa paraugu ievākšanas vietas, kas sakrīta ar B. Vucenlīdzānes 2004. – 2007.gada paraugu ievākšanas vietām (Vucenlīdzāne 2007), bet darba gaitā tika noskaidrots, ka 2012.gada 25.aprīlī metodes pielietošanas nosacījumiem (LVS 240:1999) (straumes ātrums $> 0,1 \text{ m s}^{-1}$) atbilda tikai divas no tām:

- Dubupīte pie atpūtas bāzes „Dubezers”;
- augšpus Dubezera (skat.2.att.).



2. attēls. Makrozoobentosa paraugu ievākšanas vietas Dubupītē un Rubeņu strautā.

Rubeņu strautā līdz šim netika veikti ūdens bioloģiskās kvalitātes pētījumi, tāpēc tie ir nozīmīgi kopējam priekšstatam par dabas lieguma vides kvalitāti. Uz Rubeņu strauta tika izvēlētas

divas paraugu ņemšanas vietas, kas atbilda metodes pielietošanas nosacījumiem (straumes ātrums > 0,1 m s⁻¹):

- Pie iztekas lejpus Pilskalnes ciemata;
- pirms ietekas Dubupītē (skat.2.att.).

Dubupītē iegūtie rezultāti tika salīdzināti ar B.Vucenlīdzānes iegūtajiem rezultātiem 2004.–2007.gadā (Vucenlīdzāne 2007).

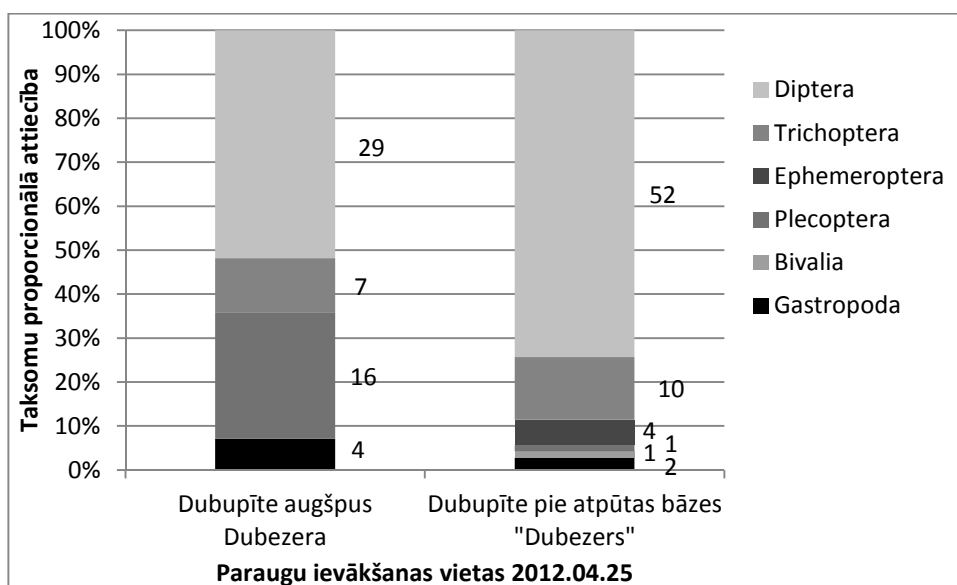
Dabas lieguma „Pilskalnes Siguldiņa” kartogrāfiskais materiāls tika gatavots izmantojot *ESRITM ArcGIS 10.1*. Kartogrāfiskā materiālā analīzei tika izmantotas bijušās PSRS 1963. gada Armijas ģenerālštāba topogrāfiskās kartes mērogā 1:10 000 (PSRS MP ģeodēzijas un kartogrāfijas galvenās ..., 1967). Infrastruktūras (apdzīvoto vietu un ceļu izvietojumam) apzīmēšanai tika izmantotas 2005. gada Latvijas ģeotelpiskās informācijas aģentūras (LĢIA) ortofotokartes mērogā 1:10 000 (Latvijas ģeotelpiskās informācijas aģentūras ortofotokartes, 2005).

Rezultāti

Dubupīte

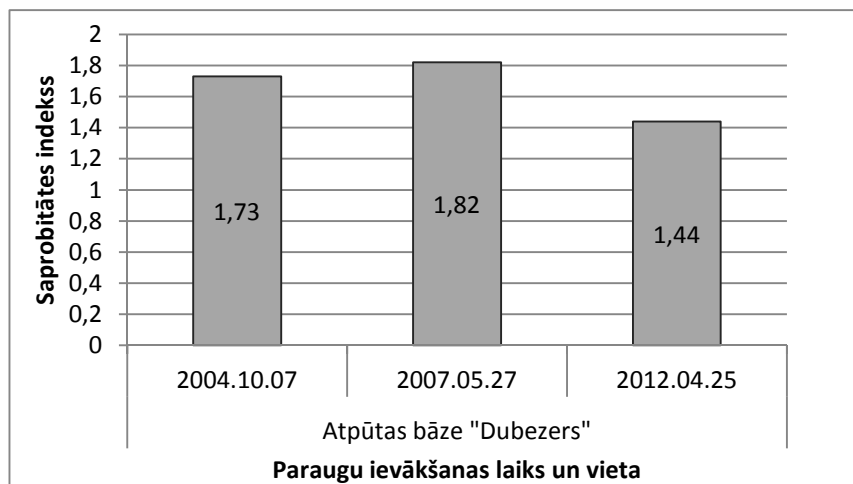
Veicot makrozoobentosa saprobitātes indeksa aprēķinu, tika noskaidrots, ka Dubupītes ūdens saprobitātes pakāpe šobrīd svārstās no 1,44 līdz 1,54 vienībām un ir vērtējama kā o-β-mezosaproba. Šāda saprobitātes pakāpe atbilst tīrām līdz vāji piesārņotām ūdenstecēm. Atbilstoši 2010.–2015.gada Daugavas upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāna virszemes ūdeņu kvalitātes rādītājiem upju ūdensobjektiem, Dubupītes ūdens kvalitāte pēc saprobitātes pakāpes ir vērtējama kā augsta (Virszemes ūdeņu kvalitātes rādītāji upju... 2009).

2012.gada 25.aprīlī ievāktajos makrozoobentosa paraugos tika konstatēts, ka visvairāk Dubupītē sastopam divspārņi (*Diptera*) – kopā tika ievākti 81 īpatnis (skat.3.att.). Nākamie izplatītākie taksoni ir makstenes (*Trichoptera*) un strautenes (*Plecoptera*) – pa 17 īpatņiem.



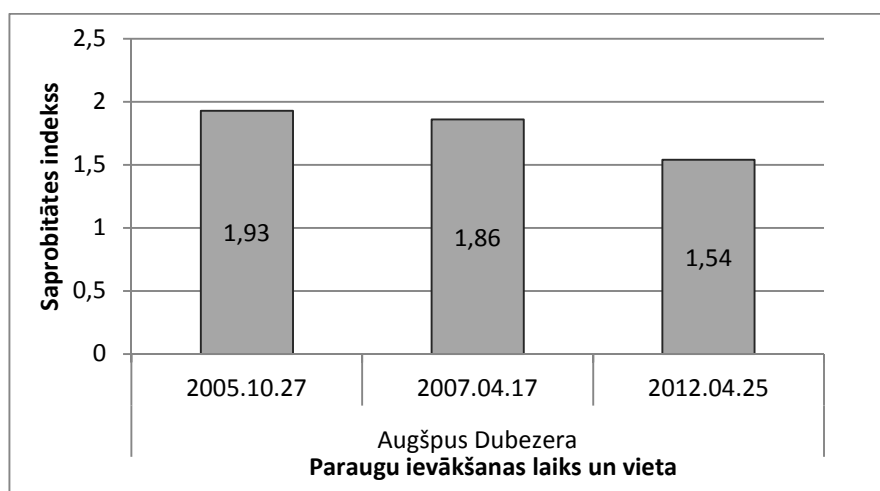
3. attēls. Dubupītē 2012.04.25. konstatētie makrozoobentosa taksoni un to īpatsvars.

Salīdzinot 2012.gada 25.aprīlī iegūtos rezultātus ar 2004.–2007.gada rezultātiem (Vucenlīdzdāne 2007), var konstatēt, ka pēdējo piecu gadu laikā Dubupītes ūdens bioloģiskā kvalitāte ir uzlabojusies. Paraugu ņemšanas vietā pie atpūtas bāzes „Dubezers”, saprobitātes indekss ir mainījies no 1,73 – 1,82 uz 1,44 (skat.4.att.), tādējādi saprobitātes pakāpe ir mainījiesies no β -mezosaprobības, kas atbilsts vāji piesārņotām ūdenstecēm, uz o- β -mezosaprobību, kas atbilsts tīrām līdz vāji piesārņotām ūdenstecēm (LVS 240:1999).



4. attēls. Dubupītes ūdens saprobitātes pakāpes mainība pie atpūtas bāzes „Dubezers” laika posmā no 2004.10.07. līdz 2012.04.25. (Vucenlīdzdāne 2007).

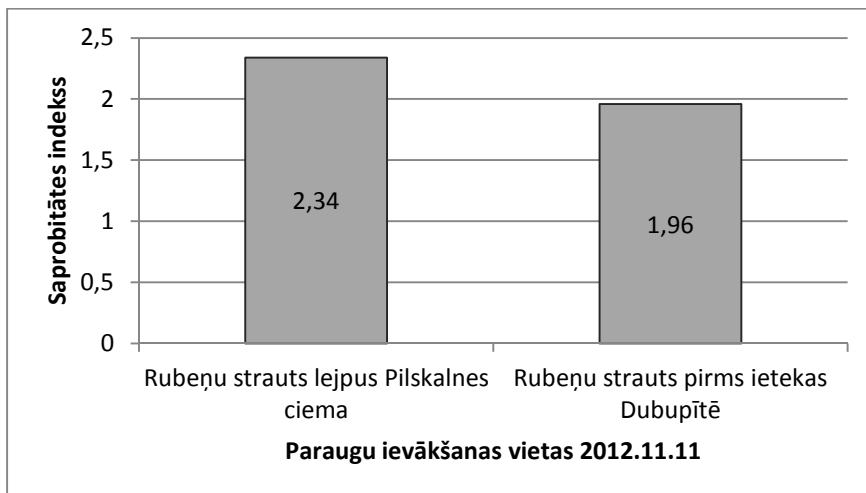
Līdzīga situācija ir vērojama arī paraugu ņemšanas vietā augšpus Dubezera. Šeit saprobitātes indekss ir mainījies no 1,93 – 1,86 uz 1,54 (skat.5.att.).



5. attēls. Dubupītes ūdens saprobitātes pakāpes mainība augšpus Dubezera laika posmā no 2005.10.27. līdz 2012.04.25. (Vucenlīdzdāne 2007).

Rubeņu strauts

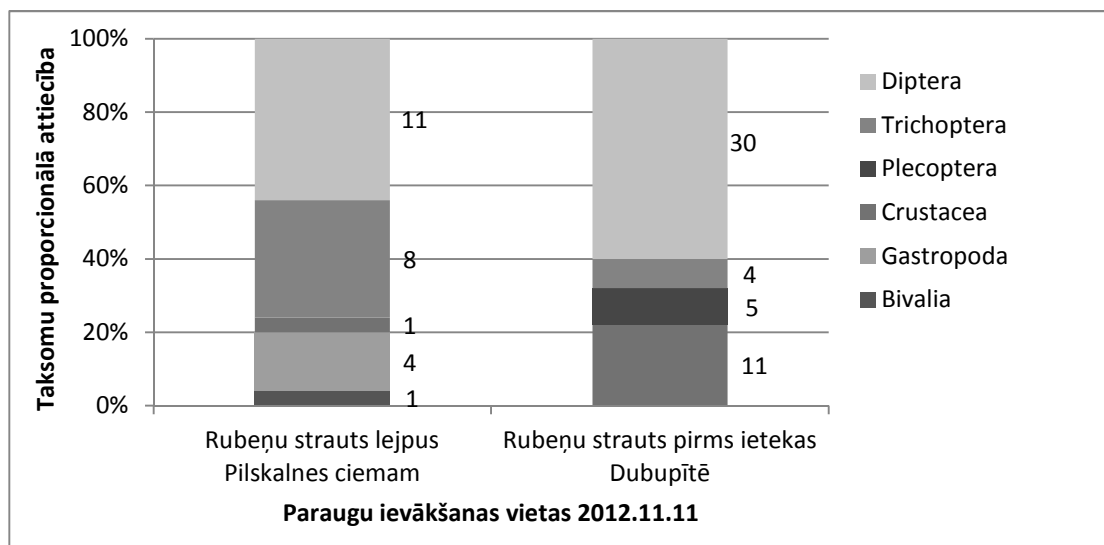
Veicot makrozoobentosa saprobitātes indeksa aprēķinu Rubeņu strautā, tika noskaidrots, ka ūdens saprobitātes pakāpe ir 1,96 un 2,34, tā ir vērtējama kā β -mezosaproba un α - β -mezosaproba. Šāda saprobitātes pakāpe atbilst vāji piesārņotām un vāji piesārņotām līdz piesārņotām ūdenstecēm (skat.6.att.).



6. attēls. Rubeņu strauta ūdens saprobitātes pakāpes mainība lejup pa straumi 2012.11.11.

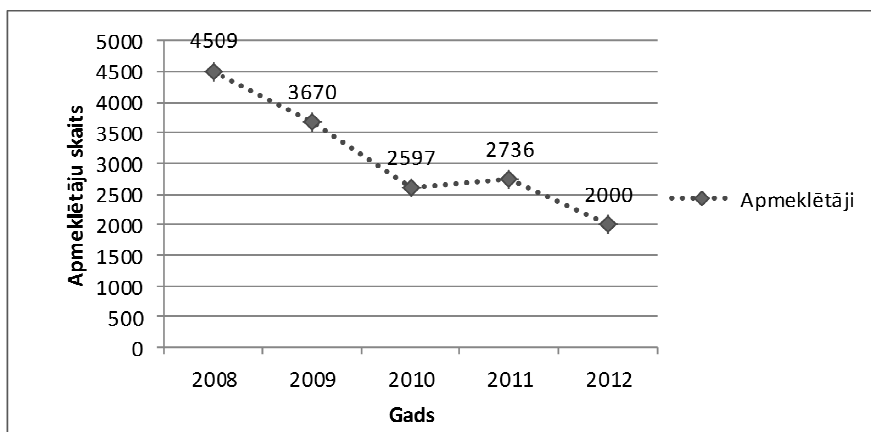
Atbilstoši 2010. – 2015.gada Daugavas upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāna virszemes ūdeņu kvalitātes rādītājiem upju ūdensobjektiem Rubeņu strauta ūdens kvalitāte, pēc saprobitātes pakāpes, ir vērtējama kā laba un vidēja (Virszemes ūdeņu kvalitātes rādītāji upju..., 2009).

2012.gada 11.novembrī ievāktajos makrozoobentosa paraugos tika konstatēts, ka visvairāk Rubeņu strautā sastopami divspārņi (*Diptera*) – kopā tika ievākti 41 īpatnis (skat. 7.att.). Nākamie izplatītākie taksoni ir makstenes (*Trichoptera*) un vēžveidīgie (*Crustacea*) – pa 12 īpatņiem.



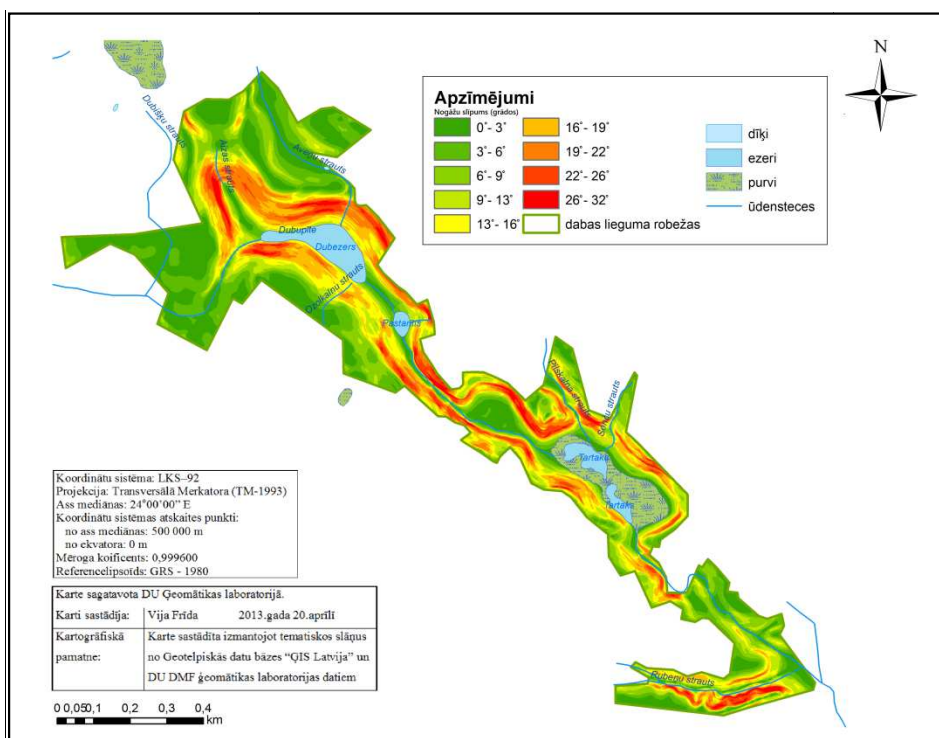
7. attēls. Rubeņu strautā 2012.11.11. konstatētie makrozoobentosa taksoni un to īpatsvars.

Galvenais dabas liegumu „Pilskalnes Siguldiņa” ietekmējošais faktors ir tūrisms. Tūrisma infrastruktūra ir izveidota 20.gs. 80.gadu beigās un bez īpašām izmaiņām kalpo arī šobrīd. Lai gan pēdējos gados ir vērojama tūrisma intensitātes samazināšanās (skat.8.att.), dažos posmos nolietotā tūrisma infrastruktūra un saposmotā reljefa īpatnības (skat.9.att.) veicina tūrisma radīto ietekmi uz zemesdzi un koku saknēm, kā arī veicina nogāžu procesus.



8. attēls. Dabas lieguma „Pilskalnes Siguldiņa” apmeklētāju skaita dinamika no 2008.gada līdz 2012.gadam (Formanicka 2012).

Paaugstināts nogāžu slīpums veicina nogāžu procesu aktivizēšanos un nogulumu ieskalošanos Dubupītē un ezeros. Lielākā daļa dabas lieguma teritorijas atrodas uz nogāzēm, kuru slīpums variē no 10° līdz 32° atzīmei un ir vērtējamas kā stāvas nogāzes (skat.9.att.).



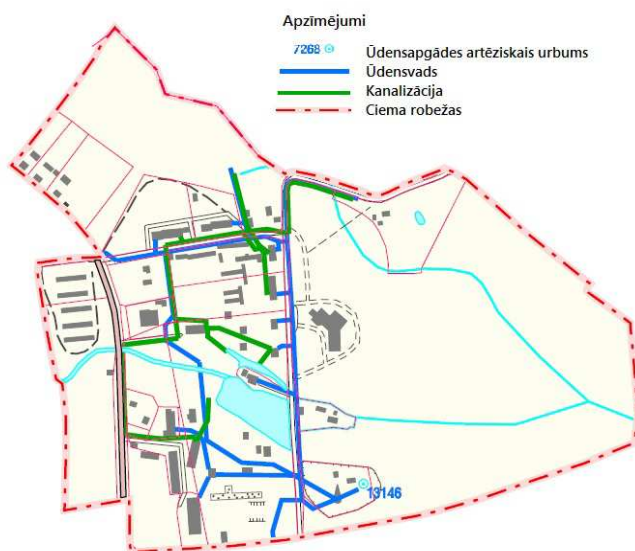
9. attēls. Dabas lieguma „Pilskalnes Siguldiņa” nogāžu slīpuma karte.

Gravu nogāžu slīpums veicina erozija riska pieaugumu – plakniskā un izskalojumvagu erozija norisinās pat ievērojot agrotehniskos noteikumus, var sākties gravu erozija. Pie 16° atzīmes veidojas intensīva erozija virs 20° atzīmes var attīstīties noslīdeņi un noplūdeņi. No saimnieciskās darbības viedokļa šādās teritorijās nav ieteicama riteņtraktoru vai tehnogēnā izmantošana, aizlikta meža izciršana (Maldavs *et al.* 1981; Zelčs, Markots 1999).

Erozijas procesu rezultātā upē tiek ieskalots erodētais materiāls, kas var ietekmēt ūdens fizikāli-ķīmiskos rādītājus – duļķainību, mineralizācijas pakāpi, kā arī biogēnu sastāvu un koncentrāciju, it īpaši ja apkārt esošās teritorijas tiek izmantotas lauksaimniecības vajadzībām. Tūristu pārvietošanās bez speciālas infrastruktūras ir praktiski neiespējama un rada spēcīgu ietekmi uz nogāzes procesiem, veicinot to eroziju.

Vēl viens nozīmīgs ietekmējošais faktors ir atpūtas bāze „Dubezers”, kas atrodas dabas lieguma centrālajā daļā. Šeit bieži notiek masu pasākumu organizēšana, piemēram, Jāņu svinēšana, Melnā kalna svētki, Ilūkstes novada svētki u.c. Pasākuma apmeklētāji atstāj sadzīves atkritumus un veicina augāja izbradāšanu. Atpūtas bāze tiek izīrēta banketiem un to var noiņēt cauru gadu.

Vēl viens nozīmīgs ietekmējošais faktors ir Pilskalnes ciema radītā ietekme. Pilskalnes pagastā dzīvo 1107 iedzīvotāji (pēc iedzīvotāju reģistra datiem uz 31.12.2012.). Daudzstāvu dzīvojamās mājas Pilskalnes ciemā ir pieslēgtas kopējam kanalizācijas tīklam (skat.10.att.), bet viensētas savu kanalizāciju organizē patstāvīgi, un tas, cik labi tiek attīrīti viensētu notekūdeņi, nav zināms.



10. attēls. Pilskalnes ciema centralizētā ūdensapgādes un kanalizācijas shēma (Ilūkstes novada teritorijas Pilskalnes pagasta ... 2007).

Pilskalnes ciema iedzīvotāji dabas lieguma teritorijā ir veicinājuši arī dabas piesārņošanu ar sadzīves atkritumiem un bioloģisko mēslojumu (skat.11.att.).



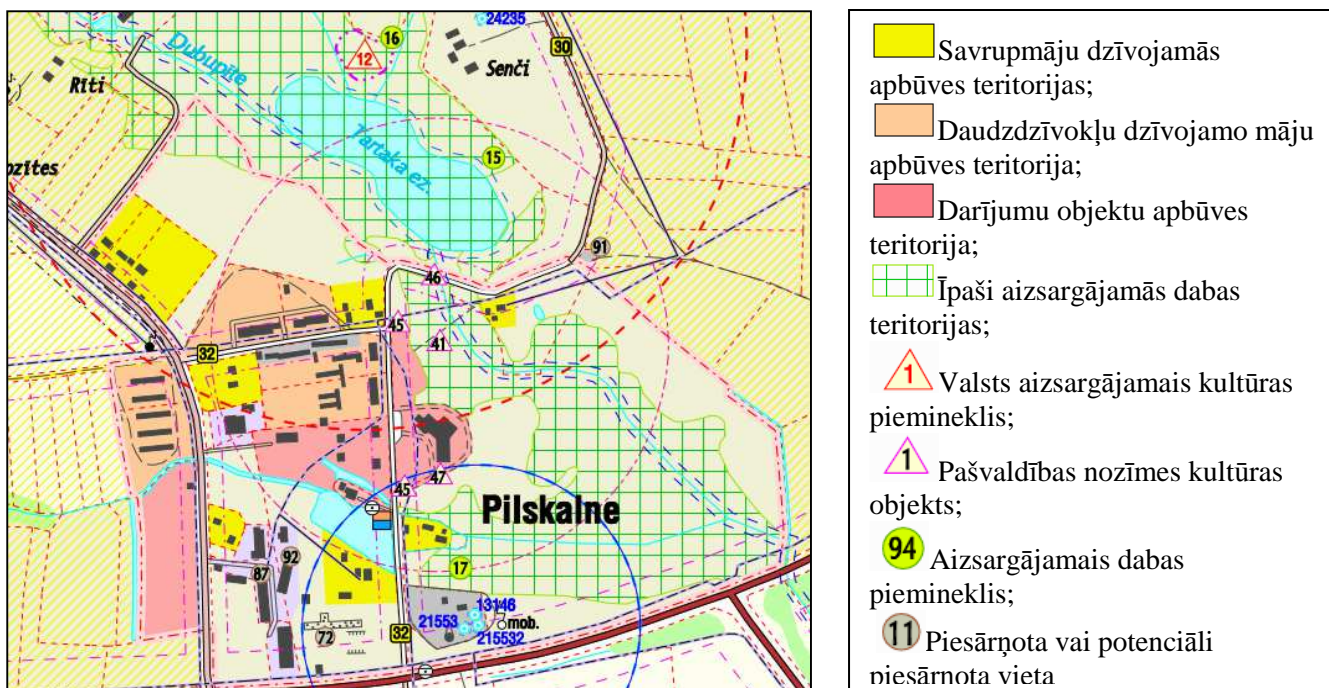
11. attēls. Dabas liegumā „Pilskalnes Siguldiņa” teritorijas piesārņošana ar sadzīves atkritumiem un bioloģisko mēslojumu. Foto O.Frīds, 2012.

Ilūkstes novada teritorijas plānojuma 2007.-2019.gadam 2.sējuma teritorijas izmantošanas un apbūves noteikumos ir norādīts, ka dabas lieguma „Pilskalnes Siguldiņa” tuvumā ir septiņas piesārņotas vai potenciāli piesārņotas vietas (skat.1.tabula), kas var radīt ietekmi uz aizsargājamo dabas teritoriju.

1. tabula. Piesārņotas un potenciāli piesārņotas vietas dabas lieguma „Pilskalnes Siguldiņa” tuvumā (Ilūkstes novada dome 2007).

Vietas nosaukums, kadastra Nr.	Kādas piesārņojošas darbības veiktas	Laika periods, kurā darbojās	Plānojumā paredzētās teritorijas zonējums
56. Lāčplēsis kad.Nr.4480 008 002	Degvielas uzpildes stacija	līdz 1993.g.	Lauksaimniecībā izmantojamā teritorija
59. Pilskalne kad.Nr.4480 008 0021	Ķīmikāliju noliktava	līdz 1993.g.	Lauksaimniecībā izmantojamā teritorija
72. Rubeņi kad.Nr.4480 008 0022	Bijušā ferma		Lauksaimniecībā izmantojamā teritorija
76. Senči kad.Nr.4480 008 0258	Liellopu novietne, kūstmēslu krātuve, virca, skābbarība		Lauksaimnieciskā ražošana
87. Mehāniskās darbnīcas „Lāčplēsis” kad.Nr.4480 008 0298	Smērvielas, eļļas		Ražošana
91. Notekūdeņu pārsūknēšanas stacija kad.Nr.4480 008 0399	Sadzīves notekūdeņi		Tehnisko objektu apbūves teritorija
92. Lopkautuve „Help” kad.Nr.4480 008 0022	Neattīrītie notekūdeņi		Sabiedrisko darījumu zona

Mehāniskās darbnīcas „Lāčplēsis” un lopkautuve „Help” atrodas Dubupītes sateces baseinā, Pilskalnes ciemā netālu no Rubeņa strauta pietekas (skat.12.att.). Laiku pa laikam Pilskalnes ciema iedzīvotāji novēro neparastas putas Pilskalnes ciema dīķos, kuru izcelsme nav noskaidrota.



12. attēls. Pilskalnes ciema teritorijas pašreizējā izmantošana (Pilskalnes ciemata teritorijas pašreizējā izmantošana, aizsargjoslas 2007).

Par ciema un potenciālo piesārņotāju (mehāniskās darbnīcas „Lāčplēsis” un lopkautuve „Help”) ietekmi liecina arī Rubeņu strauta bioloģiskā ūdens kvalitāte (skat.6.att.), kas ir par divām iedaļām zemāka, salīdzinājumā ar Dubupītes ūdens bioloģisko kvalitāti.

Ietekmi uz dabas lieguma „Pilskalnes Siguldiņas” ūdenstilpnēm un ūdenstecēm rada divi dambji, kas regulē Dubezera un Tartaka ezera ūdens līmeni. Ja abu dambju nebūtu, abu ūdenstilpņu hidroloģiskais režīms stipri atšķirtos no tagadējās situācijas, piemēram, Tartaka ezers vairāk atgādinātu purvu. Šobrīd abi dambji ir neatņemama Dubupītes hidroloģiskā režīma sastāvdaļa un to demontēšana var radīt neparedzamas sekas, kuras būtu plašāk jāizpēta. Šobrīd augšējais dambis pie atpūtas bāzes „Dubezers” ir novecojis un ir kritiskā stāvoklī. Tuvākajā laikā būtu nepieciešams veikt dambja rekonstrukciju.

Secinājumi

- Dubupītes ūdens kvalitāte pēc saprobitātes pakāpes ir vērtējama kā augsta.
- Rubeņu strauta ūdens kvalitāte pēc saprobitātes pakāpes ir vērtējama kā laba un vidēja.
- Galvenie dabas lieguma „Pilskalnes Siguldiņa” ietekmējošie faktori ir antropogēnas izcelsmes: tūrisms, piesārņojums.

Bibliogrāfija

Formanicka N. 2012. Pers. kom. ar Ilūkstes novada pašvaldības Attīstības plānošanas nodaļas vadītāju N. Formanicku par tūrismu dabas liegumā „Pilskalnes Siguldiņa”.

Gruberts D. 2003. *Ūdensteču bioloģiskās kvalitātes novērtēšanas praktikums*. Daugavpils, Saule, 10.- 13.

- Ilūkstes novada dome 2007. *Ilūkstes novada teritorijas plānojums 2007.-2019.gadam 2.sējums teritorijas izmantošanas un apbūves noteikumi*. Ilūkste
- Ilūkstes novada teritorijas Pilskalnes pagasta centralizētās ūdensapgādes un kanalizācijas shēma (2007.g.)*
- Ilūkstes novada dome 2013. *Ilūkstes novada ilgtspējīgas attīstības stratēģijā 2013. – 2030.gadam*, Ilūkste, 46.
- Junkurs A. (Projekta vadītājs) 2005, *Projekts: Dabas lieguma „Pilskalnes Siguldiņa” dabas aizsardzības plāns*. Plāns izstrādāts 2006 – 2016.gada periodam, pieejams Ilūkstes novada pašvaldībā.
- LVS 240:1999 (1999) *Ūdens kvalitāte- mazo upju bioloģiskās kvalitātes operatīva noteikšana pēc makrozoobentosa cenožu saprobitātes indeksa*. Rīga, 2-10.
- Latvijas ģeotelpiskās informācijas aģentūras ortofotokartes 3412-14, 3412-13, 3412-24 un 3412-23 M 1: 10 000 (2005.g.)*
- Maldavs Z. Melluma A. Seile A. 1981. *Ģeomorfoloģijas pamati*. Rīga, Zvaigzne.
- Pilskalnes ciemata teritorijas pašreizējā izmantošana, aizsargjoslas (2007)*.
- Pilskalnes Siguldiņa, Dabas aizsardzības pārvalde: http://www.daba.gov.lv/public/lat/iadt/dabas_liegumi/pilskalnes_siguldina/%22%22/ [2012.05.05]*.
- PSRS MP ģeodēzijas un kartogrāfijas galvenās pārvaldes topogrāfiskās kartes C-49-26-4-3-4, C-49-26-4-3-3, C-48-26-2-1-2 un C-48-26-2-1-1 M 1:10 000 (1963. g. kord. sistēma, horizontāļu griezumā augstums 2 m; 1967. g. izdevums pēc 1971. g. rekognoscijas datiem)*.
- Urtāne L. Urtāns A. 1997. *Ūdenszīvnieku un ūdensaugu noteicējs*. Rīga, Bērnu vides skola, 2. – 33. lpp.
- Virszemes ūdeņu kvalitātes radītāji upju ūdensobjektiem un stipri pārveidotiem upju ūdensobjektiem, 5 pielikums*. Daugavas upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plānam 2010.-2015. gadam, (2009).
- Vucenlīdzāne B. 2007. *Pilskalnes subglaciālās iegultnes virszemes ūdens objektu hidroķīmiskais raksturojums*. Daugavpils: Bakalaura darbs.
- Zelčs V. Markots A. 1999. *Ģeoloģiskās informācijas izmantošana teritorijas attīstības plānošanā*. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests, Latvijas Universitāte.

DEVELOPMENT OF LINEAR EROSION FEATURES ON GLACIOFLUVIAL SEDIMENTS-DERIVED SOILS IN THE VALLEY OF RIVER DVIETE: RESPONSE TO METEOROLOGICAL AND ANTHROPOGENIC FORCINGS

Juris Soms¹, Dāvis Gruberts¹, Juris Taškova²

¹Daugavpils University, Parādes street 1, Daugavpils, Latvia, LV-5401

juris.soms@du.lv, davis.gruberts@inbox.lv

²Foundation "Institute for Environmental Solutions", Aspāzijas blvd. 24, Rīga, Latvia
jtaskovs@hotmail.com

Abstract

Development of linear erosion features, i.e. rills and ephemeral gully in July 2013 in the valley of river Dviete on the slopes composed of coarse glaciofluvial sediments permitted to carry out research by application of various methods in order to obtain data elucidating the forcings of this erosion event. For these purposes geomorphological and geological field studies were realized in the study site located near farmstead "Draži" in vicinity of Bebrene. In addition application of high-precision GPS and desk-based studies including GIS for identification of runoff pathways was done. In order to establish the relationship between rainfall intensity and development of rills, meteorological data registered by a VantagePro 2 weather station located near the study site were analyzed. Obtained results indicate, that the formation of erosion incisions was as response to meteorological and anthropogenic forcings. In this case erosion process was triggered by extreme rainfall with intensity 23.4 mm h⁻¹ in July 18, 2013. However, the concentration of runoff and subsequent formation of rills were caused by anthropogenic impact, i.e. presence of small downslope-orientated microdepressions, which were previously formed by soil cultivation and imprinting of tracks from the use of agricultural machinery.

Key words: linear erosion, glaciofluvial sediments, the valley of river Dviete

Kopsavilkums

Lineārās erozijas veidojumu attīstība uz glaciofluviālu cilmiežu augsnēm Dvietes ielejā: reakcija uz meteoroloģiskiem un antropogēniem ietekmējošiem faktoriem

Lineārās erozijas veidojumu, t.i. izskalojumvagu un efemerās gravas attīstība 2013. gada jūlijā Dvietes ielejā uz nogāzēm, kas veidotas no rupjgraudainiem glaciofluviāliem nogulumiem, ļāva veikt kompleksu pētījumi, lai noskaidrotu šo erozijas procesu izraisījušos faktoros. Šim mērķim pētījumu teritorijā, kas atrodas pie viensētas „Draži”, Bebrenes tuvumā, tika veikti ģeomorfoloģiskie un ģeoloģiskie lauka pētījumi. Papildus tam augstas precizitātes klases GPS pielietojums un kamerālie pētījumi ar GIS izmantošanu tika veikti, lai identificētu noteces koncentrēšanās vietas. Ar mērķi noskaidrot savstarpējo saistību starp nokrišņu intensitāti un lineārās erozijas formu veidošanos, tika analizēti VantagePro 2 meteoroloģiskās stacijas dati, kura atrodas tiešā pētījumu veikšanas vietas tuvumā. Iegūtie rezultāti parāda, ka erozijas iegrāzumu veidošanās notikusi meteoroloģisko un antropogēno faktoru ietekmē. Šajā gadījumā erozijas procesu izraisīja 2013. gada 13. jūlijā notikusī ekstremālā lietusgāze, kuras intensitāte bija 23,4 mm h⁻¹. Tomēr noteces koncentrēšanās un tai sekojoša izskalojumvagu veidošanās ir saistīta ar antropogēno ietekmi, t.i. nelielu, pa nogāzi lejup vērstu padziļinājumu klātbūtni, kuri pirms tam ir tikuši izveidoti augsnes apstrādes laikā kā lauksaimniecības tehnikas riteņu sliedes.

Atslēgvārdi: lineārā erozija, glaciofluviāli nogulumi, Dvietes ieleja

Introduction

Development of linear erosion features, e.g. rills and ephemeral gullies as landforms made by concentrated water flows are widespread in agricultural cultivated landscapes in many countries. As the most severe form of soil erosion by water formation of rills and ephemeral gullies alongside with development of permanent gullies causes depletion of soil resources and degradation of agricultural lands; hence formation of linear erosion features is ranked among other environmental problems (Valentin et al. 2005). In addition, this process has negative off-site environmental impacts due to delivery of eroded material from headwater catchments to receiving water objects where in turn it accelerates processes of siltation and eutrophication (Poesen et al. 2003; Wu et al.

2008). Simultaneously, transferring of runoff from uplands to streams and lakes reduces water quality because of inflow of pollutants such as nutrients and agrochemicals (Valentin et al. 2005; Quilbé et al. 2006). Moreover, these matters may become a more serious problem throughout the world, also in Latvia, considering the potential influence of global climate change on formation of surface runoff and soil erosion processes (Poesen et al. 2003).

Considering facts mentioned above, it is essential to carry out studies focused on these issues in order to obtain reliable data in terms of both scientific and applied aims, e.g. to understand the triggering mechanisms of linear erosion and mitigate the pollution of water related to soil erosion. In such context development of linear erosion features on clay- or loess-derived cohesive soils are studied thorough the world and is well documented in scientific literature (Vandaele et al. 1996; Casalí et al. 2000; Nachtergaele et al. 2001; Poesen et al. 2003; Gong et al. 2011). However, formation of erosion incisions on sand- and gravel-derived soils characterised by high rate of filtration remains poorly documented, thus the extent to which controlling factors of this process are currently studied is insufficient.

The aim of the study presented in this paper is to get insight into aforementioned matters and on the basis of detailed field- and desk-based studies to elucidate the forcings and controlling factors of formation of linear erosion features in a case study site in the valley of river Dviete. The specific objectives of the study discussed herein were (1) to carry out geomorphological and GPS field studies and to obtain *in situ* data on the morphometric characteristics and precise location of erosion features; (2) to perform GIS analysis for identification of runoff pathways and extraction of topographical characteristics on the basis of DEM data; (3) to elucidate the forcings and controlling factors that led to development of ephemeral gully and rills.

Material and Methods

Development of ephemeral gully and rills in summer 2013 in the valley of river Dviete on the cultivated slope composed of coarse glaciofluvial sediments permitted to carry out complex research by application of such methods as cartographic and meteorological data analysis, field studies, global positioning system (GPS) and geographic information system (GIS) techniques in order to obtain data elucidating the forcings of this erosion event. First of all, geomorphological and geological field studies were realized in the study site near farmstead "Dražī", which is located in south-eastern part of Latvia (Fig.1A), in vicinity of village Bebrene.



Figure 1. Location of study site in Latvia (A) and detailed geographic sketch of location of study site and Daugavpils University automatic weather station VantagePro 2 (B)

Field studies were applied for obtaining of relevant geological, morphological and topographical characteristics of erosion features in situ. During field studies the depth, width, length and channel gradient of the incisions were measured by standard geomorphological techniques (Goudie et al. 1998) and conventional survey methods. Surveying of precise location was done by TRIMBLE high-precision GPS model Pathfinder ProXRT 2. The measurements of channel gradient of erosion features were performed by precise oil damped AngleLevel clinometer (error 0.5°) placed on the rod of 1 m length, hence reducing impact of microtopography (Young et al. 1974).

Meteorological data on temporal distribution and intensity of precipitation in July, 2013 was obtained from Daugavpils University automatic weather station VantagePro 2, which amongst other 28 parameters registers also rainfall intensity. Weather station geographically is located close to study site (Fig.1B), hence measurements of this station can be referred to place where erosion features were studied. Analysis of meteorological data was performed to identify rainfall extremes, thus to establish the relationship between intensity of precipitation as controlling factor on the one hand and development of erosion features on the other hand.

Finally, desk-based studies including application of ESRI software ArcGIS 10.0 for identification of runoff pathways and extraction of topographical characteristics on the basis of digital elevation model (DEM) data were carried out. The high-accuracy DEM appropriate for such analysis was generated from airborne laser scanner or LiDAR (light detection and ranging) data, which were collected by foundation “Institute for Environmental Solutions”. Acquisition of LiDAR data were performed in 14 July, 2011 from altitude 1000 m by laser scanner Optech ALTM Gemini mounted on aircraft Vulcanair P68 Observer, obtained density of LiDAR point cloud was 5 points m^{-2} . The LiDAR point data, where each point has attributes in form of XY coordinates and Z value representing elevation, were used to generate ESRI regular grid raster DEM with $1 \times 1m$ grid-cell resolution. Contours, slope gradients and runoff flow lines were generated by the tools of Spatial Analyst software from the DEM for deriving linear erosion features network and its comparison with field data.

Results and Discussion

In the study site system of rills and ephemeral gully formed by linear erosion were documented in Autumn 2013 after the vegetation period. The system consists of several erosion incisions which have dendritic pattern and well-pronounced colluvial fan (Fig.2A). Field survey of such morphometric characteristics as width and depth of these incisions indicates, that according to classification of erosion features (Hauge 1977) the central incision refers to ephemeral gully (Fig.2B), i.e. its cross section exceeds 1 sq. foot or $0.093 m^2$, whilst smaller branches refer to rills.

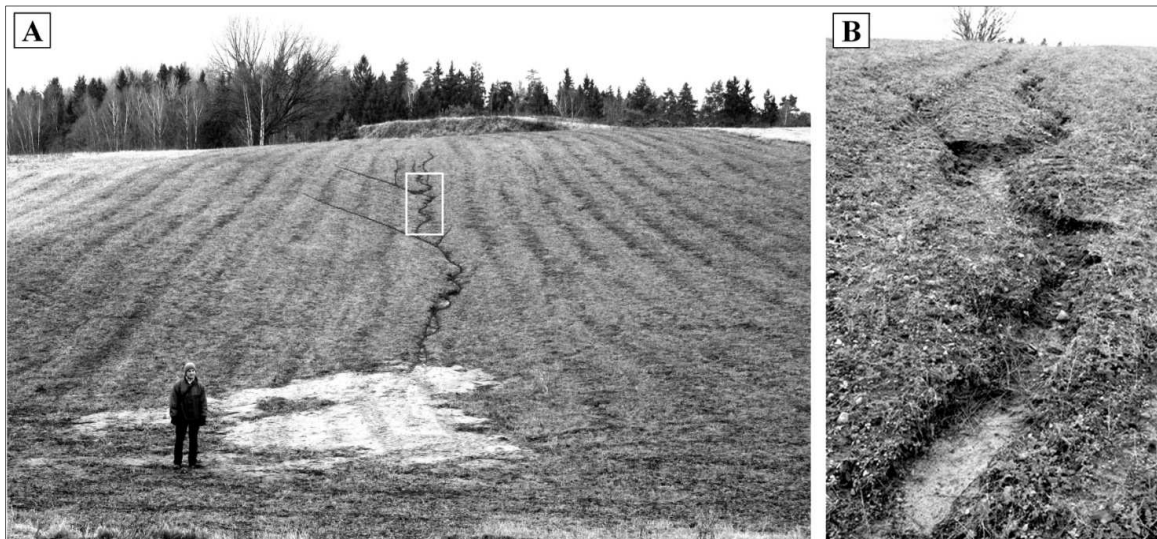


Figure 2. Illustration of studied system of rills and ephemeral gully on the cultivated slope (A) near farmstead “Draži” in vicinity of Bebrene. Light patches (lower part of photo A) indicate colluvial fan at the ephemeral gully outlet. Note the presence of downslope-orientated microdepressions previously formed by soil cultivation and imprinting of tracks from the use of agricultural machinery. Human figure for scale. White rectangle on the slope indicates the location of middle part of ephemeral gully with box-shaped cross section and subvertical sidewalls showed in part (B).

The system of studied incisions is formed by erosion event on the right slope of the river Dviete valley. This area, including study site, is composed by deposits represented mainly by coarse sand and gravel with pebbles. According to data of geological mapping (Juškevičs et al. 2003), these Quaternary strata are presented mainly by erodible Late Pleistocene glaciofluvial sediments. Data given in literature (VSS 1999) indicates that soils developed on such glaciofluvial sediments are characterised by high permeability with filtration rates $0.05 - 0.0005 \text{ m s}^{-1}$. Recognition of this fact raises question about the controlling factors, which trigger the formation of linear erosion features in such environment.

Since the second half of the 20th century, when a scientific background for water erosion quantification and predicting was established, and concepts of rainfall erosivity (Wischmeier and Smith 1958) and rainfall thresholds (Reed 1979) were defined, precipitation has been recognised within the range of other climate factors as a major driving force of erosion landforms formation (Vanwalleghem et al. 2005). In such context, first of all climatic factors were studied. Considering that, meteorological data on precipitation obtained by Daugavpils University automatic weather station VantagePro 2 were analyzed. Formation of linear erosion features near farmstead “Draži” was recognized in July 2013, hence data on amount and intensity of precipitation for this month were analysed in details. Obtained results shows that monthly distribution of precipitation in July was unequal and that at least two heavy rainfalls occur, i.e. on July 13 and 18, when total amount of precipitation exceeds value of 20 mm day^{-1} (Fig.3A), which according to data reported in the related literature (Starkel 2002) corresponds to hydrometeorological extremes.

Extreme rainfalls of high intensity and related formation of a Hortonian runoff have been recognized in literature as one of the most important factors that trigger linear erosion (Poesen et al. 2003). Thus implicitly the formation of linear erosion features near farmstead “Draži” was associated with heavy downpour. In order to identify precisely the meteorological conditions leading to erosion event, more detailed analysis of hourly intensity of rainfall on July 13 and on July 18 was performed. Mathematical processing of the recorded meteorological data demonstrates that on July 13 the storm rainfall with maximal intensity up to 9.0 mm h^{-1} did not exceed filtration rates; hence the threshold value for formation of overland flow was not reached. Whereas on July the storm rainfall with maximal intensity up to 23.4 mm h^{-1} exceeded filtration hence causing formation of a Hortonian runoff and associated linear erosion despite the high hydraulic conductivity of glaciofluvial sediments and fast absorption of falling rain.

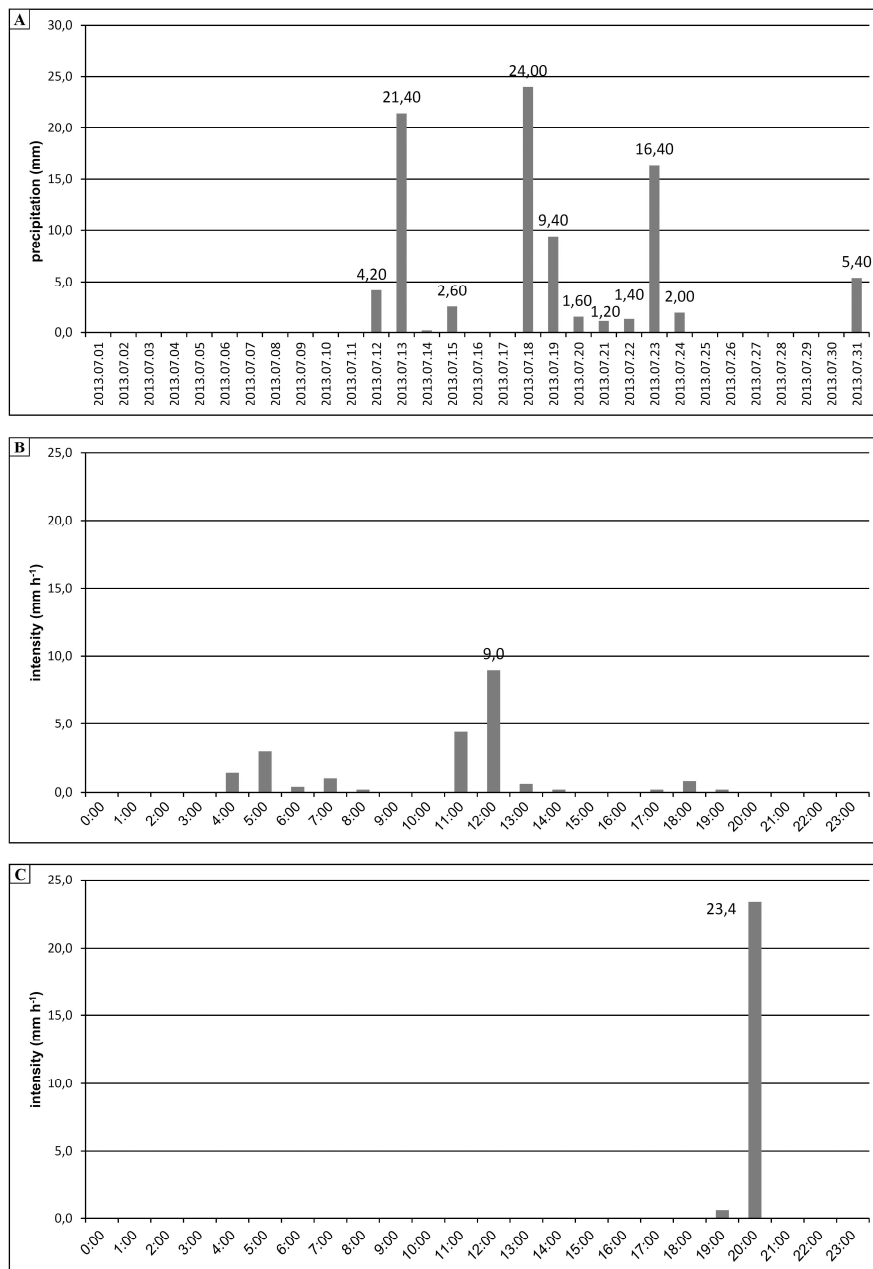


Figure 3. Meteorological data recorded by Daugavpils University automatic weather station VantagePro 2: daily precipitation in July 2013 (A), hourly rainfall intensity on July 13, 2013 (B) and hourly rainfall intensity on July 18, 2013 (C).

Despite the fact that precipitation erosivity calculated for south-eastern Latvia on the basis of mean monthly or annual meteorological data can be estimated as low (Soms 2011), field studies and reported data (Soms 2006) demonstrate presence of well-developed gully erosion network in the upland areas in this part of the country. The formation of linear erosion features on the glaciofluvial sediments in the valley of river Dviete also indicate the possibility of erosion events, despite the low calculated values of modified Fournie index (Soms 2011), which are 1.5-2 times less than the thresholds reported in the literature (CORINE-CEC 1992; Gregori et al. 2006) as sufficient for the initiation of linear erosion.

The reason for the above mentioned discrepancy can be interpreted by the fact, that formation of linear erosion features occurs as a geomorphic response to extreme hydrometeorological events which, due to their random local geographic distribution (Starkel 2002) or low probability of occurrence, very often have not been recorded by meteorological stations. Consequently, such rare erosion causative events of high magnitude are not included in calculations of mean precipitation values, leading to inadequate evaluation of erosivity.

Data reported in the related literature (Vandaele et al. 1996; Nachtergaele et al. 2001; Poesen et al. 2003) demonstrate that development of a gully network is highly controlled by several geomorphological factors, e.g. slope gradient, upslope drainage catchment, etc. In order to estimate the role of these factors as natural forcings which caused formation of linear incisions in the study site, field survey and desk-based GIS studies were performed. Obtained results demonstrates, that ephemeral gully and rills developed on the slope with inclination $6^{\circ} - 10^{\circ}$ or average slope gradient $S = 0.2 \text{ m m}^{-1}$.

In order to identify the extent to which the initiation and development of erosion incisions is determined by geomorphological controlling factor, the obtained results were compared to the data recently described in the literature related to the existing geomorphic threshold conditions influencing gully initiation. For this purpose, the empirical relationship $S = aA^{-b}$ between the upslope drainage catchment area (A) and critical slope gradient (S) of gully initiation first defined by Patton and Schumm (1975) and later reported by Vandaele et al. (1996) in respect of ephemeral gully initiation, was applied in this study.

The upslope drainage catchment area A value for studied ephemeral gully and rills system were obtained from DEM in the GIS by the tools of geospatial analysis and it is 0.22 ha. After that computed A values and S values measured in the field were plotted on a logarithmic scale together with the results concerning the critical slope gradient and drainage area for gully initiation, taken from the literature (Montgomery and Dietrich 1988; Dietrich et al. 1992; Prosser and Abernethy 1996).

Analysis and comparison of topographic A versus S values estimated for the linear erosion features with the published values of the critical thresholds for incision of overland flow based gullies indicates that the former plot below the threshold lines computed by other scientists. In other words, the size of the contributing area located upslope from a headcut of ephemeral gully, and its slope gradient are insufficient for gully initiation by an overland flow. In addition runoff flow lines modelled by GIS, i.e. places where runoff have to be formed according to analysis of high precision DEM differs from real ones identified in the field by GPS (Fig.4). Moreover, some rills are located almost across the dip direction of slope gradient.

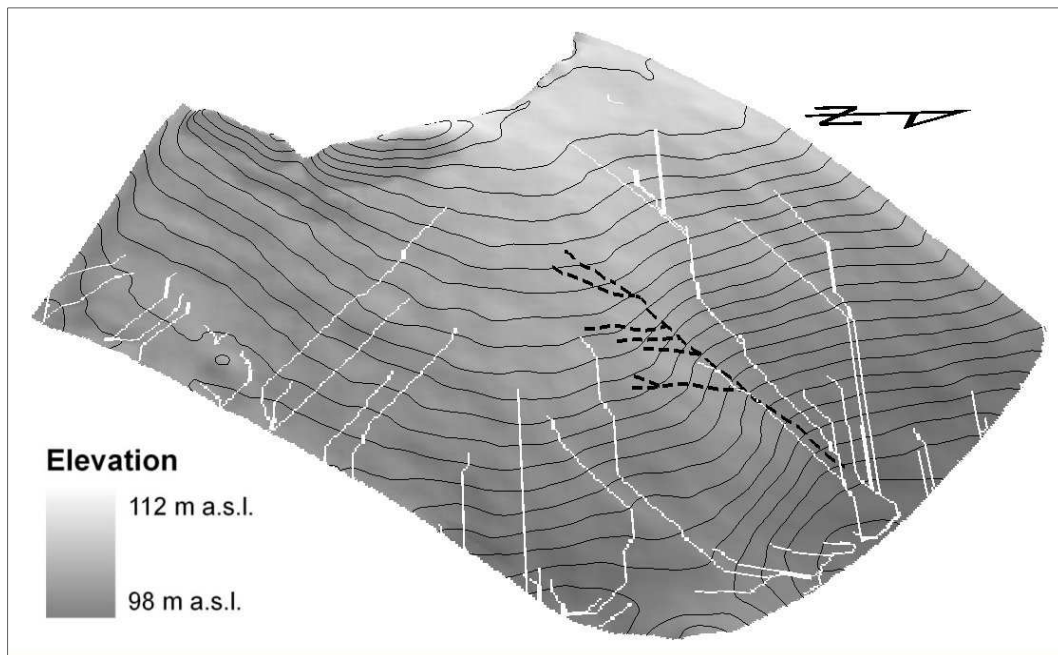


Figure 4. Digital elevation model of study site generated from LiDAR data with predicted runoff flow trajectories (white lines) based on the GIS analysis and real position of erosion incisions (dashed black line) measured *in situ* by GPS. Interval of contour lines 0.5 m.

Aforementioned facts indicate that besides the geomorphological controlling factors the anthropogenic forcings obviously play an additional role in accelerated erosion and formation of incisions. In this case small downslope-orientated microdepressions, which were previously formed by soil cultivation and imprinting of tracks from the use of agricultural machinery had an important role as effective links for concentrating and transferring runoff resulting from heavy rainfall to the footslope. Hence the combination of anthropogenic and natural forcings, i.e. meteorological extremes and human agricultural activities create favourable conditions for a rapid transfer of extreme precipitation from upslope contributing catchment to ephemeral gully channel, concentration of runoff into narrow flows, and as a result saltatory increase of bed erosion.

Conclusions

The results of the research presented in this paper permit to draw several important conclusions about the factors controlling linear erosion features formation on glaciofluvial sediments-derived soils in south-eastern Latvia.

Formation of system of rills and ephemeral gully near farmstead “Draži” occurs on relatively gentler slope of cropland environments due to concentration of extreme rainfall water in human-made linear downslope-orientated landscape elements or micro depressions.

It follows from the comparison of published data that erosion could not occur at all within the study site under the precipitation which corresponds to the mean monthly or annual values. In this case precipitating of ordinary low-magnitude rain onto erodible glaciofluvial sediments such as medium-grained or coarse sand and gravel, does not cause formation of a Hortonian runoff and

associated linear erosion due to high hydraulic conductivity of such sediments and fast absorption of falling rain. Such finding is in obvious contradiction with the results of field studies which allowed to recognize erosion incisions on the slope composed of coarse glaciofluvial sediments. Consequently the formation of ephemeral gully and rills is associated with extreme downpour on July 18, 2013, when rainfall intensity exceeds infiltration capacity and overran the threshold which triggers Hortonian overland flow, despite that soil and the top part of subsoil coarse glaciofluvial deposits had not become saturated.

In spite of the fact that such erosion landforms as ephemeral gullies are usually infilled during tillage or soil cultivation, erosion incisions can develop anew in almost the same location if an intensive overland runoff forms after intensive snow melting or heavy downpour.

Given that until now only some studies of ephemeral gullies in Latvia have been carried out (Soms 2011), it is obvious that the extent to which regularities of linear erosion process, controlling factors, morphology of ephemeral gullies, and patterns of their spatial distribution are currently studied is insufficient. According to the author's field observations, ephemeral gullies form quite often on the croplands in south-eastern Latvia; however, taking into account a short duration of their existence, it is not an easy task to record them and obtain the required data concerning their development. Hence it is very important in terms of mitigation of soil erosion to obtain *in situ* data regarding morphology of these landforms and forcings controlling their formation.

Acknowledgement

Research reported in this paper was financially supported by the ESF project No. 2013/0020/1DP/1.1.1.2.0./13/APIA/VIAA/066 „Interdisciplinary Team of Young Scientists for Assessment and Restoration of Soil Quality and Usage Potential in Latvia”.

References

- Casalí J., Bennett S.J., Robinson K.M. 2000. Processes of ephemeral gully erosion. *International Journal of Sediment Research*. 15(1), 31–41.
- CORINE-CEC 1992. CORINE soil erosion risk and important land resources. An assessment to evaluate and map the distribution of land quality and soil erosion risk. Office for official publications of the European Communities. EUR 13233. Luxemburg.
- Dietrich W.E., Wilson C.J., Montgomery D.R., McKean J., Bauer R. 1992. Erosion thresholds and land surface morphology. *Geology*. 20(8), 675–679.
- Gong J.G., Jia Y.W., Zhou Z.H., Wang Y., Wang W.L., Peng H. 2011. An experimental study on dynamic processes of ephemeral gully erosion in loess landscapes. *Geomorphology*. 125(1), 203–213.
- Goudie A., Anderson M., Burt T., Lewin J., Richards K., Whalley B., Worsley P. 1998. *Geomorphological techniques*. 2nd ed. Routledge, London, 570 pp.
- Gregori E., Andrenelli M.C., Zorn G. 2006. Assessment and classification of climatic aggressiveness with regard to slope instability phenomena connected to hydrological and morphological processes. *Journal of Hydrology*. 329(3-4), 489-499.
- Hauge C. 1977. Soil erosion definitions. *California Geology*. 30, 202–203.

- Juškevičs V., Misāns J., Mūrnieks A., Skrebels J. 2003. *Latvijas ģeoloģiskā karte mērogā 1 : 200 000. 34.lapa – Jēkabpils un 24.lapa – Daugavpils. 4. lapa „Kvartāra nogulumu”*. Valsts ģeoloģijas dienests, Rīga.
- Montgomery D.R., Dietrich W.E. 1988. Where do channels begin? *Nature*. 336, 232-234.
- Nachtergaele J., Poesen J., Steegen A., Takken I., Beuselinck L., Vandekerckhove L., Govers G. 2001. The value of a physically based model versus an empirical approach in the prediction of ephemeral gully erosion for loess-derived soils. *Geomorphology*. 40 (3-4), 237– 252.
- Patton P.C., Schumm S.A. 1975. Gully erosion, Northwestern Colorado: a threshold phenomenon. *Geology*. 3 (2), 88–90.
- Poesen J., Nachtergaele J., Verstraeten G., Valentin C. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena*. 50 (2-4), 91– 133.
- Prosser I.P., Abernethy B. 1996. Predicting the topographic limits to a gully network using a digital terrain model and process thresholds. *Water Resources Research*. 32 (7), 2289–2298.
- Quilbé R., Rousseau A.N., Duchemin M., Poulin A., Gangbazo G., Villeneuve J. P. 2006. Selecting a calculation method to estimate sediment and nutrient loads in streams: Application to the Beaurivage River (Québec, Canada). *Journal of Hydrology*. 326(1-4), 295-310.
- Reed A.H. 1979. Accelerated erosion of arable soils in the United Kingdom by rainfall and runoff. *Outlook on Agriculture*. 10, 41– 48.
- Soms J. 2006. Regularities of gully erosion network development and spatial distribution in south-eastern Latvia. *Baltica*. 19 (2), 72-79.
- Soms J. 2011. Efemērās gravas un to veidošanos ietekmējošie faktori dienvidaustrumu Latvijā. *Acta Universitatis Latviensis: Zemes un vides zinātnes*. 762, 149-160.
- Starkel L. 2002. Change in the frequency of extreme events as the indicator of climatic change in the Holocene (in fluvial systems). *Quaternary International*. 91 (1), 25-32.
- Valentin C., Poesen J., Li Y. 2005. Gully erosion: impacts, factors and control. *Catena*. 63 (2-3), 132–153.
- Vandaele K., Poesen J., Govers G., van Wesemael B. 1996. Geomorphic threshold conditions for ephemeral gully incision. *Geomorphology*. 16(2), 161– 173.
- Vanwalleghem T., Poesen J., Van Den Eeckhaut M., Nachtergaele J., Deckers J. 2005. Reconstructing rainfall and land-use conditions leading to the development of old gullies. *The Holocene*. 15(3), 378-386.
- VSS 1999. Swiss Standard SN 670 010b Characteristic Coefficients of soils, Association of Swiss Road and Traffic Engineers, Zurich, Switzerland.
- Wischmeier W.H., Smith D.D. 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *American Geophysical Union Transactions*. 39, 285-291.
- Wu B., Wang G., Xia J., Fu X., Zhang Y. 2008. Response of bankfull discharge to discharge and sediment load in the Lower Yellow River. *Geomorphology*. 100 (3-4), 366-376.
- Young A., Brunsdon D., Thornes J.B. 1974. *Slope profile survey*. British Geomorphological Research Group Bulletin No. 11. Geo Abstracts, Norwich, 52 pp.

EOLO RELJEFA FORMU IDENTIFIKĀCIJA UN GEOMORFOLOĢISKĀ IZPĒTE AR MEŽU KLĀTĀS TERITORIJĀS, IZMANTOJOT AEROLĀZERSKENĒŠANAS LIDAR DATUS: IEKŠZEMES KĀPU MASĪVA PIEMĒRS (DIENVIDAUSTRUMU LATVIJA)

Santa Strode¹, Juris Soms¹, Artis Markots²

¹Daugavpils Universitāte, Parādes ielā 1, Daugavpils, Latvija, LV-5401
santa.strode_3@inbox.lv, juris.soms@du.lv

²SIA "Metrum", Elizabetes ielā 20, Rīga, artis.markots@metrum.lv

Abstract

Identification and geomorphological studies of aeolian landforms under forest canopy using airborne LiDAR elevation data: a case study in inland dune field (south-eastern Latvia)

The landforms of aeolian origin located in the territory to the north of the city of Daugavpils form one of the largest dune fields in Latvia, covering at least 280 km² of the southern part of Jersika plain. Despite the evidence of past aeolian activity in this area, the dune field under the modern climate conditions is almost entirely stabilized by canopy vegetation. The presence of vegetation prevents mobilization of sands by aeolian processes, however, at the same time forest canopy hinders the identification or mapping of dunes and their groups by aerial photography or by geomorphological methods. Although information about this area as inland dune field was given in literature more than 30 years ago, morphology of aeolian landforms, their orientation and spatial distribution still has remained poorly documented. In order to get insight into these matters, identification and geomorphological studies of aeolian landforms under forest canopy using airborne LiDAR elevation data were performed. The LiDAR elevation data used in this study were collected by SIA "Metrum". Accurate LiDAR derived DEM was utilized to identify dunes as well as to extract geomorphological information about aeolian landforms. The performed study allowed to identify more than 300 dunes of different morphology, many of them have asymmetric profile and parabolic shape in planar view. Obtained results also indicate, that many of dunes forms groups, which are randomly scattered across the dune field.

Key words: inland dunes, LiDAR, morphology of aeolian landforms

Ievads

Iekšzemes kāpu masīvi kā reljefa eolās ģenētiskās grupas veidojumi plaši izplatīti ziemeļu puslodes vidējos un augstajos platuma grādos Aļaskā, Kanādā, Eiropā un Krievijā (Wolfe 2006). Lai gan mūsdienās kāpas šajos masīvos lielākoties ir aprimušas, tomēr tās ir bijušas aktīvas pleistocēna beigu posmā, auksta un sausa klimata apstākļos, kā arī holocēna sākumā. Priekšnoteikums šādu iekšzemes kāpu masīvu izveidei bija smilšaino un aleirītisko nogulumu uzkrāšanās pieledāja baseinos Vēlās Vislas (Eiropā) un Vēlās Viskonsīnas (Ziemeļamerikā) laikā, pēc kvartāra apledojuumu periferiālās segas izzušanas (Rawling III et al. 2008; Zelčs and Markots 2004). Sporādiski, īslaicīgi kāpu aktivizēšanās periodi ir norisinājušies arī jaunākos laikos klimata mainības vai cilvēka saimnieciskās darbības negatīvo seku ietekmē, tāpēc iekšzemes kāpas ir nozīmīgs paleoģeogrāfiskās informācijas avots holocēnā notikušo vides izmaiņu rekonstrukcijām (Wolfe et al. 2011).

Arī Latvijas teritorijā ir apzinātas ne tikai gar Baltijas jūras mūsdienu krasta līniju lokalizētas kāpas, bet arī senāki eolās cilmes reljefa veidojumi, kurus pārstāv kontinentālās jeb iekšzemes kāpas (Znudova 2011a). Pēdējos gados pieaug zinātniskā interese par šīm reljefa formām, t.i. iekšzemes kāpām, kā arī par šīs formas veidojošā vēja akumulētā materiāla sagulumu īpatnībām un uzkrāšanās laiku. Šiem jautājumiem tiek veltīta arvien lielāka vērība, par ko liecina pieaugošais publikāciju un

zinātnisko referātu skaits (Nartišs et al. 2009; Znudova un Zelčs 2010; Znudova 2011a; Znudova 2011b; Strode un Soms 2012; Znudova 2012; Strode un Soms 2013). Tas lielā mērā ir saistīts ar jaunākajām zinātniskās domas attīstības tendencēm pasaulē un Eiropā, kur sākot ar aizvadītā gadsimta 90.gadiem tiek realizēti pētījumi par eolo procesu aktivizācijas hronoloģijas precizēšanu pleistocēna beigū posmā un holocēnā (Käyhkö et al. 1999), kā arī mūsdienīgu absolūtā ģeoloģiskā vecuma datēšanas metožu izmantošanu (Ivester et al. 2001; Duller 2004; Lian and Roberts 2006).

Pasaulē eolo procesu aktivizācija tiek saistīta ar antropogēno ietekmi, kad cilvēka nepārdomātas saimnieciskās darbības rezultātā smilšaino nogulumu izplatības apgabalos tiek iznīcināta vienlaidu veģetācija. Kāpu smilts sargājošās augu segas iznīcināšana ir viens no galvenajiem faktoriem, kurš sekmē kāpu smilts pārpūšanu (Clemmensen et al. 2007; Koutaniemi 1997; Hugenholtz et al. 2012; Kiss et al. 2012). Tomēr zinātniskajā literatūrā publicētie dati liecina, ka vēja erozijas procesi pastiprinās līdz ar globālajām klimata pārmaiņām. Ņemot vērā pašreizējās klimata mainības tendences, vēja erozijas risks stabilizējušos smilšu kāpu laukos nepārtraukti pieaug un eolie procesi tuvākajā nākotnē varētu tajos aktivizēties atkal (Kiss et al. 2012). Šādā kontekstā ir ļoti būtiski veikt pētījumus par iekšzemes kāpu masīvu reljefu arī Latvijā.

Viens no iekšzemes kāpu izplatības apgabaliem atrodas arī Daugavpils novadā, Līksnas pagastā, uz ziemeļiem no Daugavpils pilsētas. Tomēr līdz šim par norādītajā teritorijā, Jersikas līdzenuma dienvidu daļā esošajiem iekšzemes eolajiem veidojumiem trūkst zinātniskas informācijas, nav datu nedz par to morfoloģiju, nedz iekšējo uzbūvi. Nav publicētu datu arī par kāpu ģeogrāfiskā izvietojuma likumsakarībām. Viss augstāk izklāstītais faktū materiāls apstiprina temata aktualitāti un norāda uz kompleksu ģeoloģiski-ģeomorfoloģisku pētījumu nepieciešamību iekšzemes kāpu masīvā Jersikas līdzenuma dienvidu daļā. Papildus impulsu ģeomorfoloģisko pētījumu veikšanai deva iespēja izmantot augstas izšķirtspējas LiDAR (angl. *Light Detection and Ranging*) datus, kurus iekšzemes kāpu izplatības areāla aerolāzerskenēšanas procesā sagatavoja SIA „Metrum”. Tāpēc 2013. gadā tika uzsākti kompleksi pētījumi, kuru mērķis bija izpētīt Jersikas līdzenuma dienvidu daļā, Daugavpils novadā esošo eolo veidojumu morfoloģiju, to uzbūvi un ģeogrāfiskās izplatības īpatnības. Lai iegūtu mērķa sasniegšanai nepieciešamos datus, tika realizēti sekojošie darba uzdevumi: (1) ar ĢIS datorprogrammu rīkiem veikt aerolāzerskenēšanas jeb LiDAR datu apstrādi; (2) izmantojot aerolāzerskenēšanas datus, izveidot pētījumu teritorijas digitālo virsmas modeli un ar tā palīdzību identificēt iekšzemes kāpas; (3) noskaidrot iekšzemes kāpu masīva reljefa formu morfoloģiju, kā arī to ģeogrāfiskā izvietojuma īpatnības.

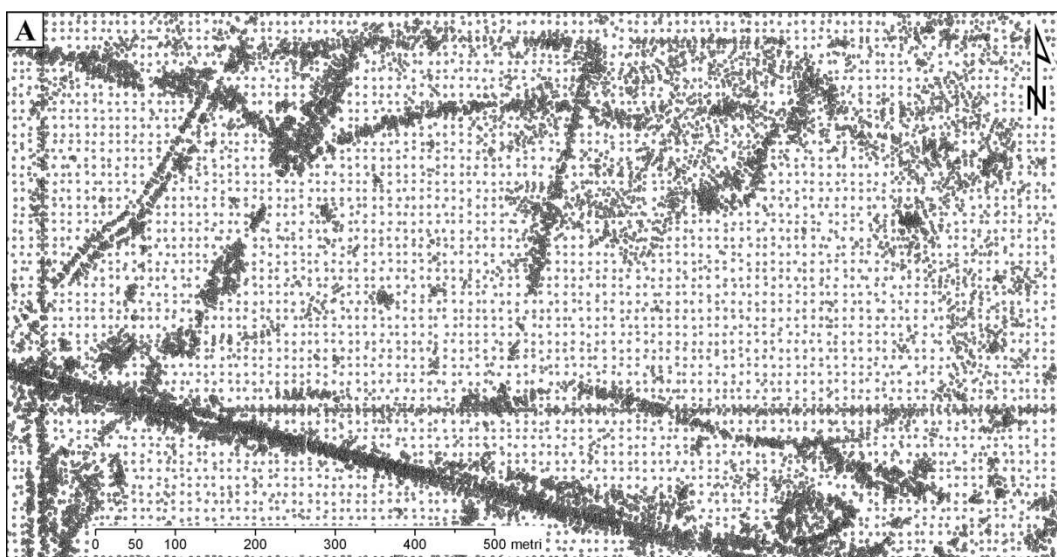
Materiāls un metodes

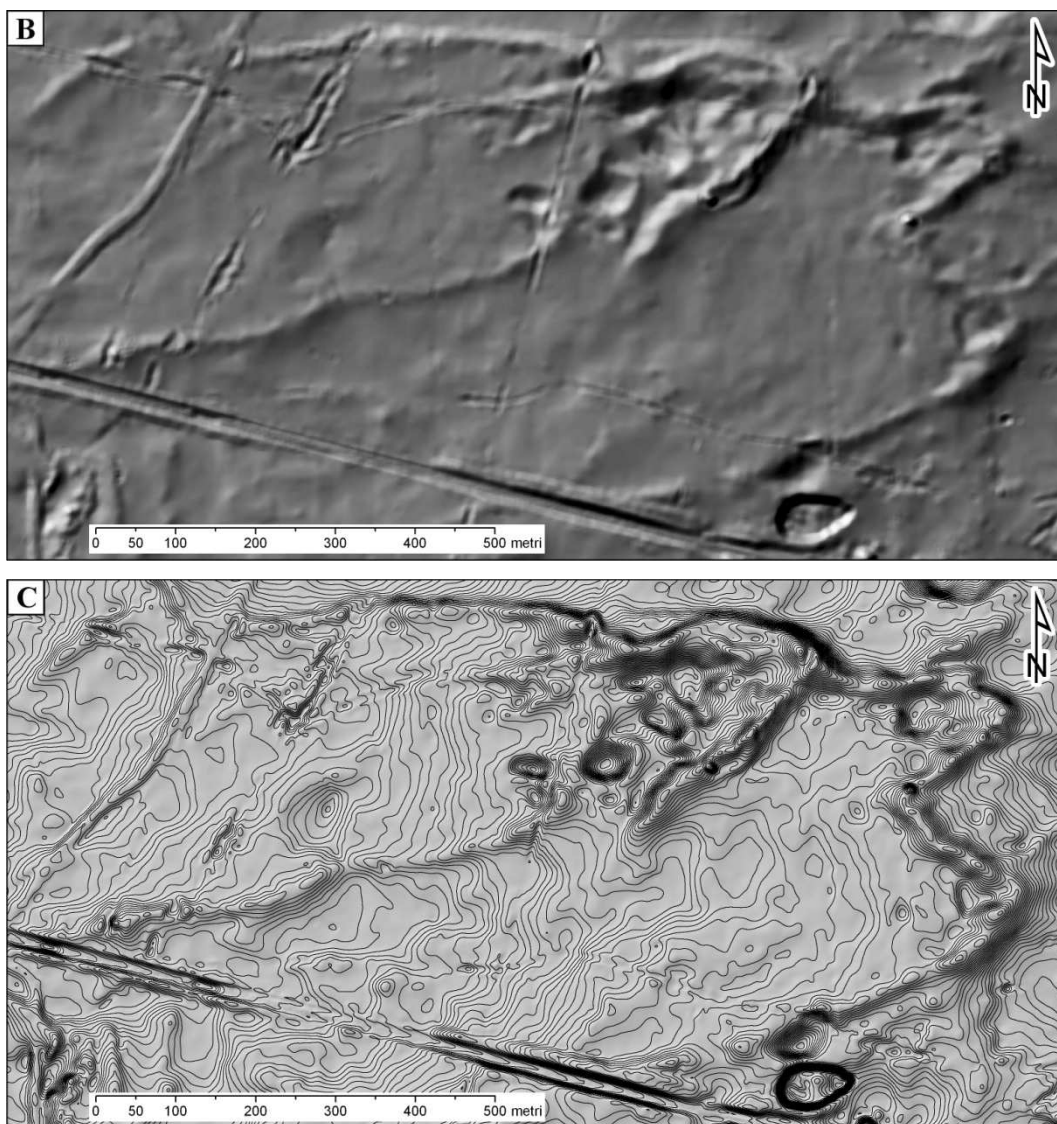
Lai varētu veikt LiDAR jeb aerolāzerskenēšanas datu apstrādi, pētījumā tika izmantotas ģeomātikas metodes. Šī uzdevuma izpildei tika pielietots pasaulē populārākais ģeogrāfisko informācijas sistēmu (ĢIS) saimes programmaprodukts ArcGIS. Izmantojot *ESRI ArcGIS Desktop*

10 datorprogrammu *ArcMap*TM 10.0, kā galarezultāts no LiDAR datiem tika iegūts pētījumu teritorijas digitālais virsmas modelis (DVM).

DVM ģenerēšanai no aerolāzerskenēšanas jeb LiDAR datiem tika izmantota kompānijas *ESRI ArcGIS Desktop* datorprogramma *ArcMap*TM 10.0 un tās paplašinājumi *SpatialAnalyst* un *3D Analyst*. Šī uzdevuma izpildes kontekstā jāatzīmē, ka lai būtu iespējams identificēt eolās reljefa formas un noskaidrot to morfoloģiju un izvietojumu, darbam bija nepieciešams augstas izšķirtspējas DVM. Lai gan iekšzemes kāpu izplatības areālam ir pieejamas bij. PSRS armijas ģenerālštāba topogrāfiskās kartes mērogā 1 : 10 000, tomēr teritorijās, ko klāj meža veģetācija, ne vienmēr dabā redzami reljefa elementi adekvāti var tikt identificēti arī topogrāfiskajās kartēs (Vēze un Markots 2011). Attiecīgi iekšzemes kāpu masīva DVM, kas izveidots uz topogrāfisko karšu pamata var būt neprecīzs, kas apgrūtinātu interpretācijas darbu un uz tā pamata iegūto rezultātu kvalitāte būtu apšaubāma. Tāpēc tika izvēlēts cits risinājums, jo pētījumu teritorijā ir veikta aerolāzerskenēšana jeb LiDAR un ir pieejami ĢIS integrējami LiDAR dati. Aerolāzerskenēšanu ir veikusi SIA „Metrum” 2009. gada 03. maijā, šim mērķim izmantojot uz lidmašīnas *Pilatus PC-6* stacionāri uzmontētu *Leica Geosystems ALS-50 Phase II* aerolāzerskenēšanas iekārtu, kas ir sinhronizēta ar GPS. LiDAR datu ieguves augstums – 1500 m, skenējuma joslas platums – apmēram 1400 m. Aerolāzerskenēšanas rezultātā SIA „Metrum” iegūtie blīva punktu mākoņa sākotnēji dati tika filtrēti, atlasot tikai zemes virsmas reljefu raksturojošos punktus. Vidējais LiDAR izejas datu punktu blīvums ir 2,3 punkti m⁻².

Filtrētie LiDAR dati ASCII faila formātā tika izmantoti DVM ģenerēšanai nepieciešamo datu atvasināšanai. Šajā failā datu pamatā ir punktu kopa jeb mākonis, kur katram punktam piemīt konkrētas X, Y, Z koordinātas. X un Y koordinātas raksturo punkta atrašanās vietu plaknē jeb ģeogrāfisko novietojumu LKS-92 koordinātu sistēmā, savukārt Z koordināta raksturo augstumu vjl.





1. attēls. No LiDAR datu ASCII teksta XYZ formāta faila atvasinātais punktveida vektordatu fragments no iekšzemes kāpu masīva teritorijas (A), no punktveida vektordatiem atvasinātais rastra formāta DVM iepriekšēji norādītās teritorijas fragments ar rastra pikseļa izmēru 1×1 m (B) un TIN formāta DVM fragments, kuram pievienots izohipsu tematiskais slānis ar šķēluma augstumu 0,2 m (C). Šādā veidā sagatavotais TIN formāta DVM tika izmantots iekšzemes kāpu identifikācijai (SIA „Metrum” aerolāzerskenēšanas dati © 2013). Kartes sagatavotas LKS-92 koordinātu sistēmā.

Lai no šiem datiem sagatavotu DVM, vispirms aerolāzerskenēšanas ASCII *.xyz formāta dati ar ArcGIS paplašinājuma *3D Analyst* rīku *ASCII 3D to Feature Class* tika konvertēti par ESRI *.shp formāta punktveida vektordatiem, tos saglabājot ģeodatubāzē. Tādējādi ģeodatubāzes elektroniskajā atribūtu tabulā tika attēlotas 3 929 500 augstuma vērtības punktveida objektu (*point*) veidā (1. attēls A).

Pēc tam, ar ArcGIS paplašinājumu *Spatial Analyst* un tā interpolēšanas rīku *Natural Neighbor*, saskaņā ar literatūrā aprakstīto metodiku (Kopp et al. 2001) vispirms no punktveida vektordatiem tika ģenerēts *ESRI Grid* formāta regulārā tīkla rastra DVM ar rastra pikseļa izmēru 1×1 m (1. attēls B). No šiem datiem savukārt, lai nodrošinātu labāku DVM uzskatāmību un attiecīgi atvieglotu reljefa elementu interpretācijas darbu, saskaņā ar 3D ģeotelpiskās datu apstrādes

standartmetodi (Bratt and Booth 2000), tika iegūts TIN (angl. *triangular irregular network*) formātā DVM.

Rastra formāta DVM tika izmantots arī, lai ar ArcGIS paplašinājumu *Spatial Analyst* ģenerētu izohipsas jeb horizontāles ar griezuma augstumiem 0,5 m un 0,2 m (1. attēls C). Horizontāļu slānis turpmākajā darba gaitā tika ģeneralizēts ar rīku *Neighborhood Statistics*, un tad vizuālās analīzes ceļā tika interpretētas atsevišķas iekšzemes kāpas un to grupas.

Turpmākajā darba gaitā, uz LiDAR datu pamata sagatavotajos DVM, pētot un analizējot izohipsu savstarpējo izvietojumu un formu, tika vektorizētas kāpu kontūras. Telpiskās izplatības noteikšanai ĢIS programmatūrā tika vektorizēta katras kāpas pamatne un saglabāta kā laukumveida objekts vienotā ESRI *.shp formāta vektordatu slānī.

Metodoloģiskā ziņā jauns risinājums eolās cilmes reljefa pētījumos ir ĢIS ģeotelpiskās analīzes gaitā aprēķinātās kāpu ģeogrāfiskā izvietojuma blīvuma vērtības un to vizualizācija kartes veidā. Šajā gadījumā kā atsevišķs atribūts LKS-92 kvadrātu-kilometru tīkla laukumveida apveiddatnēm tika izskaitļots, cik lielu platību no katra teritorijas kvadrātkilometra aizņem kāpu reljefs. Tad, ņemot vērā skaitlisko vērtību sadalījuma raksturu, ko noteica ar ArcGIS rīka *Statistics* funkciju *Frequency Distribution Histogram*, datu rinda tika sagrupēta klasēs ar piemērotāko klasifikācijas metodi (Mitchell 1999).

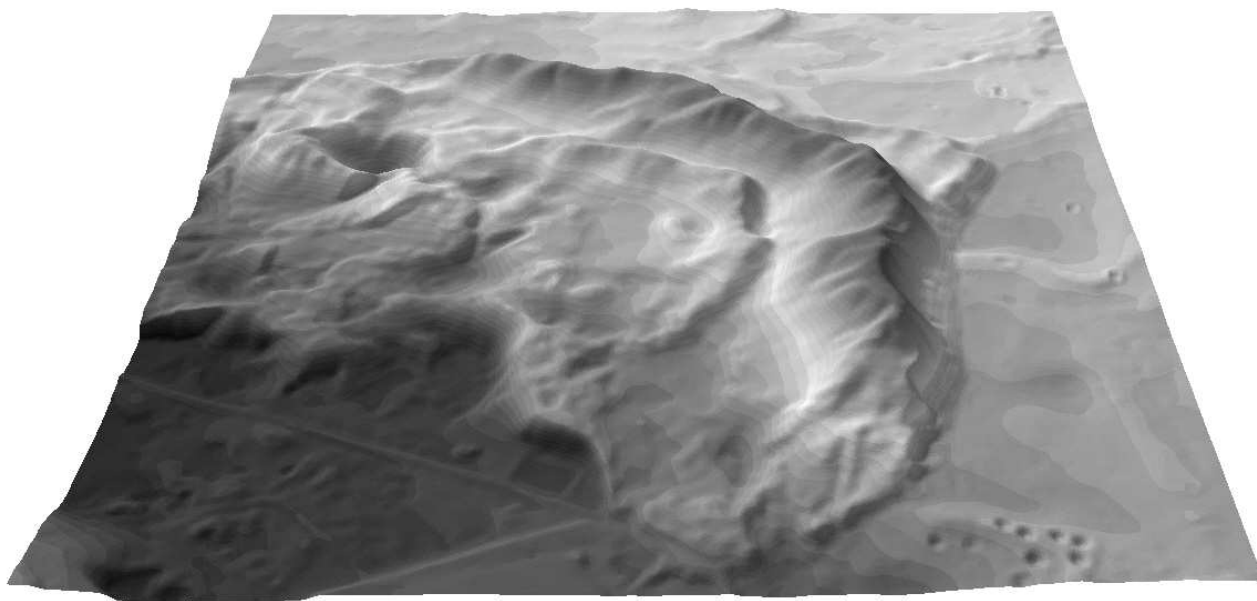
Rezultāti un diskusija

Datu apstrādes rezultātā ir iegūts augstas precizitātes un izšķirtspējas DVM teritorijai ar kopējo platību 154,1 km², kas nodrošina detalizētas informācijas ieguvu par eolās cilmes reljefu pētījumu teritorijas Jersikas līdzenuma dienvidu daļā. Šajā teritorijā iekšzemes kāpas veidojušās no vēja pārpūstiem Daugavas senās deltas nogulumiem, kas uzkrājušies Nīcgales sprostezerā pleistocēna beigu posmā (Zelčs and Markots 2004).

Uz LiDAR datu pamata veikto pētījumu rezultāti parāda, ka pētījumu teritorijā ir izvietojusies 351 kāpa. Kāpu absolūtie augstumi ir robežās no 90 līdz 138 m vjl. Svarīgi atzīmēt, ka pētāmajā teritorijā kopumā, ir novērojama likumsakarība, ka kāpu absolūtie augstumi pieaug virzienā no ZR uz DA. Absolūtā augstuma ziņā augstākās kāpas izvietojušās uz R, ZR un D no Stropu ezera, savukārt zemāko kāpu ģeogrāfiskā lokalizācija ir Ļūbasta ezera apkārtnē. Kāpu relatīvais augstums pārsvarā ir salīdzinoši zems, t.i. visplašāk ir izplatītas kāpas, kuru relatīvais augstums ir no 2 – 7 m. Maksimālie kāpu relatīvie augstumi ir 15 – 19 m robežās, bet kāpas ar šādiem relatīvajiem augstumiem nav sastopamas vienkopus kādā teritorijas daļā, bet gan izkļiedētā veidā visā teritorijā.

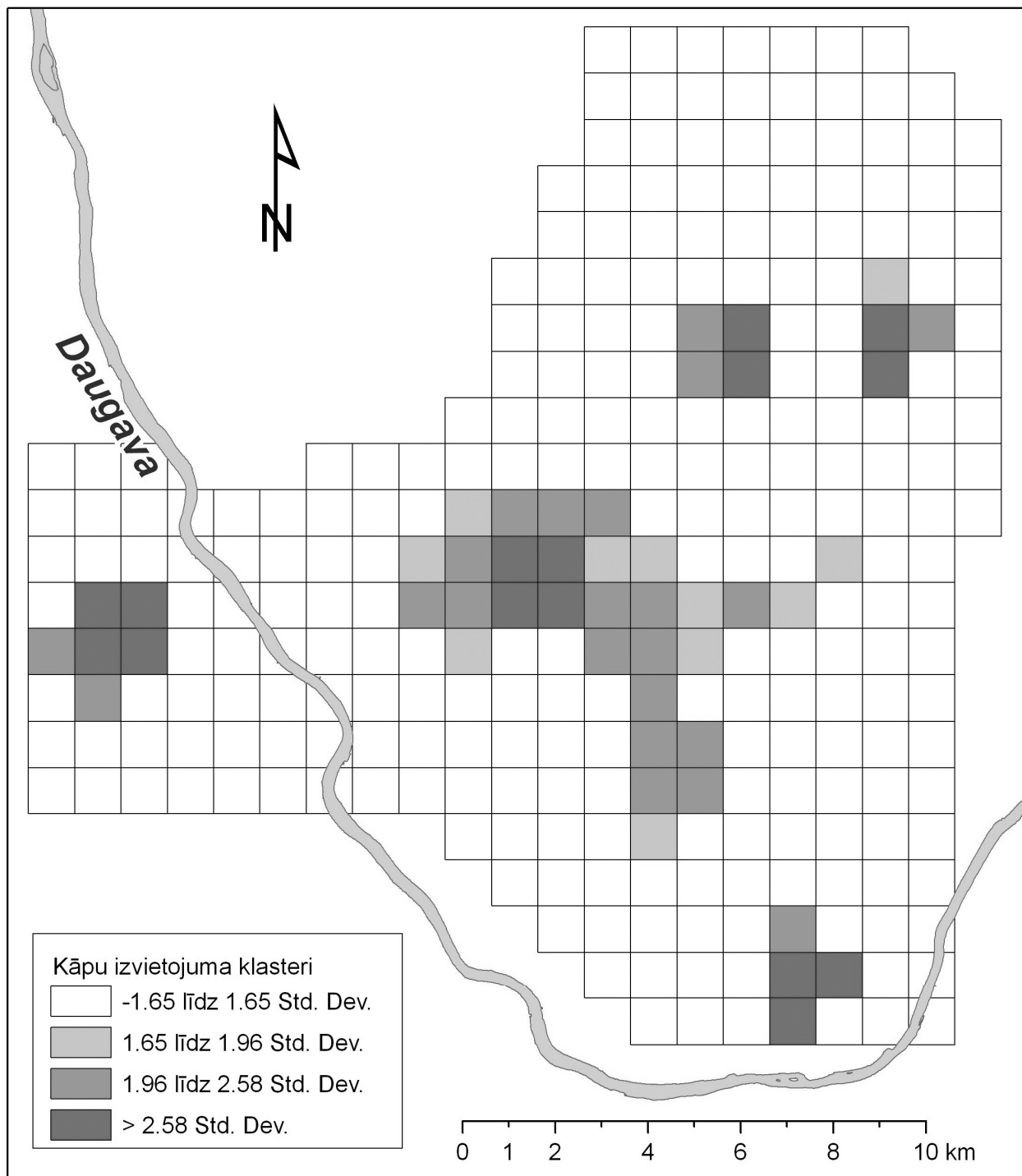
Kāpu forma plāna skatījumā bieži vien ir paraboliska vai neregulāra, tām ir asimetrisks profils, retāk ir novērojamas iztiepta apveida kāpas (2. attēls). Balstoties DVM izdalīto kāpu grupu garenasu orientācijas analīzi, var secināt, ka tās ir veidojušās dominējošo DR-R vēju ietekmē.

Jāatzīmē, ka iepriekšēji veiktajos pētījumos (Strode un Soms 2013), kur kāpu garenasis tika identificētas uz topogrāfisko karšu M 1 : 10 000 pamata, tika konstatēts, ka Jersikas līdzenuma dienvidu daļā esošo kāpu garenasis orientētas, galvenokārt, haotiski – tām nav kopējas orientācijas. Tas vēlreiz apliecina, ka ne vienmēr dabā redzami reljefa elementi adekvāti var tikt identificēti arī topogrāfiskajās kartēs un rezultāti, kas iegūti tikai uz topogrāfisko karšu analīzes pamata var būt neprecīzi.



2. attēls. Uz LiDAR datu pamata sagatavots TIN formāta 3D zemes virsmas modelis, kas atspoguļo paraboliska apveida iekšzemes kāpas Stropu ezera rietumu krastā (SIA „Metrum” aerolāzerskenēšanas dati © 2013). 3D modelis sagatavots LKS-92 koordinātu sistēmā.

Kāpu ģeogrāfiskā izvietojuma blīvuma analīze parāda, ka maksimālais kāpu blīvums sasniedz vērtību $0,41 \text{ km}^2 \text{ km}^{-2}$, bet vizuālā ziņā nav vērojama blīvuma vērtību sadalījuma likumsakarība. Tomēr ģeostatistikā analīze ar ArcGIS *Spatial Statistics Tools* rīkiem *High/Low Clustering (Getis-Ord General Gi)* un *Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*)* parāda, ka ar ticamību $p < 0,01$ pētījumu teritorijā pastāv piecas ģeogrāfiskās kopas jeb klasteri (3. attēls), kur iekšzemes kāpu izvietojuma blīvums ir augstāks.



3. attēls. ĢIS ģeotelpiskās analīzes gaitā identificētās kāpu ģeogrāfiskā izvietojuma grupas (klasteri) un to sadalījums Jersikas līdzenuma dienvidu daļā. Karte sagatavota LKS-92 koordinātu sistēmā.

Secinājumi

Veiktie pētījumi un pētījumu rezultātu interpretācija ļauj secināt, ka Jersikas līdzenuma dienvidu daļā esošo kāpu ģeogrāfiskais izvietojums ir neregulārs. Iekšzemes kāpu grupās bieži novērojamas paraboliska apveida kāpas, taču vienlaicīgi tika konstatētas arī neregulāra apveida reljefa formas. Atsevišķas kāpas ir ļoti dažādas gan pēc formas, gan pēc izmēriem.

Kāpu absolūtie augstumi pētāmās teritorijas ietvaros pieaug virzienā no ziemeļrietumiem uz dienvidaustrumiem. LiDAR datu apstrādes rezultāti parāda, ka iekšzemes kāpas veido grupas ar kopēju orientāciju, var novērot, ka kāpas ir veidojušās dominējošo DR-R vēju ietekmē.

Topogrāfiskajās kartēs attēlotās informācijas salīdzinājums atklāj augstuma horizontāļu zīmējumu atšķirības, kas viennozīmīgi liek spriest par to, ka bij. PSRS topogrāfiskajās kartēs M 1:10 000 eolo reljefu aprakstošā informācija ir neprecīza. No LiDAR datiem izveidotais digitālais zemes virsmas modelis var tikt izmantots, lai ģenerētu horizontāles ar dažādiem reljefa šķēluma augstumiem, kas nodrošina priekšrocības atsevišķu reljefa elementu identificēšanas procesā.

Kopumā pētījums apliecina, ka reljefa formu identifikācija un ģeomorfoloģiskā izpēte ar mežu klātās teritorijās, izmantojot aerolāzerskenēšanas LiDAR datus, sniedz kvalitatīvu un detalizētu informāciju par pētāmo teritoriju reljefa morfoloģiju un ģeogrāfiskā izvietojumu. Tas savukārt norāda uz šāda rakstura pētījumu nepieciešamību tajās teritorijās, kurās līdz šim reljefa raksturojums veikts galvenokārt uz kartogrāfiskā materiāla analīzi.

Pateicības

Raksta autori pateicas Andrejam Grišanovam par konsultācijām ĢIS datu apstrādes jomā, SIA „METRUM” par iespēju izmantot LiDAR datus šī zinātniskā pētījuma veiksmīgai izpildei, kā arī Varim Brežģim par palīdzību lauka pētījumu veikšanā. Rakstā ietvertie pētījumi veikti ar ESF projekta „Atbalsts Daugavpils Universitātes maģistra studiju īstenošanai” (vienošanās Nr. 2011/0018/1DP/1.1.2.1.1/11/IPIA/VIAA/010) atbalstu.

Bibliogrāfija

- Bratt S. and Booth B., 2000. Using ArcGIS 3D Analyst. Environmental Systems Research Institute, ESRI Press, Redlands, CA, USA, 374 pp.
- Clemmensen L. B., Bjørnsen M., Murray A., Pedersen K., 2007. Formation of aeolian dunes on Anholt, Denmark since AD 1560: A record of deforestation and increased storminess. *Sedimentary Geology*, 199 (3–4): 171-187.
- Duller G.A.T., 2004. Luminescence dating of Quaternary sediments: recent advances. *Journal of Quaternary Science*, 19, 183–192.
- Hugenholtz C.H., Levin N., Barchyn T.E., Baddock M.C., 2012. Remote sensing and spatial analysis of aeolian sand dunes: A review and outlook. *Earth-Science Reviews*, 111, 319-334.
- Ivester A., Leigh D.S., Godfrey-Smith D.I., 2001. Chronology of Inland Eolian Dunes on the Coastal Plain of Georgia, USA. *Quaternary Research*, 55: 293–302.
- Käyhkö A. J., Worsley P., Pye K., Clarke M. L., 1999. A revised chronology for Aeolian activity in subarctic Fennoscandia during the Holocene. *The Holocene*, 9 (2): 195 – 205.
- Kiss T., Sipos G., Mauz B., Mezösi G., 2012. Holocene aeolian sand mobilization, vegetation history and human impact on the stabilized sand dune area of the southern Nyírség, Hungary. *Quaternary Research*, 78 (3): 492-501.
- Kopp S, Borup B., Willison J., Payne B., 2001. Using ArcGIS Spatial Analyst. Environmental Systems Research Institute, ESRI Press, Redlands, CA, USA, 462 pp.
- Koutaniemi L., 1997. Finland. In: Embleton C., Embleton-Hamann C. (eds.), *Developments in Earth Surface Processes: Geomorphological Hazards of Europe*. Amsterdam, Elsevier, pp. 109-110.

- Lian O. B. and Roberts R. G., 2006. Dating the Quaternary: progress in luminescence dating of sediments. *Quaternary Science Reviews*, 25 (19–20): 2449-2468.
- Mitchell A., 1999. *The ESRI Guide to GIS Analysis. Volume 1: Geographic Patterns and Relationships*. Environmental Systems Research Institute, ESRI Press, Redlands, CA, USA, 186 pp.
- Nartišs M., Celiņš I., Zelčs V., Dauškans M., 2009. Stop 8: History of the development and palaeogeography of ice-dammed lakes and inland dunes at Seda sandy plain, north western Vidzeme, Latvia. In: Kalm V., Laumets L., Hang T. (eds.), *Extent and timing of Weichselian glaciation southeast of the Baltic Sea: Abstracts and Guidebook*. The INQUA Peribaltic Working Group Field Symposium in southern Estonia and northern Latvia, September 13-17., Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, pp. 79-81.
- Rawling III J.E., Hanson P.R., Young A.R., Attig J.W., 2008. Late Pleistocene dune construction in the Central Sand Plain of Wisconsin, USA. *Geomorphology*, 100 (3-4): 494-505.
- Strode S. un Soms J., 2012. Eolās reljefa formas Jersikas līdzenuma dienvidu daļā. Krāj.: Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Latvijas Universitātes 70. zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga, 2012.g. 02. februāris. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 226-228.
- Strode S. un Soms J., 2013. Jersikas līdzenuma dienvidu daļas iekšzemes kāpu morfoloģijas un izvietojuma īpatnību analīze ArcGIS vidē. Krāj.: Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga, 2013.g. 30.janvāris. Rīga, LU Akad. apgāds, 222.-225.lpp.
- Vēze A. un Markots A., 2011. Reljefa datu pareizība un precizitāte dažādos reljefa datu avotos: Jēkabpils piemērs. Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Latvijas Universitātes 69. zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga, 2011.g. 03.februāris. Rīga, LU Akad. apgāds, lpp.254.–256.
- Wolfe S.A., 2006. High-latitude dune fields. In: Elias, S. (ed.), *Encyclopedia of Quaternary Sciences*. 2nd revised edition. Elsevier Publishing, pp. 599-607.
- Wolfe S., Bond J, Lamothe M., 2011. Dune stabilization in central and southern Yukon in relation to early Holocene environmental change, northwestern North America. *Quaternary Science Reviews*, 30 (3-4): 324-334.
- Zelčs V. and Markots A., 2004. Deglaciation history of Latvia. In Ehlers, J., Gibbard, P. L. (eds.), *Extent and Chronology of Glaciations, v.1 (Europe)*. Elsevier, 225–244 pp.
- Znudova L. un Zelčs V., 2010. Eolie veidojumi Ropažu līdzenumā. Krāj.: Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Latvijas Universitātes 68. zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga, 2010.g. 03. februāris. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 383-385.
- Znudova L., 2011a. Senās iekšzemes kāpas Viduslatvijas zemienes Ropažu līdzenumā. Latvijas Universitātes Raksti. Zemes un vides zinātne, 762: 114 -130.
- Znudova L., 2011b. Iekšzemes kāpas Viduslatvijas zemienes austrumu daļā. Krāj.: Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Latvijas Universitātes 69. zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga, 2011.g. 04. februāris. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 400.-402.
- Znudova L., 2012. Viduslatvijas zemienes iekšzemes kāpu ģeomorfoloģiskā daudzveidība. Krāj.: Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Latvijas Universitātes 70. zinātniskā konference. Referātu tēzes. Rīga, 2012.g. 02. februāris. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 249-252.

FLINT STUDIES IN ULTRAVIOLET LIGHT

Līga Zariņa, Valdis Segliņš

University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences, Alberta street 10, Riga, Latvia, LV-1010
liga.zarina@lu.lv, valdis.seglins@lu.lv

Kopsavilkums

Krama pētījumi ultravioletā gaismā

Pētīti krama paraugi no vairākām vietām Ziemeļu un Austrumeiropā. Salīdzinājumiem papildus pētīti arī atšķirīgas kvalitātes pārkrasoti dolomīta veidojumi. Paraugi un no tiem iegūtas 0.5-2 mm plānas atšķīlas pētītas ultravioletā (UV) starojuma dažādu kalibrētu viļņu garumā (340 nm – 640 nm), izmantojot dažādus speciālos gaismas filtrus. Pētījumā konstatēts, ka optimāli ir lietot lampas ar kalibrētu izstarotās gaismas viļņu garumu 365 nm un 480 nm, atbilstoši atstarotā gaismā lietojot filtrus SYBR Gold (485-655 nm) un EtBr Red (570-640 nm). Mikroskopiskie novērtējumi ar 50 reīzu palielinājumu ir optimāli lietojot filtrus ar ultravioleto ierosmes joslu 340-380 nm (emisijas josla sākot no 425 nm), zilo ierosmes joslu 450-490 nm (emisijas josla sākot no 525 nm) un zaļo ierosmes joslu 525-560 nm (emisijas josla sākot no 590 nm). Atkarība no izmantotiem tehniskiem līdzekļiem novērtējumi veikti vizuāli un fotodokumentēti, reģistrējot arī vairākus attēlu un apgaismojuma režīmu parametrus.

Iegūtie rezultāti norāda, ka ir iespējams nošķirt vairākas raksturīgas pazīmes, kā graudu lielums un izkārtojuma regularitāte, difūzus laukumus, ieslēgumus u.c. Šīs pazīmes un pazīmju kopas ļauj savstarpēji atšķirt pētītos paraugus. Tomēr šo un citu īpašību dabiskā daudzveidība pat viena parauga ietvaros ir visai augsta un pagaidām neļauj kādu no pazīmēm saukt par diagnosticējošu un raksturīgu kādai konkrētai krama ieguves vietai.

Atslēgvārdi: krams un pārkrasoti ieži, ultravioletā gaisma, raksturīgas pazīmes, dabiskā daudzveidība

Abstract

Flint studies in ultraviolet light

In the study flint samples from several Northern and Eastern Europe sites were examined. Additionally for comparison, chert and chalcedony saturated dolomite samples were studied. The rock samples and 0.5-2 mm thick flakes split off them were investigated in the ultraviolet (UV) light of different calibrated wavelengths (340 nm – 640 nm), using various light filters. In the study was found that it is optimal to use 365 nm and 480 nm wavelength emitting lamps accordingly for the reflected light using filters SYBR Gold (485-655 nm) and EtBr Red (570-640 nm). The microscopic assessments with magnification of 50 times were optimal using filters with ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm), blue excitation zone 450-490 nm (emission zone from 525 nm) and green excitation zone 525-560 nm (emission zone from 590 nm). Depending on research equipment, the assessments were made visually and photodocumented, registering also a number of parameters of images and lighting modes.

The results indicate that it is possible to distinguish several characteristics as grain size and layout regularity, diffuse areas, inclusions etc. These are features and sets of features that allow mutually distinguish investigated samples. However, the natural diversity of these and other properties even within a single sample is high and so far studied does not allow some specific feature to be called diagnostic and typical of a particular flint mining site.

Key words: flint and chert, ultraviolet light, characteristic features, natural diversity

Introduction

Flint is quite widespread in sedimentary rocks. It is categorized as type of chert, and often occurs just as a silicate material in carbonate rocks, where it is a replacement mineral formed in diagenesis. However, generally flint is a variety of cryptocrystalline quartz, forming nodules of irregular shapes and concretionary masses that can be dispersed randomly throughout the rock or concentrated in distinct layers. Often it can be found as pebbles or cobbles along beaches and streams, because of its resistance to weathering. This indicates that in nature exists a very wide variety of flint and chert, which significantly complicates its classification, grouping and characterization (Högberg, Olausson 2007). As a result, the flint rocks are difficult directly comparable, using traditional physical and chemical test methods (Costopoulos 2003). However, it is necessary for the Stone Age investigation, because conclusions concerning ancient human evolution are mainly based on the studies of flint tools (Cunliffe 2001).

Materials and methods

In the study flint samples from several Northern and Eastern Europe sites, which have been flint mining places in the Stone Age, were examined. Additionally, chert and chalcedony saturated dolomite samples from Latvia were studied. In modern territory of Latvia, they, together with flint pebbles from the Baltic Sea coast, correspond to possible local source material for production of flint tools in the Stone Age. Detailed analyses of flint samples, as well as 0.5-2 mm thick flakes split off them, with total amount of analyzed samples up to 50, were carried out.

The analytical studies were conducted in Faculty of Biology of University of Latvia. The research equipment BioSpectrum AC Imaging System was used. The lamps with calibrated wave length of 365 nm and 480 nm and three different wave length emission filters SYBR Green (515-570 nm), SYBR Gold (485-655 nm) and EtBr Red (570-640 nm) were used. The study parameters were set using software *Vision Works S*, by which also was managed monochrome photodocumentation of the investigated samples, using wide picture-taking exposure time in range from 0.03 s to 2 min, according to the set research mode.

Higher detail studies were conducted with 50 times magnification, using microscope Leica DM 2000. The research was carried out under ultraviolet light in three different modes which accordingly were formed using filters with ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm, blue), blue excitation zone 450-490 nm (emission zone from 525 nm, green) and green excitation zone 525-560 nm (emission zone from 590 nm, red). The photodocumentation with camera *Leica DFC 420*, which is connected with the microscope, as well as settings of lighting modes, were managed using software *Image Pro Express*.

Further a comparative analysis of the acquired images was carried out. It is possible to distinguish several characteristics as grain size and layout regularity, diffuse areas, cracks, inclusions etc. (Segliņš, Zariņa 2014) and in this study the aim was to assess the natural diversity of these and other characteristics within each sample. This further could be useful for flint difference assessment evaluation, clarifying, if it is possible justly distinguish samples from different sites and localize them, basing on such research data.

Results and discussion

Flint is characteristic for many sedimentary rocks and serves as an important distinguishing feature. It is heterogeneous material, however, especially in comparative regional studies, often it is assumed that the investigated sample is homogeneous and typical, and physical characteristics as well as chemical composition detected can be used in a wider context (e.g., Gurova 2011, Baltrūnas et al. 2006).

Evaluating images, obtained using research equipment BioSpectrum AC Imaging System in optimal research modes, it is possible convincingly recognize heterogeneity of the research material (Figure 1).

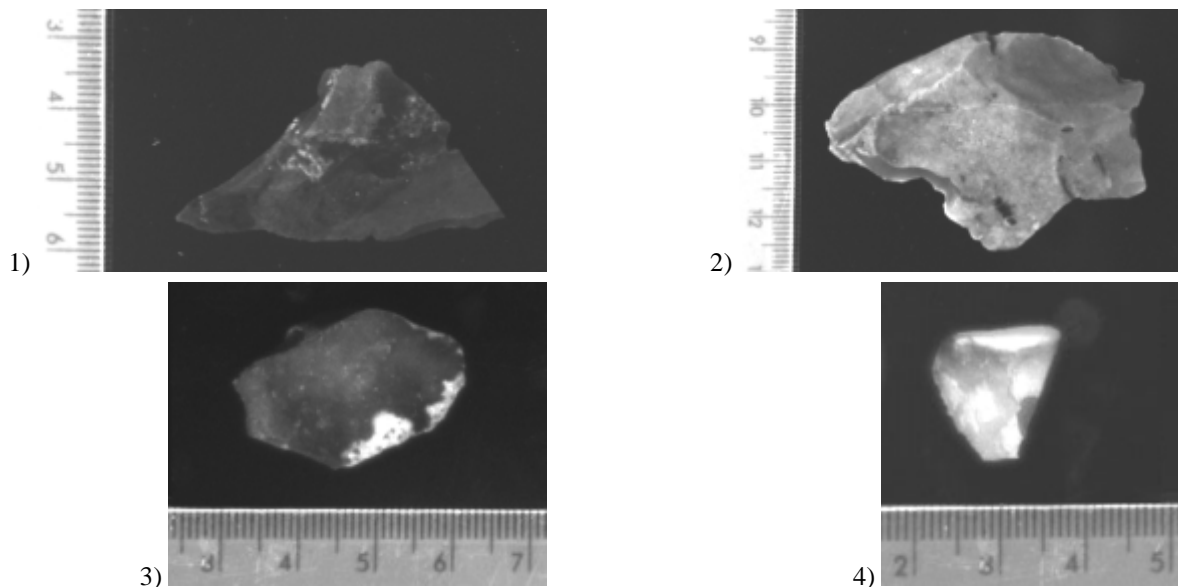


Figure 1. Samples 1) K1, Upper Volga Region, Russia, b) LT1, Varėna district, Lithuania, photodocumented under 365 nm wavelength emitting lamp, using filter SYBR Gold (485-655 nm) and 3) UK1, Beachy Head, United Kingdom, 4) LV6, Baltic Sea coast, Latvia, photodocumented under 480 nm wavelength emitting lamp, using filter EtBr Red (570-640 nm).

The different shade intensity characterizes the heterogeneity of rock material. Already this information is important for further detailed planning of research, for example, selecting sample area for microscopic assessments or chemical composition detection.

Even more evident the heterogeneity can be identified in images obtained in study under microscope with magnification of 50 times, using different research modes (Figure 2). In this research stage it was possible to determine various characteristic features (Segliņš, Zariņa 2014), which can be evaluated in comparative studies of investigated samples from different locations or within each sample.

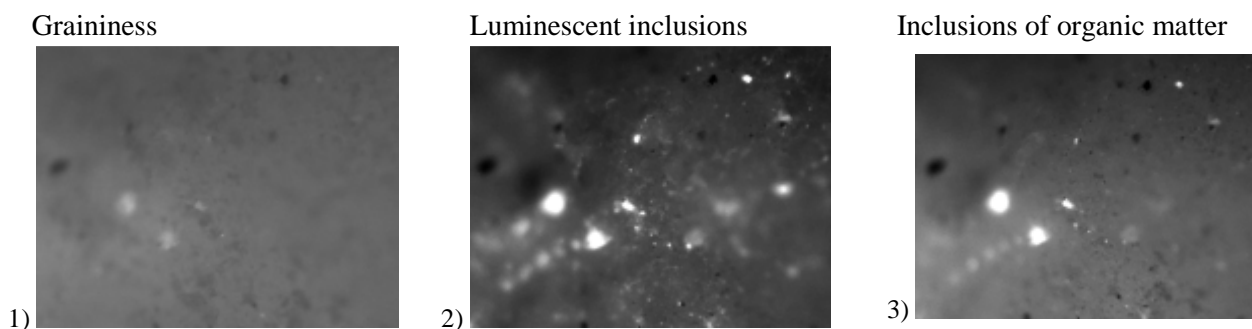
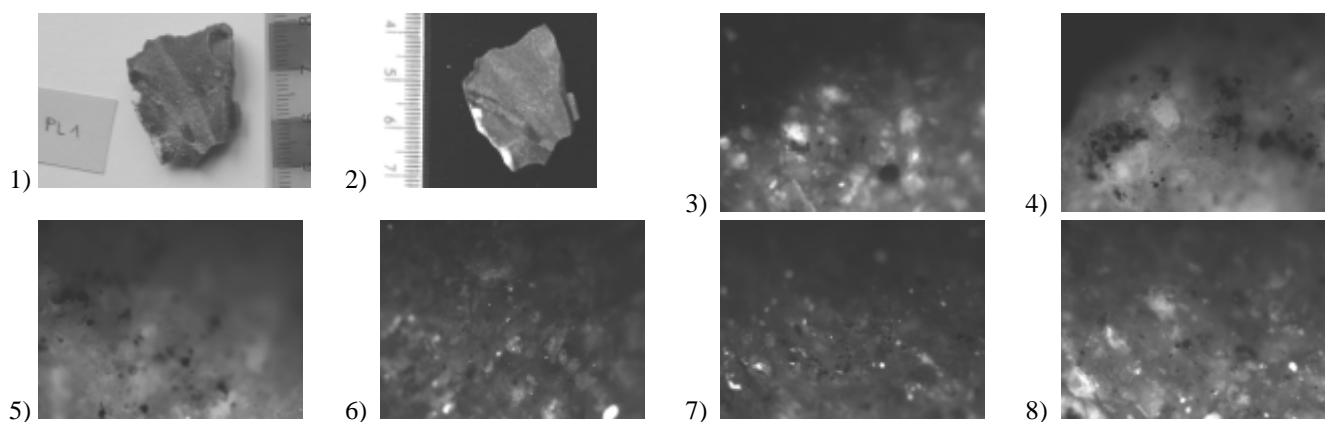


Figure 2. Photodocumentation of the sample LV5, Baltic Sea coast, Latvia, in magnification of 50 times in three different lighting modes: 1) green excitation zone 525-560 nm (emission zone from 590 nm), 2) ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm) and 3) blue excitation zone 450-490 nm (emission zone from 525 nm), highlighting certain properties.

In this study were chosen three characteristics for further comparisons and assessments – graininess, luminescent inclusions and inclusions of organic matter (Figure 2). In Figure 2 it is obvious that studies, using different filters, provide information about different aspects of structure properties, and methodically correct in the future should be analyze them together, because in each of optimal research modes certain characteristics can be assessed more appropriate. Accordingly, luminescent effects the best can be detected in the research mode formed with ultraviolet excitation zone 340-380 nm (Figure 2, 2)). In the mode formed by green excitation zone 525-560 nm (Figure 2, 1)) the best can be seen distribution of the heterogeneity of the material, various diffuse substitutions, which characterize the process of material formation, as well can be recognized distinct crystals formations of various shapes – in general characterizing graininess. Inclusions of organic matter the best can be observed in research mode formed with blue excitation zone 450-490 nm (Figure 2, 3)). Previous mentioned allows cross-checking of flint regarding to the different structural features comparing them within each sample, as well comparing separate samples from one site and also from geographically widely differing regions. In this study all investigated samples were assessed in mentioned aspects.

Forward, to give an example, are displayed four samples. Figure 3 shows flint sample PL1 from Southern Świętokrzyskie Mountains in Poland. Figure 4 shows chalcedony saturated dolomite sample LV3 from Šķerveļa formation in Latvia. Figure 5 and Figure 6 show two separate samples from Møn Island, Denmark – first represents pebble from the beach coast and another is piece from flint layer in chalk cliff.

In order to make possible equal comparisons here are displayed images made in one research mode, which is formed by ultraviolet excitation zone 340-380 nm. From used research modes, under this lighting can be obtained most complete information about sample structure, highlighting luminescent effects, which are not fully recognizable applying other used modes.



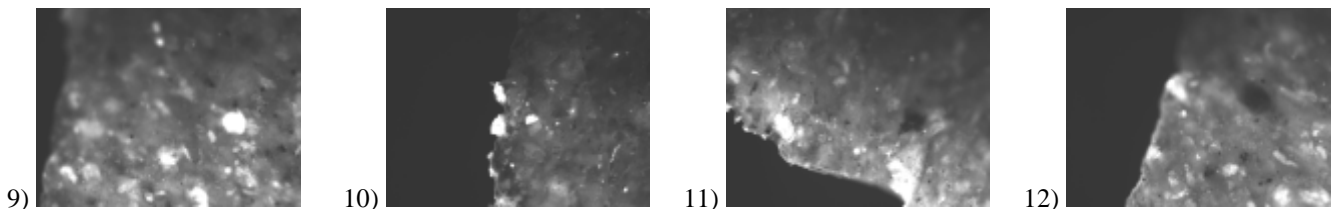


Figure 3. Flint sample PL1, Sothern Świątokrzyskie Mountains, Poland, photodocumented in different lighting modes: 1) visible light, 2) 365 nm wavelength emitting lamp, filter SYBR Gold (485-655 nm), 3)-12) ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm).

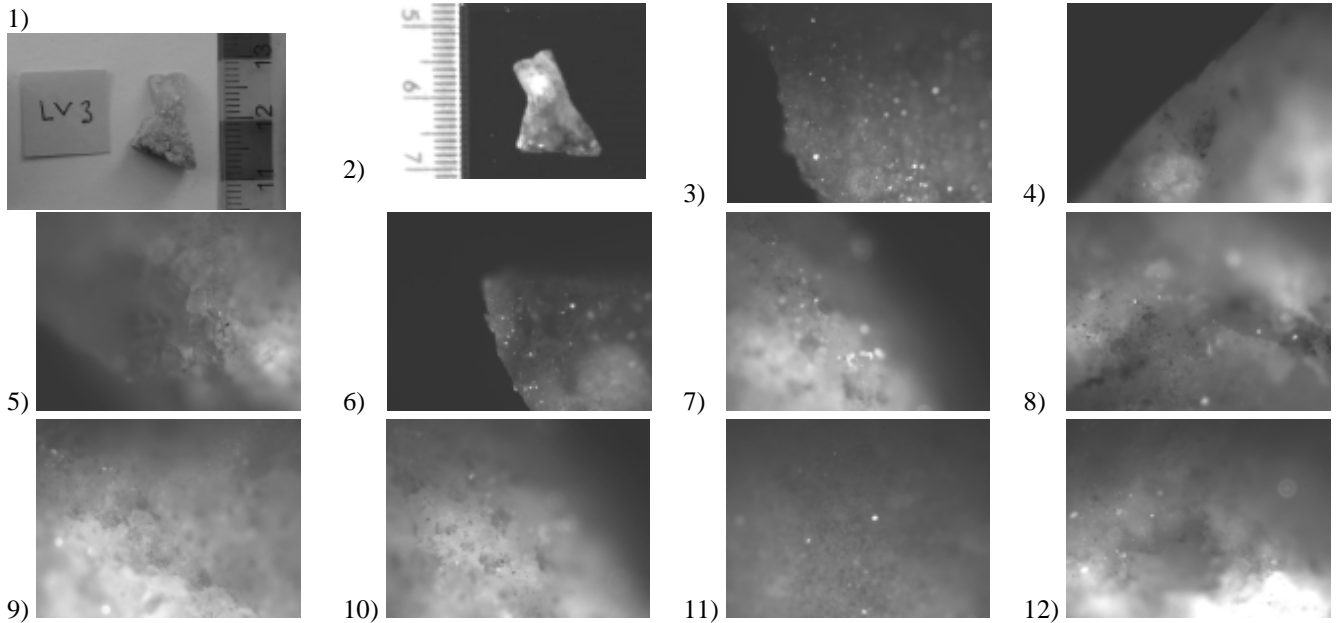


Figure 4. Chalcedony saturated dolomite sample LV3, Šķerveļa formation, Latvia, photodocumented in different lighting modes: 1) visible light, 2) 365 nm wavelength emitting lamp, filter SYBR Gold (485-655 nm), 3)-12) ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm).

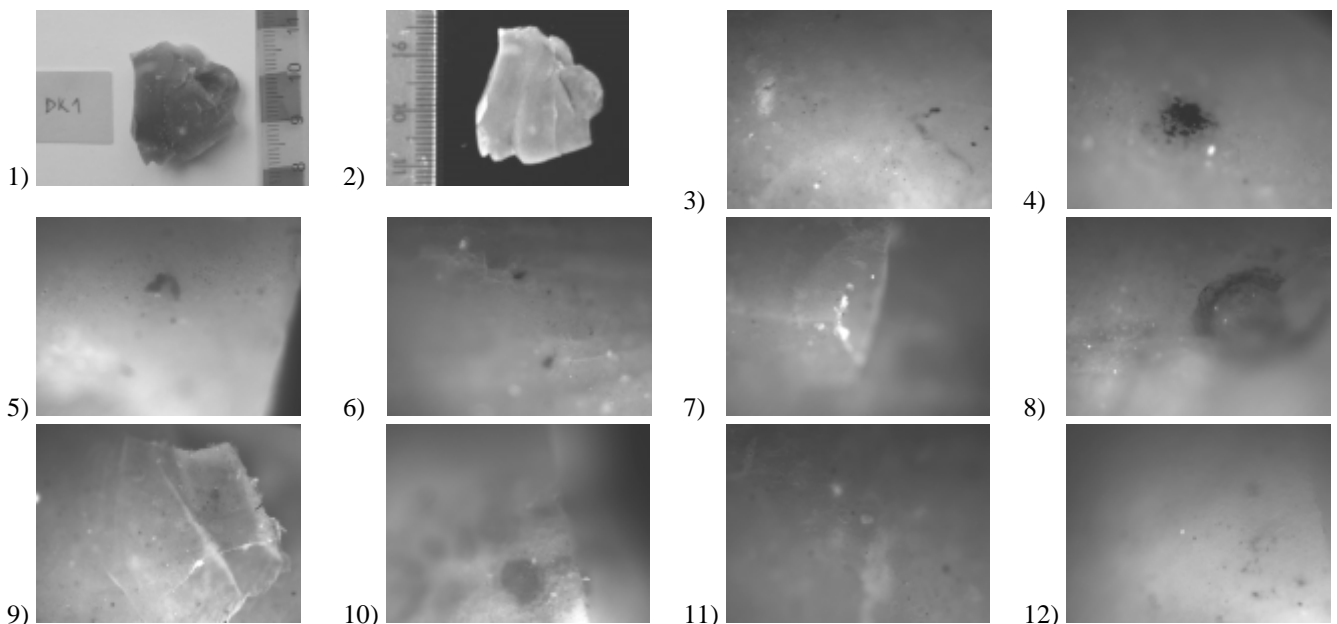


Figure 5. Flint sample DK1, Møn Island, Denmark, photodocumented in different lighting modes: 1) visible light, 2) 365 nm wavelength emitting lamp, filter SYBR Gold (485-655 nm), 3)-12) ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm).

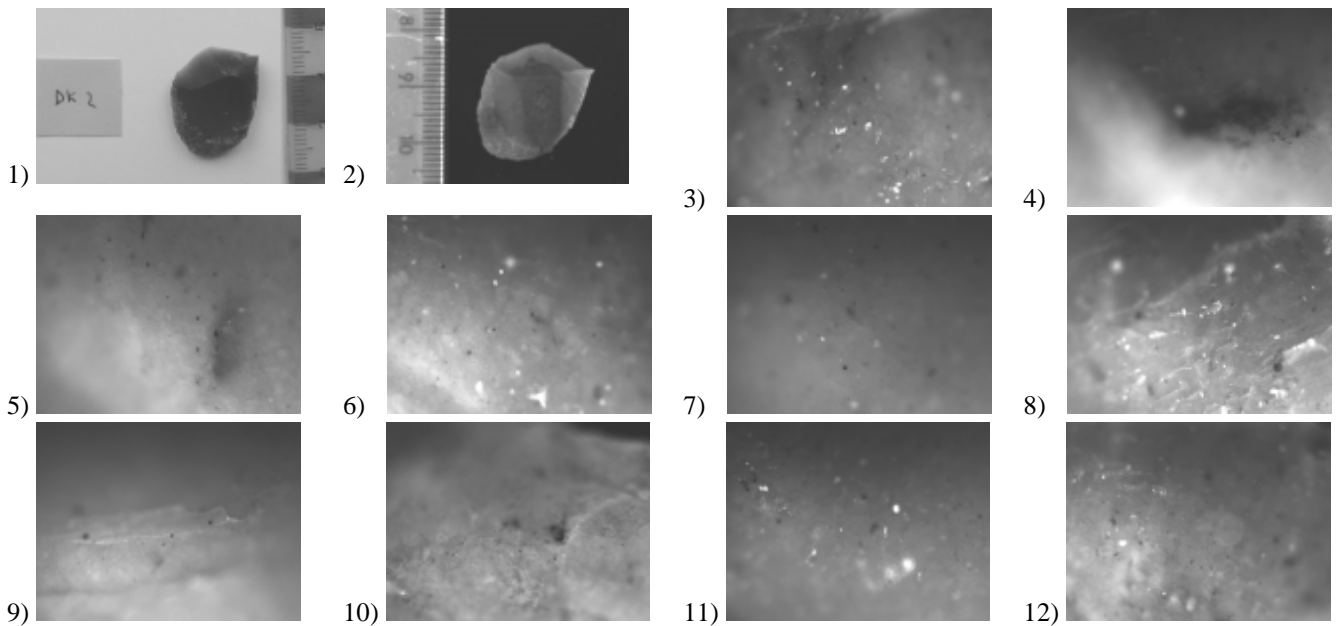


Figure 6. Flint sample DK2, Møn Island, Denmark, photodocumented in different lighting modes: 1) visible light, 2) 365 nm wavelength emitting lamp, filter SYBR Gold (485-655 nm), 3)-12) ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm).

Previous displayed images clearly indicate significant differences in the flint rocks structure, which can be considerably more detail identified in observations in ultraviolet light. In this lighting the flint samples as well as the Latvian chalcedony saturated dolomite can be distinguished by a number of visually detectable features. Perhaps, it is better consider them as inherent differences, which become contrasting in mutual comparisons. Such an analysis should be carried out in the future together with detailed chemical composition analysis, which would not only allow to identify the differences, but also characterize them as certain variations in the composition. As well certain sets of features could be used for flint localization.

Luminescent inclusions are not visible in macroscopic observations without using ultraviolet light and appropriate filters. Mostly they are recognizable as fluorescent grains and it is possible to assess their size, layout and volume in sample. It can be seen that the weak reflexes occur also in deeper parts of rock and this phenomenon may be related to sample surface relief, cracks, but not to surface contamination.

Organic matter in the samples mostly can be observed in homogeneous or heterogeneous cryptocrystalline rock base as dark inclusions. Inclusions of organic matter vary in layout, distribution, volume and can occur in different forms, for example, as tiny spots, sets of them or irregular shape formations.

Flint structure and graininess should be assessed as a homogeneous cryptocrystalline rock base, possibly with some larger crystalline grains, and having regard to various forms and types of inclusions, diffuse areas, hidden cracks that characterize the rock formation.

Conclusions

The study concluded that in ultraviolet light significant and high-quality data can be obtained about all research samples. It is important that the samples were investigated using non-destructive methods, which is requirement in archaeological studies.

The results clearly indicate the heterogeneity of flint material structure – part of it is recognizable macroscopically, however, also visually homogeneous areas in ultraviolet light vary with a quite different structure. There is recognizable internal structure of the studied material, and at the same time are visible also various inclusions and diffuse areas, hidden cracks and other heterogeneities, which often covers most of the research object.

Accordingly, describing a certain sample can be inspected a variety of structural characteristics. The properties selected for evaluation in the study are recognizable as very informative. These are features and sets of features that allow mutually distinguish investigated samples. However, the natural diversity of these and other properties even within a single sample is high and so far studied does not allow some specific feature to be recognized indicative and typical of a particular flint mining site.

The study gave additional possibilities to improve flint characterization and facilitate further detailed studies.

Acknowledgements

This work has been supported by the European Social Fund within the project «Support for Doctoral Studies at University of Latvia - 2» and by the National Research Program NatRes project Mineral resources.

References

- Baltrūnas, V., Karmaza, B., Kulbickas, T., Ostrauskas, T. 2006. *Siliceous rocks as a raw material of prehistoric artefacts in Lithuania*. Geologija 56. Vilnius, pp 13-26.
- Costopoulos, A. 2003. *Prehistoric flint provenance in Finland: reanalysis of Southern data and initial results for the North*. Fennoscandia archaeologica XX, pp 41-54.
- Cunliffe B. 2001. *The Oxford illustrated history of Prehistoric Europe*. Oxford University Press, 532 p.
- Gurova, M. 2011. *Prehistoric flint assemblages from Bulgaria: a raw material perspective*. Magyar Nemzeti Múzeum Budapest, pp 96-115.
- Högberg, A., Olausson, D. 2007. *Scandinavian Flint – an Archaeological Perspective*. Aarhus University Press, 158 p.
- Segliņš V., Zariņa L. 2014. *Krama īpašību pētījumi ultraviolet gaismā akmens laikmeta rīku izejmateriāla avotu noteikšanai nākotnē*. Rīga, RTU izdevniecība, pp 14-24.

FIZIKA / PHYSICS

KVANTU PUNKTU EMITĒTAS GAISMAS VIĻŅU GARUMU ATKARĪBA NO TO IZMĒRIEM

Pāvēls Grigorjevs, Amandis Podiņš.

Daugavpils Universitāte, Parādes iela 1, Daugavpils, Latvija, LV-5401
pavelgri@inbox.lv

Abstract

Quantum dot light emitted wavelength dependence on their sizes

The aim of the study is to compute electronic states for CdSe/ZnO quantum dot. The problem is solved using the Eigenvalue solver in COMSOL Multiphysics and equation-based modeling in the coefficient form. Emission light wave length dependence from size and proportions of CdSe kernel and ZnO envelope are studied. In the result the dependence is not linear.

Key Words: Quantum Dot, emission, spectrum, CdSe/ZnO

Kopsavilkums

Kvantu punktu emitētās gaismas viļņu garumu atkarība no to izmēriem

Izmantojot COMSOL Multiphysics aprēķināti CdSe/ZnO kvantu punkta (KP) enerģētiskie līmeņi. Aprēķināti KP izsaratās gaismas viļņu garumi atkarībā no CdSe kodola un ZnS apvalka izmēriem. Konstatēts, ka šī atkarība nav lineāra

Atslēgvārdi: kvantu punkts, emisijas spektri, CdSe/ZnO

Ievads

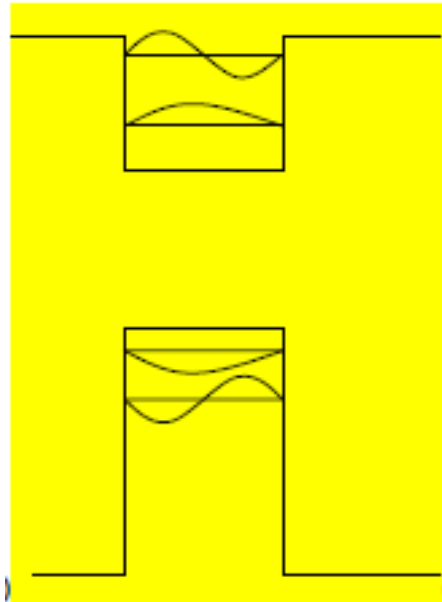
Pētījuma mērķis ir, izmantojot COMSOL Multiphysics, aprēķināt CdSe/ZnO kvantu punktu (KP) enerģijas vērtības un izveidot datora modelēšanu, lai aprēķinātu KP emitētās gaismas frekvences atkarību no KP izmēriem, jo kontrolējot KP izmēru un to starojuma frekvenci, var iegūt optimāla izmēra kvantu punktu. Līdz ar to iespējams izvēlēties optimālo Cd un Se daudzumu un lietderību pētāmā objektā.

Materiāla analīze

Optiskas īpašības kvantu izmēru struktūrās ir atkarīgas no kristāla izmēra tajā virzienā, kurā lādiņnesēju kustība ir ierobežota. Kvantu punktu gadījumā kristāla rādiusa attiecība pret Bora eksitona rādiusu var ietekmēt lādiņnesēja lokalizāciju. Pie pilnas elektrona un cauruma lokalizācijas (nanokristāla rādiuss mazāks par eksitona Bora rādiusu) kvantu punkta enerģētiskais spektrs ir elektronu - caurumu pāreju kopums. Pirmās absorbcijas līnijas enerģija vienāda ar

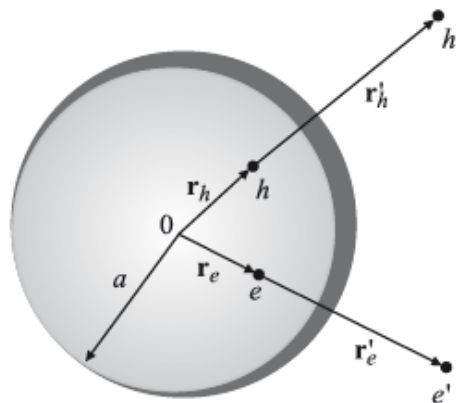
$$h\omega = E_g + \frac{h^2\pi^2}{2R^2} \left[\frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h} \right] - \frac{1.786e^2}{\epsilon_1 R} + \frac{e^2}{R} \sum_{l=1}^{\infty} \frac{(\epsilon_1 - \epsilon_2)(l+1)}{\epsilon_1(\epsilon_1 l + \epsilon_2(l+1))} \left[\frac{r}{R} \right]^{2l} (1),$$

kur otrais loceklis ir elektrona un cauruma enerģija, kas atrodas enerģētiskajā bedrē, trešais loceklis ievēro kulona mijiedarbību starp elektronu un caurumu, un pēdējais loceklis parāda eksitona mijiedarbību ar nanokristāla virsmu. Šrēdingera vienādojuma risinājums dotai potenciālās bedres sistēmai dod iespēju atrast eksitona viļņa funkcijas veidu (1.zīm.)



1. zīm. Elektronu un cauruma viļņu funkcijas kvantu punktā (Васильев Р.Б., Дирин Д.Н: 2007).

Lai aprēķinātu kvantu punktu eksitonu enerģijas, ir nepieciešams izmantot Šrēdingera vienādojuma adiabatisko tuvinājumu. Tiek apskatīts sfērisks kvantu punkts ar rādiusu a , kurš savukārt satur pusvadītāja materiālu ar dielektrisko caurlaidību ϵ_2 , kas pārklāts ar apvalku ar dielektrisko caurlaidību ϵ_1 . Pie tam ϵ_2 ir lielāks par ϵ_1 , tādēļ relatīvā dielektriskā caurlaidība $\epsilon = (\epsilon_2/\epsilon_1) \gg 1$. Šāda kvantu punkta tilpumā pārvietojas elektrons e un caurums h ar efektīvam masām m_e un m_h (r_e un r_h – attālumi līdz elektronam un caurumam no KP centra (2.zīm.) (Покутний).



2. zīm. Shematiskais eksitona attēlojums sfēriskā kvantu punktā (Покутний)

Kvantu punkta pilnā enerģija būs vienāda ar

$$E_{confinement} = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2a^2} \left(\frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h} \right) = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2\mu a^2}$$

$$E_{exciton} = -\frac{1}{\epsilon_r^2} \frac{\mu}{m_e} = -R_y^*$$

$$E = E_{bandgap} + E_{confinement} + E_{exciton} = E_{bandgap} + \frac{\hbar^2 \pi^2}{2\mu a^2} - R_y^* \quad (2)$$

Tā ka teorētiskie aprēķini ir diezgan ietilpīgs process, tika nolemts uz sekojošo aprēķinu pamata izveidot datora modelēšanu CdSe/ZnO izvēlētam kvantu punktam, kas vizuāli atspoguļos zonas viļņa funkcijas veidošanu kā 1. zīmējumā, tikai 3D telpā. Tāpēc, lai aprēķinātu kvantu punkta pilno enerģiju, bija jāpārveido Šrēdingera vienādojums (1.vienādojums) sfēriskajās koordinātēs, jo pētāmiem kvantu punktiem ir sfēriska ģeometrija. Lai pārietu no Dekarta koordinātēm uz sfēriskām, ir jānorāda attālums no sfērisko koordinātu sākuma, ko apzīmē ar r , un jānorāda asu leņķi θ un φ . Tāpēc

$$x = r \sin \theta \cos \varphi, \quad y = r \sin \theta \sin \varphi \quad \text{un} \quad z = r \cos \theta$$

Nākamais solis ir pārveidot Šrēdingera vienādojumu sfēriskajās koordinātēs, izmantojot nabra funkciju, Šrēdingera vienādojuma pamatformu un parastu viļņa funkciju. Tāpēc ievietojam Šrēdingera vienādojumā

$$H\Psi = E\Psi$$

viļņa funkciju plakanam vilnim

$$\psi(r, t) = e^{\frac{i}{\hbar}(pr - Et)}$$

Integrējot to pa laiku

$$\frac{d\Psi}{dt} = -\frac{i}{\hbar}(Et),$$

un integrējot pa koordinātēm (ievērojot kā $E = \frac{p^2}{2m}$) iegūstam

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{d^2\Psi}{dy^2} + \frac{d^2\Psi}{dz^2} = -\frac{p^2}{\hbar^2}\Psi.$$

Diferencējot šo vienādojumu, varam iegūt telpiskās viļņa funkcijas atvasinājumu pēc laika

$$\frac{d\Psi}{dt} = \frac{i\hbar}{2m\left(\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{d^2\Psi}{dy^2} + \frac{d^2\Psi}{dz^2}\right)}$$

Apvienojot pēdējās trīs vienādības, iegūstam trīsdimensionālu Šrēdingera vienādojumu atkarīgu no laika un koordinātēm

$$\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi(r, t) = E\Psi(r, t).$$

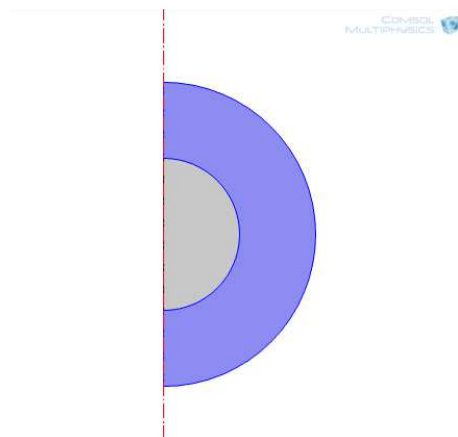
Tas ir adiabatiskais tuvinājums viena elektrona viļņa funkcijai trijās dimensijās. Tomēr ir jāievēro Kulona mijiedarbības enerģija $V(r)$, kas ievērojami ietekmē elektrona kvantu stāvokļus. Tāpēc

$$-\left[\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V\right]\psi(r, t) = E\psi(r, t).$$

Izmantojot modelēšanas paraugu (Dr. M. Willatzen and Dr. R. Melnik) un B. Lassen (*Model Library Manual*) COMSOL Multiphysics, lietojām apzīmējumus:

$$\alpha = \frac{\hbar^2}{2m_e r^2} + E_p; \quad \beta = \frac{\hbar^2}{2m_e} * \frac{1}{r}; \quad c = \frac{\hbar^2}{2m_e};$$

Tika izveidots aksiālas simetrijas modelis ar kvantu punkta kodola un apvalka rādiusiem. Ievietojot vajadzīgos parametrus skaitļošanas programmā, tika iegūti rezultāti par CdSe/ZnO kvantu punktu enerģiju un emitētas gaismas frekvences atkarību no nanodaļiņu izmēriem.



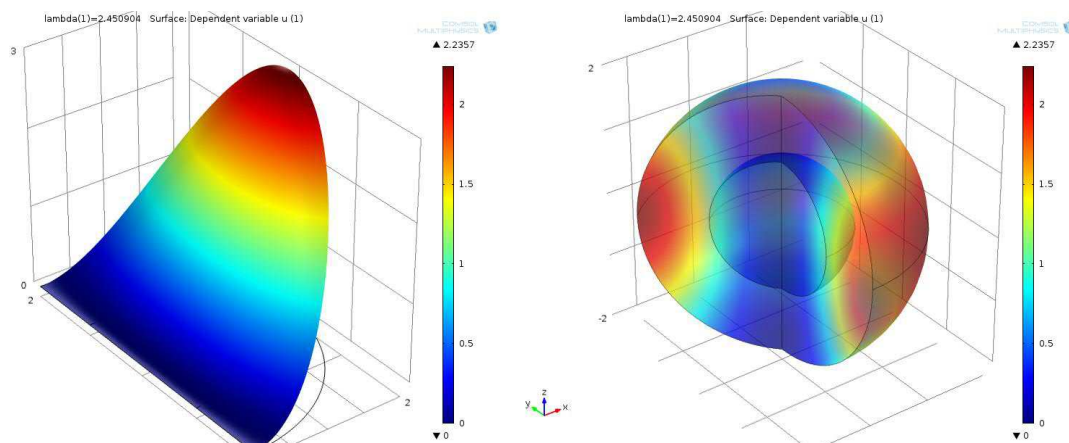
3. zīm. Kvantu punkta aksiāla simetrija (Autora zīm.).

Pēc ģeometrijas izveidošanas un parametru ievietošanas tika aprēķināta kvantu punktu enerģija un grafiski atspoguļotas eksitonu enerģētisko sadalījumu viļņu funkcijas (4.zīm.). Tabulā atspoguļoti kvantu punktu kodolu un apvalku izmēri, attiecīgās enerģijas un emitētas gaismas viļņa garuma vērtības.

Tabula. Kvantu punktu enerģijas un emitētās gaismas viļņa garuma atkarība no KP izmēriem.

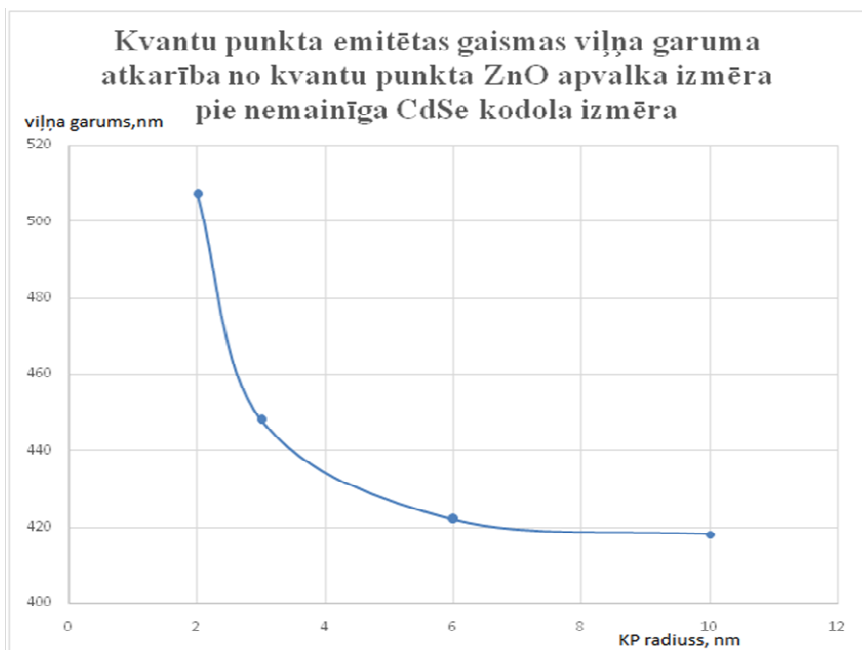
CdSe kvantu punkta rādiuss (nm)	Kvantu punkta rādiuss ar ZnO apvalku (nm)	Kvantu punkta enerģija (eV)	Emisijas viļņa garums (nm)
1	2	2,45	507
1	3	2,77	448
1	6	2,94	422
1	10	2,97	418
2	4	2,6	477
2	6	2,94	422

CdSe kvantu punkta rādiuss (nm)	Kvantu punkta rādiuss ar ZnO apvalku (nm)	Kvantu punkta enerģija (eV)	Emisijas viļņa garums (nm)
2	8	2,99	415
2	10	3,00	413
3	4	2,61	475
3	7	2,96	419
3	10	2,98	416
4	7	2,94	422
4	10	2,96	419
5	6	2,94	422
5	8	3,02	411
5	10	3,03	409,6
6	8	3,05	406
6	10	2,95	420
7	8	3,04	408
7	10	3,05	406
8	9	2,93	423
8	10	2,98	416
9	10	2,98	416



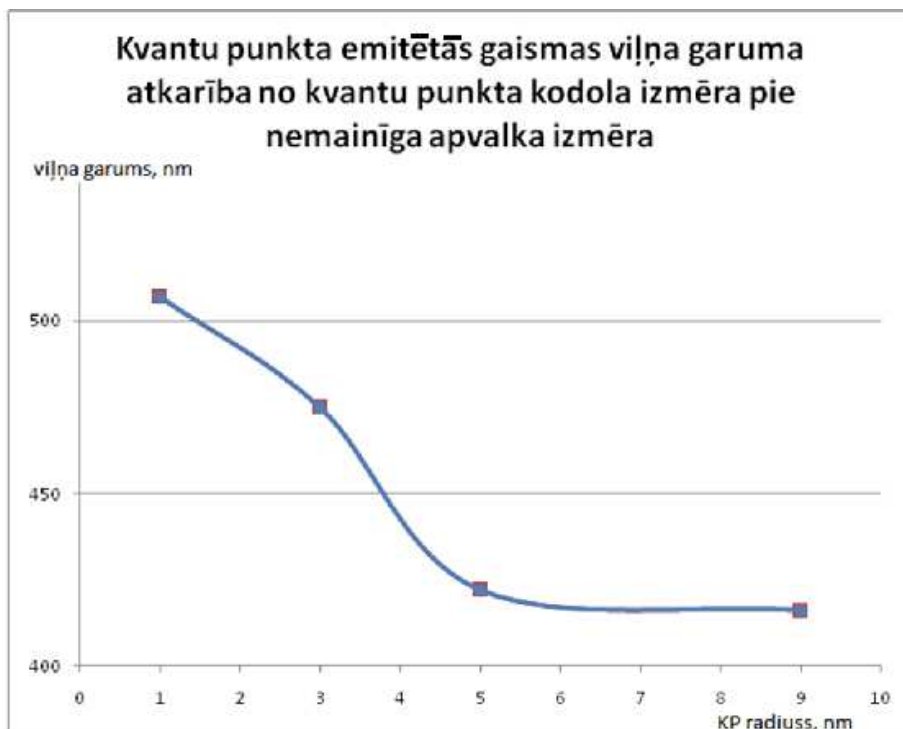
4. zīm. Datormodulācija CdSe/ZnO kvantu punktam CdSe =1 nm, ZnO=2 nm (Autora zīm.).

Pēc modeļa veidošanas un emitētas gaismas viļņa garuma aprēķināšanas tika aplūkota šī parametra atkarība no kvantu punkta izmēra, tas ir, kā kvantu punkta ZnO apvalka izmērs un CdSe kodola izmērs ietekmē kvantu punkta izstarotās gaismas viļņa garumu. Vispirms tika aplūkoti kvantu punkti ar konstantu CdSe kodola izmēru, bet ZnO apvalka rādiuss mainījās no 2 līdz 10 nm. Iegūtie rezultāti attēloti 1. grafikā kur redzams, ka palielinoties kvantu punkta izmēram, samazinās tā emitētās gaismas viļņa garums.



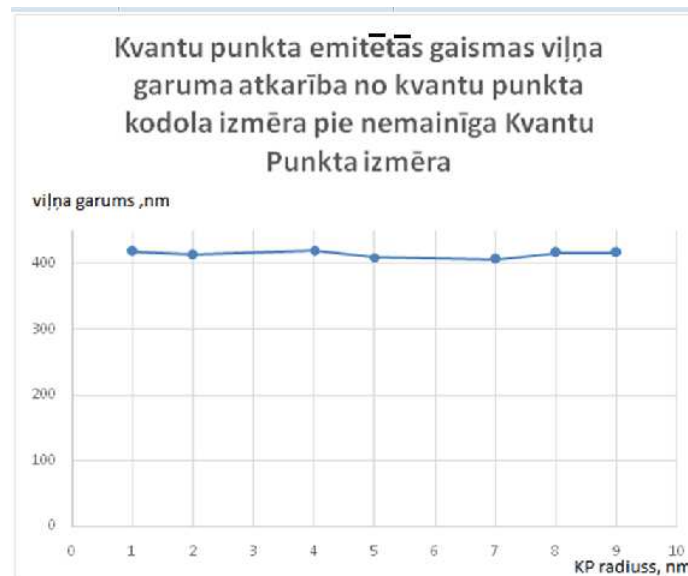
1. grafiks. KP emitētās gaismas viļņa garuma atkarība no apvalka izmēriem (Autora grafiks).

Pēc tam tika aplūkots CdSe kodola izmēra ietekme uz kvantu punktu ar nemainīgu ZnO apvalku. Tika aplūkots CdSe/ZnO kvantu punkts ar ZnO apvalka biezumu 1 nm. Šajā gadījumā emitētās gaismas viļņa garums palielinās, ja KP kodola izmēri samazinās.



2. grafiks. KP emitētās gaismas viļņa garuma atkarība no kvantu punkta CdSe kodola izmēra pie konstanta ZnO izmēra, kas vienāds 2 nm (Autora grafiks).

Tika aplūkota CdSe kodola ietekme uz ZnO kvantu punktu. Par modeli tika ņemts 20 nm liels ZnO KP ar dažāda izmēra CdSe kodoliem, ar kuriem tika leģēts ZnO KP. Tādā veidā tiks atspoguļota kvantu punkta enerģijas atkarība no KP pilna izmēra. Aprēķini rāda, ka ievērojamu enerģētisku ieguldījumu kvantu punktā CdSe/ZnO dod ZnO atomi, nevis CdSe atomi, tāpēc tas dod iemeslu izmantot mazāk bīstamu materiālu nekā kadmiji un selēns.



3. grafiks. Kvantu punkta emitētās gaismas viļņa garuma atkarība no kvantu punkta kodola izmēra pie nemainīga kvantu punkta izmēra (Autora grafiks).

Secinājumi

Pētījuma rezultātā tika aprēķināta CdSe/ZnO kvantu punkta emitētās gaismas viļņa garuma atkarība no kvantu punkta izmēriem. Tas dod iespēju uzzināt kāda lieluma kvantu punkta CdSe kodolam un ZnO apvalkam ir jābūt, lai iegūtu vajadzīgo starojuma frekvenci. Pētījumā tika novērota kvantu punktu emitētā gaisma ar viļņu garumu diapazonā no 400 nm līdz 520 nm, mainot kvantu punkta kopēju izmēru no 2 nm līdz 20 nm. Tas ir svarīgi, izmantojot kvantu punktus elektronikā, apgaismošanas tehnikā un sensoru veidošanā. Šos aprēķinus var pielietot cita veida kvantu punktiem. Tika konstatēts, ka palielinot kvantu punkta kopējo izmēru, CdSe enerģētiskais ieguldījums ir samēra mazs, tāpēc tas dod iespēju mazāk izmantot tādus toksiskus materiālus kā Cd un Se. Kvantu punkta datormodelēšana deva iespēju aplūkot CdSe kodola un ZnO apvalka proporcijas ietekmi. Piemēram, var iegūt starojumu ar frekvenci 406 nm pielietojot 7nm CdSe kodolu un 10 nm ZnO apvalku, vai 6 nm CdSe kodolu un 8 nm ZnO apvalku.



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

"AtbalstsDU maģistra studiju īstenošanai"
(Vienošanās Nr.2011/0018/1DP/1.1.2.1.1/11/IPIA/VIAA/010)

Pateicības

Autors izsaka pateicību Edmundam Tamanim un Vjačeslavam Gerbrederam par konsultācijām un vērtīgiem padomiem.

Bibliogrāfija

- Alchalabi K., Zimin D., Kistorz G., Zogg H. *Self-assembled semiconductor quantum dots with nearly uniform sizes* // Phys. Rev. Lett. 90 026101-4. 2003.]
- L.E. Brus (2007). *Chemistry and Physics of Semiconductor Nanocrystals*. Retrieved 2009-07-07
- Neuhauser R. G., Shimizu K. T., Woo W. K., Empedocles S. A., Bawendi M. G. Phys.Rev.Lett., 2000, 85, 3301
- Klimov, VI, Xu S, AA Mikhailovsky SIPs A, Hollingsworth, Leatherdal, CA, where Eisler, h. Bawend. *Optical gain and stimulated emission in quantum dot nanocrystals*. Science 2000, 290: 314-317.
- George B. Arfken, Hans J. Weber. *MATHEMATICAL METHODS FOR PHYSICISTS*. January 31, 2012 ISBN-13: 978-0123846549
- Melnik R. and Willatzen M. *Band structure of conical quantum dots with wetting layers*. Nanotechnology, vol.15,p p1-8 2004.
- Willatzen M. and Melnik R. un Lassen B. *Model Library Manual fo comsol multyphysics 3.5a*. COPYRIGHT 2008.
- Грибачев В. *Методы получения и применения квантовых точек* // Компоненты и технологии 2009.год
- Покутний С.И. *Энергия связи экситона в полупроводниковых квантовых точках*. Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова Национальной академии наук Украины,03680 Киев, Украина Принята к печати 10 сентября 2009 г.
- Васильев Р.Б., Дишин Д.Н. *КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ: СИНТЕЗ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ*, ФНМ Москва2007

RESEARCH OF CONTROLLED MOVIES OF 2.5 DOF ARTICULATED ROBOT ARM

Andrius Nemeikšis, Daiva Nemeikšytė

Kaunas University of technology Panevėžys institute, J. Šiaučiūno str. 40-9, Panevėžys, Lithuanian,
LT- 36253

nemeiksis.and@gmail.com, nemeiksyte.daiva@gmail.com

Abstract

Research of controlled movies of 2.5 DOF articulated robot arm

The demand for robots in industry and manufacturing is constantly increasing i.e. more than 80% of the world's robots are used in industry, and especially robotic arms are now adaptable, that are able to perform a variety of quick and exact tasks. So the aim of this paper is to reveal this year's most developed robotics arm's capabilities and the object of research is 2.5 DOF (degrees of freedom) robot arm. Manipulators design composes two links which are attached to a horizontal surface with a drawing or an engraving instrument at its end. For the first link, the electric engine transfers the movement vertically through muff which is connected with the engines axle, and the second muffs part with screws connect to the first link. For the second link, the electric engine transfers the movement horizontally through strap transfer, which first strap transfer gear connects on to the engines rotor, and the second gear connects on to an axle, which rotates the second link. Analysis of this paper consists of two parts, i.e. analysis of mathematical model of this robot arm and analysis of model dynamics. The mathematical design of robotic arms made using „Matlab Simulink” Mathematical model, which allows to do gear control voltages and calculate currents, momentums, links angular speed, angles and robot arms' end point position variation in time. Moreover, analysis results of this research paper shows the maximum linear speed and time needed to reaches a nominal speed of each

Key Words: robot arm, 2.5 DOF, mathematical modelling, robot dynamics.

Kopsavilkums

Vadāmās 2.5.DOF kustīguma pakāpes robota rokas kustību izpēte

Attīstoties rūpniecībai un ražošanas sektoram, pieprasījums pēc robotiem pastāvīgi pieaug, t.i. vairāk nekā 80 % robotu visā pasaulē šodien tiek izmantoti dažādās rūpniecības nozarēs, bet lielāko robotu daļu sastāda robota rokas, kas spēj veikt dažādus uzdevumus, kas prasa ātrumu un precizitāti. Tāpēc galvenais šā darba mērķis ir atklāt šobrīd attīstītākās robota roku iespējas, tāpēc izpētes objekts ir 2.5. kustīguma pakāpes robota roka. Manipulatora konstrukcija sastāv no diviem posmiem, kas tiek nostiprināti uz horizontālās pamatnes ar zīmēšanas vai gravēšanas rīku tās galā, t.i. pirmajam posmam elektromotors kustību pārraida vertikāli caur uznavu, kas ir nostiprināta ar gultņiem un savienota ar motora vārpstu, bet otrajam posmam elektromotors kustību pārraida horizontāli ar siksnas pārraidi, kuras pirmais siksnas pārraides zobrats tiek nostiprināts uz motora rotora, bet otrais zobrats tiek nostiprināts uz vārpstas, kas rotē otro??? posmu. Tātad, šī raksta saturs sastāv no divām daļām, t.i. pētījuma sākumā ir analizējams 2.5. kustīguma pakāpes robota rokas matemātiskais modelis, bet pēc tam tiek veikta šī modeļa kustību izpēte. Izveidots robota rokas matemātiskais modelis "Matlab Simulink" vidē, kas ļauj uzdot pānesumu vadības spriegumus un aprēķināt strāvas, momenta, posmu leņķiskā ātruma, leņķa un robota rokas gala punkta pozīcijas izmaiņas laika gaitā. Tāpat pētījumā tika noteikti robota rokas atsevišķu posmu maksimālie lineārie ātrumi un laiks, kurā tiek sasniegts nominālais ātrums.

Atslēgas vārdi: robota roka, 2.5. kustīguma pakāpes, matemātiskā modelēšana, robota kustīgums.

Introduction

During expending of production sector, product making procedures becoming more and more difficult robotic systems are also developing in order to satisfy growing economics requirements. There are many special requirements for robotic systems but the demand for robots in industry and manufacturing is constantly increasing i.e. more than 80% of the world's robots are used in industry, and especially robotic arms are now adaptable, that are able to perform a variety of quick and exact tasks and developing abilities of mobiles and service robots (Bakšys, Fedaravičius 2004). So the aim of this paper is to reveal this year's most developed robotics arm's capabilities and the object of research is 2.5 DOF (degrees of freedom) robot arm.

I. Material and methods

1.1. Research object

2.5 DOF (degrees of freedom) robot arm` block diagram is displayed in Figure 1 a. Robot arm end-point (pen or engraver) position is changed by controlling the two, M1 and M2, DC motor angular velocities. The third motor (M3) rotates the engraving tool. Engine speed control used three drives - P1, P2 and P3. Three drives - P1, P2 and P3 are used for engine speed control. Incremental optical converters J1 and J2 are used to measure links turning angle. All these components are connected to the control device - embedded microcontroller which receives data and execution commands from a PC.

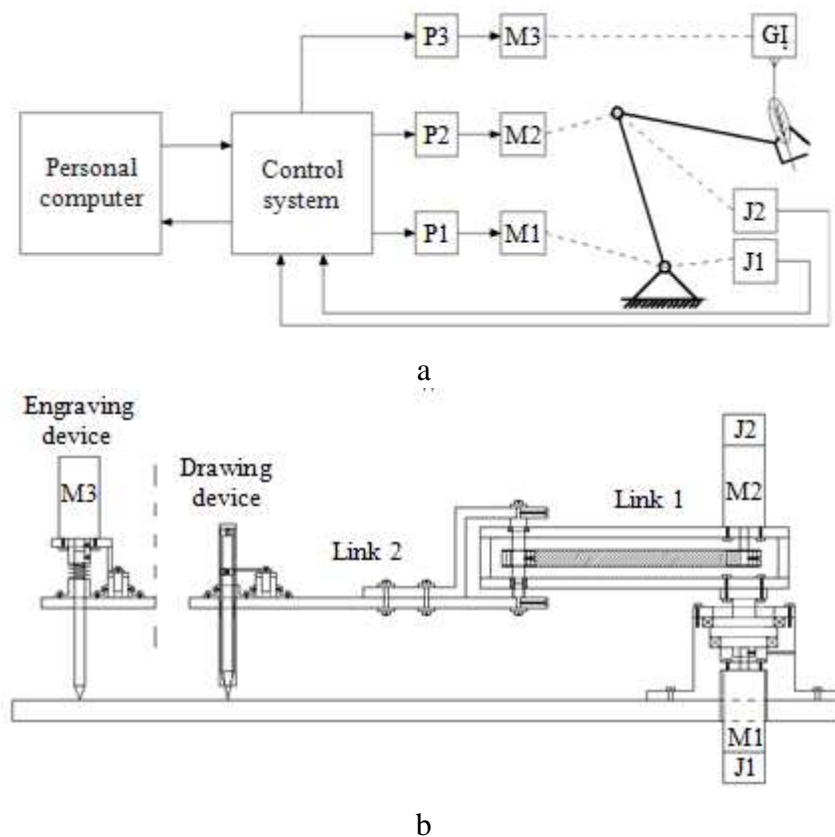


Figure 1. 2.5 DOF robot arm: a - block diagram, b - designed structure (made by Authors)

Projected 2.5 DOF robot arm design will include (Fig. 1b):

- Three 12V DC motors. First link motion transfer engine mounted at right angles to the second end of the link. The second link of motion transfer engine is also mounted vertically to the corpus, parallel to the first joint. The third engine is mounted at the end of the first link.
- Two 0.2 m long moving links of which to the first link the electric motor transmits the horizontal movement of the belt drive. The first belt drive sprocket is mounted on the motor rotor and the second - on the shaft, which rotates the first link. The movement to the second link is transmitted by electric motor through the sleeve on which the second link is directly set.

- Two rotary encoders ($N = 1046$ pulses / rev), fitted on the end of the second half of DC motor rotor.
- Hands end positioning devices (pen or engraver). In the first case, engraving tool over the sprocket is connected to the motor shaft and the motor is mounted on a bracket base. In the latter case, the drawing tool is placed into the mounting tube which is rigidly attached to the base. In both cases, the tools while inactive are vertically retracted from the substrate using an electromagnet.
- The table to which the robot arm is rigidly fixed.

1.2. The mathematical model of the robot arm

While designing the robot hand control system it is necessary to analyze the dynamics of a robot arm using the equations of motion that describe the mechanical forces and moments acting on the links. We can also use existing systems of equations (Bakšys, Fedaravičius 2004). Designed and analyzed robot arm dynamics are described using this system of equations (Jer-nan, Minh 2004):

$$\begin{cases} \left(J_1 + m_2 l_1^2 \right) \ddot{q}_1 + m_2 l_1 r_{2c} \ddot{q}_2 \cos(q_2 - q_1) - \\ - m_2 l_1 r_{2c} \dot{q}_2 (\dot{q}_2 - \dot{q}_1) \sin(q_2 - q_1) = T_1; \\ J_2 \ddot{q}_2 + m_2 l_1 r_{2c} \dot{q}_1 \cos(q_2 - q_1) - m_2 l_1 r_{2c} \dot{q}_1 (\dot{q}_2 - \dot{q}_1) \sin(q_2 - q_1) = T_2; \end{cases} \quad (1)$$

Here: $J_1 = 1/3 l_1^2 m_1$ ir $J_2 = 1/3 l_2^2 m_2$ - link mass moments of inertia, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$; $r_{2c} = l_2/2$ - the distance to the center of mass of the second link, m; $m_{1,2}$ - link mass in kg; $l_{1,2}$ - link lengths, m, $q_{1,2}$ - link rotation angle, rad; $\dot{q}_{1,2}$ - link angular velocity, rad / s; $\ddot{q}_{1,2}$ - link angular accelerations rad/s²; $T_{1,2}$ - torques at joints link axes, Nm.

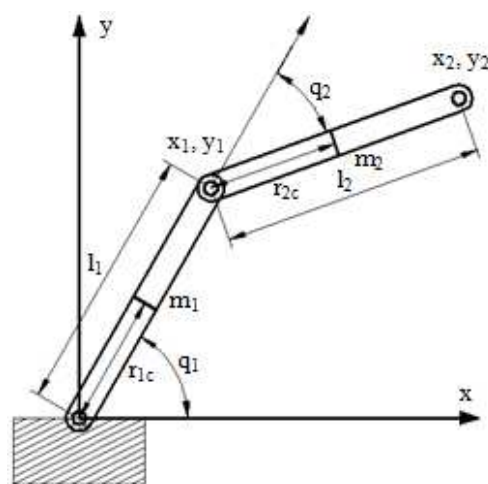


Figure 2. 2.5 DOF articulated robot arm kinematic scheme (made by Authors)

Robot arm dynamics model in Matlab Simulink program presented in Figure 3.

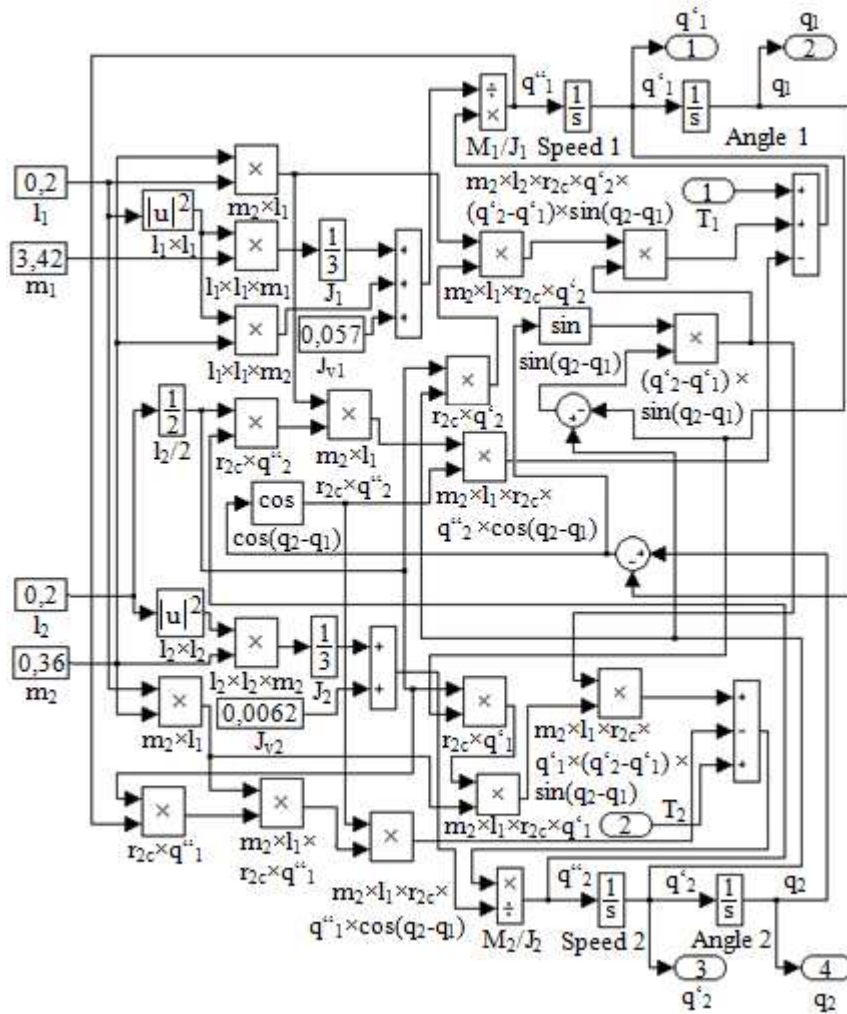


Figure 3. Robot arm's model and Arms dynamics unit (made by Authors)

Robot arm end point is changed by management of the DC motors that generate torque moments and also rotates the robot arm separate links around the axis. DC motor has its own electric and electro mechanical time constants. Their influence on the movement of the arm can be evaluated by adding DC motor mathematical model to the mathematical model of the arm. Static and liquid friction forces that affect movement in the reverse time and movement at maximum speed must be taken into account. DC motor mathematical model for evaluating the friction forces (Chun Htoo, Khin Thandar 2008; Shuang, Guodong 2010):

$$\begin{cases} L \frac{di}{dt} = u - i r - \omega C_E; \\ J \frac{d\omega}{dt} = i C_M - M_A - \omega f_S - [T_C \text{sign}(\omega) + (T_S - T_C) \exp(-\alpha |\omega|) \text{sign}(\omega)]; \end{cases} \quad (2)$$

Here: L – the motor armature link inductance, H ; i – electric current flowing through the anchor link strength A ; u – to the anchor link connected voltage, V ; r – anchor link resistance, Ω ; ω – engine's axle angular rotation speed, rad/s ; C_E – generator electromotive constant, $V \cdot \text{s/rad}$; J – engine's anchor moment of inertia, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$; C_M – dynamoelectric transmission ratio, Nm/A ; M_A –

moment of resistance, Nm; f_s – ratio of liquid friction, Nm·s/rad; T_C – moment of dry friction, Nm; T_S – moment of static friction, Nm; α – friction constant, s.

Engine’s constant current design „Matlab Simulink” in the program is presented as figure 4.

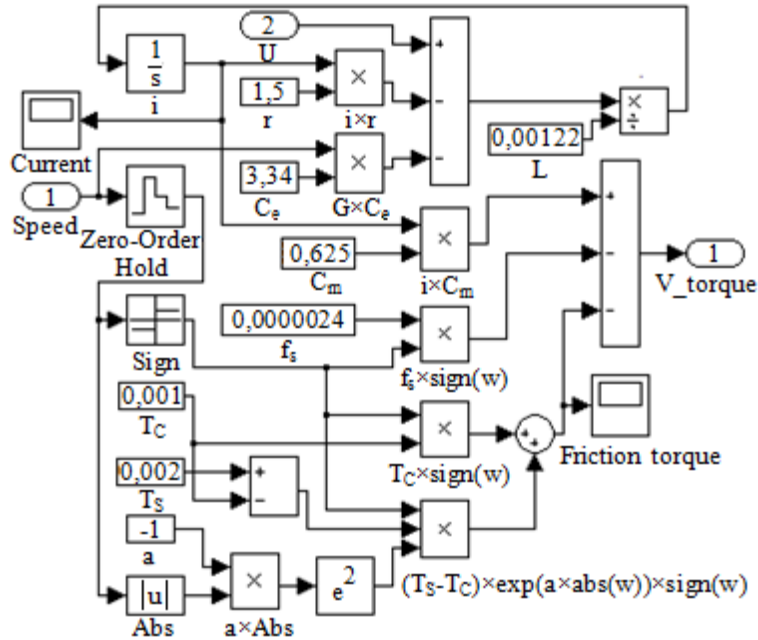


Figure 4. Robot arm’s model *Engine1* and *Engine2* units (made by Authors)

Both robot arms links perform only rotation movements. However, the final movement of the robot’s instrument is linear. Robot arms’ end point x and y position in Descartes coordinates system is calculable using equations (Nakamura, Iwanaga 2002):

$$\begin{cases} x = l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1 + q_2); \\ y = l_1 \sin(q_1) + l_2 \sin(q_1 + q_2). \end{cases} \quad (3)$$

Robot arm’s end point x and y position in Descartes coordinates system calculation model „Matlab Simulink“ is presented in the program as figure 5.

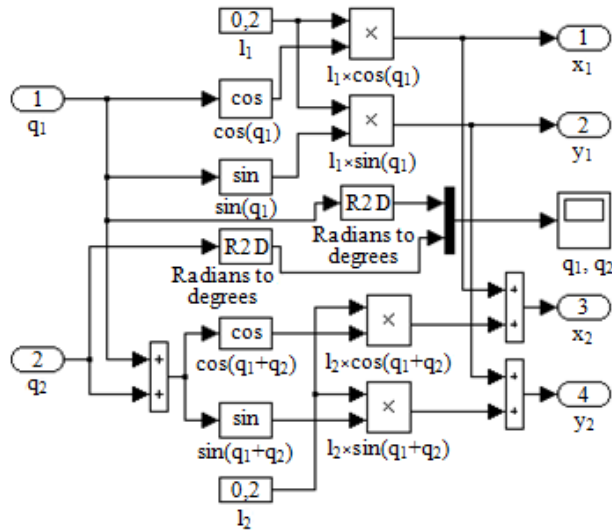


Figure 5. Robot arm model unit „Direct position task“ (made by Authors)

Colligated 2.5 DOF degree robot arms dynamic model is presented as Figure 6. The model, created in Simulink environment, consists of several units:

- units „Engine1“ and „Engine2“ are constant current engine models created by (1) formula;
- unit „Arms' dynamics“ is created by (2) formula;
- unit „Direct position task“ is created by (3) formulas.

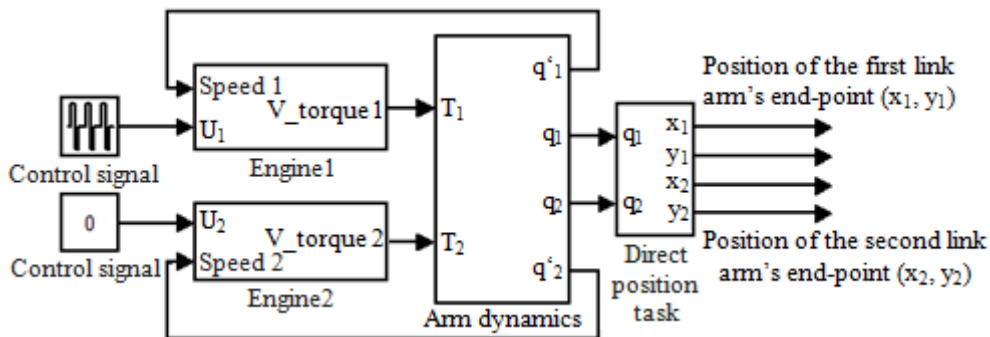


Figure 6. 2.5 DOF robots arm model (made by Authors)

II. Results

2.1. Model dynamics analysis

Calculated engines with constant current parameters, which are required for the model's making, are presented in Table 1.

Table 1. Engines with constant current characteristics

Parameters title and measure	Marking	Value	
		1 Engine	2 Engine
Electrical time constant, s	T_E	0,00122	0,00144
Dynamolectric time constant, s	T_M	0,0410	0,0056
Inductance, H	L	0,00183	0,00216
Resistance, Ω	R	1,5	1,5
Moment of inertia , $\text{kg}\cdot\text{m}^2$	J	0,057	0,0062
Dynamolectric ratio, $\text{N}\cdot\text{m}/\text{A}$	C_M	0,625	0,625

For the making of the robot arms' dynamics model, link lengths and masses are required: $l_1 = 0,2 \text{ m}$; $m_1 = 1,32 \text{ kg}$; $l_2 = 0,2 \text{ m}$; $m_2 = 0,73 \text{ kg}$.

Each links dynamics was examined separately. First links engine is connected to a nominal voltage for one second. After the voltage polarity is converted, and that is how the engine is reversed – it changes its rotation direction. After one more second the voltage connected to the second engine becomes equal to zero – the engine is stopped. Such an experiment allows to coherently observe the gain of momentum, reverse and breaking processes. During the simulation's experiment the second link engine voltage for the whole duration of the experiment is equal to zero. The simulations results are presented as figure 7 and 8.

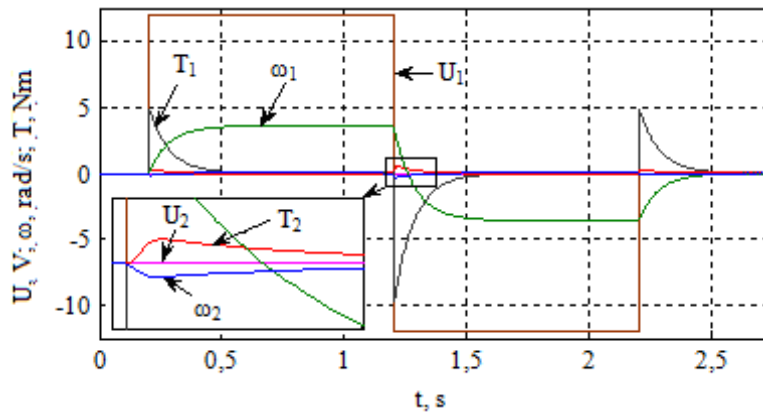


Figure 7. Robot arms simulation results: U_1, U_2 – engines control voltage variation; ω_1, ω_2 – engines angular speed variation; T_1, T_2 – engines produced rotation moments (made by Authors)

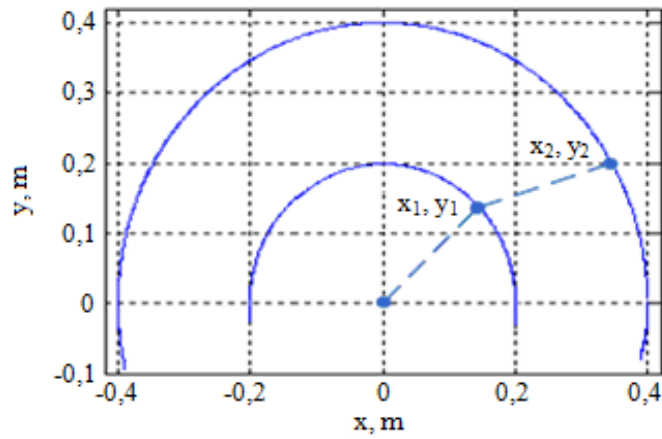


Figure 8. Robot arms' first and second links end point trajectories in Descartes coordinate system (made by Authors)

The same method was used examining the second links dynamics. The second links engine is connected to a nominal voltage for one second. After the voltage polarity is converted, and that is how the engine is reversed – it changes its rotation direction. After one more second the voltage connected to the second engine becomes equal to zero – the engine is stopped. During the simulation's experiment the first link engine voltage for the whole duration of the experiment is equal to zero. The simulations results are presented as Figure 9 and 10.

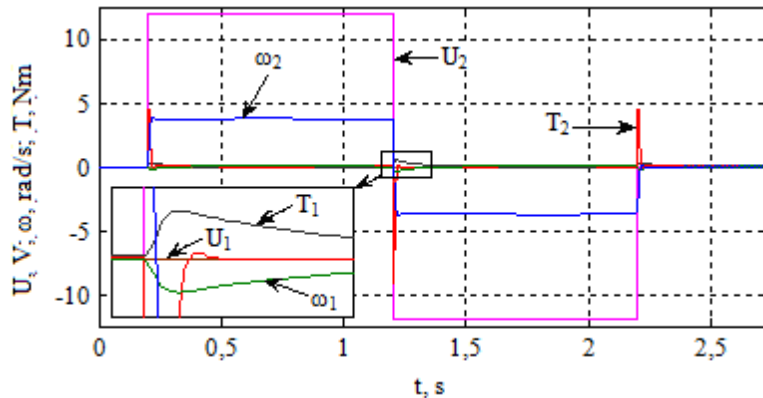


Figure 9. Robot arms link movement simulation results: U_1, U_2 – engines control voltage variation; ω_1, ω_2 – engines angular speed variation; T_1, T_2 – engines produced rotation moments

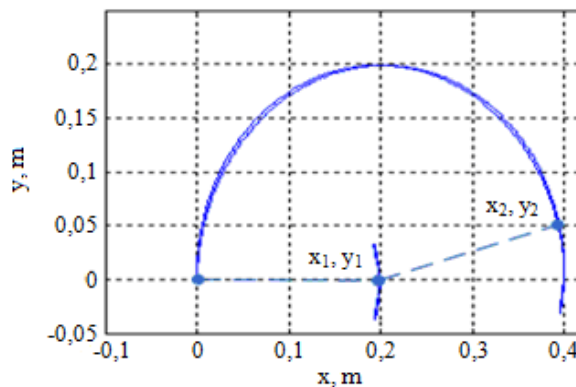


Figure 10. Robot arms first and second links end point trajectory in Descartes coordinate system

Conclusions

1. In the angular coordinate system working robot arms are superior to other design drawing robots, because they take up less space and are more maneuverable.

2. Manipulators design composes two links which are attached to a horizontal surface with a drawing or an engraving instrument at its end. For the first link, the electric engine transfers the movement vertically through muff, which is fixated by bearings and is connected with the engines axle, and the second muffs part with screws connect to the first link. For the second link, the electric engine transfers the movement horizontally through strap transfer, which first strap transfer gear connects on to the engines rotor, and the second gear connects on to an axle, which rotates the second link.

3. Made a robot arms' mathematical design in „Matlab Simulink“ environment, which allows to do gear control voltages and calculate currents, momentums, links angular speed, angles and robot arms' end point position variation in time.

4. Analysis data indicates that the robot arms first link maximum linear speed is equal to 0,628 m/s and the second link maximum linear speed is equal to 1,256 m/s .

5. Simulation results indicate that during the first test the robot arms first link reaches nominal speed within 0,67 s and during second test the second link reaches nominal speed within 0,32 s.

References

- Bakšys B., Fedaravičius A. 2004. *Robotų technika*. Kaunas: Technologija, pp. 488-492.
- Chun Htoo A., Khin Thandar L. 2008. Modeling motion control system for motorized robot arm using MATLAB. *World academy of science, Engineering and Technology*. Vol. 18, pp. 372-375.
- Shuang C., Guodong Li. 2010. Parameters identification of nonlinear DC motor model using compound evolution algorithms. *Proceedings of the World Congress on Engineering*. Vol. I, London, pp. 37-44.
- Jer-nan J., Minh Q. P. 2004. Identification and control of mechanical systems. *Cambridge university press*. 325-334 p.
- Nakamura M., Iwanaga T. 2002. High Accuracy Control of Industrial Articulated Robot Arms with Trajectory Allowance Under Torque and Speed Constraint: Trajectory Generation and Taught Data Generation. *Trans. of the Society of Instrument and Control Engineers*. Vol. E-2, No.1, pp. 33-41.

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ОКСИДА ЦИНКА ГИДРОТЕРМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Павел Сараев¹, Ирена Михайлова², Вячеслав Гербредер²

¹ Даугавпилсский Университет, ул. Парадес, 1, Даугавпилс, Латвия, LV-5401,
pavels.sarajevs@du.lv

² Инновационный центр микроскопии им. Г. Либерта Даугавпилсского Университета,
ул. Парадес, 1, Даугавпилс, Латвия, LV-5401

Abstract

The ZnO nanorods were synthesized using hydrothermal growth process from Zinc Nitrat Hexahydrat ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) and hexamethylenetetramine ($C_6H_{12}N_4$ HMT) on ZnO thin films. Zinc oxide layer was deposited on to glass substrate as a growth seeds layer by magnetron sputtering in vacuum. It was shown that during the reaction time on the substrate surface are formed Zinc Oxide nanostructures. But only on a substrate with a precursor layer of ZnO nuclei was formed ordered nanorods massive.

Введение

Оксид цинка (ZnO) является интересным прямозонным полупроводником. Оксид цинка обладает многими интересными свойствами, такими как: широкая запрещенная зона (3.37eV), большая энергия связи экситона (60 meV), хорошие пьезоэлектрические характеристики, химическая и термическая стабильность (Ozgur 2005, Wang 2004). В последнее время на базе квазиодномерных наноструктур оксида цинка, имеющих форму стержней, нитей, лент и пр., активно разрабатывается целый ряд полупроводниковых устройств: пьезоэлектрические наногенераторы (Wang 2006), газовые сенсоры [Kim 2008], газовые сенсоры и УФ-светодиоды (Kim 2008), солнечные батареи (Law 2005). Наибольшей перспективностью для практического применения обладают наностержни оксида цинка, выращенные перпендикулярно подложке в виде массива, равномерного как по высоте, так и распределению по площади. Слой таких наностержней обладает высокой удельной поверхностью, высокой подвижностью вдоль оси наностержней (Martinson 2006) и рядом других преимуществ. В отличие от эпитаксиальных пленок, структура массивов наностержней не содержит механических напряжений, губительно сказывающихся на оптических и проводящих свойствах. Для структур нанокристаллов возможно использование гибких полимерных подложек, что делает устройства на их основе конкурентоспособными по сравнению с традиционными полупроводниковыми структурами.

Существует целый ряд методов, позволяющий получать массивы наностержней оксида цинка: импульсное лазерное нанесение (Shan 2004), метод термического роста из солевых матриц (Baranov 2005), золь-гель-процесс (Znaidia 2003), осаждение из пара (Chang 2004), а также различные растворные методики (Liu 2009) и др.. В большинстве этих методов важную роль имеет предварительная подготовка подложки для роста наностержней. Форма отдельных нанокристаллов ZnO, а также ориентация и всего массива кристаллов в целом

очень чувствительны к состоянию поверхности, на которой происходит рост. Кроме того, адгезия наноструктур к подложке зависит от материала промежуточного (адгезионного) слоя (Mihailova 2013).

В настоящей работе мы исследовали влияние нанесения слоя зародышей на морфологию наностержней, выращенных из раствора гидротермическим методом. Мы изучали получение нанонитей оксида цинка гидротермическим способом без предварительного создания зародышей на подложке, и с предварительным созданием зародышей оксида цинка методом вакуумного напыления.

Материалы и методы

Нанесение слоя зародышей ZnO. Для создания зародышей оксида цинка использовали магнетронное распыление катода ZnO (99% ZnO, 1% Al) на предварительно очищенную и подготовленную стеклянную подложку, с созданием пленки, толщиной 32 нм. Толщина зародышевого слоя была подобрана с тем условием, чтобы слой был достаточным для осаждения атомов оксида цинка на подложку и задержки на нем. И в тоже время, слой должен быть достаточно тонким, чтобы зародыши не срастались в сплошную пленку. Путем экспериментов и измерений с помощью атомного силового микроскопа была подобрана необходимая толщина зародышевого слоя. Она составила порядка 32-36 нм. Как видно из рис.1, при толщине слоя ZnO менее 36 нм зародыши нерегулярны и в основном поверхность гладкая, в то время как при толщине более указанной зародыши срастаются в сплошную пленку и поверхность становится относительно гладкой. Нанесение слоев производилось с использованием вакуумной магнетронной установки Kurt Lesker LAB18. Исследование поверхности производилось при помощи атомного силового микроскопа PARK SYSTEM.

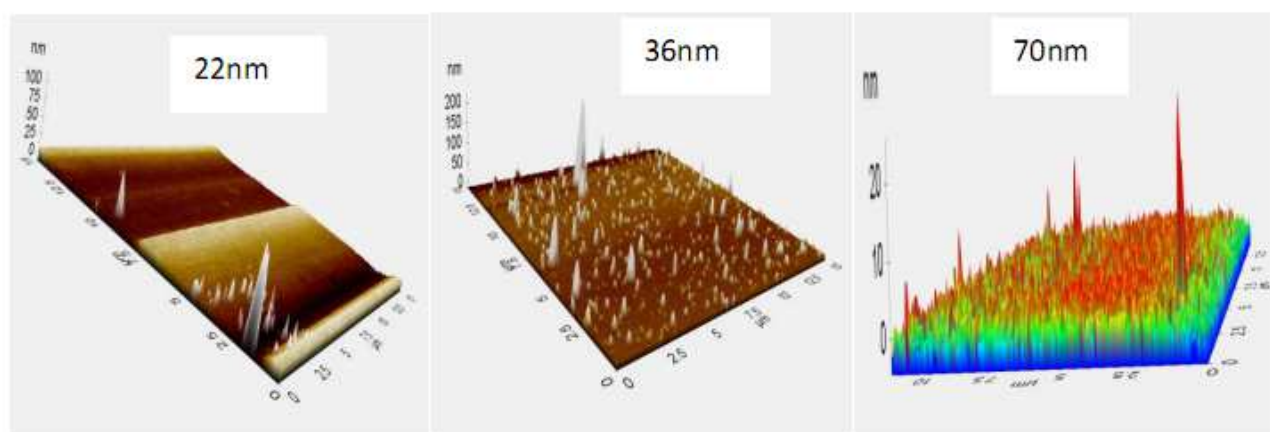
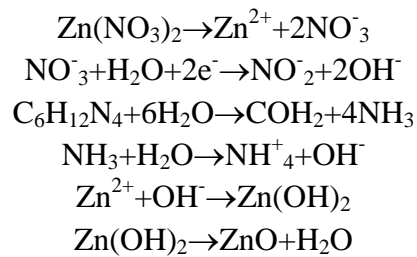


Рис. 1. Изображение поверхности слоя зародышей ZnO на стекле при различной толщине слоя.

Рост наностержней. Для роста наностержней использовался раствор гексагидрата нитрата цинка ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) и гексаметилтетрамина ($C_6H_{12}N_4$) в пропорциях 0,5М и 0,5М

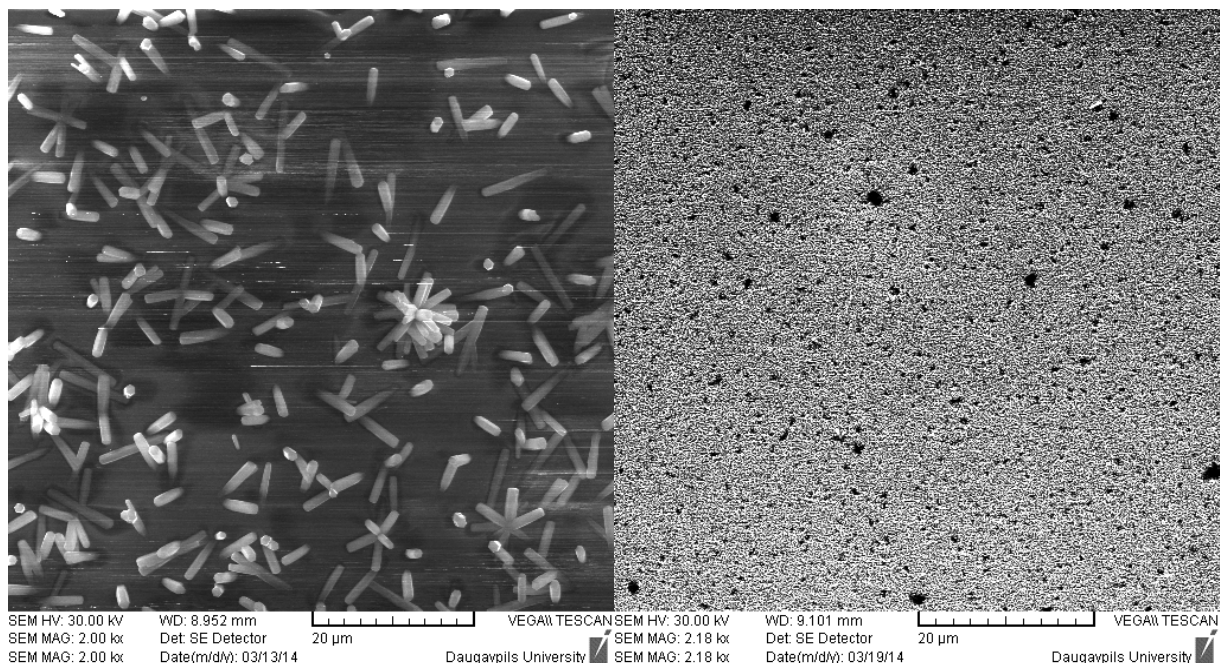
соответственно. Рост наноструктур производился при температуре 85°C. При повышении температуры в растворе происходит цепь реакций приводящих к образованию оксида цинка.



Образцы помещались в раствор роста на 2 часа, затем образцы промывались в дистиллированной воде и просушивались струёй азота. Были получены изображения поверхности с использованием электронного микроскопа TESKAN VEGA LMU. Состав образцов был исследован с помощью рентгендифрактометра RIGAKU SmartLab.

Результаты и их обсуждение

В раствор роста были помещены два стеклянных образца, один без зародышевого слоя, другой с нанесенным слоем оксида цинка в 32 нм. После сушки образцов были сняты спектры и изображения сканирующего электронного микроскопа. Как видно из снимков электронного микроскопа, в результате реакции на поверхности образцов вырастают наноструктурные образования в виде столбиков.



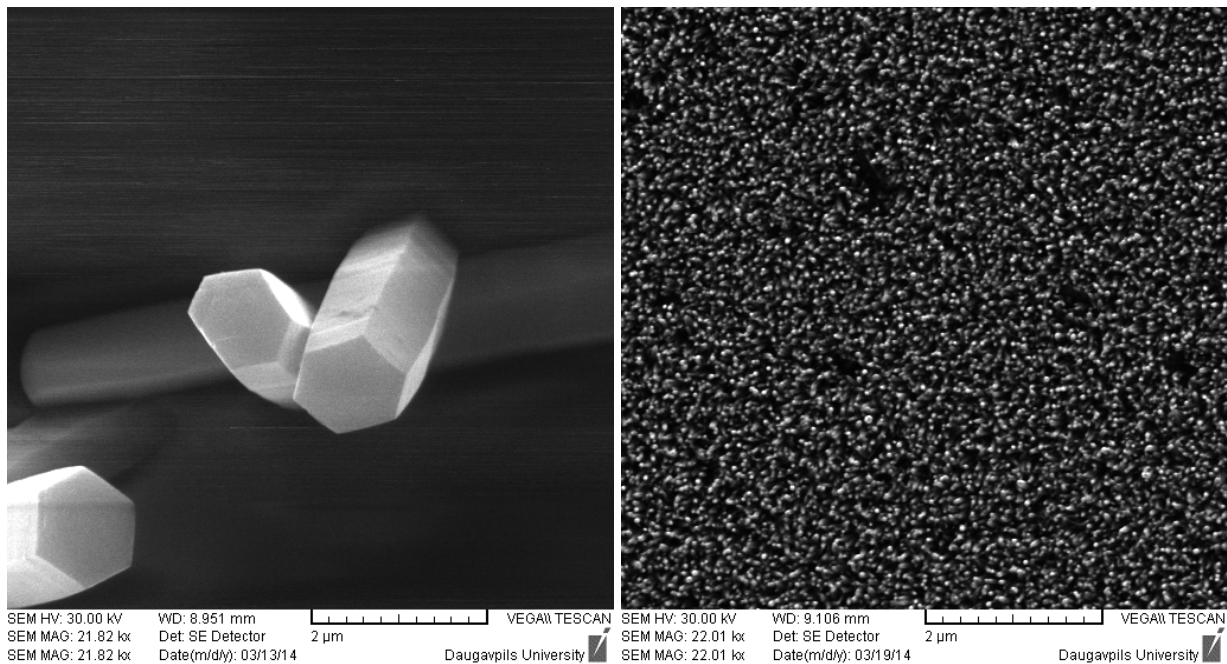


Рис. 2. Изображение поверхности образцов после выдержки в растворе роста в течение 2-х часов. Слева, образец без зародышевого слоя, справа- с предварительно нанесенным слоем зародышей.

В случае беззародышевого роста наноструктуры не имеют упорядоченности. Можно только констатировать, что присутствует преимущественный рост в (002) кристаллографическом направлении, что соответствует росту плоскости [0001] в гексагональном представлении. В случае с предварительно нанесенных зародышей, наноструктуры также имеют преимущественный рост в направлении [0001], что видно из данных рентгенограмм на рис.3.

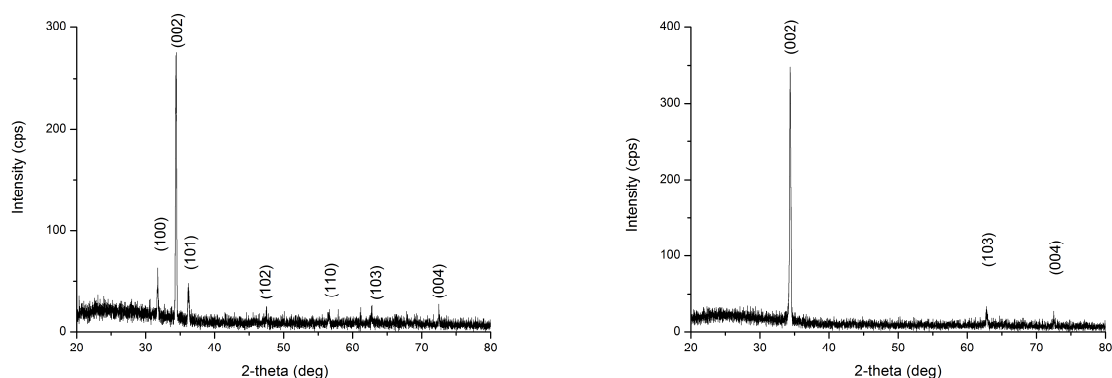


Рис. 3. Дифрактограммы образцов с нанобразованиями оксида цинка на подложке без зародышей (слева) и на подложке с предварительно нанесенным слоем зародышей (справа).

Однако в этом случае интенсивность пиков других кристаллографических направлений гораздо ниже, что говорит о том, что практически все столбики ориентированы в направлении [0001]. Более того, как видно на изображениях электронного микроскопа, размер наноструктур заметно меньше. Причем надо заметить, что структуры гораздо более

упорядочены, в отличие от беззародышевого образца. Следует заметить, что упорядоченно наноструктуры растут именно там, где нанесен слой зародышей (рис.4).

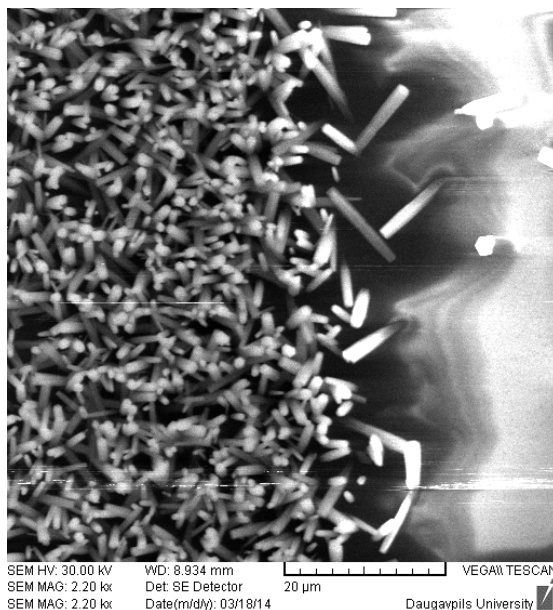


Рис. 4. Снимок электронного микроскопа наноструктур ZnO, выросших на границе слоя зародышей.

Выводы

- Оптимальная толщина слоя ZnO для образования зародышей при напылении магнетронным методом составляет 32 нм.
- Погружение стеклянной подложки в раствор для гидротермического роста оксида цинка приводит к хаотическому образованию на поверхности подложки центров кристаллизации, на которых начинается хаотически направленный рост нанонитей, с преобладанием направления [0001].
- Нанесение предварительного слоя ZnO в качестве зародышей перед погружением в раствор роста стимулирует упорядоченный рост наноструктур оксида цинка, хотя и заметно меньшего размера, чем в беззародышевом случае.

Благодарности

Эта работа была выполнена благодаря поддержке проекта ESF „Atbalsts Daugavpils Universitātes maģistra studiju īstenošanai” vienošanās Nr.2011/0018/1DP/1.1.2.1.1/11/IPIA/VIAA/010

Библиография

- Baranov A N et al., Growth of ZnO Nanorods from a Salt Mixture // Nanotechnology, 2005, V.16, P.1918.
- Chang P C et al., ZnO Nanowires Synthesized by Vapor Trapping CVD method // Chem. Mater., 2004, V.16, P.5133.
- Kim H S, Lugo F, Pearton S J, Norton D P, Phosphorus Doped ZnO Light Emitting Diodes Fabricated Via Pulsed Laser Deposition // Appl. Phys. Lett., 2008, V92, P.108-112
- Law M, Greene L, Johnson J. et al., Nanowire Dye-Sensitized Solar Cells // Nature Mater., 2005, V.4., P.455-459.

- Liu Z et al., Growth of ZnO Nanorods by Aqueous Solution Method with Electrodeposited ZnO Seed Layers // *Appl. Surf. Sci.*, 2009, V.225, P.6415
- Martinson A B F et al., znO Nanotube Based Due-Sensitized Solar Cells // *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2006, V.8, P.4655-4659.
- Mihailova I, Gerbreders V, Tamanis E, Sledevskis E, Viter R, Sarajevs P, Synthesis of ZnO nanoneedles by thermal oxidation of Zn thin films, *Journal of Non-Crystalline Solids*, Volume 377, Pages 212-216
- Ogzur U, Alivov Y I, Liu C, Teke A, Reshchikov M A, Dogan S, Avrutin V, Cho S J and Markoc H, 2005, *J. Appl. Phys.*, 98, 041301.
- Shan F K, Yu Y S, Substrate Effects of ZnO Thin Films Prepared by PLD Technique // *J. Eur. Ceram. Soc.*, 2004, V.24, P.1869-1872.
- Wang Z L, 2004, *J. Phys. Condens. Matter.*, 16, R829.
- Wang Z L, piezoelectric Nanogenerators Based on Zinc Oxide Nanowire Arrays // *Science*, 2006, V.312, P.242-246
- Znaidia L, Soler Illia G J A A, Benyahia S et al., Oriented ZnO Thin Films Sinthesis by Sol-Gel Process for Laser Application // *Thin Solid Films*, 2003, V.428, P.257-262.

MATEMĀTIKA / MATHEMATICS

HAMILTONA SISTĒMU FĀZES PORTRETI

Valentīns Sengīļevs

Daugavpils Universitāte, Parādes iela 1, Daugavpils, Latvija, LV-5401

valentin.sengilejev@gmail.com

Abstract

Phase portraits of Hamiltonian systems

The Hamiltonian systems and the method of construction of their phase portraits, which is based on the construction of level lines of the corresponding Hamiltonian function, are investigated. Several examples of the Hamiltonian systems are considered; for each system the Hamiltonian function and the stationary points are determined as well as the phase portraits are obtained. In case when the Hamiltonian system depends on a parameter, an analysis of its phase portrait enables to establish the existence of a bifurcation.

Key Words: Hamiltonian system, Hamiltonian function, level line, phase portrait, bifurcation.

Ievads

Par Hamiltona sistēmu sauc diferenciālvienādojumu sistēmu, kura var būt pierakstīta veidā:

$$q'_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}, \quad p'_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (1),$$

kur $H = H(q, p, t)$ – **Hamiltona funkcija**.

Koordinātes q_i un momentus p_i sauc par kanoniskajiem mainīgajiem, bet laiks t ir neatkarīgais mainīgais. Diferenciālvienādojumu sistēma (1) ir Hamiltona sistēma ar i brīvības pakāpēm, bet Hamiltona sistēmu ar 1 brīvības pakāpi var pierakstīt šādi:

$$\begin{cases} x' = f(x, y) = \frac{\partial H}{\partial y}, \\ y' = g(x, y) = -\frac{\partial H}{\partial x}. \end{cases} \quad (2)$$

Ja ir dota diferenciālvienādojumu sistēma (3)

$$\begin{cases} \frac{\partial x}{\partial t} = f(x, y), \\ \frac{\partial y}{\partial t} = g(x, y), \end{cases} \quad (3)$$

un ja izpildās

$$\frac{\partial f}{\partial x} = -\frac{\partial g}{\partial y},$$

tad tā ir Hamiltona sistēma.

Hamiltona funkcija $H(x, y)$ ir diferenciālvienādojumu sistēmas (2) pirmais integrālis.

Tiešām,

$$dH = \frac{\partial H}{\partial x} \cdot f(x, y) + \frac{\partial H}{\partial y} \cdot g(x, y) =$$

$$= \frac{\partial H}{\partial x} \cdot \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{\partial H}{\partial y} \cdot \left(-\frac{\partial H}{\partial x}\right) = 0.$$

Tātad

$$H(x, y) = C.$$

Ja sistēmu (2) var pierakstīt veidā:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = F(y), \\ \frac{dy}{dt} = G(x), \end{cases} \quad (4)$$

tad var uzreiz noteikt Hamiltona funkciju ar formulu

$$H(x, y) = \int F(y) dy - \int G(x) dx.$$

Fāzes portretu konstruēšanas paņēmieni

Hamiltona sistēmas fāzes portretu var dabūt, konstruējot Hamiltona funkcijas līmeņlīnijas.

1. piemērs.

$$\begin{cases} x' = 2y, \\ y' = 12x - 3x^2. \end{cases} \quad (5)$$

Sistēma (5) ir Hamiltona sistēma, atbilstošā Hamiltona funkcija ir

$$H(x, y) = y^2 - 6x^2 + x^3.$$

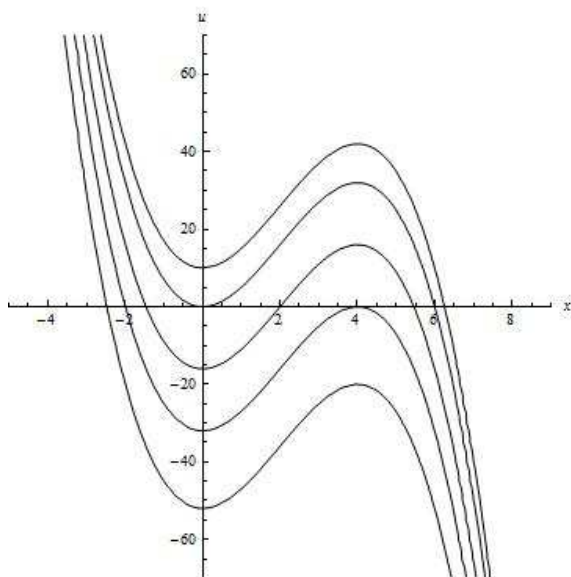
Sistēmai (5) ir divi stacionārie punkti:

$$\begin{cases} y = 0, \\ 3x(4 - x) = 0, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A(0,0), \\ B(4,0). \end{cases}$$

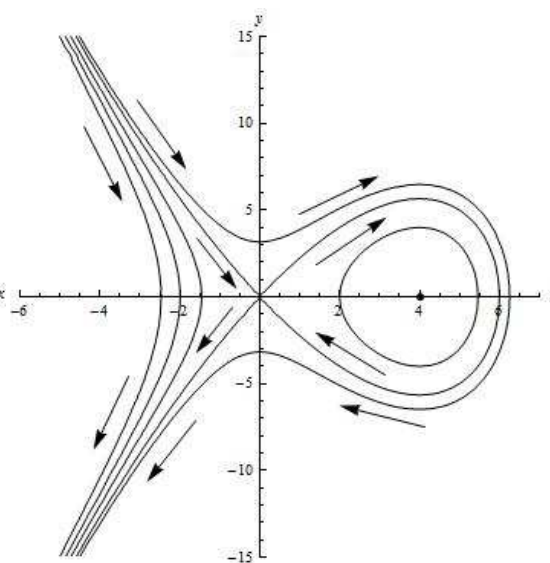
Apzīmējot y^2 ar u , iegūsim jaunu vienādojumu

$$u - 6x^2 + x^3 = C.$$

Sākumā konstruējam funkcijas $u(x)$ grafikus dažādām C vērtībām (skat.1.1.zīm.), pēc tam konstruējam funkcijuy(x) = ±√u(x) grafikus. Iegūtas līknes ir Hamiltona funkcijas līmeņlīnijas (skat.1.2.zīm.).



1. 1. zīm. $u = 6x^2 - x^3 + C.$



1. 2. zīm. $H(x, y) = y^2 - 6x^2 + x^3 = C.$

1.1. zīm. attēlo funkcijas $u = 6x^2 - x^3 + C$ grafikus C vērtībām 10; 0; -16; -32; -52.

1.2. zīm. ilustrē Hamiltona funkcijas $H(x, y) = y^2 - 6x^2 + x^3 = C$ dažādas līmeņlīnijas tām pašām C vērtībām.

Analizējot Hamiltona sistēmas fāzes portretu, var izdarīt secinājumus par stacionāru punktu raksturu. No 1.2. zīmējuma var konstatēt, ka punkts $A(0,0)$ ir sedlu punkts, bet $B(4,0)$ ir centrs.

2. piemērs.

$$\begin{cases} x' = 2y, \\ y' = 4x - 4x^3. \end{cases} \quad (6)$$

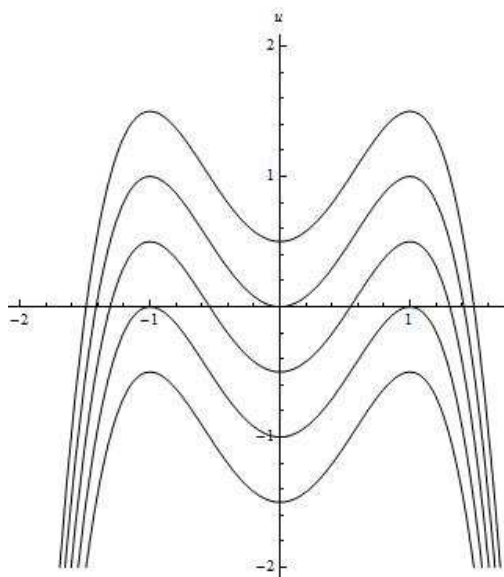
Sistēma (6) ir Hamiltona sistēma, atbilstošā Hamiltona funkcija ir

$$H(x, y) = y^2 - 2x^2 + x^4.$$

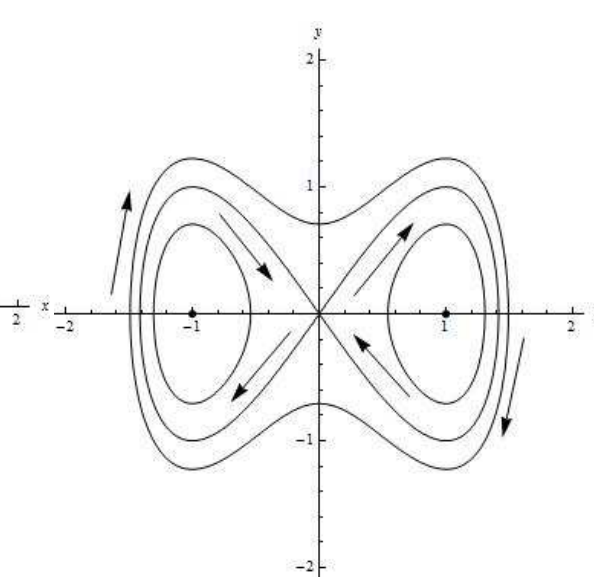
Sistēmai (6) ir trīs stacionārie punkti:

$$\begin{cases} y = 0, \\ 4x(1 - x^2) = 0, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A(0,0), \\ B(1,0), \\ D(-1,0). \end{cases}$$

Konstruējam funkciju $u(x) = 2x^2 - x^4 + C$ un funkciju $y(x) = \pm\sqrt{u(x)}$ grafikus. ($C = \frac{1}{2}; 0; -\frac{1}{2}; -1; -\frac{3}{2}$).



2. 1. zīm. $u = 2x^2 - x^4 + C$.



2. 2. zīm. $H(x, y) = y^2 - 2x^2 + x^4 = C$.

Analizējot 2.2 zīm. var konstatēt, ka punkts $A(0,0)$ ir sedlu punkts, bet $B(1,0)$ un $D(-1,0)$ ir centri.

3. piemērs.

$$\begin{cases} x' = y, \\ y' = x^3 - x. \end{cases} \quad (7)$$

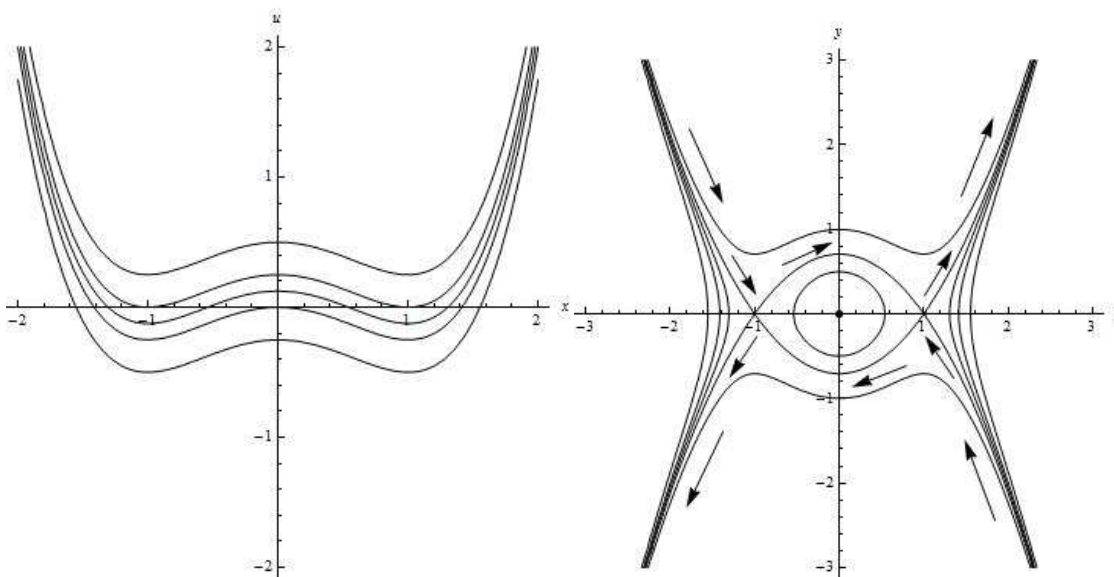
Sistēma (7) ir Hamiltona sistēma, atbilstošā Hamiltona funkcija ir

$$H(x, y) = \frac{y^2}{2} - \frac{x^4}{4} + \frac{x^2}{2}.$$

Sistēmai (7) ir trīs stacionārie punkti:

$$\begin{cases} y = 0, \\ x(x^2 - 1) = 0, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A(0,0), \\ B(1,0), \\ D(-1,0). \end{cases}$$

Apzīmējot $y^2 = 2u$, konstruējam funkcijas $u(x) = \frac{x^4}{4} - \frac{x^2}{2} + C$ un funkciju $y(x) = \pm\sqrt{2u(x)}$ grafikus. ($C = \frac{1}{2}; \frac{1}{4}; \frac{1}{8}; 0; -\frac{1}{4}$).



3. 1. zīm. $u = \frac{x^4}{4} - \frac{x^2}{2} + C$.

3. 2. zīm. $H(x, y) = \frac{y^2}{2} - \frac{x^4}{4} + \frac{x^2}{2} = C$.

Analizējot 3.2 zīm. var konstatēt, ka punkts $A(0,0)$ ir centrs, bet $B(1,0)$ un $D(-1,0)$ ir sedlu punkti.

Hamiltona sistēma ar parametru

4. piemērs. (Blanchard, Devaney, Hall 2005: 501).

$$\begin{cases} x' = y, \\ y' = x^2 - a. \end{cases} \quad (8)$$

Sistēma (8) ir Hamiltona sistēma, atbilstošā Hamiltona funkcija ir

$$H(x, y) = \frac{y^2}{2} - \frac{x^3}{3} + ax.$$

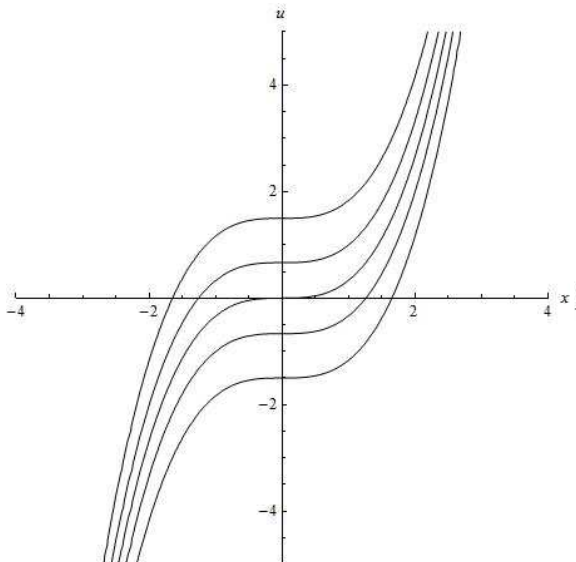
Sistēmai (8) stacionāro punktu skaits ir atkarīgs no a :

$$\begin{cases} y = 0, \\ x^2 - a = 0, \end{cases} \begin{cases} \text{ja } a > 0, \text{ tad } A(-\sqrt{a}, 0), B(\sqrt{a}, 0), \\ \text{ja } a = 0, \text{ tad } M(0,0), \\ \text{ja } a < 0, \text{ tad nav stacionāro punktu.} \end{cases}$$

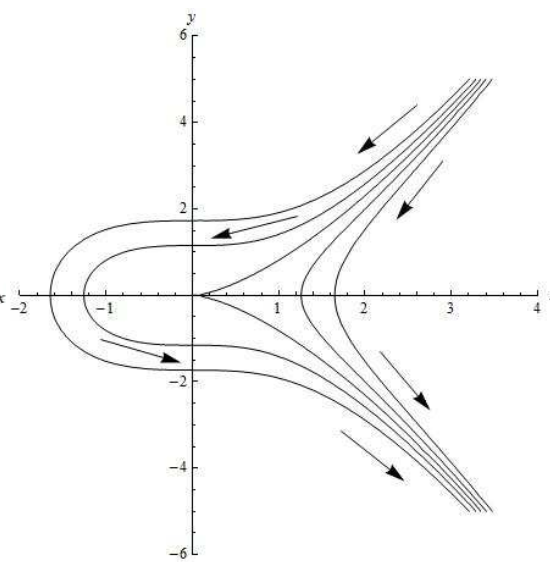
Apzīmējot $\frac{y^2}{2}$ ar u ($y = \pm\sqrt{2u}$), dabūsim

$$u - \frac{x^3}{3} + ax = C.$$

Piemēram, ja $a = 0$ ($C = \frac{3}{2}; \frac{2}{3}; 0; -\frac{2}{3}; -\frac{3}{2}$), tad iegūsim šādu sistēmas (8) fāzes portretu:



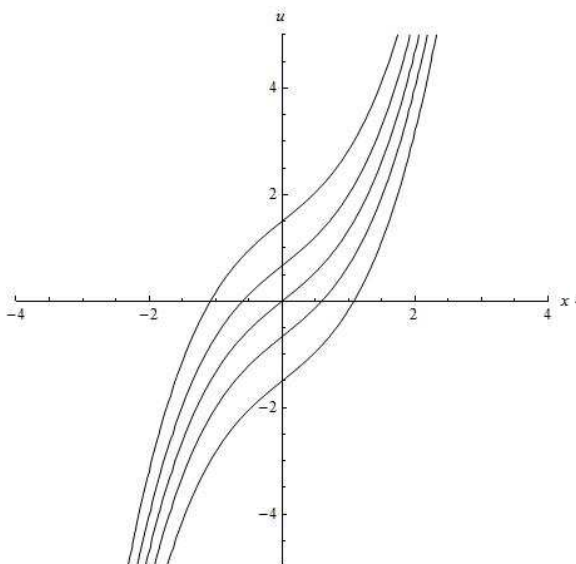
4. 1. zīm. $u = \frac{x^3}{3} + C.$



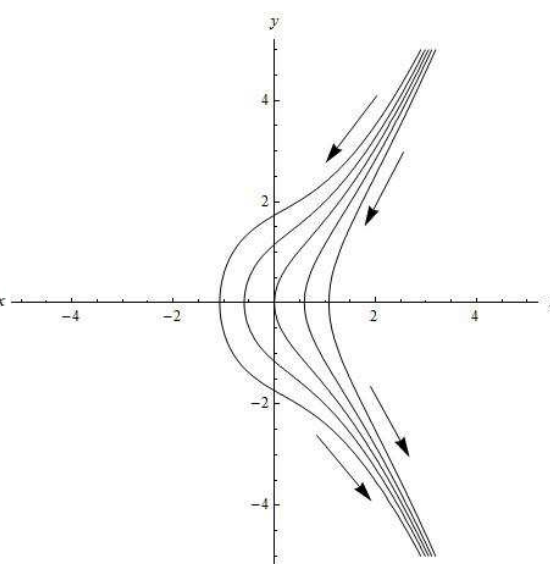
4. 2. zīm. $H(x, y) = \frac{y^2}{2} - \frac{x^3}{3} = C.$

Ja $a = -1$ ($C = \frac{3}{2}; \frac{2}{3}; 0; -\frac{2}{3}; -\frac{3}{2}$), tad sistēmas (8) fāzes portrets būs tāds, kā attēlots 4.4.

zīmējumā.



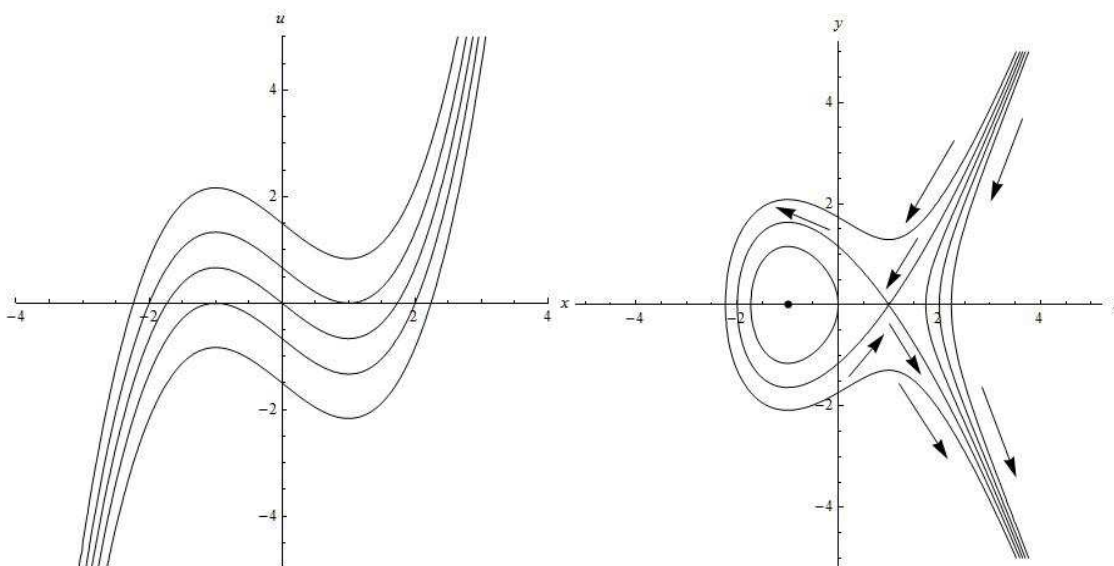
4. 3. zīm. $u = \frac{x^3}{3} + x + C.$



4. 4. zīm. $H(x, y) = \frac{y^2}{2} - \frac{x^3}{3} - x = C.$

Gadījumā, ja $a = 1$ ($C = \frac{3}{2}; \frac{2}{3}; 0; -\frac{2}{3}; -\frac{3}{2}$), tad dabūsim šādu sistēmas (8) fāzes portretu

(skat. 4.6.zīm.).

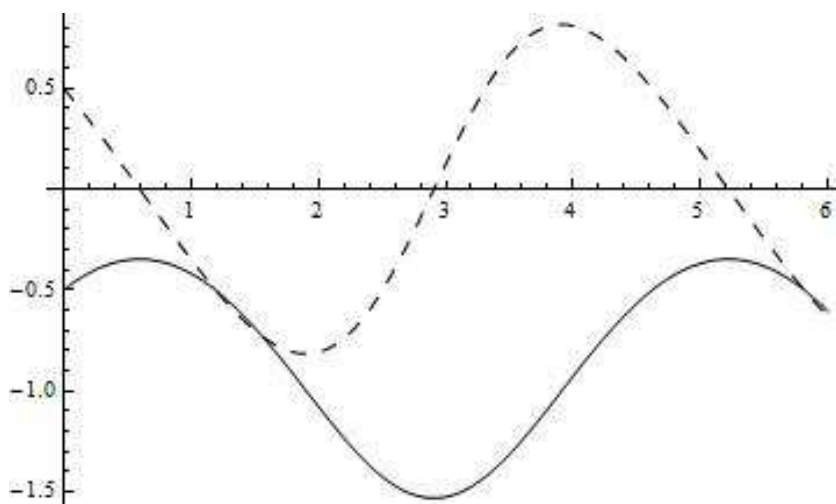


4. 5. zīm. $u = \frac{x^3}{3} - x + C.$

4. 6. zīm. $H(x, y) = \frac{y^2}{2} - \frac{x^3}{3} + x = C.$

Hamiltona sistēmas periodiskie atrisinājumi

Pētot fāzes portretus, var ieraudzīt periodiskus atrisinājumus. Ja fāzes portretā ir noslēgtas trajektorijas, tad Hamiltona sistēmai eksistē periodiskie atrisinājumi. Tātad, ja $a = 0$ vai $a = -1$, tad no zīmējumiem 4.2. un 4.4. var redzēt, ka Hamiltona sistēmai (8) nav periodisku atrisinājumu. Bet ja $a = 1$ (4.6. zīm.), tad sistēmai(8) ir periodiskie atrisinājumi, kad C pieder intervālam $(-\frac{2}{3}; 0)$. 4.7. zīmējumā tiek attēlots sistēmas (8) atrisinājuma grafiks, ja $a = 1$ un $x(0) = -\frac{1}{2}, y(0) = \frac{1}{2}, C = -\frac{1}{3}$.



4.7. zīm. $x(t)$ ————— $y(t)$

Secinājumi

Zinot Hamiltona funkcijas līmeņlīnijas, var viegli konstruēt atbilstošās Hamiltona sistēmas fāzes portretu. Bet, zinot Hamiltona sistēmas fāzes portretu, var secināt par stacionāru punktu raksturu un periodisku atrisinājumu eksistenci, kā arī pēc fāzes portreta analīzes var konstatēt bifurkāciju esamību.

ESF projekts “Atbalsts Daugavpils Universitātes maģistra studiju īstenošanai”
(vienošanās Nr.2001/0018/1DP/1.1.2.1/11/IPIA/VIAA/010)

Bibliogrāfija

- Blanchard P., Devaney R. L., Hall G. R. 2005. *Differentialequations*. Brooks/Cole.
Agarwal R., O'Regan D. 2008. *Anintroduction to ordinarydifferentialequations*. Springer.
Abdullaev. S. 2006. *Constructionofmappingsforhamiltoniansystemsandtheirapplications*. Springer.
Jordan D. W., Smith P. 2007. *Nonlinearordinarydifferentialequations*. Oxford.
Nagle K., SaffE. B., Snider D. 2004. *Fundamentals ofdifferentialequations*. Addison-Wesley.

DATORZINĀTNES / COMPUTER SCIENCES

INTERAKTĪVO IT RISINĀJUMU IESPĒJAS DARBA AIZSARDZĪBAS SISTĒMAS PILNVEIDOŠANĀ

Mihails Aleksejevs, Svetlana Ignatjeva

Daugavpils Universitāte, Parādes iela 1, Daugavpils, Latvija, LV-5401

mihails.aleksejevs@du.lv

Abstract

Interactive IT solutions for the labour protection system improvement

The article deals with information technologies & multimedia solutions and possibilities in labour protection processes. The essence of application of new information technologies in labour protection process is one of the means of increasing quality of labour protection training and decreasing accidents and occupational diseases. It will be achieved & supported by implementing IT & multimedia technologies based on module & system logics for training and inclusion specialists to occupational safety system in the organization. Author of the article note the necessity to develop complex interactive module on labour protection that includes not only the assistance for the expert in labour protection for his everyday duties, but a broader spectrum of topics. Interactive module helps to perform the following tasks on labour protection in the organisation: introductory and regular instructions, to provide training in fire safety, consultations with employees on certain topical issues, regular personnel consulting, maintenance of instruction base, control of personnel knowledge on labour protection issues, consultation and training for trustees, assistance in the assessment of risk and development of the plan of measures for labour protection, anonymous information about changes in working conditions, maintenance of data basis – archive of labour protection measures at organization with automatic reminder function. The advantages of development and implementation of a such module are not only the increase in effectiveness of labour protection service at the organization, but also optimization and improvement of labour protection system in total thus solving topical challenges and more effectively integrating legal provisions and institutional norms into work.

Keywords: interactivity, information technology, multimedia, interactive training module, interactive educating toolkit for labour protection training.

Ievads

Katru gadu vairāk nekā tūkstotis nodarbināto Latvijā cieš nelaimes gadījumā darbā, savā darba vietā gūstot savainojumus vai traumas. Lai novērstu gan šos negadījumus, gan neplānotos finansiālos izdevumus, kas rodas, ja nodarbinātais tiek savainots, darba devējam ir nepieciešams iekārtot un uzturēt darba vidi tā, lai tā būtu droša un veselībai nekaitīga. Taču nepieciešams atcerēties, ka pat situācijās, kad darba devējs ir ievērojis visas darba aizsardzības prasības, riska pakāpi būtiski ietekmē pats nodarbinātais, kurš pieņem lēmumu konkrētajā situācijā. Pareizus un drošus lēmumus var pieņemt tikai zinošs nodarbinātais, tāpēc apmācība darba aizsardzībā ir būtiska, lai samazinātu nelaimes gadījumu un arodslimību skaitu gan katrā konkrētajā uzņēmumā, gan valstī kopumā.

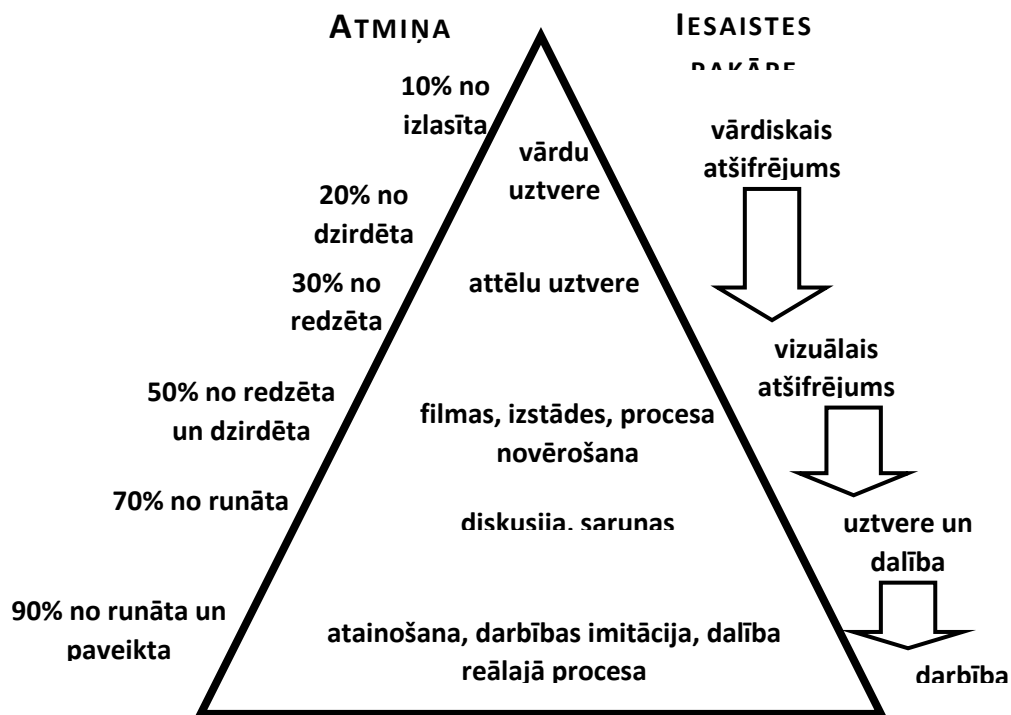
Personāla apmācības un personāla informēšanas kvalitāte par ugunsdrošības un drošības tehnikas jautājumiem ir efektīvas nelaimes gadījumu un profesionālu saslimšanu prevencijas noteicošais faktors. Pētījumu rezultāti, darba aizsardzības statistika liecina par to, ka nelaimes gadījumu vairākums ir saistīts ar tā saucamo cilvēcisko faktoru. Tādēļ tikai tehniski un organizatoriski pasākumi vien nevar pilnībā atrisināt traumatisma un arodslimību problēmu. Ir nepieciešama mērķtiecīga iedarbošanās uz pašiem strādājošajiem, turklāt, ne tikai paaugstinot viņu

zināšanu līmeni darba aizsardzības jautājumos, bet arī mainot to uzvedību un attieksmi pret drošības jautājumiem darbā. Tātad, darbinieku informēšana var izraisīt uzvedības maiņu un tas ir darba aizsardzības apmācības pamatmērķis. Tomēr šāda uzvedības maiņa rodas tikai tad, ja izglītojamiem ir tieksme uztvert stimulu un viņi ir gatavi pozitīvi atbildēt uz to, proti, viņiem veidojas motivācija informācijas uztverei un apguvei. Tātad, darba aizsardzības speciālista kā pedagoga galvenais uzdevums ir aktivizēt personāla motivāciju (Darba aizsardzības apmācību metodes 2010).

Piemēram, mūsdienu tehnoloģiju laikmetā darba vides riska vērtēšana, izmantojot izdrukātus kontroljautājumu sarakstus vai pierakstus, un formālas teorētiskās instruktažas vairs nenodrošina pietiekamu darbinieku ieinteresētību, iesaisti darba aizsardzības jautājumos, kas nav pieļaujams un apdraud personāla veselību un drošību (Darba apstākļi un riski Latvijā 2010; Nodarbināto iesaistīšanās darba 2012). Tātad arī darba aizsardzības specialistiem un konsultantiem savlaicīgi un mērķtiecīgi jāpielāgojas pārmaiņām un jāmeklē jaunas tehnoloģijas darba aizsardzības sistēmas organizēšanai un darba aizsardzības pasākumu veikšanai organizācijā. Mūsdienīgai darba aizsardzības apmācību pieejai ir jāorientējas uz novitāti, kas balstīta uz dzīves un darbības attīstības dinamikas īpatnībām, atšķirīgu apmācības tehnoloģiju specifiku un individuālo personības prasību ievērošanu. Bez tam personāla apmācības gaitā nepieciešams mērķtiecīgi un koncentrēti iedarboties uz darbinieku ne vien informatīvi, bet arī emocionāli. Par svarīgu izaicinājumu mūsdienās kļūst izglītojamo iesaiste, kā arī emocionālas izglītojamo sfēras iesaistīšana. Viens no dotu izaicinājumu atrisinājuma līdzekļiem ir datorizēto, interaktīvo multimediju tehnoloģiju ieviešana un aktīva izmantošana apmācību procesā.

Pētījumi rāda, ka mēs atceramies aptuveni 10% no tā, ko lasām, 20% no tā, ko dzirdam, 30% no tā, ko redzam, 70% no tā, ko sakām, 90% no tā, ko mēs paši darām un 95% no tā, ko mācam citiem (Glasser 1990) (skat. 1. attēlu).

IT apmācību tehnoloģiju priekšrocības pamatā ir saistītas ar to, ka apmācības procesā iesaistīta gan redzes, gan dzirdes informatīvie kanāli. Divu informācijas (redzes un dzirdes) kanālu izmantošana uzreiz paaugstina apmācību efektivitāti. Proti, pieaug izglītojamo uzmanības koncentrācija salīdzinot ar dzirdes uztveri (bez vizuāla informācijas priekšmeta), kad klausītājs dažādu apstākļu dēļ novēršas, pārstāj saprast materiālu un pazaudē interesi pie apmācību priekšmeta (Darba aizsardzības apmācību metodes 2010).



1. attēls. Uztveres piramīda. Avots: Glasser 1990

Izmantojot interaktīvas informācijas tehnoloģijas (IT) un multimediju tehnoloģijas rodas papildus motivācija un interese par zināšanu saņemšanas procesu, kā tādu, bet, pozitīvas emocijas paaugstina jebkādas darbības efektivitāti. Rezultātā pieaug izglītojamā darbinieka aktivitāte, kas saistīts ar nepieciešamību pastāvīgi iesaistīties dialoga ar datoru. Interaktīvas IT un multimediju tehnoloģijas automatizē arī darba aizsardzības speciālista darbu, kas sekmē darbalaika optimizāciju un darba aizsardzības pasākumu rezultativitātes pieaugumu.

Interaktīvu IT izmantošana apmācību procesā ļauj paaugstināt kvalitāti un personāla sagatavošanas efektivitāti, dod iespēju īstenot diferencēto pieeju apmācībām ievērojot individuālas izglītojamo īpatnības, kā arī pastiprina apmācības motivāciju un radošās izzinošās aktivitātes attīstību. IT līdzekļi ļauj īstenot mijiedarbību starp docētāju (darba aizsardzības speciālistu) un izglītojamo dialoga režīmā. Tāda mijiedarbība atvieglo informācijas apmaiņas procesu (Izglītības sistēmas informatizācijas programma 2006). Dažādu tehnisko līdzekļu (datortehnika, internets, TV, mobilie sakari, u.c.) pilnvērtīgai izmantošanai ir liela nozīme apmācību procesa kvalitātes paaugstināšanai un pievilcības palielināšanai (Kozlovska, Strukova 2013). Līdz ar to būtu svarīgi, izmantojot virtuālo apmācību vidi apmācību un informācijas atbalstam darba vietā.

Materiāli un metodes

Raksta mērķis ir sniegt ieskatu tādos IT konceptos kā interaktīvas informāciju tehnoloģijas un IT multimediju apmācību metodes, kā arī analizēt interaktīvo apmācību tehnoloģiju iespējas darba aizsardzības sistēmas pilnveidošanā.

Pētījuma pamatā ir akadēmisko un zinātniski-praktisko rakstu analīze, līdz šim veikto pētījumu, komentāru un priekšlikumu apkopojums, ārvalstu pieredzes izpēte, kā arī plānošanas dokumentu apskats IT, multimediju un informācijas un komunikācijas tehnoloģiju jomā. Pētījuma metodes: monogrāfiskā metode, grafiskā metode, abstrakti loģiskā metode.

Rezultāti un to izvērtējums

Tehnoloģijām strauji attīstoties arī apmācību procesam ir jāpielāgojas mūsdienu izglītojamo vajadzībām, mainīgajiem vides faktoriem. IT ir zināšanu, metožu, paņēmienu un tehniskā aprīkojuma kopums, kas ar datu apstrādes un komunikāciju līdzekļu starpniecību nodrošina jebkuras informācijas iegūšanu, uzglabāšanu, pārveidošanu, pārraidi un izplatīšanu (Akadēmiskā terminu datubāze 2014).

Interaktīvitate ir spēja mijiedarboties vai atrasties sarunas režīmā, dialoga ar jebko (piemēram, ar datoru) vai ar kādu (ar cilvēku) (Гебеков 2010). Zem interaktīvajām apmācībām (angl. *interaction* – mijiedarbība) saprot, apmācības, kas ir balstītas uz izglītojamā mijiedarbību ar apmācību vidi, kas kalpo par apgūstamās pieredzes apgabalu (Вислобоков 2011). Pie interaktīvajām apmācību metodēm attiecināmas tas, kuras sekmē izglītojamā iesaistīšanos zināšanu iegūšanas un pārstrādes aktīvā procesā. Interaktīvie moduļi – ir apmācību projekti, lietišķas un lomu spēles, simulatori un sociāli trenāžieri. Visas iepriekšminētas nodarbību formas apvieno izglītības līdzekļu vienots komplekss: apmācības notiek kopdarbībā, izglītojamie pieņem patstāvīgus lēmumus, bet pedagogs atlasa materiālu, ietekmē veidu, kā materiāls tiks pasniegts, nosaka likumus un uzstājas moderatora lomā (Fam at al 2012). Tādu moduļu izglītības rezultāts ir spēju un kompetenču attīstība, paraugu darbības iegūšana. Interaktīvā pieeja ir ne vien apmācības sekmīguma, bet arī izglītojamo apmierinājuma no apmācības procesa svarīgs faktors.

Interaktīvajām IT multimediju tehnoloģijām ir īpaša nozīme informācijas pieejamībā, apstrādē, pārraidē un izmantošanā t.s. attīstot apmācību procesus. Dažādu tehnisko līdzekļu (dator tehnika, internets, mobilie sakari, u.c.) pilnvērtīgai izmantošanai ir liela nozīme apmācību procesa kvalitātes paaugstināšanai un pievilcības palielināšanai. Apmācības caur IT un komunikāciju tīklu kļūst interesantas, izaicinošas, interaktīvas, izglītojamiem viegli uztveramas un aizraujošas raugoties gan no pedagoga, gan no izglītojamā viedokļa, uzlabojot ne tikai izglītības kvalitāti, bet arī pievilcību, palielinot izglītojamo motivāciju mācīties (Dino at al. 2013) Šādu apmācību tehnoloģiju izmantošana apmācību procesā sekmē izglītojamo interesi un iesaistīšanos apmācībās, uzlabo apmācību rezultātus, nodrošina pedagogiem labākus apmācību resursus, izmaina apmācību procesu, padarot to piemērotāku katra izglītojamā individuālajām vajadzībām, zināšanām un prasmei.

Interaktīvo tehnoloģiju izmantošanas pamatmetode ir interaktīvs dialogs, kas pēc būtības ir lietotāja mijiedarbība ar programsistēmu, kas nodrošina apmācību materiāla, darba satura variantu

izvēles iespējas. Viens no IT virzieniem mūsdienās ir audio, video, TV un citu multimediju līdzekļu izmantošana. Tādēļ līdzās IT runā par multimediju tehnoloģijām apmācībās, kurās nozīmīga izziņas pārvaldes procesa daļa notiek ar speciāli izstrādātu audiovizuālo apmācību materiālu palīdzību.

Interaktīvajām IT un multimediju tehnoloģijām ir šādas priekšrocības apmācību nodrošināšanā:

- ✓ mūsdienīgu un dinamisku zināšanu un prasmju apguves iespējas;
- ✓ interaktīvas, radošas, informācijas bagātas mācību vides radīšana: materiālu uzskatāmība, apmācību procesa dažādošana, diferencēšana un satura pilnveidošana;
- ✓ sadarbības iespējas elektroniskā vidē (izglītojamais-darbinieks – darba aizsardzības speciālists un/ vai pieaicinātais speciālists, izglītojamais-darbinieks – vadība, darba aizsardzības speciālists – vadība);
- ✓ izglītojamo iesaiste;
- ✓ apmācību procesa paātrināšana;
- ✓ iespēja apmācīt darboties, reālā darba režīmā;
- ✓ informācijas līdzsvars;
- ✓ optimālo (komfortablu) apmācības un pašizglītošanos apstākļu nodrošināšana satura pieejamības ziņā;
- ✓ informācijas pieejamības un apmaiņas iespējas neatkarīgi no atrašanās vietas un laika, attālināta darba iespējas;
- ✓ mērķauditorijas īpatnību un vajadzību ievērošana, proti, apmācību procesa individualizācija;
- ✓ materiālu pielāgojamība, savietojama un pieejamība, izmantojot dažādu IT infrastruktūru (piem., apmācību valodu dažādošana, nodrošinot apmācību un metodisko līdzekļu tehnoloģisko un informatīvo pieejamību);
- ✓ apvieno interaktīvu multimediju kombināciju, tai skaitā animāciju, grafikas elementus, TV, audio, video, attēlu, tekstu;
- ✓ izglītojamo motivācijas un ieinteresētības pieaugums.
- ✓ informācijas ieguves procesu (izglītojamiem) un datu ievades un apstrādes procesu (docētājam) atvieglošana;
- ✓ trešo pušu informētības palielināšana (piem., organizācijas vadībai paplašinās kontroles iespējas);
- ✓ pedagoga (darba aizsardzības speciālista) atskaišu sagatavošanas atvieglošana un žurnālu aizpildīšanas automatizācija.
- ✓ hiperteksta tehnoloģijas izmantošana atvieglo navigāciju starp dažādām materiālu veidiem un funkcijām;

- ✓ individuālas, elastīgas apmācību trajektorijas izstrāde, kas nodrošina ne vien zināšanu, bet arī kompetenču veidošanu izvēlētajā jomā pretstatā stingras apmācību programmas ievērošanai.

Šādas tehnoloģijās nodrošina akcentu nobīdi uz patstāvīgu studentu darbu, ka arī nodrošina apmācību veidu, formu paplašināšanos un atgriezeniskās saiknes pastiprināšanu apmācības procesā

Interaktīvās IT un multimediju tehnoloģijas paver jaunas iespējas apmācību procesa pilnveidošanai un attiecību veidošanā starp pedagogu un izglītojamo. Tehnoloģijas dod iespēju dažādot apmācību procesu un materiālus, pilnveidot apmācību saturu un metodiku, paplašināt tradicionālās apmācību iespējas padarot to pieejamu ikvienam atbilstoši viņa vēlmēm un uztveres iespējām, panākt kvalitatīvu, mūsdienīgu un dinamisku zināšanu un prasmju apguvi (Wallen at al. 2006; Dino at al. 2013).

Ieviešot interaktīvās IT multimediju tehnoloģijas materiāla apgūvē, rodas iespēja izmantot visas tehnoloģiskās priekšrocības: savienot multivīdē tekstu, trīsdimensiju grafiku, nekustīgu un kustīgu attēlu, audio un videomateriālus; veidot testus, kas atbilst to cilvēku spējām, kuri mācās; dažādot apmācību valodu, un tml., nodrošinot apmācību un metodisko līdzekļu tehnoloģisko un informatīvo pieejamību, interaktīvu apmācību procesu – apmācību materiālus, konsultācijas pie pedagogiem, kontroles uzdevumus (Karnītis 2004). Interaktīvu apmācības metožu kas imitē profesionālu darbību, integrēšana apmācību procesā ļauj savienot statiskus kontentus (tekstu, attēlus utt.) ar multimediju un interaktīvajiem komponentēm (*Educational Multimedia*). Interaktīvajā modulī ir iespējams integrēt dažādus multimediju risinājumus: Flash, video, audio, attēli, Java Applets. Integrētas interaktīvo moduļu sastāvdaļas apmācību, kontroles un citu funkciju nodrošināšanai ļauj paaugstināt apmācību procesa un apgūto zināšanu kontroles efektivitāti.

Autorprāt, vispiemērotākās izglītojamo pašattīstībai ir IT ar multimediju un spēļu, virtuālo trenāžieru elementiem, simulatoriem, kas balstās uz visu dalībnieku kolektīvu un savstarpēji papildinošo mijiedarbību apmācību procesā, pie tam īpaša uzmanība jāpievērš pozitīvas rīcības un darbības demonstrējumiem.

Interaktīvie IT un multimediju risinājumi ir orientēti uz apmācību atbalstu darba vietā, izmantojot virtuālo apmācību vidi, kuras galvenās priekšrocības ir apmācību procesa paātrināšana, iespēja apmācīt darboties, iespēja nodrošināt apmācību arī darba vietā uz vietas reālā darba režīmā. Interaktīvais apmācību modulis ir lieliska vide, lai organizētu interešu tīklus, virtuālas studiju vides, interaktīvu studiju materiālu, apmācību video, interaktīvu 3D modeļu, virtuālus trenāžierus, treniņus praktisko iemaņu attīstīšanai, virtuālās konsultācijas, forumus, blogus, vebinārus, pašnovērtējuma testu, diskusiju grupas formālai un neformālai pieredzes apmaiņai un citu mūsdienu interneta vides iespēju lietošanai neatkarīgi no to dalībnieku fiziskās atrašanās vietas (Вислобоков 2011; Гебеков 2010).

Tātad, darba aizsardzības sistēmas un apmācību nodrošināšanai var plaši pielietot šādus interaktīvus IT un multimediju risinājumus (autora apkopots un papildināts balstoties uz Floyde at al 2013; Ho Chun-Ling, Dzung Ren-Jye 2010; Филиппенко 2012):

- ✓ virtuālās laboratorijas un trenāžieri praktisko iemaņu attīstīšanai ārkārtas situācijas, interaktīvo spēļu izmantošana (*geimifikācija*);
- ✓ teksta, trīsdimensiju grafikas, nekustīgu un kustīgu attēlu, audio un videomateriālu savienošana multivīdē;
- ✓ interaktīvās un vizuālās sastāvdaļas;
- ✓ apmācību animācijas un video filmas;
- ✓ datu un dokumentu bāze;
- ✓ aktīvo apmācību formu un veidu multimediju atbalsts, t.sk. daudzpusējas sadarbības un aktuālās reaģēšanas jautājumu risināšana čata, blogu, vebināru, forumu, diskusiju formātā;
- ✓ vairāku rezultātu variantu imitācija un demonstrācija atkarība no izejas parametriem;
- ✓ paškontroles iespējas;
- ✓ virtuālā atgriezeniskā saite.

Darba aizsardzības interaktīvā moduļa mērķis ir veicināt organizācijas darbinieku (piem., izglītības iestādē – docētāju, vadības, apkalpojosa personāla, ka arī studējošo un darba aizsardzības speciālista un/vai dienesta) sadarbību un mijiedarbību, kā arī vairot izpratni par informācijas un komunikāciju tehnoloģiju piedāvātajām iespējām darba aizsardzības procesu pilnveidošanā.

Moduļa ietvaros pretstatā fiksētām un neelastīgam apmācību plānam tiek izmantots apmācību trajektorijas jēdziens, kad izglītojamais pats izvēlas, kādus jautājumus un tēmas jāapgūst, lai sasniegtu nepieciešamu kompetenci zināšanu jomā, kura viņu interesē. Mūsdienas tas kļūst īpaši svarīgs, jo izglītības programmas standarti tiek aprakstīti kompetencēs.

Integrētais interaktīvais modulis ļaus darbiniekiem regulāri un savlaicīgi ziņot par darba un darba vides apstākļu pozitīvām vai draudošām izmaiņām, nodrošina individuālas un grupu konsultācijas darbiniekiem ērta laikā, multimediju un interaktīvajā vidē, regulāru personāla informēšanu par aktuālajiem pasākumiem: kursi, semināri, obligāta veselības pārbaude, mācību trauksmes, paredzēta arī interaktīvas atgriezeniskās saiknes esamība starp darba aizsardzības dienestu, darba devēju un nodarbinātajiem.

Trenāžieri paredzēti prasmju un iemaņu piestiprināšanai, kā arī pašapmācībām, trenāžieri veicina praktisko iemaņu attīstīšanu ārkārtas situācijas, piem., evakuācijas gadījumā. Dators nejaušā secībā piedāvā apmācību uzdevumus. Ja izglītojamais sniedz pareizu atbildi, viņam ziņo par to, citādi viņam atklāj pareizo atbildi, vai piešķir papildus iespēju atbildēt (klaviatūru trenāžieri, trenāžieris ātram lasījumam, drošības zīmju apgūšanas trenāžieris un citi.) Demonstrāciju un/vai video materiāli, prezentācijas, elektroniskas grāmatas, raksti ir paredzēti apmācību materiāla

pārskatāmai demonstrācijai. Informācijas un izziņas materiāli – paredzēti nepieciešamas informācijas izvadei (elektroniskas enciklopēdijas ar meklējuma funkcijām, terminu skaidrojumi, tiesību aktu sistēmas). Imitācijas un modelēšanas iespējas ir paredzētas objektu un parādību „simulācijai”. Šādas programmas īpaši lietderīgi ir pielietot, kad parādību īstenošana ir neiespējama vai tas ir visai grūti

Virtuālās laboratorijas ietvaros iespējams demonstrēt rīcību ārkārtas situācijās vai ugunsgrēka izplatības veidus un īpatnības. Dokumentu datu bāze ātri un vienkārši ļauj personālam iepazīties ar individuālo individuālās aizsardzības līdzekļu sarakstu, specifiskajām instrukcijām un citu konkrētam darbiniekam vajadzīgo un aktuālo informāciju. Apmācību video, prezentāciju, teksta u.c. materiāli atvieglos darbu darba aizsardzības speciālistam un ļauj iesaistīt personālu darba aizsardzības aktivitātēs, bet virtuāla aktuālās informācijas izziņošanas sistēma nodrošina savlaicīgu darba aizsardzības informācijas apriti organizācijā. Darba aizsardzības interaktīvajā IT un multimediju modulī tiks piedāvāti arī ekstra materiāli par darba vidi un apstākļiem kopumā un konkrētajā organizācijā, piem., šādi tematiskie materiāli: darba dzīve līdzsvarā, stresa menedžments, psihosociāla darba vide, izdegšanas sindroms, atslodzes vingrinājumi darba laikā, utt. Līdz ar to interaktīvais IT un multimediju modulis palīdz veikt šādas darba aizsardzības pasākumus organizācijā:

- ✓ ievadinstruktāžu un regulāru instruktāžu organizēšana;
- ✓ ugunsdrošības apmācību veikšana;
- ✓ personāla konsultēšana par konkrētiem un aktuālajiem jautājumiem (piem., ēkas renovācijas gadījuma radušos specifiskus riska faktorus)
- ✓ datu bažu nodrošināšana (instrukciju, obligātas veselības pārbaudžu saraksti u.c. datu bāzes);
- ✓ personāla zināšanu virtuālie pārbaudes un kontroles materiāli;
- ✓ darba vides risku novērtēšanas un darba vides iekšējās uzraudzības plāna sakārtošana un regulāra atjaunošana;
- ✓ preventīvo pasākumu izstrādāšana, balstoties uz pieejamo risku novērtēšanas rezultātiem, lai nodrošinātu drošu darba vidi;
- ✓ virtuāla aktuālās informācijas izziņošanas sistēma un anonīma informēšana pār darba apstākļu izmaiņām;
- ✓ individuālas konsultācijas par darba vides apstākļiem un uzlabojumiem darbavietās;
- ✓ darba aizsardzības pasākumu datu bāzes-arhīva uzturēšanas atbalsts, paredzot automātisko atgādinājumu iespējas (piem., ekstra materiālu bāze, obligātas veselības pārbaudžu saraksti, darbinieku un atbilstošu amatu individuālās aizsardzības līdzekļu saraksti utt.).

Darba aizsardzības interaktīvā moduļa tehniskās priekšrocības:

- ✓ salīdzinoši nelielas prasības datora aparātnodrošinājumam;

- ✓ plašs instrumentālu līdzekļu spektrs sakot no vienkāršākiem līdz specializētiem.
- ✓ teksta, grafiskas, video un skaņas informācijas izmantošanas iespēja;
- ✓ animācijas, atsauču un navigācijas sistēmas pieejamība.
- ✓ iespēja izmantot gan lokālā tīklā, gan Internetā.
- ✓ moduļa viegla mērogošana un adaptēšanas spēja.
- ✓ lietotājiem nepieciešamas standartdatorprasmes.

Apmācību materiālu, kontroles uzdevumu un citu moduļa funkcionālo elementu uzdevums ir veicināt personāla izpratni par iespējamiem risinājumiem, kā stiprināt savu personīgo veselību un drošību darba vietā, un sniegt metodisku atbalstu, kā veicināt darbinieku un klientu izpratni par veselības un cilvēkdrošības jautājumiem un atbildīgu attieksmi un rīcību ikdienas situācijās.

Secinājumi

1. IT un multimediju tehnoloģijas paver jaunas iespējas apmācību procesa pilnveidošanā un attiecību veidošanā starp pedagogu un izglītojamo: docētājs materiālu var pārvērst par interaktīvu, aizraujošu un izglītojamiem viegli uztveramu, apmācības kļūst izaicinošas un aizraujošas raugoties gan no pedagoga, gan no izglītojamā viedokļa, uzlabojot ne tikai izglītības kvalitāti, bet arī pievilcību, palielinot izglītojamo motivāciju mācīties.
2. Interaktīvie IT un multimediju risinājumi ir orientēti uz apmācību atbalstu darba vietā, izmantojot virtuālo apmācību vidi, kuras galvenās priekšrocības ir mūsdienīgu un dinamisku zināšanu un prasmju apguve, apmācību procesa dažādošana, individualizācija, izglītojamo iesaiste, pieejamība satura, laika un vietas ziņā, materiālu uzskatāmība, mērķauditorijas īpatnību ievērošana, attālināta darba iespējas, komfortabla apmācības un pašizglītošanos apstākļu nodrošināšana.
3. Integrētas interaktīvo moduļu sastāvdaļas apmācību, kontroles un citu funkciju nodrošināšanai ļauj paaugstināt apmācību procesa un apgūto zināšanu kontroles efektivitāti. Vispiemērotākās audzēkņu pašattīstībai ir IT ar multimediju un spēļu, virtuālo trenāžieru elementiem, simulatoriem, kas balstās uz visu dalībnieku kolektīvu un savstarpēji papildinošo mijiedarbību apmācību procesā, turklāt īpaša uzmanība jāpievērš pozitīvas rīcības un darbības demonstrējumiem.
4. Autora piedāvātajā darba aizsardzības IT multimediju modulī ir paredzama izglītības vide, kas satur daudzveidīgus instrumentus virtuālās grāmatas, laboratorijas un trenāžierus, videomateriālus, čatu, blogus, forumus, vebināru un diskusiju vidi, vairāku rezultātu variantu imitāciju un demonstrāciju, virtuālo atgriezenisko saiti un citas aktivitātes apmācību, konsultāciju, paškontroles un administratīvu vajadzību nodrošināšanai.
5. Darba aizsardzības moduļa funkcionālo elementu uzdevums ir veicināt personāla izpratni par iespējamiem risinājumiem, kā stiprināt savu personīgo veselību un drošību darba vietā, un

sniegt metodisku atbalstu, kā veicināt darbinieku un klientu izpratni par veselības un cilvēkdrošības jautājumiem un atbildīgu attieksmi un rīcību ikdienas situācijās.

Pateicība

Raksts tika izstrādāts ESF projekta „Atbalsts Daugavpils Universitātes maģistra studiju īstenošanai” vienošanās Nr. 2011/0018/IDP/1.1.2.1.1/11/IPIA/VIAA/010 ietvaros.

Bibliogrāfija

- Akadēmiskā terminu datubāze AkadTerm.* (2014) <http://termini.lza.lv/term.php>
- Darba apstākļi un riski Latvijā.* (2010) LM pētījums Rīga, LR Labklājības ministrija.
- Darba aizsardzības apmācību metodes.* (2010) Rīga, Labklājības ministrija.
- Dino L. Pisaniello, Stewart S. K., Jahan N., Sandra L. Pisaniello, Winefield H., Braunack-Mayer A..(2013)The role of high schools in introductory occupational safety education – Teacher perspectives on effectiveness. *Safety Science* Volume 55 Pp 53–61
- Educational Multimedia: A Handbook for Teacher-Developers (2003) http://cemca.org.in/ckfinder/userfiles/files/EdMul_Full.pdf
- Fam M., H. Nikoomaram, A. Soltanian. Comparative analysis of creative and classic training methods in health, safety and environment (HSE) participation improvement. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* Volume 25, Issue 2, March 2012, Pages 250–253.
- Floyde, G. Lawson, S. Shalloe, R. Eastgate, M. D’Cruz (2013) The design and implementation of knowledge management systems and e-learning for improved occupational health and safety in small to medium sized enterprises. *Safety Science* Volume 60, Pages 69–76.
- Ho Chun-Ling, Dzung Ren-Jye (2010) Construction safety training via e-Learning: Learning effectiveness and user satisfaction. *Computers & Education* Volume 55, Issue 2, September 2010, Pages 858–867.
- Izglītības sistēmas informatizācijas programma „Informācijas un komunikācijas tehnoloģijas izglītības kvalitātei” (2006) Programma 2007. – 2013. gadam. MK 2006.gada 20.oktobra rīkojums Nr.812.
- Karnītis Edvīns. (2004) Informācijas sabiedrība – Latvijas iespējas un uzdrošināšanās. Rīga, Pētergailis.
- Kozlovska M., Strukova Z. (2013) Multimedia Educational Programs for Improvement of Occupational Safety Awareness in Construction Industry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* Volume 106, 10 December 2013, Pages 1866–1875.
- Nodarbināto iesaistīšanās darba drošības un veselības aizsardzības veicināšana.* OSHA, 2012
- Wallen E. S., Karen B. Mulloy (2006) Computer-based training for safety: Comparing methods with older and younger workers. *Journal of Safety Research* Volume 37, Issue 5, 2006, Pages 461–467.
- Glasser W (1990) *The Quality School.*
- Вислобоков Н. Ю. (2011) Технологии организации интерактивного процесса обучения // Информатика и образование. - 2011. - N 6. - С. 111-114
- Гебеков Д. (2010) Интерактивные модули систем дистанционного обучения. Информационные технологии в экономике, управлении и образовании: Сборник научных трудов / Под ред. проф. В.В.Трофимова. - СПб.: Изд-во СПбГУЭФ. 2010. - 300с.
- Филиппенко А.П. (2012) Интерактивные практикумы для работы учащихся в электронной образовательной среде // e-Learning WORLD Мир электронного обучения. 2012. № 1 (29). С. 46.