



TALLINNA
TEHNIKA KÕRGGKOO
TTK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TALLINNA TEHNIKAKÕRGGKOOLI TOIMETISED NR 22



2018



TALLINNA
TEHNIKA KÕRGGKOO
TTK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TALLINNA TEHNIKA KÕRGGKOOLI TOIMETISED NR 22

2018

Koostaja ja toimetaja: Anne Kraav

Tehniline toimetaja: Mari-Leen Treimann

Väljaandja: Tallinna Tehnikakõrgkool

Pärnu mnt 62

10135 Tallinn

ISSN 1406-7641

SAATEKS

Hea lugeja!

Kogumik sisaldab TTK õppejõudude artikleid ja annab ülevaate uurimistöde rühmade rakendusuuringutest. Ehitusalaste uuringute valdkonnas on kirjeldatud merekonteineri klaasfiibriga tugevdatud põrandalaudade arendustööd (M. Kiisa, K. Lellep). Logistikavaldkonnas on käsitletud ülevaateuurimusena ohtlike kaupade veoahela riskide tuvastamist ja uurimist vedaja vaatenurgast (J. Janno). Rõiva- ja tekstiiliala tehnoloogia uutest arendustest räägib artikkel tarkadest hobusetekkidest (A. Traumann). Nutikaid elektritehnilisi insenerilahendusi käsitletud artiklis on võrreldud toroidmähise tehnilisi näitajaid püsिमagnet-sünkroonmasinates levinumate kahekihilise kontsentreeritud mähise vähendatud mudeli näitajatega (R. Nukki).

Innovaatilisi lahendusi on käsitletud energiasalvestussüsteemide arengus eri massiga õhusõidukitel (T. Kangro) ning pinnete ja materjalide tehnoloogias (T. Pihl). Planeerimisala valdkonda on analüüsinud T. Tammik artiklis „Planeering kui ühiskondlik kokkulepe“.

Koostaja
Anne Kraav
arendusprorektor

FOREWORD

Dear Reader!

The following issue of the Proceedings of TTK University of Applied Sciences contains the articles of the lecturers of TTK UAS and gives an overview of applied research topics conducted in various research groups.

The field of construction is represented by a development project on glass-fibre reinforced floorboards to a sea container (M. Kiisa, K. Lellep). In the field of logistics, a survey on the operational risks in dangerous goods transportation chain from the viewpoint of a carrier is published by J. Janno. A. Traumann's article on smart horse blankets represents the newest developments in the field of textile technology. In the article of smart solutions in electrical engineering by R. Nukki, the technical parameters of a single-layer toroidal winding used in permanent magnet synchronous machines are compared to the parameters of a simulated model of the more commonly used double-layer concentrated winding. Innovative solutions are described by T. Kangru in the article on energy storage systems on gliders with different weight, and by T. Pihl in an article on coatings and materials engineering. T. Tammik has analysed the architectural planning process in an article „Planning as a Social Contract“.

Anne Kraav
Vice Rector for Development

SISUKORD

<i>Saateks</i>	3
<i>Foreword</i>	3
<i>Martti Kiisa</i> (PhD, Tallinna Tehnikakõrgkooli professor) Merekonteineri klaasfiibriga tugevdatud põrandalaudade eksperimentaalne uurimine	5
Testing Cargo Container Floorboards with Glass Fibre Reinforcement	15
<i>Tavo Kangru</i> (MSc, Tallinna Tehnikakõrgkooli lektor) ICR18650-26F akuelementide koormuskatsetused motoparaplaani energiasalvesti projekteerimiseks	17
ICR18650-26F Battery Element Load Tests for Designing an Energy Storage System for a Paraglider	22
<i>Toomas Pihl</i> (PhD, Tallinna Tehnikakõrgkooli professor) Lokaalgalvaaniliste pinnete kasutamine suuregabariidiliste detailide renoveerimiseks	23
Selective Plated Coatings for Renovating Large-Scale Machine Parts	29
<i>Ada Traumann</i> (PhD, Tallinna Tehnikakõrgkooli professor) Tarkade hobusetekkide vajadusuuring mikrokliima näitajate määramiseks	30
IoT Survey of Horse Rugs for the Determination of Microclimate Parameters	34
<i>Jelizaveta Janno</i> (MSc, Tallinna Tehnikakõrgkooli lektor) Transpordiettevõtete riskide hindamine ohtlike kaupade veoahelas	36
The Evaluation of Carrier Company Risks in Dangerous Goods Transportation Chain	46
<i>René Nukki</i> (PhD, Tallinna Tehnikakõrgkooli professor) Gramme ja kontsentreeritud mähise võrdlusanalüüs	47
Comparative Analysis of Gramme's and Concentrated Winding	54
<i>Toivo Tammik</i> (MSc, Tallinna Tehnikakõrgkooli lektor) Planeering kui ühiskondlik kokkulepe	55
Planning as a Social Contract	65

MEREKONTEINERI KLAASFIIBRIGA TUGEVDATUD PÕRANDALAUDADE EKSPERIMENTAALNE UURIMINE

Martti Kiisa, PhD, Tallinna Tehnikakõrgkooli professor
Karin Lellep, MSc, Tallinna Tehnikakõrgkooli lektor
Sigrid Tõnson, Tallinna Tehnikakõrgkooli 2017. aasta vilistlane

Sissejuhatus

Artiklis on kirjeldatud merekonteineri klaasfiibriga tugevdatud põrandalaudade arendustööd. Uuring viidi läbi Scandiwood Eesti ASi tellimusel, kelle üheks tegevusvaldkonnaks on Hiinas toodetavatele merekonteineritele põrandate valmistamine Jõgeval asuvas tehases.

Uute lahenduste väljatöötamise ajendiks on põrandalaudade kandevõime ja vastupidavuse suurendamise vajadus. Merekonteinerite põrandakonstruktsioone katsetatakse Hiinas enne kasutuselevõtmist vastavalt standardile ISO 1496-1. Proovikoormamine viiakse läbi üheteljelise kaherattalise katsemasinaga (fotod 1 ja 2), mille teljekoormuseks on 7260 kg. Katsetamise käigus sõidab katsemasin merekonteineris viis korda edasi-tagasi, mille käigus otsustatakse põrandakonstruktsiooni sobivuse üle. Lisaks vajalikule kandevõimele hinnatakse proovikoormamise käigus ka kasutuspiiriseisundi alla kuuluvat praksumist. Merekonteiner on oma olemuselt sarnane kõlakoajaga, kus helid võimenduvad ja katsetamine loetakse ebaõnnestunuks, kui selle käigus tekib praksumist meenutav heli.



Foto 1. Katsemasin (foto: P. Knudsen)

Foto 2. Katse läbiviimine (foto: P. Knudsen)

Puit on omaduste poolest anisotroopne materjal, mis tähendab, et puidu omadused on kiu eri suundades erinevad. Puidu tugevusomadusi mõjutavad mitmed defektid, nagu oksad ning kiudude salmilisus, mis on enamasti juhusliku iseloomuga ja mille tõttu võib lõpptoodangu kvaliteet oluliselt kõikuda.

Tänapäeval kasutatakse mitmeid tehnilisi lahendusi puitkonstruktsioonide kandevõime suurendamiseks, millest kõige levinum on terasprofiilidega tugevdamine. Üha enam on hakatud pöörama tähelepanu komposiitmaterjalide kasutamisele ja esimesed uuringud viidi läbi juba 1960. aastatel. [1]

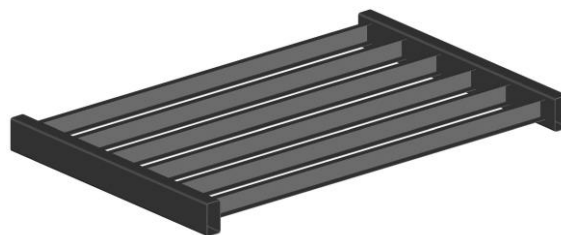
2002. a katsetasid J. Fiorelli ja A. A. Dias puittalasid, mille alumisele pinnale liimiti klaas- ja süsinikfiibreid. Katsetulemustest selgus, et puidu paindejäikus suurenes seeläbi keskmiselt 1,15 korda. [2]

Sarnase katsetuse viisid 2016. a läbi ka M. Corradi, L. Righetti, A. Borri ja E. Speranzini. Katsetuste käigus uuriti tugevdamata ja tugevdatud klaas- ja süsinikfiibriga puittalasid. Klaas- ja süsinikfiiber liimiti epoksiidvaiguga tala alumisele pinnale (tõmbepiirkonda). Katsetustulemused näitasid, et komposiitmaterjalidega tugevdatud talade kandevõime on suurem. Tüüpilisteks purunemiskohtadeks olid nii tugevdamata kui ka tugevdatud talade puhul puidu defektikohad ja purunemine toimus alati tõmbepoolel. Puidu defektidest põhjustatud negatiivset mõju tõmbepiirkonnale oli komposiitmaterjale kasutades võimalik arvestatavalt vähendada. [1]

Käesolevas töös uuritakse põrandatüüpide käitumist laboritingimustes. Selleks imiteeriti võimalikult täpselt konteinereid valmistava tehase kasutatavat katsekäiku. Katsetuste läbiviimiseks valmistati merekonteineri põrandakonstruktsioonist fragment, millega pärast põhjaliku katseplaani koostamist tehti kokku 32 katset nii põrandakonstruktsioonile tervikuna kui ka eraldi põrandalaudadele. Artikkel on koostatud M. Kiisa ja K. Lellepi uurimistöö raporti [3] ja uurimistöös osalenud üliõpilase S. Tõnsoni diplomitöö [4] põhjal.

1. Katsetatav konstruktsioon

Katse läbiviimiseks valmistati alusraam mõõtudega 1700 × 2600 mm (joonis 1 ja foto 3), mis imiteeriks võimalikult täpselt konteineri põrandat. Raam koosnes kuuest 2,4 m pikkusest ja 300 mm sammuga põiktalast (tugevusklass S700), mis on keevitatud 1,7 m pikkuste peatalade (S355) külge. Terve raam koosnes kaheksast elemendist kogukaaluga 145 kg (tabel 1). Enne katsetamist teostati terasest alusraamile põhjalikud kandevõimearvutused, et oleks tagatud ohutus põrandalaudade purustavatel katsetustel.


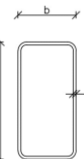


Joonis 1. Raami 3D-vaade

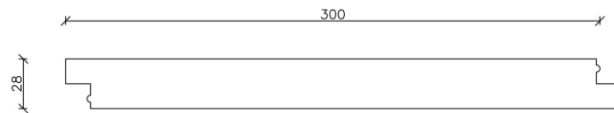


Foto 3. Konteineri põranda fragment

Tabel 1**Terastalade ristlõigete omadused**

Ristlõige	Pikkus l, m	Kõrgus h, mm	Laius b, mm	Paksus t, mm	Mass, kg/m	Ühe elemendi kaal, kg	Arv, tk	Elementide kogukaal, kg
	2,4	122	46	3	4,8	11,52	6	69,12
	1,7	200	100	5	22,3	37,91	2	75,82

Katsetatavad põrandalauad valmistas ja tarnis katse tellija. Kasest valmistatud põrandalaudade mõõtmeteks oli 28 × 300 × 1600 mm (joonis 2) ja need valmistati sõrmjätkatud liimpuidust. Põrandalauad kinnitati raami külge poltidega M8 × 55.

**Joonis 2. Põrandalaua ristlõige**

Katsed viidi läbi nelja põrandalaua tüübiga (tabel 2). Esimese põranda lahenduse puhul (põrand 1 ehk tähistega F1) kasutati tugevdamata põrandalaudu, mis on kasutusel praeguse konteineripõranda lahenduses. Järgnevas kolmes lahenduses (põrandad 2–4 ehk tähistega vastavalt F2, F3 ja F4) kasutati tugevdatud põrandalaudasid. Põrandalaudade armeerimiseks kasutati kahte tüüpi klaasfiibrit (fotod 4 ja 5), mis olid puidu külge liimitud polüestervaiguga. Nakke parandamiseks oli kahe lahenduse puhul lisatud ka krunti.

Tabel 2**Katsetatavate põrandalaudade lahendused**

Tähistus	Fibri tüüp	Krunt	Liim
Põrand 1 (F1)	Puudub	Puudub	Puudub
Põrand 2 (F2)	Juhuslikult orienteeritud kiududega klaasfiiber, 450 g/m ²	G4	Polüestervaik
Põrand 3 (F3)	Kootud klaasfiiber, 600 g/m ²	G4	Polüestervaik
Põrand 4 (F4)	Juhuslikult orienteeritud kiududega klaasfiiber, 450 g/m ²	Puudub	Polüestervaik



Foto 4. Põrandate 2 ja 4 tugevdamiseks kasutatud klaasfiibri näidis

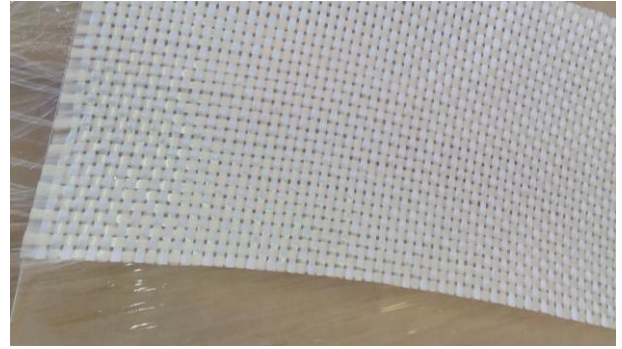


Foto 5. Põranda 3 tugevdamiseks kasutatud klaasfiibri näidis

2. Katse läbiviimine

2.1. Katsete lühikirjeldus

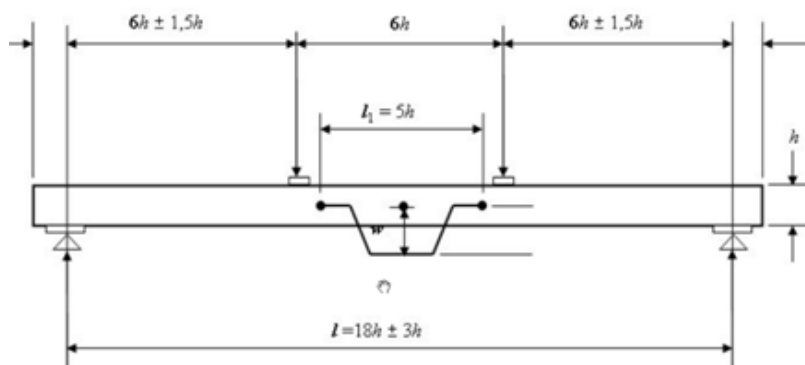
Uurimistöö raames tehti kolme tüüpi katseid:

- põrandalaudadele määrati standardikohane paindeelastsusmoodul (edaspidi: põrandalaua paindekatse), mis teostati vastavalt standardile EVS-EN 408 [5];
- põrandalaudade toimimist konteineripõrandal kontrolliti vastavalt standardile ISO 1496-1 [6] ning selle käigus teostati nii mittepurustavad kui ka purustavad katsed (edaspidi: põrandalaua katse terasraamil).

Katsed viidi läbi Tallinna Tehnikakõrgkooli mehaaniliste katsetuste laboris paikneval jõuraamil.

2.2. Põrandalaua paindekatse

Paindekatsetel toetati element kui lihttala, mille sildeava on vastavalt standardile $18h = 504$ mm. Koormust rakendati sümmeetriliselt kahest punktist vahekaugusega $6h = 168$ mm (joonis 3). Koormamine toimus kiirusega 0,2 mm/s, kuni laua purunemiseni. Katsetulemused salvestati jõu ja siirdena jõupealt ning potentsiomeetristest anduritest põrandalaua alt (foto 6). Igale lauatüübile teostati kolm katset.



Joonis 3. Katseskeem lokaalse paindeelastsusmooduli määramisel [5]

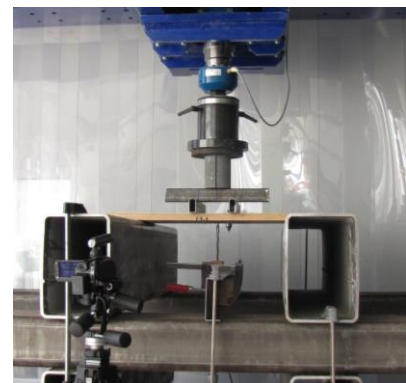


Foto 6. Katse ülesehitus

2.3. Põrandalaua katse terasraamil

Katsetatava merekonteineri põrandakonstruktsiooni alla ehitati ratasel aluskonstruktsioon, mille abil sai liigutada põrandakonstruktsiooni vastavalt katsetatavale punktile (foto 7 ja joonis 4). Vastavalt standardile paigaldati jõupea alla katsemasina ratast imiteeriv terasplaat mõõtudega 67 × 177 mm. Põrandalaudade paindekatsed viidi läbi eelkõige eesmärgil, et võrrelda neid lähitulevikus toimuva tootearenduse käigus väljatöötatavate alternatiivsete lahendustega.

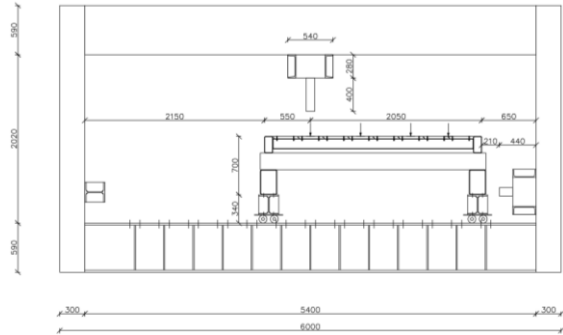


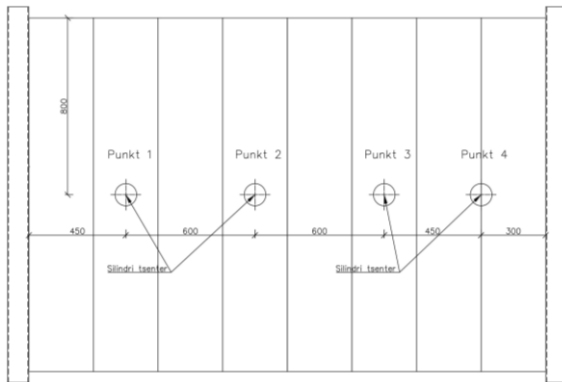
Foto 7 ja joonis 4. Konstruktsiooni paiknemine jõuraamil

Katsetamise käigus mõõdeti jõupea tekitatavat koormust ja seejuures tekkinud siiret. Kuna jõupea siire koosneb ka põrandakonstruktsiooni kui terviku deformatsioonidest (nt tugevde kokkusurumine ja terastalade deformatsioonid), siis mõõdeti siirdeid veel ka eraldi siirdeanduritega, millega määrati põrandalaua netosiire (foto 8). Kõik katsed pildistati nii alg- kui ka lõppolukorras ja lisaks filmiti katsetatavat konstruktsiooni altpoolt.

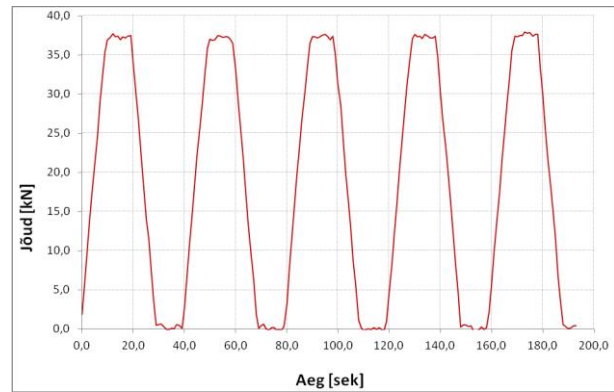


Foto 8. Potentsiomeetriliste andurite paiknemine põrandakonstruktsiooni all

Mittepurustav katse (joonis 5) viidi läbi eelnevalt programmeeritud algoritmi alusel täisautomaatselt. Põrandalaua koormati maksimaalse koormusega 36,3 kN ja kiirusega 4 kN/s. Ühe põrandalaua koormamine koosnes viiest tsüklist ja selle graafik on esitatud joonisel 6.

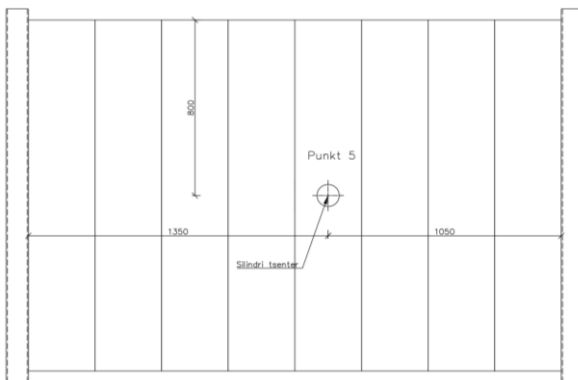


Joonis 5. Mittepurustavate koormamiste asukohad (pealtvaade)



Joonis 6. Koormustsükkel

Pärast mittepurustavate katsete teostamist alustati purustavate katsetega (joonis 7), mille jaoks programmeeriti uus koormamise algoritm. Igale põrandatüübile tehti üks purustav katse (foto 9).



Joonis 7. Purustavate koormamiste asukoht (pealtvaade)

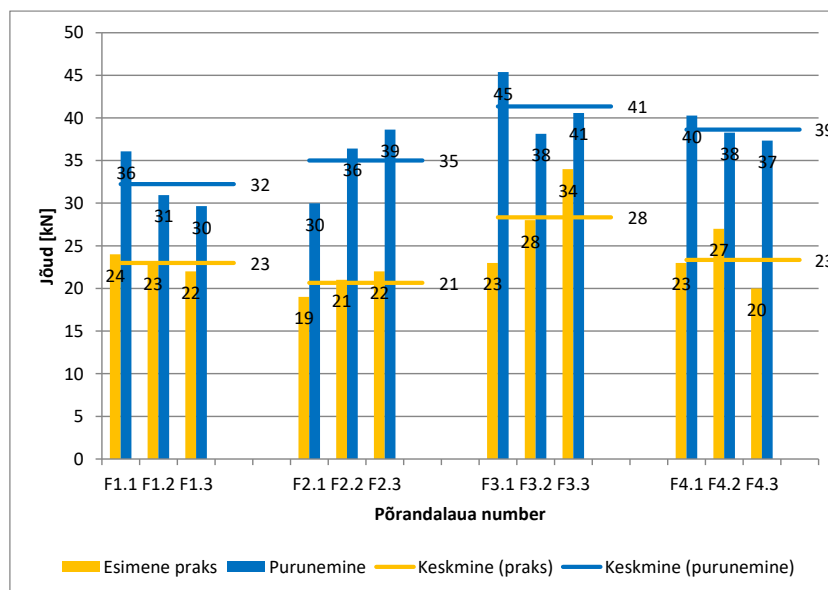


Foto 9. Põrand 1 purustav katse

3. Katsetulemused

3.1. Põrandalaua paindekatse

Paindekatsete tulemused on esitatud joonisel 8, kus on näidatud koormus nii põrandalaua purunemise kui ka esimese praksu hetkel. Tuleb eraldi rõhutada, et need katsed viidi läbi standardi EVS-EN 408 järgi, mille alusel määratud sildeava on suurem kui konteineri põranda terastalade samm. Seetõttu ei ole joonisel näidatud purustavad jõud võrreldavad tervikpõranda katsete tulemustega ja on kasutatavad põrandalauade omavahelise purustava koormuse võrdlemiseks.



Joonis 8. Paindekatsete tulemused

Puitkonstruktsioonidele omaselt on katsetulemuste hajuvus suhteliselt suur. Lisaks purustavale koormusele püüti hinnata esimese arvestatava praksu hetke. See on tähtis seetõttu, et merekonteiner toimib testkatsetusel kõlakojana ja igasugune heli võimendub intensiivselt. Ei ole harvad juhtumid, kui merekonteineri testkatse loetakse ebaõnnestunuks põrandakonstruktsioonide praksumise tõttu, mis on tingitud üksikute kiudude purunemisest ja pole enamasti seotud kandevõime vähenemisega. Esimese praksu suhtes võib öelda, et ainsana eristus teistest põrandalauatüüp 3, mis tekitas heli teistest umbes 20% suurema koormuse juures. Sama põrandatüüp purunes ka keskmiselt kõige suurema koormuse juures – 41 kN, kusjuures armeerimata põrandalaual oli vastav näitaja 32 kN. Vaatamata suhteliselt väikesele katsete arvule (mistõttu ei ole võimalik teha põhjalikumalt statistilist analüüsi) võib öelda, et kõikidel armeeritud põrandalauadel toimus purunemine sarnase koormuse juures (katsetulemuste mediaani järgi hinnates), mis ületas paarikümne protsendiga armeerimata põrandalaua kandevõime. Põrandalauade purunemispildid on näidatud fotodel 10–13.



Foto 10. Põrandalaua F1.2 purunemispilt



Foto 11. Põrandalaua F2.2 purunemispilt



Foto 12. Põrandalaua F3.2 purunemispilt

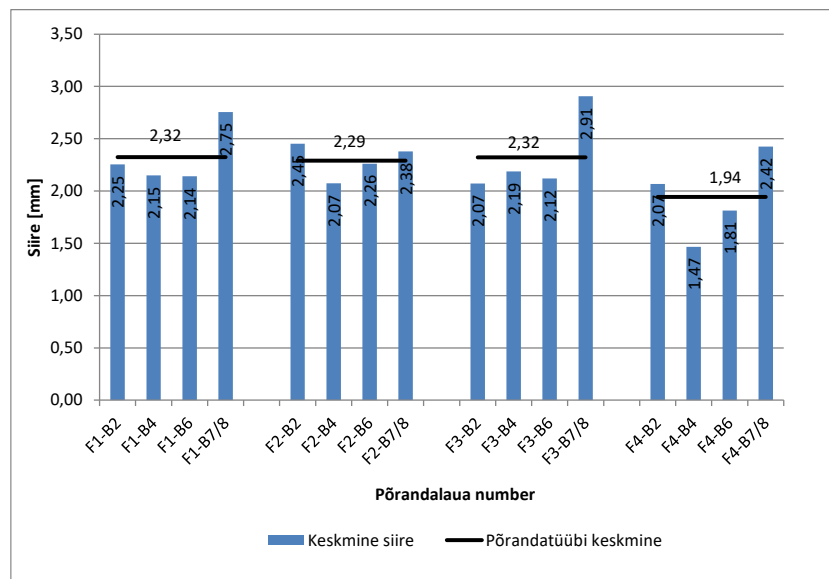


Foto 13. Põrandalaua F4.2 purunemispilt

3.2. Põrandalaua mittepurustav katse terasraamil

Mittepurustavate põrandakatsete tulemuste esitamisel on näidatud põrandalaua netosiire ehk põrandalaua siirdest on maha arvestatud kahe keskmise terastala (ehk põrandalaua tugede) keskmine siire. Joonisel 9 näidatud siirdeid on fikseeritud koormuse 36,3 kN juures ja kuna iga põrandalaua koormati tsükliliselt viis korda, siis kasutati nende keskvaärtust.

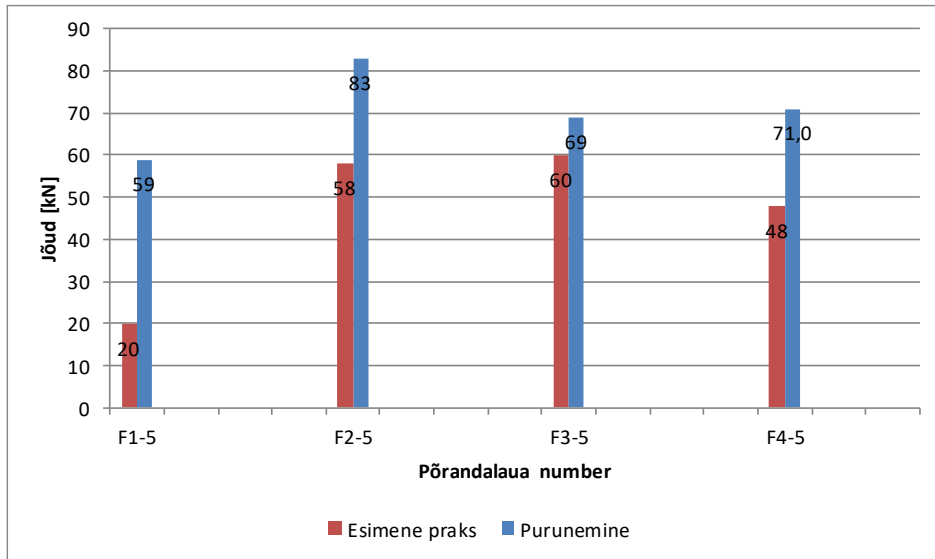
Võttes arvesse, et iga põrandatüübi korral esines üksikuid anomaalisi katsetulemusi (mis puitkonstruktsioonide korral on pigem tavaline), siis kõikide katsetatud põrandalauade paindejäikus on suhteliselt sarnane. Teistest mõnevõrra jäigemana käitus põrandatüüp 4, kuid seda tuleb ilmselt lugeda juhuslikuks. See on seletatav asjaoluga, et kõikidel põrandalauadel esines tootmisprotsessi omapära tõttu mõningast kaardumist ja tugeudel toimus vähesel määral põrandalauade sobitumine tasapinnalise alustalaga (põiktala).



Joonis 9. Mittepurustavate katsete põrandalauade siirete graafik punktkoormusel 36,3 kN juures

3.4. Põrandalaua purustav katse terasraamil

Purustavatel põrandakatsetel ilmnes selgelt, et armeeritud põrandalaudade korral tekkis praksumine märgatavalt hiljem, võrreldes armeerimata põrandatüübiga (joonis 10). Seejuures esines esmakordselt tekkiv heli armeeritud põrandalaudadel suurema koormuse juures (vahemikus 48...60 kN) kui merekonteineri testimisel (36,3 kN) tehasetingimustes. Samuti on täheldatav, et armeeritud põrandalauad purunesid suurusjärgus paarkümmend protsenti suurema koormuse juures kui armeerimata põrandalaud. Põrandalaudade purustavate katsete pildid on näidatud fotodel 14–17.



Joonis 10. Purustavate põrandakatsete tulemused

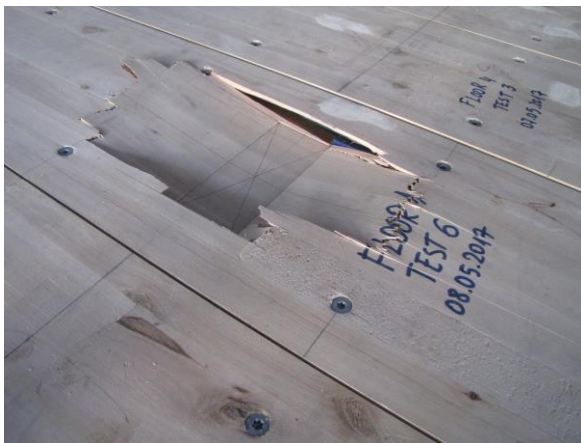


Foto 14. Põrandatüübi 1 purunemispilt



Foto 15. Põrandatüübi 2 purunemispilt

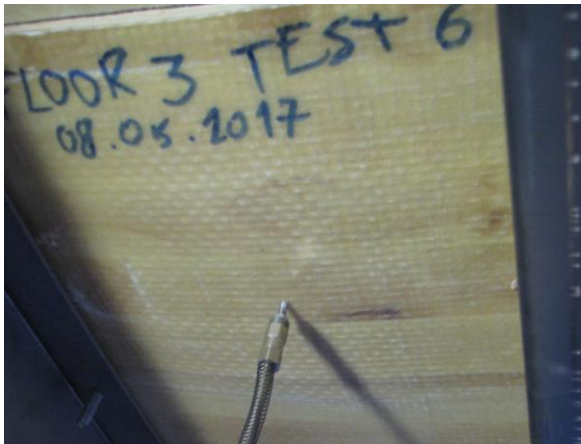


Foto 16. Põrandatüübi 3 purunemispilt



Foto 17. Põrandatüübi 4 purunemispilt

Kokkuvõte

Töös on katseliselt uuritud merekonteineri põrandakonstruktsioonide lahendusi. Selleks valmistati fragment konteineri põhjast mõõtudega 1,7 × 2,6 m, et imiteerida võimalikult tõetruud olukorda. Katsed viidi läbi TTK mehaaniliste katsetuste laboris ja kokku tehti 32 katset, neist pooled olid purustavad. Töös vaadeldi nelja põrandalauatüüpi, millest kolm olid armeeritud klaasfiibriga. Katsetused hõlmasid kolme tüüpi eksperimente.

1. Põrandalaua paindetugevuse määramine. See viidi läbi eelkõige eesmärgil, et võrrelda neid järgneva tootearenduse käigus väljatöötatavate uute lahendustega (kuna ettevõttel on plaanis jätkata vastavate katsetustega 2017. a lõpus ja 2018. a esimeses pooles). Vaatamata suhteliselt väikestele katsete arvule võib öelda, et kõikidel armeeritud põrandalaudadel toimus purunemine sarnase koormuse juures, mis ületas paarikümne protsendiga armeerimata põrandalaua kandevõime.
2. Põrandalaua mittepurustav katsetamine vastavalt tegelikule olukorrale. Selle käigus koormati põrandalaudu viis korda, sarnaselt konteineri standardkohasele vastuvõtuprotseduurile tehases. Kuna selline standardkatse viiakse läbi umbes kaks korda väiksema koormuse juures, kui on põrandalaudade tegelik kandevõime, siis jäi põrandalaudade netoläbipaine paari millimeetri piiridesse. Niivõrd väikeste deformatsioonide korral käitusid kõik põrandalauad suhteliselt sarnaselt ja arvestatavaid erisusi välja tuua ei saa.
3. Põrandalaua purustav katsetamine vastavalt tegelikule olukorrale. Testi käigus purustati põrandalauad, et fikseerida konstruktsiooni tegelik kandevõime piirseisundis. Purustavatel põrandakatsetel ilmnas selgelt, et armeeritud põrandalaudade korral tekkis praksuv heli märgatavalt hiljem, võrreldes armeerimata põrandatüübiga. Samuti on täheldatav, et armeeritud põrandalauad purunesid suurusjärgus paarkümmend protsenti suurema koormuse juures kui armeerimata põrandalauad, ületades umbes kaks korda standardis nõutavat kandevõimet.

Viidatud allikad

1. ResearchGate, „Uncertainty analysis of FRP reinforced timber beams,” [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/publication/282923259_Bending_and_shear_reinforcements_for_timber_beams_using_GFRP_plates. [Kasutatud 28. aprill, 2017].
2. Scieli, „Analysis of the strength and stiffness of timber beams reinforced with carbon fiber and glass fiber,” [Võrgumaterjal]. Available: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392003000200014. [Kasutatud 28. aprill, 2017].
3. M. Kiisa, K. Lellep, Development of a container floor, Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2017.
4. S. Tõnson, Konteineri põranda arendus – merekonteineri klaasfiibriga tugevdatud põrandalaudade katsetamine TTK laboris, Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2017.
5. EVS-EN 408 Puitkonstruktsioonid. Ehituspuit ja liimpuit. Mõnede füüsikaliste ja mehaaniliste omaduste määramine. Brussels: European Committee for Standardization, 2012.
6. ISO 1496-1 1. seeria veokonteinerid. Andmed ja katsetamine. Osa 1: Üldotstarbelised kaubakonteinerid. Switzerland: International Organization for Standardization, 2014.

Summary

Testing Cargo Container Floorboards with Glass Fibre Reinforcement

This article describes an experimental research of different solutions of cargo container floorboard. For the purpose of the research, a fragment of the container floor was built, with dimensions of 1,7×2,6 m, to imitate the conditions as realistically as possible. The tests were carried out in the laboratory of mechanical testing of TTK University of Applied Sciences. A total of 32 tests were carried out, of which half were destructive. Four different types of floorboards were tested, three of which were reinforced with glass fibre. Three different types of tests were carried out.

1. Bending strength of the floorboard. This test was performed with a purpose to compare the results with possible new solutions in the future (the company is planning to continue the development and tests). Regardless of a relatively small number of tests it may be stated, that the maximum load for all reinforced floorboards was similar, which was approximately twenty per cent higher than the carrying capacity of the floorboard without reinforcement.
2. Non-destructive tests corresponding to the real-life conditions. In the testing procedure, the floorboards were loaded five times similarly to the standard procedure of the acceptance of the container. As this test was carried out with a twice smaller load than the actual carrying capacity of the floorboards, the net floorboard deflection remained within a couple of millimetres. In case of such small deformations, all floorboards showed relatively similar results, and no accountable differences can be given.
3. Destructive tests corresponding to the real-life conditions. During the test, the floorboard was loaded until failure to obtain the actual carrying capacity in ultimate limit state. During the destructive tests, it was obvious, that the sound of

the first crack of the reinforced floorboards came significantly later comparing to the non-reinforced ones. It can also be noted that the reinforced floorboard had an approximately 20% higher carrying capacity than the floorboard without reinforcement, exceeding the required load approximately twice.

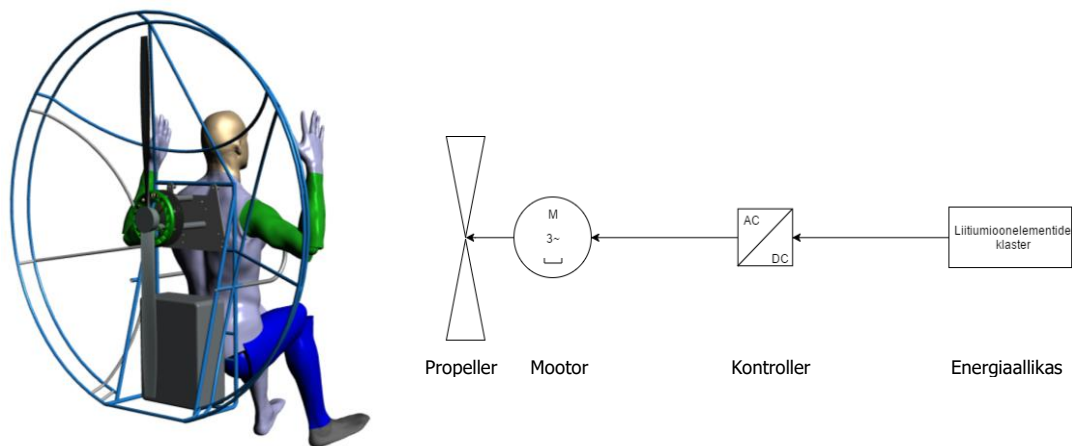
ICR18650-26F AKUELEMENTIDE KOORMUSKATSETUSED MOTOPARAPLAANI ENERGIASALVESTI PROJEKTEERIMISEKS

Tavo Kangru, MSc, Tallinna Tehnikakõrgkooli lektor

Tõnis Lusmägi, Tallinna Tehnikakõrgkooli 2017. aasta vilistlane

Energiasalvestite kasutamine mudellennukite ja UAVde (ingl k *Unmanned Aerial Vehicle*) toiteallikana muutus populaarseks suure energiatihedusega liitium-ioon-polümeerelementide turuletulekuga.

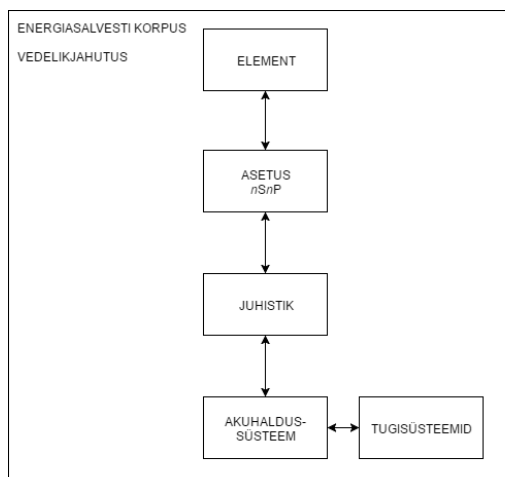
Lähiaastatel oodatakse energiasalvestussüsteemide kiiret arengut ja rakendamist keskmise ja raske massiga õhusõidukitel. Esimesed katsetused elektriajami kasutamisel ülikerglennunduses on maailmas juba testfaasi jõudnud.



Sele 1. Elektrilise motoparaplaani 3D-mudel ja põhimõtteskeem [1]

Tallinna Tehnikakõrgkoolis on väljaarendamisel elektrilise motoparaplaani prototüüp. Projekti raames on projekteeritud ja ehitatud elektriline õhusõiduk (sele 1Sele 1). Järgnevalt on vajadus projekteerida ja ehitada sobilik energiasalvesti. Energiasalvesti peab olema võimeline 12 minuti jooksul käitama välisrootoriga püsिमagnet-sünkroonmootorit pideva mehaanilise võimsuse 4000 W tarbimisel. Selle aja jooksul tõuseb motoparaplaan maapinnast keskmiselt 600 m kõrgusele.

Motoparaplaani süsteemile on tehtud analüüs, leitud võtme parameetrid, mille põhjal projekteeritakse õhusõidukile energiasalvesti (sele 2). Energiasalvesti põhimõtteskeemi koostamiseks analüüsiti tudengivormel FEST16 energiasalvestit ja toetuti põhiliselt EVde (ingl k *Electrical Vehicle*) energiasalvestussüsteeme käsitlevatele teatmeteostele. [2], [3]



Sele 2. Energiasalvesti põhimõtteskeem

Energiasalvestis kasutatakse GP ICR18650-26F ja Samsungi ICR18650-26F silindrilisi Li-ion elemente. Kasutatavaid elemente on 210. Elementide sobivusel jälgiti elementide keemia ühtimist. Tabelina on esitatud elementide andmed (tabel 1).

Tabel 1

GP ja Samsung ICR18650-26F andmed [4], [5]

Nimetus	Väärtus	Ühik
Nimipinge	3,7	V
Maksimaalne mahutavus	2,65	Ah
Tüüpiline mahutavus	2,6	Ah
Laetud elemendi pinge	4,2	V
Tühjenenud elemendi pinge	2,75	V
Maksimaalne laadimisvool	2,0	A
Maksimaalne tühjendamisvool	5,2	A
Elemendi kaal	48	g
Temperatuurivahemik laadimisel	0...45	°C
Temperatuurivahemik tühjendamisel	-20...60	°C
Sisetakistus	< 60	mΩ
Laadimistsüklite arv	350	Tsüklit

Elementide koormuskatsed

Analüüsi käigus selgus, et süsteem, mis tagab mootorile 4000 W mehaanilist võimsust, koormab ühte ICR18650-26F elementi 2,4C-väärtusele vastava tühjendamisvooluga 6,2 A. See on suurem kui elemendi andmelehes olev maksimaalne tühjendamisvool 5,2 A [5].

Elementide koormustaluvuse väljaselgitamiseks sooritati koormuskatsed. Viidi läbi viis katset (tabel 2).

Tabel 2**Elementide katseandmed**

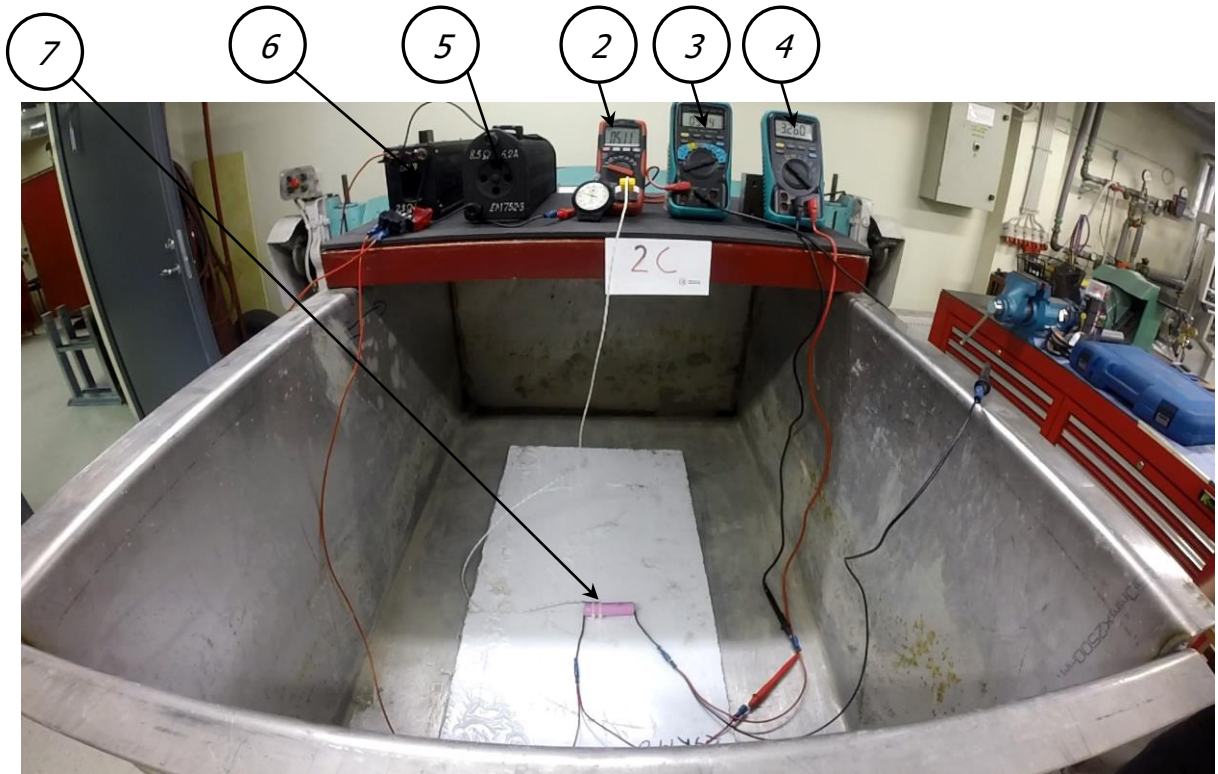
Katseobjekt	Tsükkel	C-väärtus	Tühjendamisvool, A
Element 1	1	2C	5,2
Element 2	1	3C	7,8
Element 2	2	3,65C	9,5
Element 3	1	2,4C	6,2
Element 3	2	3C	7,8

Tabel 3**Katseseadmete andmed**

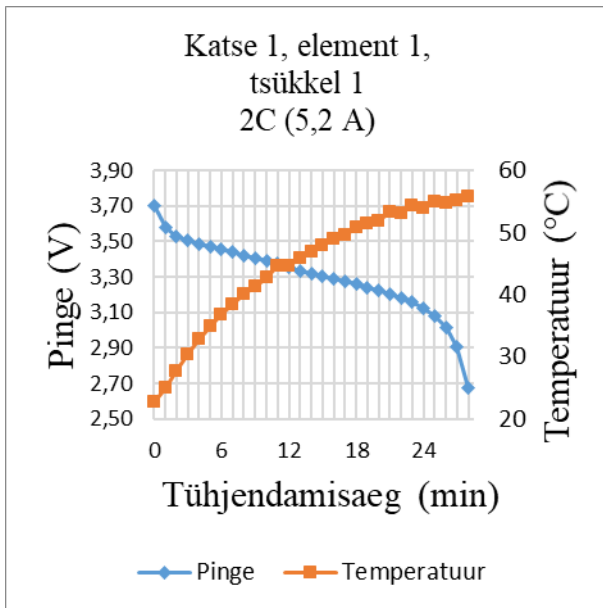
Pos	Nimetus	Mudel	Kasutus
1	PeakTech DC toiteallikas	I580	Elementide laadimine
2	BizLine digitaalne multimeeter	BIZ 780 012	Temperatuuri mõõtmine
3	Kyoritsu digitaalne multimeeter	1009	Voolu mõõtmine
4	Kyoritsu digitaalne multimeeter	KEW 1011	Pinge mõõtmine
5	Reostaat 8,5 Ω ; 6,2 A	EM752-3	Koormus 1
6	Reostaat 2,3 Ω ; 5,8 A	EM29	Koormus 2
7	Element 1	SAMSUNG ICR18650-26F	Katseobjekt 1
	Element 2	SAMSUNG ICR18650-26F	Katseobjekt 2
	Element 3	SAMSUNG ICR18650-26F	Katseobjekt 3
8	GoPro	Hero 3+	Videosalvestus

Esitati hüpotees, et kõik katseelemendid saavutavad etteantud C-väärtused, mis on vastavuses arvutuslike C-väärtustega.

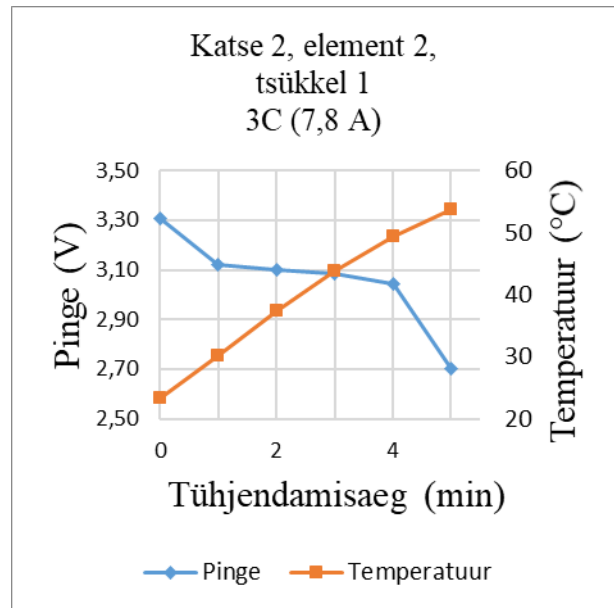
Katse läbiviimiseks valiti kolm juhuslikku Samsung ICR18650-26F elementi. Kõikide elementide klemmidelt mõõdeti pinge 3,76 V. Elemendid laeti pingeni 4,2 V. Laetud elementidele rakendati reostaatide abil konstantne koormusvool, mis vastas etteantud C-väärtusele. Katseobjektidelt mõõdeti pinget, temperatuuri ja tühjendamisaega. Katse algas, kui element saavutas etteantud C-väärtuse. Katse lõppes, kui elemendi pinge langes 2,75 V-ni. Katsed salvestati videokaameraga. Salvestatud videomaterjalidelt võeti igalt katselt mõõdetud väärtused üheminutiliste intervallidega. Tulemused sisestati tabelisse, mille põhjal koostati graafikud. Ohutuse tagamiseks kasutati isikukaitsevahendeid ja katseobjektid paigutati metallanumasse (sele 3).



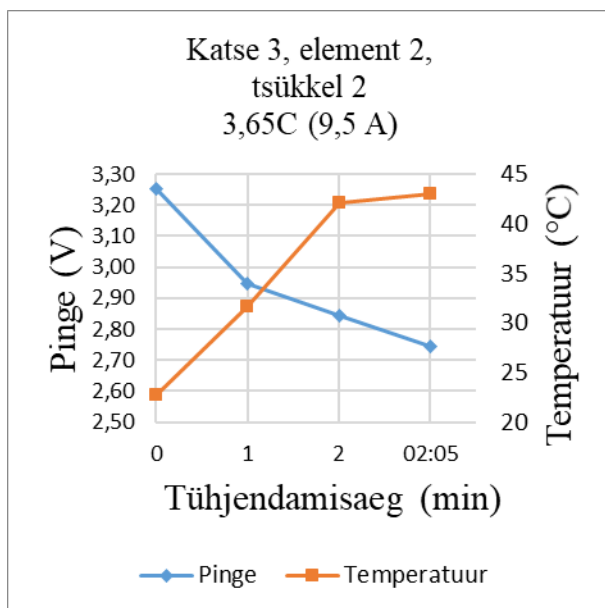
Sele 3. Katsestend (positsiooni nr vt tabelist 3, lk 19)



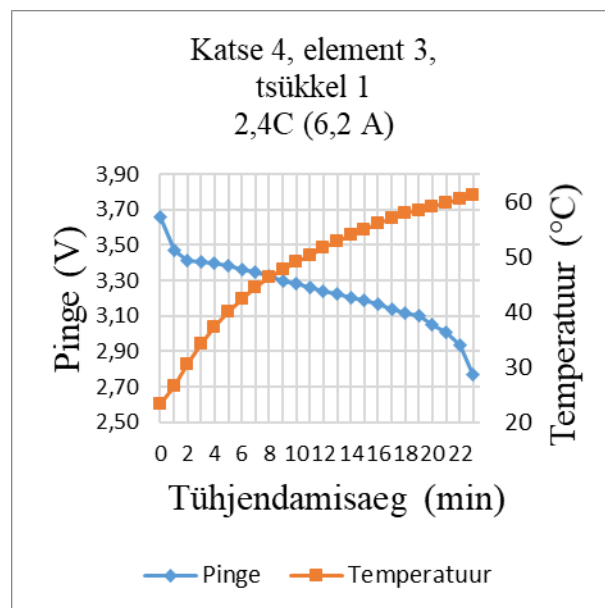
Sele 4. Katse 2C-väärtusel



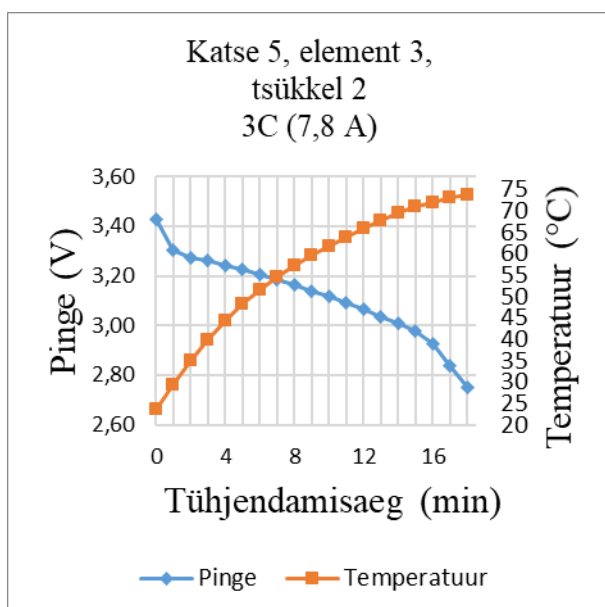
Sele 5. Katse 3C-väärtusel



Sele 6. Katse 3,65C-väärtusel



Sele 7. Katse 2,4C-väärtusel



Sele 8. Katse 3C-väärtusel

Kokkuvõte

Koormuskatsete käigus selgus, et kõik katseelemendid ei saavutanud etteantud C-väärtuseid, mis on vastavuses arvutuslike C-väärtustega.

Põhiliselt jälgiti katseelementi nr 3 väärtusel 2,4C. Katsetusel saavutas katseelement ligilähedase vastavuse arvutusliku 2,4C-väärtusega, seejuures täheldati arvutuslikuga võrreldes kiiremat tühjendamisaega (25 min vs 23 min). Katseelemendi stabiilsusest järeldatakse, et 2,4C-väärtuse pidev kasutamine ei ole inimesele või seadmele ohtlik ja element käitub ootuspäraselt.

Katseelement nr 2 oli kõikides katsetes ebastabiilne. See tulenes mõnest järgnevast põhjusest:

- klemmidele halvasti joodetud juhtmed;

- praaktoode,
- liiga intensiivne koormus esimesel tsükliil;
- akukeemia riknemine kõrgetel tühjendamisvooludel.

Visuaalselt kontrollitud katseelemendil nr 2 oli positiivsel klemmil ebakvaliteetne jooke (võrreldes teiste katseelementidega). Katsetulemus on vastavuses ICR-keemia omapäraga, milleks on madal maksimaalne C-väärtus.

Viidatud allikad

1. T. Kangru, E-Paramotor, Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2017, p. 1.
2. S. Dhameja, Electric vehicle battery systems, Boston: Newnes, 2002, p. 230.
3. K. Jansons, Akuhaldussüsteem elektriautole FEST15, Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2015, p. 80.
4. GP Batteries, „Product Specification Model No. : ICR18650-26F,“ 2014. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 16. mai, 2017].
5. Samsung, „Specification of product for Lithium-ion Rechargeable Cell Model: ICR18650-26F,“ 2009. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 16. mai, 2017].

Summary

ICR18650-26F Battery Element Load Tests for Designing an Energy Storage System for a Paraglider

During load tests it appeared that not all test units achieved C-values, which was contradictory to the calculated C-values.

Mainly the test unit no 3 was observed on a value 2.4 C. During tests, the unit achieved close compatibility to the calculated 2.4 C-value, at the same time, a shorter run-time compared to calculations was noticed (23 minutes vs. 25 minutes).

From the stability of the test unit it can be concluded that the constant use of 2.4 C-value is not dangerous to humans nor the device, and that the element performs as expected.

Test unit no 2 was unstable in all the conducted tests. It was due to the following reasons:

- low quality of soldering of wires to clamps;
- defective product;
- too intensive load during first cycle;
- damage of battery chemistry on high unloading currents.

Visually checked test element no 2 had low-quality soldering on the positive clamp (compared to other test units). The result of the test is compatible to the peculiarities of ICR chemistry with low maximum C-value.

LOKAALGALVAANILISTE PINNETE KASUTAMINE SUUREGABARIIDILISTE DETAILIDE RENOVEERIMISEKS

Toomas Pihl, PhD, Tallinna Tehnikakõrgkooli professor

Sissejuhatus

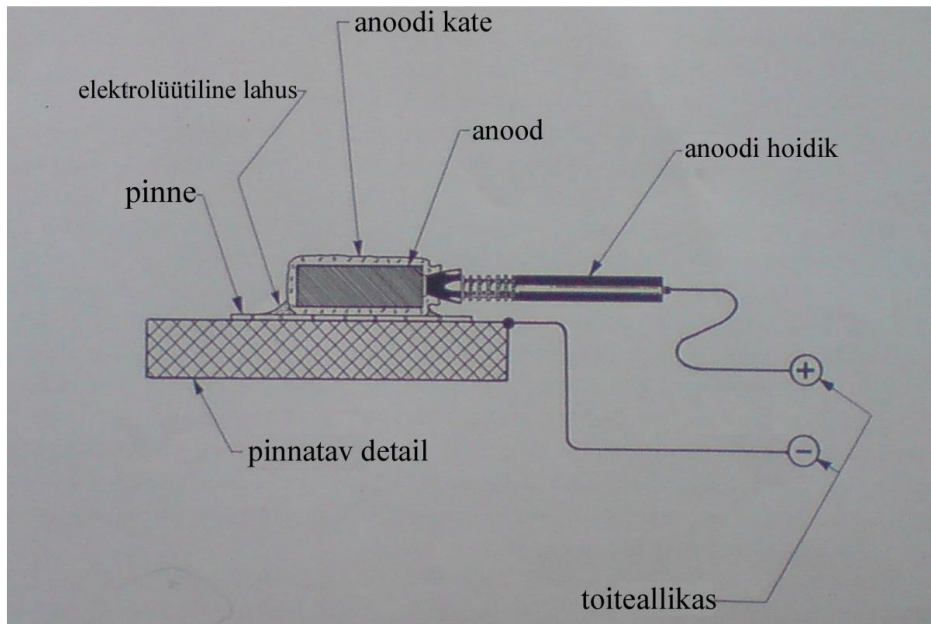
Tallinna Tehnikakõrgkooli pindamistehnoloogiate laboratooriumis on läbi viidud väga erinevaid uurimis- ja arendustöid. Võrdlemisi olulise osa moodustab kulunud masinaosade nominaalmõõtmete taastamine või tugevdamine. Sõltuvalt taastatava kihi paksusest, nõutava pindmaterjali kõvadusest, valitakse sobiv pindamistehnoloogia. Õhukeste pinnete saamiseks sobiv tehnoloogia on elektrokeemiline pindamine – galvaanika. Levinum on vannigalvaanika, kus pinnatavad detailid uputatakse vastavasse vanni. Vähem tuntud ja kasutatav on analoogsetel põhimõtetel töötav lokaalgalvaanika, kus pinnatakse ainult vajalik osa detailist või defektsest kohast. Tihti tuleb ette ka olukordi, kus tehnoloogiaid tuleb kombineerida, näiteks pihustamine ja sellele järgnev galvaaniline pinne. Käesolevas töös on vaadeldud nende võimaluste kasutamist suuregabariidiliste detailide taastamiseks.

Lokaalgalvaanika

Õhukeste pinnete (paksusega mõni mikromeeter, kuni 0,5 mm) saamiseks ei sobi pihustuspinde, kuna pinde paksus on liiga suur (minimaalselt 0,5 mm) ning seetõttu ka materjali kulu suur ja täiendav mehaaniline töötlemine vajalik.

Lokaalgalvaanika sarnaneb suuresti vannigalvaanikale, kuna mõlema meetodi kasutamisel toimub elektrolüütiline protsess, mille käigus pinnatakse töödeldav detail metalse kihiga. Peamine erinevus seisneb anoodides ja elektrolüütides. Lokaalgalvaanikas kasutatavad anoodid on valmistatud elektrotehnilisest grafiidist, mida on eelnevalt põhjalikult töödeldud ja puhastatud, vältimaks pindamisprotsessi saastumist. Grafiidi kasutamise põhjuseks on selle kõrge kuumuskindlus, kuna lokaalgalvaanilise protsessi käigus paiknevad pinnatav detail ja anood vahetus läheduses. Metalse anoodi kasutamine lokaalgalvaanilises protsessis põhjustaks pinnatava detaili liigse kuumenemise, mille tagajärjel halveneks nakketugevus pinde ja alusmaterjali vahel ning mehaanilised omadused. Lokaalgalvaanikas kasutatavate elektrolüütide metalli sisaldus on kõrgem kui vannigalvaanikas kasutatavates elektrolüütides. Metallide kõrge kontsentratsioon elektrolüütides muudab lokaalgalvaanilise protsessi kiireks pindamistehnoloogiaks.

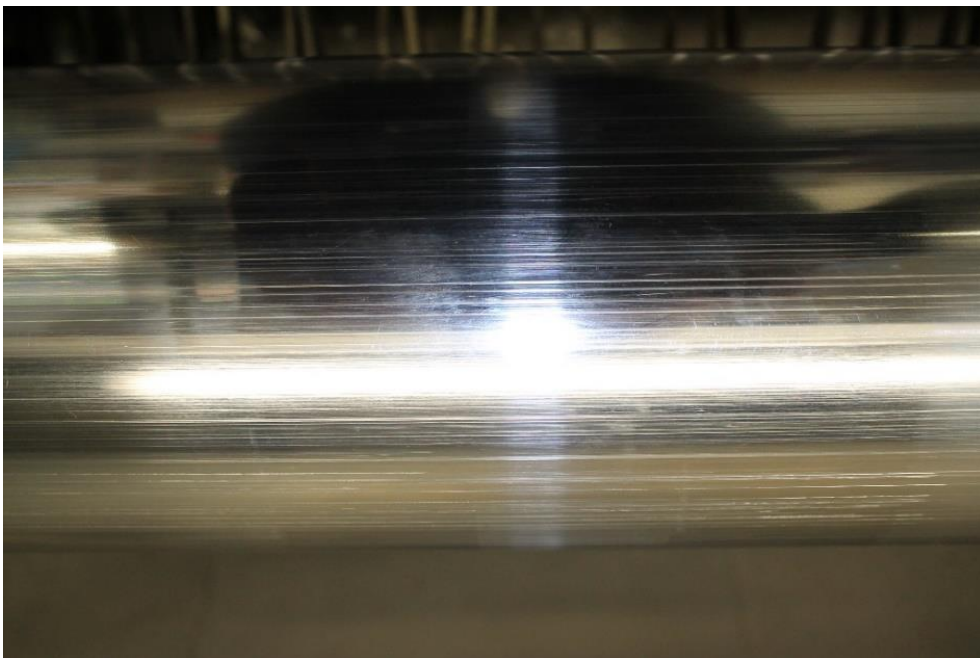
Vannigalvaanikas kasutatavaid toiteallikaid on võimalik rakendada lokaalgalvaanikas. Tööpõhimõtte poolest erinevus puudub, küll aga on lokaalgalvaanikas kasutatavad toiteallikad väiksemate mõõtmetega, et kaasaskandmine oleks võimalikult mugav ja protsessi saaks teostada vahetult mõne seadme detaili renoveerimisel, demonteerimata. Tehnoloogiliselt ei võistle lokaalgalvaanika vannigalvaanikaga, kuid võimaldab parandada vannigalvaanilisel katmisel tekkinud defekte või pinnata detaile, mida pole võimalik vannis katta. Lokaalgalvaanilise pindamise tööpõhimõtte on näidatud joonisel 1.



Joonis 1. Lokaalgalvaanilise pindamise protsess [1]

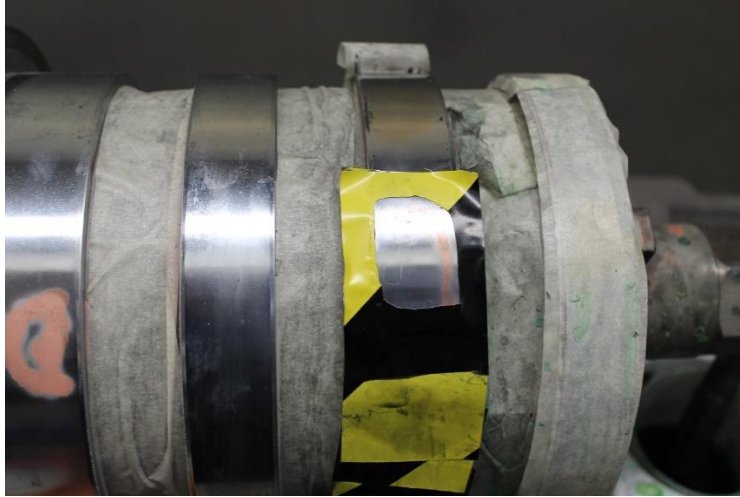
Taastamist vajavate detailide lühikirjeldused

Lokaalgalvaaniliseks pindamiseks sobivad detailid, kus nominaalmõõtmed ei ole oluliselt muutunud, kuid esineb palju abrasiivkulumisest tekkinud kriimustusi või üksikuid pinnakahjustusi ja vähenenud on ka nominaalmõõtmed. Enamasti on sellised defektid tüüpilised hüdroasilindrite kolvivartel, mis põhjustavad õli leket või hermeetilisuse vähenemist ja originaalosa on väga kallid.



Joonis 2. Sügavate kriimustustega hüdroasilindri kolvivar

Joonisel 3 on esitatud suuregabariidilise detaili kromeeritud pinna kahjustused ning sügavate pinnadefektide täitmiseks on kasutatud gaasdünaamilist pihustust.

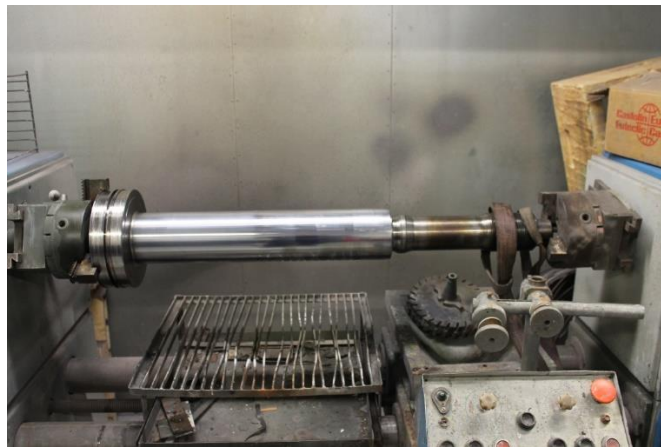


Joonis 3. Suuregabariidiliste detailide pinnadefektide lokaalne renoveerimine gaasdünaamilise pihustusega

Taastamise tehnoloogia

Kulunud ja taastamist vajavate detailide tehnoloogiline protsess võib ka tootepartii puhul veidi erineda ja taastamist vajavate detailide pindalad ei pruugi olla võrdsed ega pinde paksused ühesugused.

Joonisel 4 on näidatud taastamist vajava hüdrosilindri kolvi vars, mis on paigutatud pöördajamisse. Detaili kogupikkus oli 1100 mm ja läbimõõt 120 mm. Taastamist vajavaid detaile oli kaks ja töö tellija Trelleborg Industrial Products Estonia OÜ.



Joonis 4. Renoveerimist vajav detail paigutatuna pöördajamisse

Kulunud detailide kahjustuste iseloomust tulenevalt on vaja taastatavad pinnad mehaaniliselt puhastada ja pindamiseks ette valmistada. Kõigepealt valmistatakse pinnatav detail ette, seejärel toimub detaili põhjalik puhastamine, järgneb pindamisprotsess ja veega loputus. Erinevalt vannigalvaanikast, kasutatakse töödeldava detaili pinna puhastamiseks, aktiveerimiseks ja pindamiseks lokaalgalvaanika puhul erinevaid elektrolüüte.

Lokaalgalvaanilise pindamise etapid on järgmised.

1. Elektropuhastus spetsiaalse elektrolüüdiga ja vasuplaarse vooluga.
2. Veega loputus.

3. Spetsiaalset aktivaatorit kasutades aktiveeritakse pinnatava detaili pind, võimaldamaks saavutada paremat nakketugevust.
4. Veega loputus.
5. Soovitud pinde moodustamine.

Katmist mitte vajavad pinnad tuleb hoolikalt isoleerida, et pindamiseks kasutatavad elektrolüüdid neid ei kahjustaks. Enamasti sobivad selleks hea nakkuvusega plastikkeibid.

Lokaalgalvaaniliste pinnete saamiseks kasutatakse elektrotehnilisest grafiidist anoode, mille pindala peaks olema vähemalt 1/3 kuni 1/2 taastamist vajavast pindalast ja pöördetailide korral ka vastava raadiusega. Vajadusel tuleb anoodid varustada ka kanalitega, et elektrolüüti pumbata ja juhtida seda ühtlaselt kogu kaetava pinna ulatuses.

Olulist osa etendavad lokaalgalvaanilisel pindamisel arvutused, et hinnata materjalide ning energia kulu ja aega. Elektrolüütide puhul on kõigi kasutuskoefitsiendid ampertundides (Ah), mis näitab, kui suure pindala saab katta paksusega 1 µm. Kõik vajalikud pindmaterjali paksused on seepärast esitatud ka arvutustes mikromeetrites.

Terasest toodete lokaalgalvaaniliseks pindamiseks arvutatakse katmist vajav pindala (cm²). Kogu tehnoloogiline protsess koosneb järgmistest etappidest.

1. Elektrokeemiline puhastus, (SCM 4100, pinge 10...20 V).
2. Veega loputus.
3. Pinna aktiveerimine, (SCM 4250, pinge 8...15 V, vastupolaarne).
4. Veega loputus.
5. Aktiveeritud pinna elektrokeemiline puhastus, (SCM4350, pinge 10...15 V, vastupolaarne).
6. Veega loputus.
7. Pinna lõplik aktiveerimine, (SCM 4200, pinge 12...20 V).
8. Aluskihi pindamine, (terastel 2...3 µm, alumiiniumi sulamitel 7 µm, SPS 5640).
9. Põhikihi pindamine nõutud paksuseni, nikli baasil kõvapiinne SPS 5644.

Põhikihi vajalik vooluhulk ampertundides arvutatakse valemiga [2]

$$Ah = F \times A \times T, \quad (1)$$

kus

Ah – ampertunnid,

A – kaetav pindala (cm²),

T – nõutud pinde paksus (µm),

F – elektrolüüti iseloomustav kasutuskoefitsient.

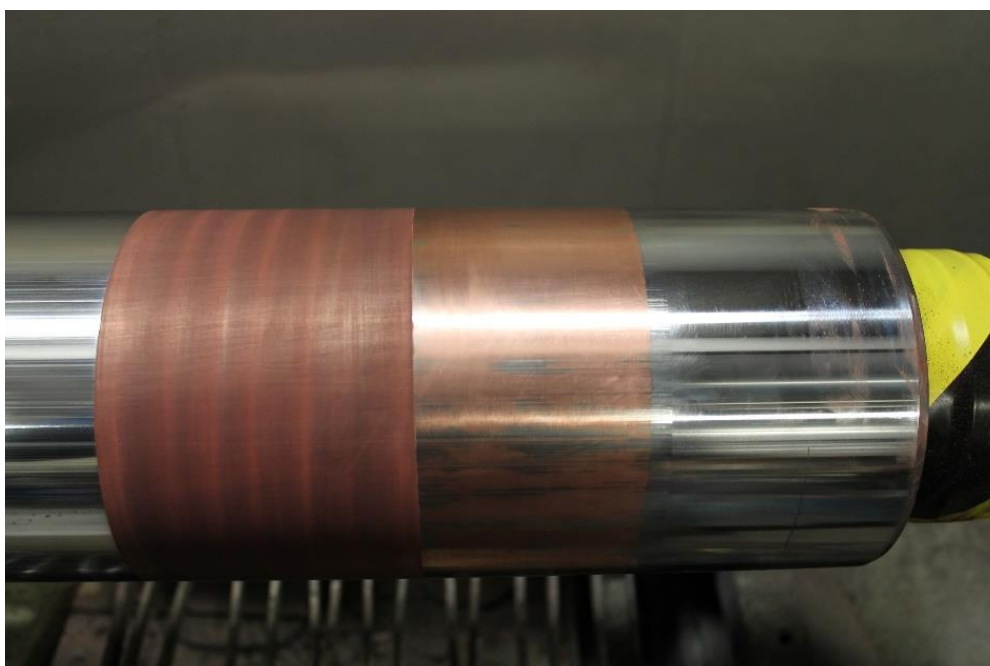
Valemi põhjal on võimalik välja arvutada ka pindamiseks kuluv aeg.

Joonisel 5 on näidatud kulunud pinna konaruste täitmiseks kasutatud vase baasil pinne ja selle all nikli baasil aluskiht.



Joonis 5. Pinna konaruste täitmiseks valmistatud vase baasil pinne

Joonisel 6 on näidatud poolenisti töödeldud vaskpinne, millele lõpliku pindena lisatakse kõva nikli baasil pinne ja töödeldakse vajalikku mõõtu.



Joonis 6. Pooleli töödeldud vaskpinne

Kui kõik pindamisega seotud tegevused on lõpetatud, tuleb töödeldud detailid puhastada, eemaldada maskiks kasutatud teip ja pakendada. Joonisel 7 on näidatud suuregabriidilised detailid firmale Tarmetec OÜ, kus on tehtud kahjustatud või defektidega kromeeritud pindade parandused.



Joonis 7. Kromeeritud detailide astmete lokaalsete defektide parandused

Joonisel 8 on esitatud renoveeritud ja transportimiseks pakendatud hüdrosilindrite kolvid ettevõttele Trelleborg IP Estonia.



Joonis 8. Renoveeritud ja transportimiseks pakendatud detailid

Kokkuvõte

Ekspluatatsioonis kuluvad enamik liikuvaid masinaosi ja sõltuvalt kulumisastmest tuleb need välja vahetada uute või renoveeritud detailide vastu. Kui detailid on suuregabariidilised ja kulunud on suhteliselt väike pind, siis pole otstarbekas seda kõrge hinna tõttu uuega asendada. Oluliselt odavam on renoveerida detaili kulunud või defektne osa.

Artiklis on vaadeldud suuregabariidiliste detailide renoveerimise võimalusi elektrokeemilise protsessi – lokaalgalvaanika abil. Protsessi eeliseks on madal temperatuur ega teki täiendavaid deformatsioone, mis on omased näiteks pealesulatamisele.

Artiklis on kirjeldatud kahe ettevõtte, Trelleborg Eesti ASi ja Tarmetec OÜ Tallinna Tehnikakõrgkoolis läbiviidud rakendusuuringuid.

Viidatud allikad

1. Rubinstein M. (1986). Electrochemical metallizing. New York, Van Nostrand Reinhold CO.
2. Pihl, T., Pihl, R., The Technology of Hard Electrochemical Coatings, Proc. 8th International Symposium, „Powder Metallurgy: Surface Engineering, New Powder Composite Materials, Welding“ Minsk, April, 10th-12th, 2013, Vol II, pp 196-202.

Summary

Selective Plated Coatings for Renovating Large-Scale Machine Parts

Moving machine parts will become worn and therefore it might be useful to renovate them, especially in case the price of a new part is exceptionally high and the worn-out area or a defect of a machine part is relatively small.

This paper aims to describe the technologies for various different large-scale machine parts: the pistons for hydraulic cylinders and large pistons with worn-out ceiling areas, based on the experience of the companies Trelleborg Eesti AS and Tarmetec OÜ.

Selective plating was mainly used as an electrolytic process, sometimes combined with cold spraying. The benefits of this technology are low temperatures and no deformations.

Further research could be carried out in the field of electrolytes to find out their precise formulations, which would allow to determine the impact on different chemicals and plating results. In addition, the thickness of coating should be studied due to internal tensions, in other words, it is advisable to continue the research to find out how thick a layer at a time can be plated to prevent generating of excessive internal tensions.

TARKADE HOBUSETEKKIDE VAJADUSUURING MIKROKLIIMA NÄITAJATE MÄÄRAMISEKS

Ada Traumann, PhD, Tallinna Tehnikakõrgkooli professor

Diana Tuulik, MSc, Tallinna Tehnikakõrgkooli lektor

Merje Beilmann, MSc, Tallinna Tehnikakõrgkooli lektor

Ilme Alandi, Tallinna Tehnikakõrgkooli lektor

Mary-Heleen Salep, Tallinna Tehnikakõrgkooli 2017. aasta vilistlane

Märt Jõesaar, Elisa Eesti AS, IoT Business Development

Sissejuhatus

Eestis, Euroopas ja mujal maailmas tegeletakse ratsaspordi ning hobusekasvatusega väga laialdaselt. Viimaste aastate uuringute alusel on hobumajandusel Eestis väga suur potentsiaal. Eestis on registreeritud hobuste koguarv 10 376. Keskmiselt on Eestis tuhande elaniku kohta 7,9 hobust ja registreeritud hobused on 112 tõugu [1]. Hobumajandusega tegeletakse Eestis kõikides maakondades, tegevuskohti on kokku 980. Valdkonnas tegeletakse Eestis põhiliselt kolmel suunal: ratsasport, hobuste aretus ja kasvatuse ning teised hobustega seotud valdkonnad. Ratsaspordis tegeletakse Eestis viie alaga – takistussõit, koolisõit, kolmevõistlus, kestvusratsutamine ja rakendisport. [2]

Tänapäeval on hobusetekkidel mitmesugune otstarve. Enamik hobustest, keda kasutatakse ratsutamiseks või töö tegemiseks, kaetakse tekiga sügisel või kevadel, siis kui õhutemperatuur on alla 10 °C. Tekk ei ole pelgalt hobuse keha soojas hoidmiseks, vaid hoiab ära ka paksu talvise karvkatte kasvamine, seda seepärast, et paksu karvkatte tõttu on pärast ratsutamist või sõitu hobust peaaegu võimatu kuivatada. [3, lk 93] Tekid annavad hea võimaluse vanade ja haigete hobuste soojas hoidmiseks [4]. Samuti on tekkidel oluline roll haigustest taastumise perioodil [5]. Suvekuudel aitab teki kasutamine vähendada karva pleekimist ja on abiks hobuse karvkatte esindusliku välimuse säilitamisel. [4]

Turul on hobusetekke väga erinevatest materjalidest ja paksusega, kõikideks aastaegadeks ning igaks võimalikuks puhuks. Hobused, eriti need, kes on klipatud, peaksid talveks olema tekitatud, sest külmetav hobune kulutab väga palju energiat sooja hoidmiseks. Igal hobusel peab olema isiklik tekk, sest igal isendil on isikupärased karvad, higi- ja rasunäärmed, mistõttu ühe teki kasutamine mitmel hobusel võib põhjustada nahaprobleeme, nagu sügelust ja naha seenhaiguseid. [6]

Tekkide kasutamine ratsahobustel peale treeningut on kohustuslik. Paraku põhjustab muutlik kliima küsimusi hobuseomanike seas, et millist õuetekki kasutada ja mis aja jooksul. Seepärast viidi varakevadel läbi katsetused nn tarkade hobusetekkidega, kus kasutati erinevaid ettevõtte Elisa IoT lahenduste sensoreid temperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse määramiseks.

Materjal ja meetodika

Uurimistöö raames selgitati esmalt välja tarkade hobusetekkidete vajadus hobuhuviliste seas. Selleks viidi läbi elektrooniline küsitlus internetikeskkonnas Google Forms. Lisaks viidi läbi kvalitatiivne uurimus struktureeritud eksperdiintervjuuna hobusetekkidete tootja ja talliomaniikuga.

Elektroniline küsitlus jagati viide ossa. Esimese osa küsimustega sooviti teada saada hobuseteki kasutajalt, kui pikk on nende kogemus valdkonnas. Teise osa küsimustega keskenduti otseselt hobusetekidele, eesmärgiga välja selgitada, kui palju hobusetekke omatakse, milliseid tekke ja miks kasutatakse. Kolmandas etapis esitatud küsimused olid keskendunud kvaliteedile. Neljandas osas uuriti nutilahenduste vajaduste kohta – kas hobuseteki kasutajad peaksid oluliseks, et tekil oleks sensor, mis edastab omanikule informatsiooni hobuse kehatemperatuuri ja südametöö (pulss) kohta ja millise teki puhul oleks see lisa kõige vajalikum. Sensori lisamisel hobusetekki oleks tegemist innovaatilise lahendusega, mis tähendab, et tegu oleks sellise tootega, mis pakuks tarbijale uusi ja ülimuslikuna tajutavaid hüvesid [7, lk 69].

Vastavalt teki kasutusala ja funktsionaalsusele peavad õuetekid olema veekindlad. Hobuseteki istuvusel hobuse seljas on väga oluline roll hobuse heaolu tagamiseks. Korrektselt istuv hobusetekk võib kaitsta hobust ilmastikuolude eest, kuid samal ajal tagab see hobusele mugavuse ja sooja. [5]

Hobusetekk peab olema soojapidav vastavalt ilmastikule ja seda saab määrata hobuseteki täidise kaalu järgi. Näiteks 100 g kaaluga täidiskihil on väike soojapidavus, aga 300 g täidiskihi soojapidavus on juba hea ning 400 g väga hea. Hobusetekide puhul hinnatakse väga kõrgelt nende soojapidavust ja rebenemiskindlust. Vastava täidisega tekid valitakse hobuse karvkatte, asukoha kliima ja selle järgi, kas hobust peetakse tallis või koplis. Eesti kliimas on kasutusel suurema täidise mahuga tekid, 300–400 g täidiskihiga, sest kliima on niiske ja jahe ning võib esineda väga külmasid talvesid. [8]

Uurimistööküsimustikule vastajatest eelistasid 54% Bucase firma õuetekke. Peamised eelised olid hinna ja kvaliteedi suhe, vastupidavus ja teki õige istuvus hobuse seljas. Seepärast valiti tekkide mikrokliima uurimuse läbiviimiseks just selle firma tekid.

Koostöös talliomanikuga valiti välja tekid, millest ühel oli täidise paksus 300 g (tekk 2) ja teisel 400 g (tekk 1). Soovituslik temperatuurivahemik tekkide kasutamiseks oli -15 °C kuni $+8\text{ °C}$. Tekk 2 pealiskangas oli veekindel, immutatud *stay dry*-tehnoloogiaga. Tekk 1 aluspind oli kaetud alumiiniumiga, et soojust peegeldavat toimet suurendada ja hobust soojas hoida. [9]

Tekkidele õmmeldi spetsiaalsed taskud, kuhu paigutati mobiiltelefon. Tasku asus teki tagaosas serva all, et hobune püherdades telefoni ära ei muljuks. Vastav andur, mis mõõtis tekialust mikrokliimat (temperatuur ja suhteline õhuniiskus), asus hobuse küljel esijalast pisut tagapool. Sealt higistab hobune kõige rohkem. Tekist väljapoole, sabaklapi külge, õmmeldi tasku sensorile, mis mõõtis välisõhu temperatuuri. Sabaklapp valiti sensori kohaks seetõttu, et hobused seisavad alati tagaosaga vastu tuult. Temperatuuri sensor oli SI7020-AGM, kalibreeritud, täpsusega $\pm 0,4\text{ °C}$ ja mõõtevahemikuga -20 °C kuni $+75\text{ °C}$. Suhtelise õhuniiskuse sensor SI7020-AGM, kalibreeritud, täpsusega $\pm 4\%$ ja mõõtevahemikuga 0–100% suhtelist õhuniiskust. [10]

Estimote'i majaka andmed võeti *bluetoothi* abil android-mobiiltelefoni, kus oli olemas Elisa Bluetooth majakate lugemise rakendus [11]. Andmete töötlemiseks kasutati Elisa IoT rätsepalahenduste platvormi [12].

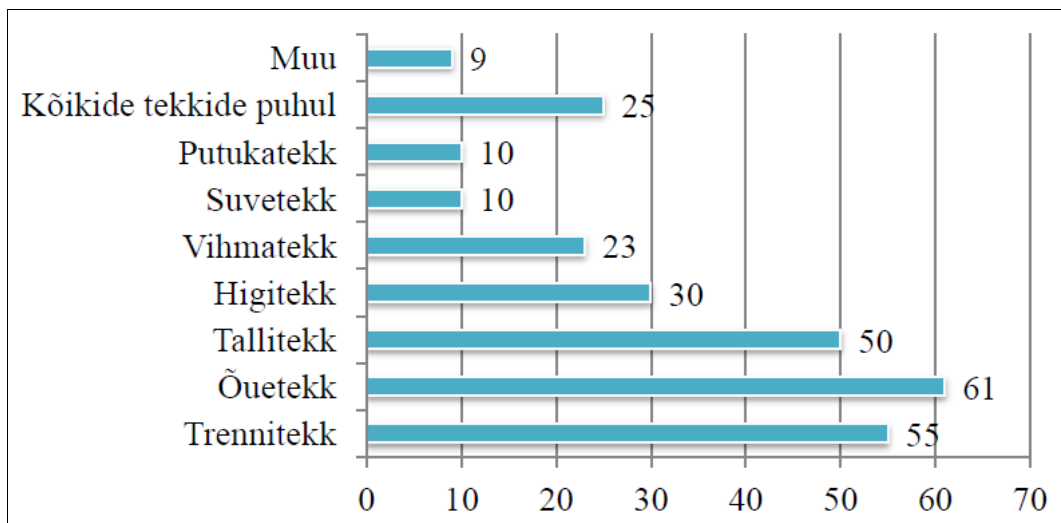
Algul plaaniti mõõta ka hobuste liikuvust, aga see oli väike ja hiljem andmeid ei kogutud. Sporthobuste liikuvus oli vähene, sest hobuseid ei lasta karjakaupa koplitesse ohutuse pärast. Sporthobuste päevakava on kindel, hommikune treeninguaeg on kell 8 ja päevane kell 15. Söögipausid lähtuvad treeningu kellaaegadest, sest enne trenni peab hobune olema ühe tunni söömata.

Tulemused ja arutelu

Uurimistöö ankeetküsitlusele vastanute seast 79% tegeles hobustega igapäevaselt. Vastanute seas olid hobusekasvatajad, hobuhuvilised, treenerid, hobuse- ja talliomanikud ning hipoteraapiaga tegelevad inimesed, mis tähendab, et kõik küsitlusele vastajad olid valdkonna küsimustele pädevad vastama.

Tulevikule orienteeritult uuriti küsitluse käigus mikrokliima sensori kasutamist hobusetekkidel. Uurimistöö küsitlusest selgus, et 48% vastajatest peab oluliseks innovaatilist sensorit, mis oleks hea paigaldada hobuseteki sisse, et see edastaks hobuseomanikule informatsiooni looma kohta.

Joonisel 1 on näidatud, milliste tekkide puhul pidasid vastajad sensorit oluliseks. Küsitlusele vastas 139 hobuseteki kasutajat. Vastustest selgus, et enim oleks innovaatilist sensorit vaja õuetekkidele, selle teki puhul peab seda vajalikuks 44% vastanutest – trennitekkidele ja tallitekkidele. Vastajatest 18% leidis, et sensorit võiks kasutada kõikide tekkide puhul. [13]



Joonis 1. Innovaatilise sensori olulisus võimalikel hobusetekkidel

Nagu eespool kirjeldatud, paigaldati sensorid firma Bucas kahele uuele õuetekile. Katsetused viidi läbi kevadel märtsi- ja aprillikuus, kus keskmine ööpäevane õhutemperatuur oli alla 10 °C. Pärast treeningu lõppu lasti hobused koplisse puhkama ja neile kinnitati anduritega õuetekk.

Joonisel 2 on näha ajavahemikus 21.–25. märts 2017. a hobusetekkkide tekk 1 ja tekk 2 tekialuse temperatuuri ja välisõhu temperatuuri mõõtmistulemusi. Tabelis 1 on esitatud ilmavaatluse tulemused vastavalt EMHI andmetele. Analüüsidest joonisel 2 olevaid tulemusi, saame väita, et vihmaste ilmade puhul (21., 22. ja 25. märtsil) on tekk 1 ja tekk 2 tekialune temperatuur suhteliselt sarnane, erinevus 3–5 °C. Mittesajustel päevadel (23. ja 24. märtsil) on pärast treeningut tekk 1 tekialune

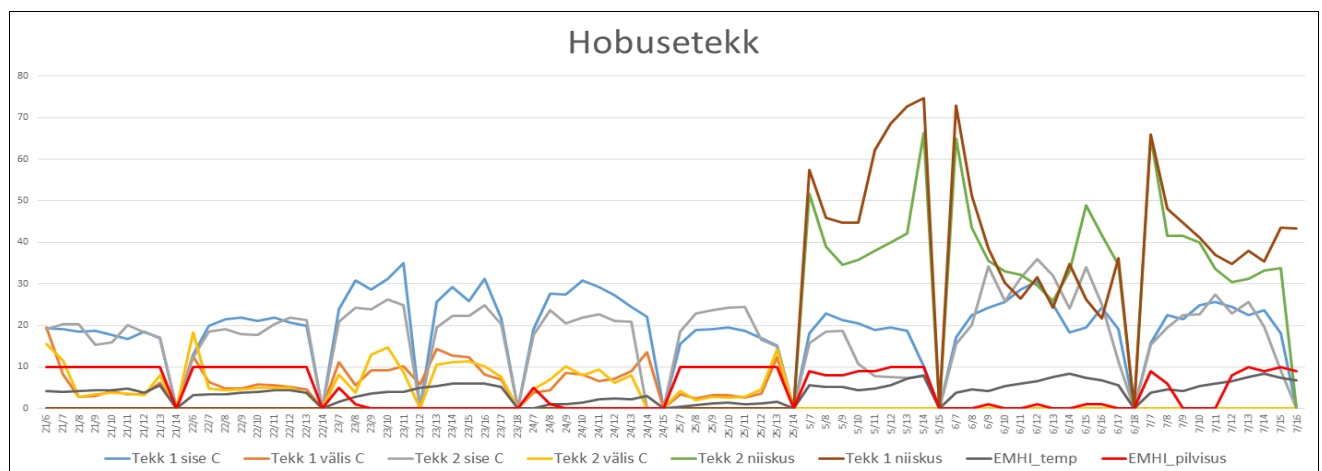
temperatuur 7–10 °C kõrgem kui tekk 2 (vt joonist 2). Tekk 1 pealiskangas oli alumiiniumist kihiga, mis peegeldab sooja tagasi. Päikesepaisteliste ilmadega 23. ja 24. aprillil on graafikul näha, et tekk 1 sisetemperatuur on oluliselt kõrgem (vt joonist 2). Samuti on tekk 1 täidis 100 g paksem ja see ilmneb ka suhtelise niiskuse määramisel ajavahemikus 5.–7. aprill 2017. a. Jooniselt 2 on näha, et pärast trenni ulatub tekk 1 tekialune suhteline niiskus kuni 75%-ni. Samas 1–1,5 tunni jooksul langeb suhteline õhuniiskus 30–50% vahemikku, mida võib pidada mikrokliima seisukohalt optimaalseks.

Tabel 1

Ilmavaatluse tulemused EMHI andmetel ajavahemikus 21.–25. märts 2017. a

Kuupäev	Temperatuur, °C	Tajutav temperatuur, °C	Suhteline õhuniiskus, %	Tuul, m/s	Sademed
21.03.2017	2,5	-2,5	94	7,1; kagu	+
22.03.2017	3,8	-1,8	78	10,6; edela	+
23.03.2017	3,7	-1,7	79	4,5; lääne	0, päike
24.03.2017	1,7	-3,4	65	3,1; loode	0, päike
25.03.2017	1,2	-2,4	96	2,4; lääne	+

Tabelis 1 esitatud vaatluse tulemused on võetud EMHI andmetest lähtuvalt kell 9, kui treening oli lõppemas ja ratsahobused aeti koplisse.



Joonis 2. Hobusetekkide tekk 1 ja tekk 2 sise- ja välisõhu mikrokliima mõõtmistulemused

Järeldused ja kokkuvõte

Uurimistöö tulemustest võib järeldada, et hobusetekkide abil hobuse mikrokliima kohta saadav informatsioon on väga oluline, sest tekke kasutatakse olukordades, kus hobuse kehatemperatuur ja suhteline õhuniiskus on pidevas muutumises. Mitmekesise ilmastiku tõttu on õhutemperatuur, tuulisus ja sademete hulk ka õues pidevas muutumises. Tallis olles on samuti oluline jälgida hobuse kehatemperatuuri, sest sensori abiga saab teada, kas tallis olev õhutemperatuur ja suhteline õhuniiskus on hobusele sobivad. Samuti saab uurimistöö alusel määrata hobuste

kehatemperatuuri taastumist pärast treeningut, et teki kasutusaeg ei läheks ülemäära pikale, põhjustades looma ülekuumenemist ja vastupidiseid tervisehäireid.

Kuna loomade tervisliku seisundi ja heaolu kohta ei ole võimalik otsest informatsiooni saada, on uurimistöö teema innovaatilises mõttes väga vajalik. Vastavate sensorite abil on võimalik jälgida ka hobuse südametööd trenni tegemisel, mida uurimuses ei määratud. Lisaks saab määrata sensorite abil hobuste seisundit või liikumisraadiust tallist eemal olles, näiteks koplis.

Viidatud allikad

1. Maaeluministeerium, „Uuring: Hobumajandusel on Eestis väga suur potentsiaal,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.agri.ee/et/uudised/uuring-hobumajandusel-eestis-vaga-suur-potentsiaal>
2. Maaeluministeerium, „Hobumajanduse kaardistamine koos Eesti hobumajandust iseloomustavate mõõdikute määratlemisega,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.agri.ee/sites/default/files/content/uuringud/2016/uuring-2016-hobumajandus.pdf>
3. Joseé Hermsen, Hobuste entsüklopeedia, Tallinn: Sinisukk, 2006, p. 312
4. Horse Council British Columbia, „Blankets explained complete,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.hcbc.ca/wp-content/uploads/2015/07/2010BlanketsExplainedcomplete.pdf>
5. Triin Tohver Hoburavi, „Hobune lonkab,” [Võrgumaterjal]. Available: http://www.tohver-veterinary.com/minu%20artiklid/lonkeartilid,%20oma%20hobu/longe_5.pdf
6. Horses and Horse information, „Horse care,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.horses-and-horse-information.com/articles/0101coldcomfort.shtml>
7. Neeme Roose, Toode turunduses, Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 2004, p. 112
8. Horse.com home of Country Supply, „How to buy a horse blanket,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.horse.com/content/blankets/how-to-buy-a-horse-blanket/>
9. [Võrgumaterjal]. Available: <http://bucas.com/product-category/turnout-rugs/>
10. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.bluemaestro.com/temperature-and-humidity/>
11. [Võrgumaterjal]. Available: <https://community.estimote.com/hc/en-us/articles/204092986-Technical-specification-of-Estimote-Beacons-and-Stickers>
12. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.thingworx.com/>
13. Mary-Heleen Salep, Hobusetekkide kasutusuring, Lõputöö Rõiva- ja tekstiiliteaduskonnas, Tallinna Tehnikakõrgkool 2017

Summary

IoT Survey of Horse Rugs for the Determination of Microclimate Parameters

This survey has set a goal to ascertain any problems with horse blankets as identified by users. To ascertain the problems have conducted a usage survey among the horse rugs users. The quantitative research was conducted as an online questionnaire survey among the horse blanket users – the aim was to ascertain their view of the problems with horse blankets.

Based on the results of the reseach, it can be concluded that IoT solutions are are very important to measure example the horse's microclimate, since rugs are used in

situations where the body temperature and relative humidity of the horse are constantly changing. Due to the various weather conditions, there temperature, wind, and precipitation are also constantly changing in the yard. It is also important to observe the temperature of the horse in the barn using the sensor hence will know does the air temperature and relative humidity are suitable for the horse. Also, this study can help determine the recovery of body temperature after exercise, so that the rug will not be too long to cause overheating and reverse health problems for the animal.

Due to the lack of direct information on the state of health and wellbeing of animals, the subject of this research is very innovative. Additionally, the sensors can be used to determine the situation of the horse or the radius of movement of the horse, for example, in the paddock. The drill also performs well monitoring of the horse's heart rate, which was not determined in this study.

According to the results of the research there are several problems with horse rugs that need to be developed and improved. Using IoT technology it would be opening new solutions to solve of problems product development.

TRANSPORDIETTEVÖTETE RISKIDE HINDAMINE OHTLIKE KAUPADE VEOAHELAS

Jelizaveta Janno, MSc, Tallinna Tehnikakõrgkooli lektor

Sissejuhatus

Artiklis käsitletakse ülevaateuurimusena ohtlike kaupade veoahela riskide tuvastamist ja uurimist vedaja vaatenurgast. Ohtlike kaupade maanteetranspordil on oluline, et järgitaks nii juriidilisi kui ka täiendavaid ohutusnõudeid, et vältida õnnetusi inimeste tervise, varade ja keskkonnaga kahjulike kemikaalide ohuomaduste avaldumise ajal. Arvestades, et käitlemis- ja transpordimenetluses osalevad veoahelas mitu osapoolt, võib nende tegevuste käigus esineda mitmeid riske. Tuginedes varasematele uurimistulemustele seoses inimteguri tähtsuse alahindamisega ohtlike veoste veoahelas, keskendub artikkel maanteetranspordiettevõtte eri tüüpi riskide analüüsimisele ohtlike kaupade veoahelas. Riskide analüüsimisel ja prioriteetide kindlaksmääramisel tuvastati ja hinnati nende kõige kriitilisem tagajärg kogu ahela võimalikule mõjutamisele. Uurimisvaldkonna laiemaks probleemiks on madal teadlikkus ohtlike kaupade veoahela riskide osas ja sellest tulenevalt vedaja kui veoahela osaleja tegevuste (tegevusriskide) alahindamine ohtlike kaupade transportimisel. Uurimuse eesmärk oli tuvastada ja hinnata transpordiettevõtete riskid ohtlike kaupade maanteetranspordil. Riskianalüüsi tulemuste alusel koostati vedaja kontroll-leht, mille süstematiseeritud rakendamine transpordiettevõtete töös tõstab nende teadlikkust riskide olemasolust ja olemusest ohtlike kaupade veoahelas ning aitab neid edaspidi maandada.

Kõikides veoahela etappides võib ohtliku kauba vedu kujutada endast eri ohte. Selleks, et ohtlike vedudega kaasnevaid riske maandada, on oluline nende õigeaegne tuvastamine ja täpne hindamine. Selleks kasutati uurimuse raames esmaste andmete kogumiseks küsitlust, mille tulemused olid sisendiks kvalitatiivse riskianalüüsi läbiviimisel. Eesmärgi saavutamiseks sõnastati järgmised uurimisküsimused.

- Millised riskid ja missugustes etappides esinevad ohtlike ainete veoahelas?
- Kuidas võivad erineda riskid avalduda ning mõjutada veoahelat?
- Kuidas luua lihtsalt rakendatavat riskijuhtimissüsteemi?

Uurimuse tulemused on olulised ohtlike kaupade veoahelas osalevatele transpordiettevõtetele, parandades üldist riskijuhtimist ja tagades ohutuse vedaja tegevustes.

Taustinformatsioon ja varasemad uuringud

Ohtlike veoste transport kujutab sõltumata transpordiliigist suurt ohtu. Tuginedes Euroopa Ühenduse andmetele, moodustab ohtlike kaupade veoahelas maanteetranspordil kuni pooled õnnetustest inimfaktor ja üksnes 8% õnnetustest on tingitud tehnilisest rikkest. (Eurostat, 2016) Riskihindamine on veoohutuse eduka juhtimise alus ja õnnetuste vähendamisel ülioluline. Riskihindamine tähendab veo ajal esinevatest ohtudest tulenevate riskide analüüsimist. Tulemuslik riskihindamine võib parandada veoohutuse ja üldist vedude korraldamise taset ning ettevõtte äritulemusi. Ettevõtte, mis korraldab ohtlike veoste transporti, on kohustatud tagama ohutust kõikides vedudega seotud küsimustes.

Ohu all mõistetakse mistahes tegevust või protsessi, mis võib tekitada kahju. (Bersani *et al*, 2008) Siinkohal on oluline tuvastada kõik suuremad ohud ja siduda iga ohutegur võimaliku objektiga/subjektiga, keda see võib kahjustada. Riskide kaardistamine tagab ohtude õigeaegse ennetamise. Ohtlike kaupade transport on alati seotud riski ning sellest tuleneva võimaliku kulu tekkimisega, mis on seotud inimeste tervise ja vara ning keskkonna kahjustamisega.

Uurimuse raames hõlmas ohtlike ainete veoahel ohtlike ainete või kauba vedu maanteel lähtekohast sihtkohta kindlaksmääratud marsruudil. Tulenevalt rahvusvahelistest ja siseriiklikest õigusaktidest, vastutavad vedajad paljude toimingute eest veoahelas, nagu kaubaveo teostamine; kohustusliku dokumentatsiooni esitamine ja kõikide vajalike lubade omandamine ohtlike kaupade maanteetranspordiks; veendumine, et kaup on pakendatud vastavalt nõuetele, kasutades sertifitseeritud pakendamise materjali; usaldusväärsete, kvaliteetsete ja nõuetele vastavate transpordivahendite tagamine ning sõiduki kontroll; hädaolukorraks või õnnetusteks vajalike varustuste ja ohutusjuhiste tagamine ning lõpuks kõikide töötajate koolitamine, kes on kaasatud ohtlike kaupade veo organiseerimisse. (Lieggio *et al*, 2012)

Riskide klassifitseerimiseks on mitmeid lähenemisi. Võttes arvesse, et ühtset riskide mudelit või riskide klassifikatsioonisüsteemi ohtlike kaupade veoahela riskide jaoks ei eksisteeri, on siinkohal võetud lähtealuseks ligilähedane mudel maanteetranspordile. Riskide klassifikatsioon intermodaalses veoahelas jaotab riskid rühmadesse tunnuste alusel järgmiselt: kliimaatilised/ökoloogilised riskid; tehnilised riskid; poliitilised riskid, kommertsriskid; sotsiaalsed riskid. (Дюльгер, А., 2014; Taboada *et al*, 2007)

Uurimuses käsitletakse ohtlike kaupade transpordiahelat maanteel. Fookuses on riskid, mis esinevad kauba transportimises, alates kauba pealelaadimisest saatja juures, kuni kauba mahalaadimiseni määratud sihtpunktis. Siinkohal saab riske jaotada ka välisteks ja sisemisteks. Väliste riskide allikaks on väliskeskond – sellised riskid ei ole seotud ettevõtte tegevusega, st ettevõtte ei saa neid mõjutada, vaid saab neid ainult ette näha. Veoahela väliste riskide hulka kuuluvad kauba kvaliteediprobleemid, teeolud ja taristu tingimused, ebasobivad kliimatingimused, vargus. Sisemiste riskide korral on põhjuseks ettevõtte ise ning selle tegevus, vara ja personal. Sellised riskid tekivad sageli protsesside ebaefektiivse juhtimise tulemusena. Nende hulka kuuluvad transpordivahendite halb seisukord ning autopargi vananemine, töötajate ebapiisav kompetents, kauba vale paigutus ja ebapiisav kinnitamine veoprotsessil, informatsiooni puudumine jne. (Shahram *et al*, 2013)

2014. a avaldati Slovakkias uurimus, mille raames uuriti transpordiprotsessi riske (*Risks in Operation of Transport Processes*) veoahelas osalejate näitel. Uuringu eesmärgiks oli saavutada veoprotsessi suurem turvalisus, sh hinnata riskianalüüsi läbiviimise tõhusust ning ennetavate meetmete realiseerumist, vältimaks ohtliku kauba ohuomaduste avaldumist tulevikus. Selle uurimuse kohaselt jaotati riskid inimtegevuse mõjul võimendunud ja inimtegevusest sõltumatuteks riskideks. (Šimák, 2007) Arvestades, et riskide hindamiseks on mitmeid lähenemisi, saab (tava)veoahela riskid liigitada neljaks ka järgmisel viisil: transpordiäri riskid, transporditehnoloogia riskid, transporditaristu riskid ja transpordi iseloomust tulenevad riskid. Põhiriskid maanteel on järgmised: veokitehnoloogia

usaldusväärsest tulenev risk, teede ja maanteede ebapiisava tehnilise seisundi risk, transporditava kauba tüübist ja iseloomust tulenev risk, poliitiline risk. (*Ibid*)

Tuginedes mitmele riskide kvalifitseerimise teooriale ja meetodikale, kujundati uurimuse kontekstis jaotus peamiste riskide osas ohtlike kaupade veoahelas maanteel järgmiselt: tehnilised riskid, kliimaatilised riskid, sotsiaalsed riskid ja inimfaktori riskid. Riskide jagunemine koos täpsustustega on esitatud tabelis 1.

Tabel 1

Riskid ohtlike kaupade veoahelas maanteel (autori koostatud)

Tehnilised riskid	Transpordivahendite tehnilised rikked Tõrked IT-süsteemis ja tehnilise varustatuse rike Kauba ebakvaliteetne pakkimismaterjal Valvamis- ja hoiustamisnõuete rike Teeolud ja taristu tingimused
Kliimaatilised riskid	Kliimatingimuste mõju kaubale Ilmastikunähtused Kliimatingimuste mõju veoprotsessile
Sotsiaalsed riskid	Vargus, röövimine Streigid Kvalifitseeritud töötajate arvu vähenemine või puudus
Inimfaktori riskid	Viivitatud, vale sisuga või mittetäielik infovoog Liiklusõnnetused Ohutusnõuete mittetäitmine Kauba kahjustamine peale- ja mahalaadimisel

Arvestades riskide rohkuse ja mitmekesisusega, on vedaja igapäevatoos oluline teadvustada, missugused nendest riskidest on kriitilised ning kuidas vedajad ise neid riske hindavad. Riskide teadvustamise puhul on kriitiline nende võimalik alahindamine. Uurimuse raames teostatud ohtlike kaupade vedaja riskianalüüsi tulemusena pakutakse välja nn kontroll-lehe rakendamist transpordiettevõtete igapäevatoos tõhusa riskijuhtimise eesmärgil.

Uurimisstrateegia kujundamine

Valimi moodustamine ja andmete kogumine

Artiklis esitatud uurimuse objektiks on ohtlike kaupade veoahela vedaja (transpordiettevõtte) tegevusega seotud riskid maanteetranspordil. Probleemi lahendamiseks ja eesmärgi saavutamiseks rakendati kombineeritud juhtumiuurimuse strateegiat. Andmeid koguti ja analüüsiti, kasutades kvalitatiivseid ja kvantitatiivseid meetodeid. Kvalitatiivse analüüsi eesmärk oli ohtlike ainete transpordiahela tundmaõppimine ja süvaanalüüs küsimustiku vastuste abil. Küsimustikud olid koostatud peamiselt kinniste küsimuste formaadis ja nende süvaanalüüs hõlmas riskide tuvastamist ning kaardistamist. Riskide suuruse määramiseks ja probleemi põhjuste tuvastamiseks teostati riskianalüüs, kus riskide tõenäosuse ja tagajärje hindamiseks kasutati kvalitatiivse riskianalüüsi meetodikat.

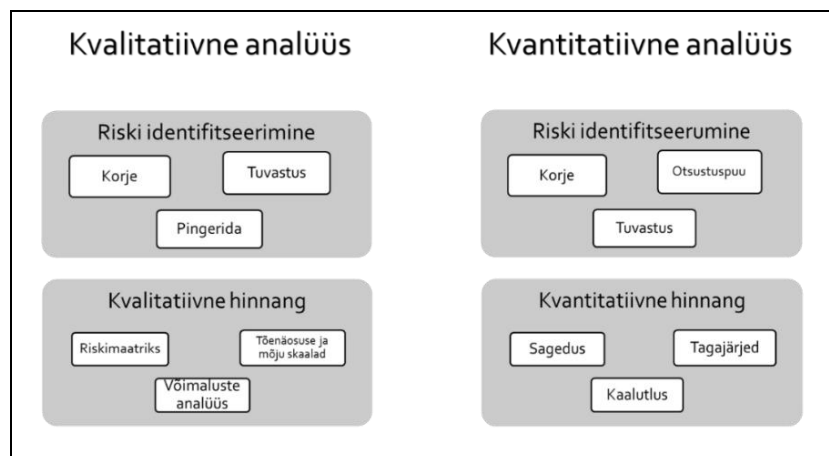
Uurimuse valimisse olid kaasatud Eesti ohtlike kaupade vedusid teostavad transpordiettevõtted ja see hõlmas ainult maanteetranspordiga tegelevaid ettevõtteid. Valimi moodustamisel kasutati sihipärase valimi moodustamise meetodikat. Arvestades, et ohtlike ainete veoga tegelevate vedajate andmebaas

Eestis puudub, kaasati valimisse sihipäraselt vedajad, kelle põhitegevuseks on maanteevedu, kuid kelle puhul on praktikast tulenevalt teada (või oli alus eeldada), et nad tegelevad ka ohtlike kaupade vedamisega. Valimi koostamisel lähtuti 2015. a Eesti Rahvusvaheliste Autovedajate Assotsiatsiooni (ERAA) andmetest ja inforegistris olemasolevatest andmetest. Sihipäraselt moodustatud valmisse kuulusid 215 transpordiettevõtet, millest küsimustikule vastanute ehk osalejate arvu moodustas lõpuks 104 ettevõtet. Uuringu läbiviimise käigus selgusid teatud meetodilised kitsaskohad. Valimi jaoks vastajate piisavat arvu oli keeruline kokku saada kahe aspekti tõttu. Valimimahu täitmist takistas piiratud ettevõtete arv teatud tegevuse lõikes ehk leidis vähe ohtlike kaupade vedude teostajaid, keda oli võimalik tuvastada. Samuti oli raskendavaks teguriks tervikliku andmebaasi puudumine ja kontaktide suhteliselt madal ajakohasus, seetõttu olid saadud kontaktandmed paljudel juhtudel vananenud. Madal vastasmäär oli mõjutatud paljuski küsitluses osalemise vabatahtlikkusest.

Kvantitatiivne küsimustik oli suunatud igapäevaselt ohtlike ainete vedude korraldamisega tegelevate ettevõtete spetsialistide küsitlemisele. Eesmärgiks oli saada usaldusväärseid arvamusi selle valdkonna spetsialistidelt. Küsimustikuga koguti andmeid perioodil 19.02–15.05.2017. Küsimustiku kaudu sooviti tuvastada, missuguseid riske näevad veoettevõtted ohtlike kaupade veoahelas ning kuidas nad hindavad nende esinemise tõenäosust ja mõju ettevõttele, varale, inimestele ja keskkonnale. Eesmärk oli näha töökeskkonda läbi ettevõtete silmade ja saada aimu ettevõtete teadlikkusest veoprotsessil esinevatest ohtudest.

Riskianalüüsi läbiviimise meetodika

Riskianalüüsi ohtlike kaupade veoahelas võib määratleda ohtude tuvastamise ning riski hindamise protsessina inimestele, kes osalevad selles; veokitele; ümbritsevale keskkonnale; veostele ja teistele objektidele. Riskianalüüsi teostamine on oluline vahend riskide hindamisel ja saab olla tõhus ohtlike kaupade veoahela riskide maandamisel. Maanteetranspordiga seotud riskianalüüs põhineb tavaliselt vastasmõjul õnnetuse tõenäosuse ja tagajärgede vahel. Üldjuhul saab tõenäosuste ja tagajärgede hindamiseks kasutada kahte meetodikat: kvantitatiivne või kvalitatiivne riskianalüüs. (Caliendo *et al.*, 2017) Riskianalüüs, sõltumata selle meetodikast jaguneb kaheks etapiks: riski identifitseerimine ja riskide hinnang. Need on visualiseeritud joonisel 1.



Joonis 1. Kvantitatiivse ja kvalitatiivse riskianalüüsi elemendid (autori koostatud)

Kvalitatiivse analüüsi käigus, millele tugineb uurimuse riskide hindamine, toimub identifitseeritud riskide mõju ja tõenäosuse hindamine. Esimesel etapil koostatakse identifitseeritud riskide loetelu ja teisel etapil hinnatakse riske tagajärg-tõenäosus-maatriksi abil. Uurimuse raames rakendatud riskihindamise meetodi lähtekohaks oli *Delfi*-meetod. Töö käigus saadi usaldusväärne arvamus spetsialistidest (valdkonnaga otseselt seotud isikud), kasutades selleks struktureeritud küsimustikku, milles vastajad andsid hinnanguid riskidele, nende tõenäosustele ja kogumõjule.

Enne andmete analüüsimist küsimuste vastused kodeeriti selleks, et skaaladel põhinevate küsimustetüübi vastusevariandi vastuseid oleks võimalik kasutada tagajärg-tõenäosus-maatriksi loomisel. Tagajärg-tõenäosus-maatriks on risttabel, kus veergudeks on mõju suurused ja tulpadeks tõenäosused. Näide riskimaatriksist on esitatud joonisel 2. Tagajärg-tõenäosus-maatriksi abil saab riske järjestada riskitaseme alusel ja seejärel otsustada, millised neist vajavad põhjalikumalt analüüsi, milliste uurimine ei ole aga prioriteetne. (Eesti Standardikeskus, 2010)

		Tagajärg			
		Vähetahtis (1)	Kerge (2)	Raske (3)	Väga raske (4)
Tõenäosus	Väga suur (4)	Keskmine	Keskmine	Oluline	Talumatu
	Suur (3)	Madal	Keskmine	Oluline	Oluline
	Keskmine (2)	Madal	Madal	Keskmine	Oluline
	Väike (1)	Ebaoluline	Madal	Keskmine	Keskmine

Joonis 2. Riskimaatriksi näide riskitaseme määramisel (Eesti Standardikeskus, 2010; autori kohandatud)

Teades, et risk on riski tõenäosuse ja selle võimaliku tagajärje korrutis, võimaldab riski hindamine riskianalüüsi meetodikal keskenduda olulisematele riskidele (Eesti Standardikeskus, 2010) (suurima mõju ja ulatusega riskid) nii, nagu see on esitatud valemi 1 kaudu.

$$Risk = tõenäosus \times tagajärg \quad (1)$$

Tulemused

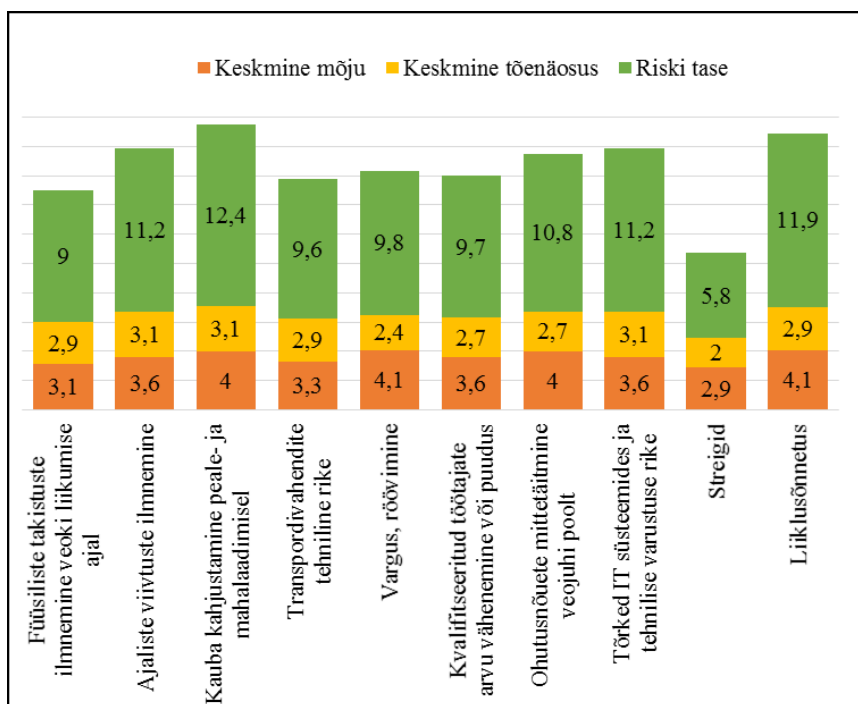
Küsitlustulemuste analüüs

Uurimusest selgus, et enamik vastanuid on kokku puutunud ohtlike kaupade transportimisega. Kõik veoettevõtted olid ühisel meelel selles, et teadlikkus riskidest ohtlike kaupade veoahelas on väga oluline, kuid tulenevalt küsitluse tulemusest viiakse transpordiprotsessi riskianalüüs läbi ainult 57% vastanute hulgas. See võib olla tingitud asjaolust, et transpordiprotsessi jaoks ei ole kohustuslik korraldada riskianalüüsi ja veoettevõtted ei tunne riskianalüüsi läbiviimise järele vajadust.

Uurimusest selgus, et maanteel veetakse enamasti kaupaid, mis kuuluvad klassi 3 (kergeisüttivad vedelikud) ja klassi 2 (suru- ja veeldatud gaasid). Avaldunumate ohtude puhul ettevõtete praktikas seoses ohtlike kaupade transportimisega rõhutati kauba lekkimist ebapiisava pakendi tõttu ja liiklusõnnetusse sattumist ohtlike ainete

vedamise ajal. Uurides transpordiettevõtete võimalike ohutegurite tuvastamiseks rakendatavaid meetmeid selgus, et enamik vastanutest tuvastavad ohutegurid tagantjärele kogemuste põhjal, kui ohutegur on juba avaldunud (66,7%). See näitab, et transpordiettevõtted ei pööra erilist tähelepanu ohutusele. Vastused kinnitavad uurimuses püstitatud probleemi, et vedajad alahindavad ohtlike kaupade veoahelas riske. 42,9% vastanutest kinnitasid, et nad jälgivad transpordiprotsessi, et tuvastada olulisi ohte protsessi jooksul. Tähtis tulemus oli asjaolu, et ainult 21,4% transpordiettevõtteid kasutavad kontroll-loendit kui meetodit transpordiprotsessi jaoks. Siinkohal võib oletada, et ettevõtted kasutavad kontrollkaarti, mis on esitatud ohtlike veoste autoveo eeskirjas või siis kasutavad ise koostatud kontroll-lehte.

Küsitluse raames uuriti ka konkreetseid meetmeid, mida ettevõtted riskide maandamisel kasutavad. Küsitluses osalejad vastasid, et siinkohal kasutatakse vastutuse selgemat jaotamist osapoolte vahel – näiteks saatja ja saaja vastutuse täpsustamine veolepingus (92,8%). Samuti personali koolitamine (85,7%), tehnika täiustamine (71,4%) ning riski ennetamine aruandluse analüüsi ja võtmenäitajate igakuise ülevaatamisega (28,6%). Mitte keegi vastanutest ei kasuta riskide vältimist kui meetodit riski maandamiseks (nt loobumine ADR¹-vedudest). Oluliseks osaks küsitluses oli andmete kogumine veoahela riskide edasiseks hindamiseks. Joonisel 3 on näha küsitlustulemusi kriteeriumide kaupa ning mõju ja tõenäosuse keskmised väärtused. Tulemused saadi vedajate hinnangust iga riski jaoks.



Joonis 3. Vedaja riskid ohtlike kaupade veoahelas (autori koostatud)

¹ ADR – *European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road*, ee ohtlike veoste rahvusvahelise autoveo Euroopa kokkuleppele, edaspidi ADR. (ADR, 2017)

Riskianalüüs Eesti transpordiettevõtetele

Uurimuse raames küsitluse läbiviimise eesmärgiks oli veoettevõtete arvamus seisukoha tuvastamine võimalikest riskidest transpordiprotsessis ja hinnangute saamine vastavate riskide kogumõju osas. Küsimustiku tulemustest selgus, et Eesti vedajaettevõtted on ühel meelel, et teadlikkus riskidest ohtlike kaupade transportimisel on väga oluline. Küsimustiku abil teostati riskide hindamine nende tekkimise tõenäosuse ja tagajärje (mõju) vaatepunktist. Tuginedes riski hindamise skaalale, koostati koondtabel (tabel 2), milles on esitatud riskide mõju ja tõenäosuse keskmised tulemused.

Tabel 2

Riskide keskmine hinnang ja riski tase (autori koostatud)

Riski nimetus	Keskmine tagajärg (mõju)	Keskmine tõenäosus	Riski tase	Riski tase*
Füüsiliste takistuste ilmnemine veoki liikumise ajal	3,1	2,9	9,0	Keskmine
Ajaliste viivituste ilmnemine	3,6	3,1	11,2	Oluline
Kauba kahjustamine peale- ja mahalaadimisel	4,0	3,1	12,4	Oluline
Transpordivahendite tehniline rike	3,3	2,9	9,6	Keskmine
Vargus, röövimine	4,1	2,4	9,8	Oluline
Kvalifitseeritud töötajate arvu vähenemine või puudus	3,6	2,7	9,7	Keskmine
Ohutusnõuete mittetäitmine veojuhi poolt	4,0	2,7	10,8	Oluline
Tõrked IT-süsteemides ja tehnilise varustuse rike	3,6	3,1	11,2	Oluline
Streigid	2,9	2,0	5,8	Madal
Liiklusõnnetus	4,1	2,9	11,9	Oluline

Peamised tegurid, mis mõjutavad transpordiettevõtte vaatenurgast ohtlike kaupade veoahelat, on: inimfaktor, sõiduk, kasutatud tehnika ja taristu. Võimalikest ohuteguritest valiti edasiseks analüüsimiseks üksnes need, mille kogurisk oli suurim. Kõige kõrgema mõju ja tõenäosuse kogumõjuga risk on kauba kahjustamine peale- ja mahalaadimisel. Põhjuseks võib siinkohal olla asjaolu, et veoahelas osalejad on ohtlike kaupade käsitlemise küsimustes ebakompetentsed või nad ei järgi kõiki kehtestatud nõudeid. Liiklusõnnetuste riski põhjuseks võivad olla inimfaktor ja ilmastikunähtused, aga ka tehnilised rikked. Seega on ülitähtis kontrollida kõike, mis on seotud vedaja tehnilise valmisolekuga. Siia kuuluvad sõiduki kontroll; tehnilise varustuse korrashoid; veovahendi õige tähistamine; ADR-lisavarustuse kontroll (tulekustuti, ohutusjuhendis määratletud lisavahendid); kauba turvaline kinnitamine ja veoautojuhi kontroll (pädevus, puhkeaeg, koolitused). Olulise riski tasemega eristusid ka IT-tõrgete ja ajaliste viivituste ilmnemisega seotud riskid. Tuginedes küsimustiku tulemustele, on Eesti vedajaettevõtetel palju probleeme informatsiooni kättesaamisega. Info viibimisega seotud asjaolud viivad ajaliste viivitusteni, mis omakorda tähendab ohtliku kauba pikemat veoprotsessi ja ajaliselt suuremat „akent“ ohtliku ohuomaduse avaldumiseks veoahelas.

Kontroll-leht transpordiettevõtete jaoks

Kontroll-leht on ohtude või riskide nimekiri, mis on tavaliselt koostatud varasemal riskihindamisel, mis uurimuse kontekstis tugines teostatud riskianalüüsi tulemustel. Riskianalüüsist selgus, et enamik tuvastatud riskidest on olulise või keskmise tasemega. Vastavalt sellele nõuavad kõik olulise tasemega riskid erilist tähelepanu. Vedajate ohutegurite tuvastamiseks ohtlike kaupade veoahelas loodi kontroll-loend kontroll-lehe näol. Kontroll-lehe alusena kasutati Teede- ja Sideministeeriumi loodud kontrollkaarti „Teel liikleva sõiduki kontrollkaart ohtlike veoste veol”, mis on mõeldud politseiametnikele ja teistele seaduse alusel autovedude üle kontrollülesandeid täitvatele ametiisikutele. Täiendavalt kasutati Iirimaa Tervise ja Ohutuse Ametkonna (*Health and Safety Authority*) loodud kontroll-lehte, mis on oma struktuuriga hästi rakendatav ka veotevõtetele. Autori loodud kontroll-leht vedajatele ohtlike kaupade transpordiahelas on esitatud tabelis 3.

Tabel 3

Kontroll-leht transpordiettevõtetele (autori koostatud)

	Kuupäev:	Kellaeg:
1. Kontrolli teostamise koht		
2. Sõiduk		
3. Vedaja nimi		
4. Autojuhi nimi		
5. Veose saatja nimi, pealelaadimiskoht		
6. Veose saaja nimi, mahalaadimiskoht		
7. ADR 1.1.3.6 toodud koguse piir ületatud	Jah	Ei
OHUTEGUR: Autojuhiga seotud aspektid	Kontrollitud ✓	Rikkumine tuvastatud ✓
1. Kaasasolevad dokumendid (veokiri, ohutusjuhend, veoluba, sõiduki ADR tunnistus, sõidukijuhi ADR koolituse tunnistus)		
2. Autojuht on informeeritud veetavatest ainetest		
3. Autojuhi puhkeaeg on vähem kui 9 tundi		
4. Autojuhil on piisavalt aega, et teostada vedu ilma, et ta peaks kiirustama ja ületunnitöö teostama		
5. Sõiduk ja veos on visuaalselt üle vaadatud		
OHUTEGUR: Sõiduki spetsifikatsioon	Kontrollitud ✓	Rikkumine tuvastatud ✓
1. Sõiduki kasutamine lubatud		

2. Sõiduki tähistamine (oranž tunnusmärk, kuum veos)		
3. Sõiduki tehniline seisund		
4. ADR meetmete lisavarustus, tulekustuti, ohutusjuhendis määratletud lisavahendid		
5. Segalaadimise nõuded on täidetud		
6. Sõiduk on korralikult valvatud		
7. Tehniline varustus korralikult töötab		
8. Koorma laadimine, turvamine ja käsitsemine		
OHUTEGUR: Veetav ohtlik kaup	Kontrollitud ✓	Rikkumine tuvastatud ✓
1. Aine vedu lubatud		
2. Pakendi tähistus ja märgistus		
3. Veose leke või pakendi kahjustus		
4. Kaubaandmed vastavad veodokumentides esitatud andmetele		
5. Paak või konteiner on korralikult suletud		

Kontroll-lehe koostamisel jaotati ohtlike kaupadega seotud ohutegurid kolmeks – autojuhiga, sõidukiga ja veetava ohtliku kaubaga seotud aspektid. Kasutades kontroll-lehte, saavad transpordiettevõtted ise kontrollida situatsiooni seoses ohtlike kaupade veoahelaga selle eri etappides. Eriti oluline on see veoahelas enne pealelaadimist saatja ja vahetult pärast mahalaadimist saaja juures. Kontroll enne pealelaadimist aitab veoettevõttel tuvastada võimalikke riske varasemas etapis ja rakendada kohe vastavad meetmed. Kontrolliga pärast mahalaadimist tuvastatakse veoprotsessi jooksul avaldunud riskid ja see annaks võimaluse nõrkuste edasiseks analüüsimiseks.

Järeldused ja kokkuvõte

Vastutus seoses ohtlike kaupade ohuomaduste mitteavaldumisega veoahelas langeb suuresti vedajale. Seetõttu on oluline valida veoahelasse transpordiettevõtte, mis suudab pakkuda ja teostada ohtliku kauba transportimist kõige ohutumal viisil. Uurimuse raames analüüsiti ohtlike kaupade veoahelat vedaja tegevuse vaatenurgast. Tuginedes küsitluse ja riskianalüüsi tulemustele, saab järeldada, et vedajad alahindavad ohtlike kaupade transportimisega seotud riske.

Teadlik riskijuhtimise rakendamine on aluseks ettevõtte edukale tegutsemisele oma valdkonnas, ennetades võimalikke kadusid ja minimeerides kulusid. Riskijuhtimise protsessi väljatöötamine on vajalik igale veoettevõttele, mis tegeleb ohtlike ainete transpordiga ja kontroll-lehe rakendamine on kõigest üheks selle võimaluseks. Selleks, et olemasolevaid riske maandada, tuleb need tuvastada ja hinnata. Üheks selliseks võimaluseks on kontroll-lehe süstematiseeritud kasutamine autojuhtide poolt veoahela peale- ja mahalaadimise etappides. Transpordiettevõtte kontroll-lehe kasutamise tulemus on riskide tuvastamine, tuginedes realselt aset leidnud

olustikule. Kontroll-leht ühendab eri valdkondade laialdasi teadmisi (riskide juhtimine, ohtlike kaupade veonõuded maanteel) kergesti kasutatavasse süsteemi. Edasiste uurimis- ja arengusuundadena selles valdkonnas on riskianalüüsi raamistiku väljatöötamine ohtlike kaupade transpordiga seotud veoettevõtetele riskide maandamiseks vajalike meetmete tuvastamiseks, et luua ja kindlustada ohutu kaubavedu ning ennetada õnnetusi ohtlike kaupadega.

Viidatud allikad

1. ADR. (2017). European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road [avalik <http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr2017/17contentse0.html>, kasutatud 31.10.2017].
2. Bersani, C., Boulmakoul, A., Garbolino, E., Sacile, R. (2008). Advanced Technologies and Methodologies for Risk Management in the Global Transport of Dangerous Goods, 45 of NATO Science for Peace and Security Series - E: Human and Societal Dynamics. ISO Press, Amsterdam, 2008.
3. Caliendo, C., De Guglielmo, L. M. (2017). Quantitative Risk Analysis on the Transport of Dangerous Goods Through a Bi-Directional Road Tunnel. Risk Analysis vol 37, issue 1, 2017; pp 116–129.
4. Eesti Standardikeskus. (2010). EVS-ISO 31010:2010. Riskijuhtimine. Riskihindamismeetodid, Tallinn: Eesti Standardikeskus, 2010.
5. Eurostat 2016. (2017). Energy, Transport and Environment Indicators [avalik: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/7731525/KS-DK-16-001-EN-N.pdf/cc2b4de7-146c-4254-9521-dcbd6e6fafa6>, kasutatud 10.10.2017].
6. Lieggio, M. Jr, Granemann, S., Ambrósio de Souza, O., Rocha, C. (2012). Transportation of dangerous goods by road: the Brazilian case for selection of carriers based on a risk management methodology. Transportation Planning and Technology, vol 35, issue 7, 2012; pp 677–696.
7. Shahram, G., Ganjnia H., Asadi, M. (2013). Difference between internal and external supply chain risks on its performance. Singaporean Journal of Business Economics and Management Studies, vol. 1, no. 8, 2013; pp. 12–18.
8. Šimák, L. (2007). Risks in operation of transport processes. Mechanics Transport Communications issue 3, 2007; pp. 11–15. XVII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "TRANSPORT 2007" [avalik: http://www.mtc-aj.com/library/136_EN.pdf, kasutatud 15.11.2017].
9. Taboada, J., Matías, J. M., Saavedra A., Ordóñez, C. & Martínez-Alegría, R. (2007). Risk Communications: Around the World Neural Network Models for Assessing Road Suitability for Dangerous Goods Transport. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal Vol. 12, Iss. 1, 2006; pp. 174–191.
10. Дюльгер А. (2014). Классификация рисков в международных мультимодальных перевозках. Молодой ученый, №8, 2014; с. 457–459. [avalik: <https://moluch.ru/archive/67/11193/>, kasutatud 15.11.2017].

Summary

The Evaluation of Carrier Company Risks in Dangerous Goods Transportation Chain

Within this study, the focus was on finding the solution for the problem of underestimation of risks within the transportation chain of dangerous goods. The liability for the non-exposure of dangerous characteristics of goods within the transportation chain is largely due to the carrier. Therefore, it is important to choose a transport company that is able to provide and carry out the transport of dangerous goods in the safest way. The present study examined the transportation chain of dangerous goods from the perspective of the carrier's operations. Based on the results of the survey and the risk assessment, it can be concluded that risks associated with the transport of dangerous goods have been underestimated by carriers.

The conscious implementation of risk management is the basis for the company's success in its field, preventing potential losses and minimizing costs. Developing a risk management process is required for every company involved in the transport of dangerous goods, and the implementation of the checklist is just one option for that. In order to hedge existing risks, they must be identified and evaluated. The systematic use of a checklist for use by drivers during loading and unloading the haulage chain is one of the possibilities. The identification of risks of a transport company with the use of a checklist is based on real situations. The checklist combines extensive knowledge of various fields as risk management and requirements for dangerous goods transportation by road into an easily accessible system. Further research in this area is the development of a risk analysis framework for transport companies involved in the transportation chain of dangerous goods to identify the necessary measures to mitigate risks in order to create and ensure safe freight transport and prevent accidents with dangerous goods.

GRAMME JA KONTSENTEERITUD MÄHISE VÕRDLUSANALÜÜS

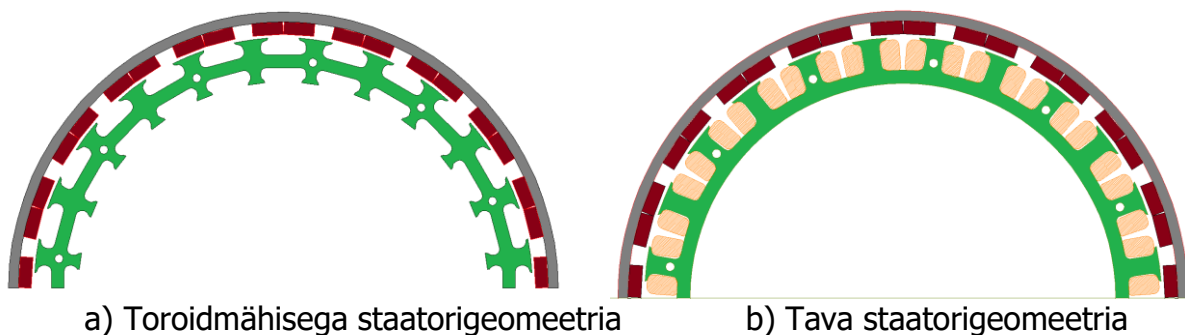
René Nukki, PhD, Tallinna Tehnikakõrgkooli professor

Sissejuhatus

Artiklis käsitletakse Tallinna Tehnikakõrgkooli ideekonkursi raames läbiviidud ja elektrilisele võidusõidumootorrattale kavandatud suure erivõimsusega välisrootoriga püsomagnet-sünkroonmasina (VRSM) staatori ning selle mähise topoloogilist ja elektromagnetilist osa. Analüüs teostati uurimistöös esimeses faasis vähendatud mõõtmetega staatori mudelite baasil, kus peamiseks uurimisobjektiks oleva uude VRSM-staatorile kavandatud ühekihilise Gramme ehk toroidmähise tehnilisi näitajaid võrreldi püsomagnet-sünkroonmasinates levinuma kahekihilise kontsentreeritud mähise vähendatud mudeli näitajatega. Analüüsi eesmärk oli tuua välja erisused mõlema mähisetüübi puhul ja saada kinnitust hüpoteesile staatori ikkel asetseva toroidse mähkimisviisi eelistest samaväärse, kuid hambakihti hõlmava kontsentreeritud mähisetüübi ees. Mõlemad vähendatud mudelid modelleeriti oma geometrilistelt mõõtmetelt, samuti elektrilistelt ja magnetilistelt parameetritelt sarnasteks. Mudelite ainsaks erinevuseks oli staatori ikkel asetsemine, mis Gramme mähise puhul oli viidud staatori siseperimeetrilt keskossa.

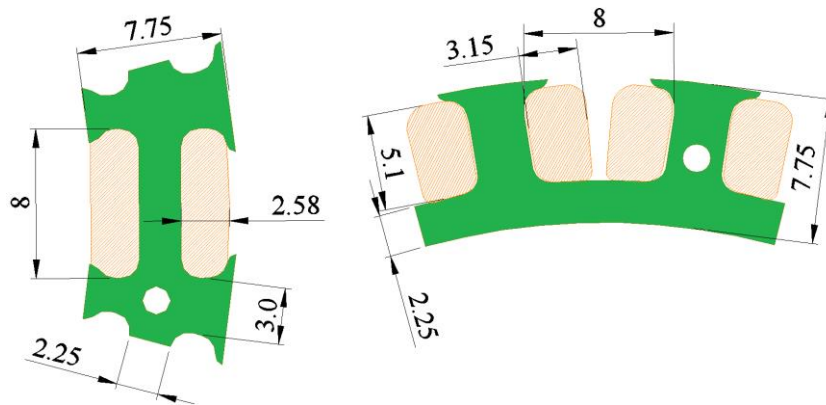
Kahe võrdlusmudeli topoloogia geomeetiline ja elektromagnetiline analüüs

Saamaks ühise lähtepunkti objektiivseks võrdluseks, jäeti mõlema mudeli modelleerimisel samaks nende rootori geomeetria, magnetpooluste ja uurete arv; staatori sise- ja välisläbimõõt, uurdeavade ja hammaste laius ning seega ka pindala ja ikke paksus, mis uurimisobjektiks oleva Gramme mähise geomeetria puhul on viidud staatori keskmisesse ossa, erinevalt tavapärasemast kontsentreeritud ühekihilise mähisega staatorist, kus ikkel asetsemine on siseperimeetril ja kus uuretesse paigutatud mähisepoolide küljed ümbritsevad hambaid (joonis 1).



Joonis 1. VRSMi Gramme ja kontsentreeritud mähisega staatorite topoloogia

Kõrvutades geomeetriselt omavahel kummagi konfiguratsiooniga staatori mähisepoolte vertikaalses positsioonis, nähtub, et sama staatori kõrguse $h_s = 7,75$ mm ja ikke paksuse $h_{sy} = 2,25$ mm puhul on tavapärase hammaste geomeetria puhul (a) saavutatav mähise kõrgus h_{coil} võrreldes toroidmähisega (b) ligi 3,0 mm ehk 36% väiksem (joonis 2).



a) Toroidmähisega staatorigeomeetria b) Tava staatorigeomeetria

Joonis 2. Vaated võrdlusalustest VRSM-staatori geomeetriatest

Sama suhe avaldub ka mõlema mähise poolikülgede pindalade võrdluses sama mähisepooli külje laiuse $w_{coil} = 2,58$ mm korral. Suurendades $w_{coil(b)}$ väärtust 18% (3,15 mm-ni), saadakse pindalaks $A_{coil(b)} = 15,26$ mm². Ka sel juhul on see ligi 21% väiksem, võrreldes toroidmähise (a) vastava pindalaga $A_{coil(a)} = 19,28$ mm². Tavamähise poolikülgede radiaalne laiendamine toob samaväärselt ehk 6% võrra kaasa ka laupühenduste aksiaalse pikenemise, mis sel puhul moodustavad 32% mähise aktiivosa pikkusest. Kuigi toroidmähise puhul on mähise arvutuslik koguruumala ligi viiendiku võrra suurem, on erinevus laupühenduste ruumalas vaid 2%.

Kirjeldatud tingimuste tulemusena saadakse kontsentreeritud mähise (b) puhul täiteteguriks $k_{sf(b)} = 0,76$, mis on väga hea näitaja kasutatud mähisejuhi diameetri $D_{con} = 0,61$ mm puhul [1].

Toroidmähise (a) puhul aga on vastav arvutatud mähise täitetegur kogu pooli lõikes ligi 20% kõrgem ($k_{sf(b)} = 0,94$).

Võttes näitlikuks aluseks mähisejuhi ristlõikepindala $A_{con} = 1,2$ mm², võimaldaks Gramme'i mähis seetõttu paigaldada ligi 26% ehk kolm keerdu rohkem pooli kohta. Võrdlusest järeldub, et sellise mähkimisviisi puhul on võimalik märgatavalt efektiivsem uurdeava ja suurema kogupindalaga mähisejuhtide kasutus. Samaväärsete tulemuste saamiseks (b) konfiguratsiooni puhul tuleks suurendada hammaste pikkust, millega suureneks ka staatori üldine kõrgus ja sellest tulenevalt ka VRSMi kogumass.

Teise võrdluse saab teha, võttes aluseks tavalise induktiivpooli. Vastavalt koguvoolu- ja Hopkinsoni magnetahelate seadustele [2]:

$$\oint_c H_l dl = \int_s J_f dA = Ni = \sum_1^n I_i = F_m,$$

kus

H_l on magnetvälja tugevus pooli sees (A/m), piiratud pinnaga C , l pooli pikkus (m), J_f voolutihedus (A/m²), A kontuuri ristlõikepindala (m²), N keerdude arv poolis, I_i koguvool mähisejuhis (A) ning F_{em} magnetomotoorjõud magnetahelas (A).

Sellest tuleneb, et mähitud südames avaldub magnetomotoorjõud mähist läbiva voolu ja keerdude arvu korrutisena. Kuna VRSMi poolid faasimähises on

jadaühenduses, siis läbib mähiseid sama vool. Arvestades voolu efektiivväärtuseks poolis näiteks $I_{rms} = 26,0 \text{ A}$ ning võttes Gramme'i mähise (a) puhul keerude arvuks 16 ja kontsentreeritud mähise puhul (b) vastavalt kolm keerdu vähem ehk 13, saadakse magnetomotoorjõudude väärtuseks $F_{m(a)} = 416 \text{ A}$ ja $F_{m(b)} = 338 \text{ A}$. Magnetahela konstantse ristlõike puhul arvutatakse magnetvoog [2]:

$$\Phi = BA = \mu_a H_l A = \mu_a \frac{NI_i}{l} A = \mu_a \frac{F_m}{l} A.$$

Valem näitab, et võttes pooli (a) ja (b) puhul aluseks eespool kirjeldatud F_m väärtused, mõjutavad Φ suurust vaid pooli pikkus l ehk mähise kõrgus ja südamike ristlõikepindala A . Kuna sama staatori pikkuse L_{sy} puhul on VRSM selle ikke kõrgus h_{sy} märgatavalt väiksem hamba laiusest w_{th} , siis võrreldava tulemuse saamiseks loetakse mõlemad võrdseks ühega. Sel puhul sõltub kogu erisus pooli pikkuse l väärtusest, mis on pöördvõrdeline magnetvoo suurusega. Kuna toroidmähise pooli (a) pikkus l_a on oluliselt suurem kui l_b mähisepooli (b) puhul, siis põhjustab see ka madalama Φ väärtuse, olles sellest ligi 19% väiksem kui pooli (b) puhul. See võrdlus toob välja lühema südamikuga pooli (b) eelised.

Võrreldes omavahel aga elektromagnetilise momendi T_{em} avaldumist [3]:

$$T_{em} = \frac{1}{2\pi} \left(N \frac{I_i}{2a} \right) (2p \Phi_m) = k_m \Phi_m I_i.$$

Valemist on näha, et T_{em} on võrdeline kõikide pooluste vooga ja ankrujuhtmete vooluga. Kuna pooli (a) ristlõikepindala A on suurem, siis võimaldab see sama keerude arvu N puhul pooliga (b) kasutada pindala ulatuses jämedama ristlõikega juhte ja sama voolutiheduse J korral juhtida 26% suuremaid voole. Sellega seoses on võimalik mähkimisviisiga (a) saavutada väiksema Φ_m , kuid suurema I_i väärtuse korral siiski ligi 2% kõrgemat elektromagnetilist momenti T_{em} kui mähkimisviisiga (b).

Elektromotoorjõud E_i tekib absoluutväärtusena mähises järgmiselt [4]:

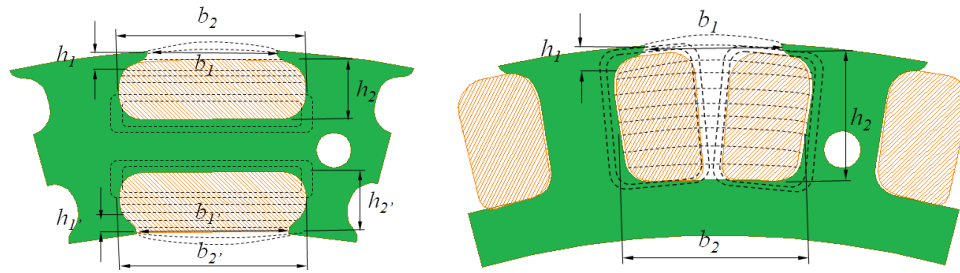
$$E_i = N \frac{d\Phi_m}{dt} = \frac{d\Psi_m}{dt} = \frac{pN}{a} \Phi_m \omega = k_e \Phi_m \omega.$$

Sellest nähtub, et E_i on võrdeline põhimagnetvoo Φ_m ja kiirusega ω . Võrreldes omavahel kummagi mähise geomeetriast tulenevaid elektromotoorjõudusid sama südamiku ristlõike A korral, saadi mähkimisviisiga (a) ligi 2% suurem arvutuslik E_i väärtus.

Magnetvoo kontuurid, mis ei läbi õhupilu, loetakse reeglina puistevoogudeks. Nende jagunemine toimub järgmiselt [5]:

- uurdesisesed puistevood (Φ_{sl});
- hambatippude puistevood (Φ_{th});
- laupühenduste puistevood (Φ_{ew});
- pooluste puistevood (Φ_p).

Joonisel 3 on esitatud põhimõttelised puistevoogude kontuurid mõlemat tüüpi mähiste puhul.



a) Toroidmähisega staatorigeomeetria b) Kongsentreeritud mähisega staatorigeomeetria

Joonis 3. Puistevoogude põhimõttelised kontuurid võrreldavates mähistes

Nii toroid- kui ka kongsentreeritud mähisetüübi puhul on esindatud kõik eespool kirjeldatud puistevood. Vaatluse alt on välja jäetud masina rootori magnetpoolustest tulenev pooluste puistevoog (Φ_p).

Urde puisteinduktiivsuse L_{sl} tekitab Φ_{sl} ja on arvutatav järgmiselt [6]:

$$L_{sl} = \mu_0 l_{con} \frac{Q}{m} \left(\frac{N_{con}}{a} \right)^2 \lambda_{sl},$$

kus l_{con} on mähisejuhi aktiivosa pikkus, N_{con} aktiivsete juhtide arv uurdes, Q staatori uurete arv, m faaside arv, a rööpharude arv, λ_{sl} urde magnetilise läbitavuse tegur.

Urde magnetilise läbitavuse tegur λ_{sl} avaldub [6]:

$$\lambda_{sl} = \lambda_1 + \lambda_2,$$

millest:

$$\lambda_1 = \frac{h_2}{3b_2} \text{ ja } \lambda_2 = \frac{h_1}{b_1},$$

kus λ_1 on mähitud osa ning λ_2 urde ava magnetilise läbitavuse tegur.

Analoogselt arvutatakse ka toroidmähise (a) staatori siseperimeetril olevate uurete L_{sl} .

Analüütiliste arvutuste tulemusena saadi samade l_{con} , N_{con} , Q , m ja a väärtuste juures kongsentreeritud mähise (b) puhul urde puisteinduktiivsuse $L_{sl} = 15,6 \mu\text{H}$ ja toroidmähise (a) puhul $L_{sl} = 11,2 \mu\text{H}$, mis on ligi 28% vähem. Seega on vastavalt väiksem ka L_{sl} põhjustatud puiste magnetvoog uurdes Φ_{sl} .

Hambatippudes tekkiv puisteinduktiivsuse L_{th} on määratud hamba tipu magnetilise läbitavuse teguriga λ_{th} [5]:

$$\lambda_{th} = k_2 \frac{5 \left(\frac{l'_g}{b_1} \right)}{5 + 4 \left(\frac{l'_g}{b_1} \right)},$$

millest õhupilu tegur k_2 :

$$k_2 = \frac{1 + l'_g}{2},$$

kus l'_g on õhupilu paksus ilma magnetiteta.

Puisteinduktiivsus hamba tippudes avaldub:

$$L_{th} = \frac{4m}{Q} \mu_0 l_{con} \lambda_{th} N^2.$$

Mähisetüübil (b) saadi $L_{th} = 0,23 \mu\text{H}$. Kuna toroidmähisel (a) on hambatippude arv võrreldes (b) tüübiga kahekordne, väljendub see ka pea 34% suurema väärtusena $L_{th} = 0,31 \mu\text{H}$. Seega on puisteinduktiivsuse osakaal hamba tippudes kontsentreeritud mähise puhul ligikaudu 1% L_{SI} väärtusest, samas kui toroidmähise puhul ulatub see suhe 3%-ni, mis omab samuti vaid marginaalset mõju elektromagnetiliste kadude lõikes.

Olulisem erinevus puisteinduktiivsustes tuleneb mõlema mähise laupühenduste osatähtsusest. Joonisel 2 on esitatud võrreldavate mähisetüüpide poolide mõõtmed. Samade staatori geomeetriliste mõõtmete juures, kuid staatori siseossa viidud ikke korral on mähisetüübi (b) hammast ümbritseva pooli pikkus märkimisväärselt väiksem võrrelduna toroidmähisega (a), mille pool ümbritseb staatori iket. Seega selleks, et mahutada ühte uurdesse sama ristlõike ulatuses mähisejuhte, on mähisetüübi (b) korral vaja suurendada pooli külgede diameetraalseid mõõtmeid ligi 47% võrrelduna mähisetüübiga (a). Sellega seoses suurenevad vastavalt ka laupühendused.

Laupühendustes tekkiva puisteinduktiivsuse arvutamiseks on võimalik kasutada empiirilist arvutusmetoodikat ja kindaksmääratud magnetilise läbitavuse tegureid λ_{ew} ja λ_w . Puisteinduktiivsus laupühendustes avaldub [5]:

$$L_{ew} = \frac{4m}{Q} \mu_0 l_{ew} \lambda_{ew} q N^2,$$

kus l_{ew} on laupühenduste keskmine pikkus ja arvutatakse:

$$l_{ew} = 2b_{ew} + w_{ew}.$$

$$l_{ew} \lambda_w = 2b_{ew} \lambda_{ew} + w_{ew} \lambda_w,$$

kus b_{ew} on laupühenduse pikkus ja w_{ew} selle laius.

Kuna kontsentreeritud mähisetüübi (b) laupühenduste pikkus nii radiaal- kui ka aksiaalsihis ületab toroidmähise (a) vastavaid mõõtmeid, siis väljendub see ka laupühendustest tuleneva puisteinduktiivsuse väärtuses $L_{ew} = 30,0 \mu\text{H}$, mis on ligi 27% enam kui toroidmähisel, $L_{ew} = 23,5 \mu\text{H}$.

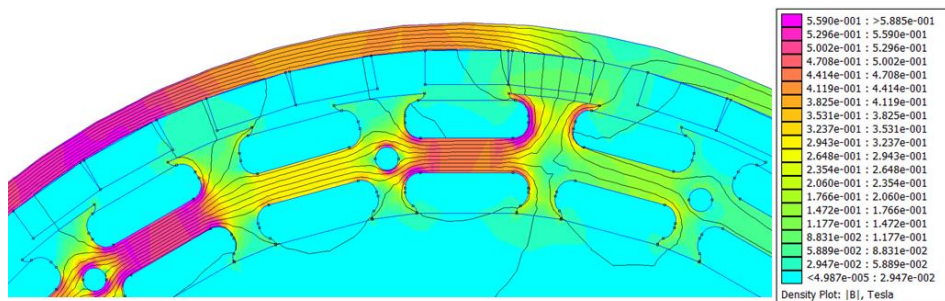
Summeerides valemitega 3,53–3,61 saadud tulemused, saadi mähiste tekitatud puisteinduktiivsusteks toroidmähise (a) puhul $L_{SI} = 35,0 \mu\text{H}$ ja kontsentreeritud mähise (b) puhul $L_{SI} = 45,7 \mu\text{H}$, mis on ligi 31% enam.

Praegusel juhul võib järeldada, et peamiseks puistevoogude tekitajaks mõlemat tüüpi mähise puhul on suure osakaaluga laupühendused. See väljendub eriti mähisetüübil (b), mille pooli külgede laius võrrelduna mähisetüübiga (a) on märgatavalt suurem, sõltuvalt pooli (b) väiksemast pikkusest.

L_{sl} ja L_{th} märgatavalt väiksemad väärtused on seletatavad mõlema mähise puhul nende suhteliselt väikese hamba kõrgusega, võrreldes suure uurde laiuse ja hambatippudevahelise kaugusega, mis loob seeläbi suure magnetilise tõkestuse R ka puistevoogudele Φ_{sl} ja Φ_{th} .

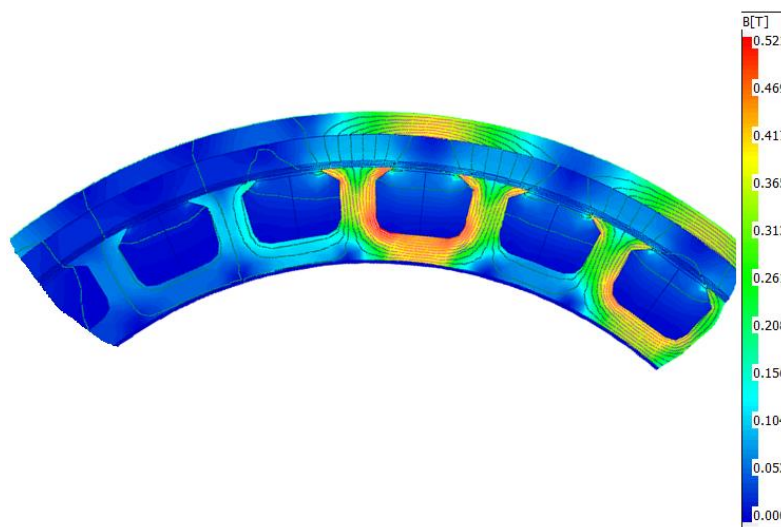
Urde suur suhteline läbimõõt ja hambatippudevaheline kaugus puudutab ka VRSMi toroidmähise (a) sisemist hamba- ja uurdekihti, mis pole õhupiluga haaratud. Kuna sisemise kihi hammaste omavaheline kaugus on välimise hambakihiga võrreldes isegi suurem, samuti on mähis seestpoolt piiratud massiivse õhu perimeetriga, siis on magnetilise tõkestuse \mathcal{H} väärtus veelgi suurem ning L_{sl} ja L_{th} vastavalt väiksemad, mida kinnitasid ka saadud arvutustulemused. Sellest võib järeldada, et toroidmähise sisemiste poolikülgede tekitatud magnetvoog kulgeb peaaegu täies ulatuses mööda staatori iket, liitudes välimiste poolikülgede tekitatud magnetvooga.

Eelneva tõepärasust kinnitab ka joonis 4, millel on näha FEMi tarkvaraga simuleeritud toroidmähise sekundaarvälja jaotus VRSMi magnetringis.



Joonis 4. VRSM-toroidmähise sekundaarmagnetvälja jaotus

Seoses suure magnetilise tõkestusega \mathcal{H} on väljajooned koondunud peamiselt staatori ikkesse, ületades teatud määral õhupilu ja liikudes sealt edasi rootori ikkesse, milles magnetvootihedus on kuni $B = 0,45$ T. Staatori siseperimeetri uures ja hambatippude vahel aga on magnevootihedus marginaalse väärtusega, jäädes vahemikku $B = 0,02-0,04$ T. Samal tasemel on magnetvootihedus ka ülemise hambakihhi uuresisene ja hambatippudevahelisel alal. Eespool kirjeldatu kinnitab ka arvutustulemustel saadud madala puiste osakaalu.



Joonis 5. VRSMi sekundaarmagnetvälja jaotus kontsentreeritud mähise puhul

Võrreldes toroidmähise elektromagnetvälja jaotust Motor-CAD EMag tarkvara abil modelleeritud kontsentreeritud mähise omaga (joonis 5) on näha, et magnetvootiheduste väärtused staatori ikkes, hammastes, uuretes ja hambatippudes erinevad üksteisest vähe, olles vaid pisut kõrgemad toroidmähise puhul.

Kokkuvõte

Analüüsist võib järeldada, et VRSMi puhul kasutatav toroidmähis ja sellele vastav staatori geomeetria on igati õigustatud, pidades silmas puistevoogudest tingitud kadusid, mis osutusid väiksemaks, võrrelduna tavapärasema kontsentreeritud mähisega. Üheks eeliseks toroidmähise puhul on sama staatori kõrguse juures oluliselt efektiivsem mähiste paigutus ja uurde täitetegur, mis võimaldab paigutada uuretesse enam mähist ning lubab seejuures kasutada mõõtmetelt väiksemat ja kaalult kergemat staatori südamikku.

Sõltumata toroidmähise heast uurde täitetegurist osutusid selle väljatugevuse H ja sellest lähtuvalt magnetvoo Φ näitajad madalamaks kui kontsentreeritud mähisel. Põhjuseks võib siinkohal pidada mähisepoolide suhtelist pikkust, võrreldes selle laiusega. Seda puudust saab aga hammaste geomeetria muutmise abil korrigeerida.

Hoolimata toroidmähise väiksemast H ja Φ väärtusest, on võimalik elektromagnetiline moment T_{em} sama või isegi kõrgem. Selle põhjuseks on kõrgema uurde täiteteguri k_{sf} tõttu suurema ristlõikega voolujuhtide paigutamise võimalus ja suurem keerdude arv, millega saadi samaväärne või pisut suurem elektromotoorjõu väärtus.

Võttes kokku eespool kirjeldatud võrdluse, võis analüüsi tulemuste lõikes pidada staatori ja mähiste geomeetria, viimaste mõõtmete ja massi, magnetiliste kadude ja eespool kirjeldatust tulenevate elektromagnetiliste omaduste raames kõige optimaalsemaks VRSMi puhul Gramme mähist ning sellele vastavat staatori konfiguratsiooni.

Viidatud allikad

1. Emetor AB, Maximum possible slot fill factor using round conductors [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.emetor.com/blog/post/how-big-maximum-possible-slot-fill-factor-using-round-conductors/>. [Kasutatud: 20. november 2017].
2. D. Hanselman, Magnetic Design, Performance, and Control of Brushless DC and Permanent Magnet Synchronous Motors, E-Man Press LLC, 2012, pp. 19–41.
3. M. Popescu, Prediction of the electromagnetic torque in synchronous machines through Maxwell stress harmonic filter (HFT) method, Electr. Eng., vol. 89, no. 2, pp. 117–125, 2006.
4. A. Voldek, Elektrimasinad I, Tallinn, Valgus, 1972, p. 83–86.
5. J. Pyrhönen, T. Jokinen, and V. Hrabovcová, Design of Rotating Electrical Machines, John Wiley & Sons, Ed. United Kingdom: John Wiley & Sons Pte, Ltd. 2008, p. 514.
6. A. Voldek. Elektrimasinad II, Tallinn, Valgus, 1972, pp. 109–117.

Summary

Comparative Analysis of Gramme's and Concentrated Winding

Based on the analysis above, it can be concluded that the toroidal windings used with VRSM and its stator geometry are justified when considering losses due to flux leakages that were smaller than in the more conventional concentrated windings. One of the advantages of toroidal windings is that when the stator height is the same, its windings are located more effectively and the slot filling factor is more effective, which enables more winding in the slots; at the same time, the stator core can be smaller and lighter in weight.

In spite of the good filling factor of slots in toroidal windings, the field intensity H and magnetic flux Φ accordingly, were lower than these in concentrated windings. The reason could be the relative length of the winding coils compared to the width. This drawback can be improved by modifying the geometry of teeth.

Regardless of the lower values of H and Φ of toroidal windings, it is possible to achieve the same or even higher electromagnetic torque T_{em} by mounting larger cross-sectional conductors, as the slot filling factor k_{sl} is higher. Therefore, the higher k_{sl} value and a larger amount of loops guaranteed the same or slightly higher value of the electromotive force.

To conclude, the comparative study of the three different machines showed that the stator and winding geometry, parameters and mass, magnetic losses and consequently, the electromagnetic characteristics are optimal for the Gramme's windings and the stator configuration, accordingly.

PLANEERING KUI ÜHISKONDLIK KOKKULEPE

Toivo Tammik, MSc, Tallinna Tehnikakõrgkooli lektor

„Minevikust saame luua momentvõtte, nagu vana pruunika foto, ja panna ennast uskuma, et nii see *oli*. Aga nii oli see ainult säriaaja jooksul ja siiski on mõni laps ennast liigutanud, uduseks jäänud. Nemadki astusid aina ühest hetkest teise, ühest aastast ja põlvkonnast teise. Elased ebakindluses, nagu meiegi. Nende seinad, ahjud, põllud ja elud kadusid. Meie teed, mobiiltelefonid ja soojamaareisid kaovad. Ja kui on inimesed, siis nad ikka istuvad ju mingitel varemetel, unistavad mingist kadunud ajast, mingist minevikust.” (Tõnu Õnnepalu, „Valede kataloog. Inglise aed”, EKSA, 2017, lk 177.)

Eestis reguleerib ruumilist planeerimist terve rida seadusandlikke akte ja muid dokumente, alates üleriigilisest planeeringust „Eesti 2030+”² ning lõpetades igas omavalitsuses menetletavatest ja kehtestatavatest detailplaneeringutest.

Allakirjutanule, planeerimise ala praktikule, on ruumiline planeerimine oma olemuselt eelkõige tulevikku vaatav ühiskonnasiseste kokkulepete otsimine ja kokkulepete mõistliku aja jooksul fikseerimine.

Eesti kahes suuremas linnas, Tallinnas ja Tartus, 2017. a toimunud kutsutud ja avalike planeerimis- ning visioonikonkursside puhul joonistusid välja teatavad ühiskonda kui tervikut kirjeldavad ühisosad, mida konkursside võidutööde näitel siinkohal kirjeldatakse.

Ka Tallinna Tehnikakõrgkoolis oleme kohanud suhtumist, kus planeerimiseks loetakse konkreetsete seaduste, ettekirjutuste ja tehniliste nõuete täpset täitmist planeeringuprotsessi käigus. Teisejärguliseks jääb planeerimise sügavam sisu. Planeerimist võiks võrrelda arstiteadusega. Peavalurohtu oskab igaüks võtta, ajukirurgiks saadakse pärast kümnekond aastat vältavaid akadeemilisi ja praktilisi õpinguid.

Eriti eelmisel kümnendil toimunud ja krahhiga lõppenud kinnisvarabuumi ajal teostasid planeeringuid sisuliselt inimesed tänavalt, kes tihti isegi ei teadnud, mida nad ei tea. Ka praegusel ajal puudub selge vastutusliin planeerijate puhul: endiselt võib tekkida olukord, kus inimeste grupp, kes valdab teatavaid arvutiprogramme, kuid ei oma erialast ettevalmistust, teostavad planeeringuid, mis kujundavad suure hulga inimeste elukeskkonda aastakümneteks.

Meie kandis möödunud aegadel loodud planeeringuvisioonidest ilmselt kõige kuulsam on Eliel Saarineni esimese maailmasõja eelne konkursitöö „Suur Tallinn”. Vaatamata sellele, et sisuliselt realiseeriti sellest vaid 1–2 maja, on seda tippvisiooni ja eeskujuna siia maani esile tõstetud. Toonase Tallinna planeerimiskava seletuskirjas seisavad olulisena read **tänavatevõrgu reguleerimisest**, mille all toona mõisteti professor G. Dubelier` järgi „tänavatevõrgu muutmist nii üksikute tänavate lõikes kui ka üldises plaanis”.³ Möödunud sajandi jooksul on planeerimisprotsess Eestis tulenevalt muutlikest ühiskondlik-poliitilistest oludest olnud tihti stiihiline ja oma

² https://www.valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/eesti_2030.pdf

³ I. Djomkin, „Eliel Saarinen ja Suur Tallinn”, Tallinn, Kunst, 1977.

olemuselt vastuoluline. Stabiilsema arengu perioodid olid maailmasõdadele järgnenud aegadel, mil uus võim (ehk siis vastloodud Eesti Vabariik ja hiljem ENSV) ennast ka linnade ja maapiirkondade planeerimise kaudu kehtestas.

Taasiseseisvumise järgne ajajärk on planeerimise kvaliteedile eriti raskelt mõjunud. Ühiskonna toimimiseks vajalike objektide ja taristu rajamine on tihti takistatud seoses aastaid kestvate omandivaidlustega ja üldise planeerimiskultuuri madala tasemega. Tallinnas ja Tartus kui kahes Eesti suurimas linnas, on nn linna maad protsentuaalselt niivõrd vähe, et omavalitsustel on kogukonna ühishuvide väljaselgitamise ja realiseerimisega raskusi.

Tegutsevate arhitektide paremiku osas omab planeerimine oma segase staatuse tõttu küllaltki vähest populaarsust. Probleem on väga lai ja mitmekihiline, kuid üheks põhjuseks, mida välja tuua, saab pidada planeerimiskultuuri madalat taset ning ühiskonda sügavuti läbivate planeerimistraditsioonide katkemist uutes ühiskondlikes oludes. Planeerimine on suure vastutuse teadlik võtmine, ning protsessi venimine, ülemäärane vaidlustusvõimalus ja vahel ka seadustega ülereguleerimine viivad olukorrani, kus suuremate planeeringute puhul suudavad haldussuutlikkust ja head taset üles näidata vähesed bürood.

Ka RKASi tegevust arhitektuuriteoste autoriõiguste piiramisel tuleb pidada kahetsusväärseks. Ei ole harvad juhused, kus pärast hoonestus- või planeeringuvõistlust antakse visioon keerukate juriidiliste finesside ja jõu surve suvalistele vähempakkujatele edasitöötamiseks. On ilmne, et sellised ilmingud vähendavad planeerimise mainet veelgi.⁴

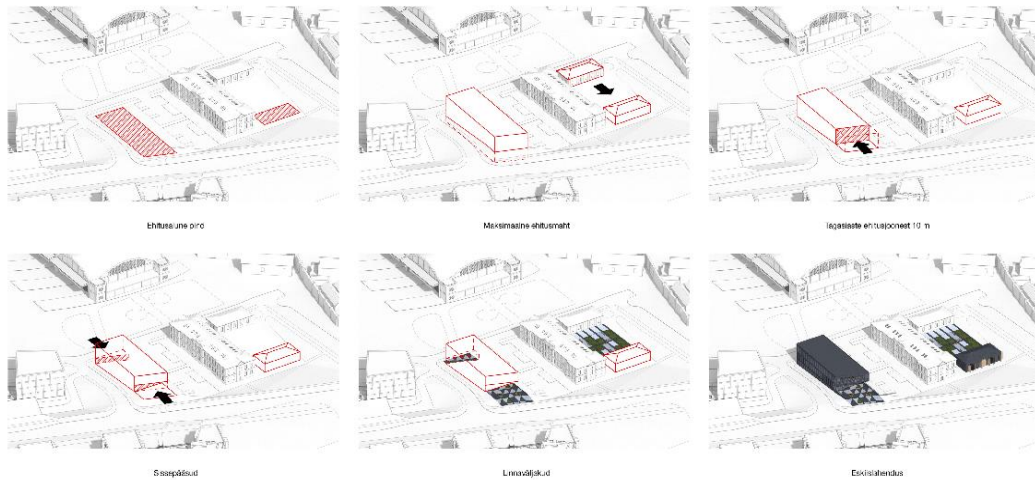
Ometi on viimasel ajal jõudsalt realiseeruva haldusreformi tingimustes tunnetatav suuremate omavalitsuste huvi ja kasvav võimekus oma oluliste piirkondade arengut terviklikult kujundada. Selleks on viimase aasta jooksul läbi viidud mitmeid esinduslikke konkursse, millest vähemalt osade puhul on oodata ka tulemuslikku resultaati uuenenud ja kvaliteetse linnaruumi näol.

Järgnevalt esitatud visiooninäited on projekteerimisprotsessi käigus leidnud tutvustamist ka Tallinna Tehnikakõrgkooli rakendusarhitektuuri ja rakendusgeodeesia üliõpilastele.

I Lennusadama arhitektuurivõistlus Tallinnas, Põhja Tallinna linnaosas. Kutsutud konkurss. Korraldajaks RKAS. Aadress: Küti 17C

Visiooni koostades on uusehitiste mahtude määratlemisel lähtunud vesilennukite angaaride ja Kalaranna tänava vahelise komplitseeritud struktuuriga staabikvartalid kui tervikust, mis on võimalik välja ehitada/rekonstrueerida nii etapiti kui ka kogu ulatuses korraga. Arvestatud on ka planeeritava uue, Vesilennuki tänavaga paralleelse tänavaga, millest lähiajal kujundatakse külastajatele mõeldud esinduslik ligipääs Vesilennukite angaarides asuvale muuseumile ning endisesse staabihoonesse kavandatud Meremuuseumi büroosse.

⁴ RKASi korraldatavad piiratud osavõtjatega visioonivõistlused on selles osas kahetsusväärseks näiteks. Konkursist osavõtjatel lasub enne konkursitöö esitamist kohustus allkirjastada lepingud, millega sunnitakse teose loojaid loovutama ainulitsensi alusel RKASile nii teose varalised kui ka isiklikud õigused, mis on vastuolus autoriõiguse seaduse põhieesmärkidega.



ansambel^{AB}
 Arhitektuuribüroo



Pärast muudetava detailplaneeringu koostamist välja ehitatud Kalaranna tänava äärne hoonestus täieneb uute objektidega. Diagonaalis üle Kalaranna tänava on rajatud terve Vibu tn kvartal koos tänavavõrgu, kergliiklusteede, hoonestuse ja rekreatsioonialadega. Selles vaateliselt lähikontekstis olevas kvartalis on Kalaranna tänava äärne ja Vibu tänava hoonestus naturaalsest savitellisest välisviimistlusega. Selle kompleksi Kalaranna tänava äärsed viis mahtu on heledatest, sisekvartali hoonestus mustast tellisest. Vesilennuki tänava ja Kalaranna tänavate nurgalahendusena kerkib lähiaastatel kahes ehitusetapis uusasjalik ja ratsionaalse

vormikäsitlusega IT-agentuuri hoone (Dagopen OÜ); lähemas tulevikus rajatakse uus ühendustee Vesilennukite angaarini üle praeguste amortiseerunud militaarrajatiste, kavandatakse ulatuslikku parkimismahtu Patarei ja staabikvartali vahele, renoveeritakse staabihoone. Patarei kompleksi ja staabikvartali vahele jääva parkimismaja arhitektuurne lahendus peab asukohast tulenevalt olema keskkonnatundlik ja arhitektuurset lahenduselt kõrgetasemeline.

Konkursiala vastas asunud tühermaale rajatud Vibu tänava puhul on nii tänavalahendus tervikuna kui ka kõik sellel paiknevad hooned rajatud AB Ansambel OÜ arhitektide kavandite järgi. Endisele raudteetammile rajatud Kalaranna tänav on üks suuremaid iseseisvusaegseid infrastruktuurirajatisi Tallinnas Tammsaare tee läbimurde ja Järvevana tee laienduse kõrval. Uued tänavad ja ühendused lisavad seni perifeersena seisnud kunagistele tööstusaladele lisaks mereäärsele asukohale täiendava potentsiaali. Lisaks veel silmapaistvad head kohandamist leidnud tööstusarhitektuuri näited lähinaabruses (Meremuuseum endises vesilennukite angaaris). Oma järke ootab Patarei.

Nagu ka järgnevad näited, on tegemist kompleksse kvartaalse lahendusega uuenenud infrastruktuuriga linnaruumis.

II Holmi kvartali planeerimiskonkurss



Väljavõtteid seletuskirjast

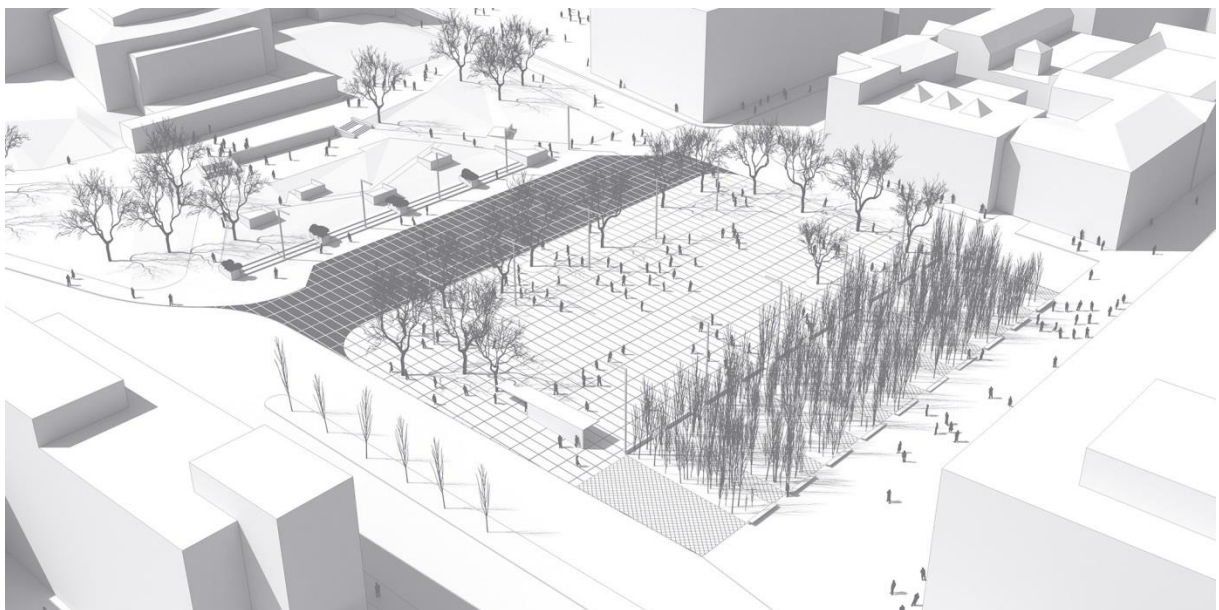
„Kontseptsiooni lähtepunktid.

1. Imselt on Emajõgi olnud Tartu linna väga oluliseks tekkepõhjuseks. Jõe näol oli tegemist peamise transpordikoridoriga, mida mööda liikusid nii inimesed kui kaubad. Ennesõjaaegne Holmi kvartal Tartus oli hea näide linliku kogukonna ja avara jõe koostoimest. Holmi kvartalis paiknes kalaturg, teisel pool jõge söögiturg, jõgi oli arvestatav taristuelement ning palistatud erinevate praktiliste ja

vaatemänguliste majandusilmingutega (lotjade randumiskohad, ümbritsevad turud, kaubahoovid jm).

2. Tänapäeval on linnaehituslikult olulisim aspekt Holmi kvartalis tulevase hoonestuse ja avaliku ruumi avamine jõele, kvartali ja jõe omavaheline orgaaniline sidumine uuenenud tingimustes. Kõigist planeeringuvisionidest kavandatavatest hoonestusmahtudest ja avalikust loodavast linnaruumist on tagatud silmside jõesihiga, samuti üle jõe vaadeldava endise Puuturu/Söögituru aladega. Endised jõge ümbritsevad turualad (kalaturg, söögiturg jm) kui linnasüdames väga suurt potentsiaali omav piirkond oleks vajalik pikemas perspektiivis täita tänapäevaste avalike funktsioonidega. Endise söögituru alal võiks ette näha praeguse turu laienemist. Viimase aja arengud näitavad, et trammiliikluse sisseviimine Tartusse on edasi lükatud tulevikku ning trammikoridoriga võistlustöö otseselt ei arvesta, kuid Uus-Holmi tänava sihti on trammiliiklus hiljem paigutatav.
3. Praeguseks välja kujunenud pargimaastikul Holmi kvartalis on välja kujunenud teatav traditsioon avalike ürituste läbiviimiseks. Esitatud visioon pakub välja lõuna-õhtusuunalisele kaldatrepistikule rajatud, osaliselt katustatud avatud linnaruumi, mis sobib ulatuslikeks väliüritusteks, etendusteks, kontsertideks. Büroo Tajuruum maastikulahendus leiab võistlustöös sujuvat integreerimist. Holmi kvartalis hõlpsalt ja orgaaniliselt rajatavad kaldaäärsed trepistikud on sobivad nii igapäevaseks puhkealaks kui ka ürituste toimumise kohaks. Tänapäeval on jõe praktiline transpordifunktsioon sisuliselt kadunud. Holmi kvartali hoonestuse ja rekreatsioonialade jõele avanemine kesklinlikus kontekstis vägagi aktuaalne.
4. Hoonestuse paigutuse osas on arvestatud hoonete insolatsioonitingimustega, eelistades elamute puhul lõuna- ja õhtuvalgust ning paigutades büroo- ja riigiasutuse pinnad kulgema piki Narva maanteed. Materjalikasutus innovatiivne, rakendades CLT-tüüpi või analoogseid puidukasutustehnoloogiaid, energiasäästlikke kütte- ja ventilatsioonilahendusi ning päikesepaneele. Päikesekaitse süsteemidena kasutada muuhulgas vertikaalset fassaadialjastust.
5. Võistlustöö kavandamisel on arvestatud olemasoleva, aegade jooksul tekkinud linnaehituslike kihistustega. Kahjuks on praegu alal paiknev Kaunas/Atlantis kaotanud enamuse oma võimalikust väärtusest, mistõttu on otstarbekas ajale jalgu jääv ümberehitistega risustatud kompleks lammutada. Mõneti võib Holmi kvartalit võrrelda Rotermanni kvartaliga Tallinnas, mis asub vanalinna ja uuema, modernistliku linnakoe vahevööndis.
6. Kompleksi kandva idee moodustab kvartali avatus Emajõe. Jõe paigutatavad väliujula, puhkekai ja võimalik lava/ekraan võimaldavad laugel jõekaldal paiknevate astmestik/tribüünidel erinevate vabaõhuürituste läbiviimist. Ažurne varikatus muuhulgas ülikoolile reserveeritud konverentsikeskuse kohal rõhutab kvartali olulisust, tõmbab tähelepanu seal asuvale väarikale asutusele annab hea võimaluse ürituste läbiviimiseks ka heitliku ilmaga.
7. Lisaks Uus-Holmi tänavale ja jõeranna rajatistele paigutub kvartali avalikku ruumi diagonaalne tuulte eest varjatud sisekvartali passaažtee välikohvikute ja puhkealadega, sellele avaneb ka laste mänguväljak, mis on kasutatav/osaliselt eraldatav lastehoiu tarbeks.”

III Uueturu pargiala planeerimiskonkurss Tartus (mõlemal korraldajaks Tartu linn)



1. Küüni praegu pisut kõledavõitu tänavaruum konkretiseeritakse Kaubamaja lõigul massiivse tänapäevases võtmes **kõrghaljastusmahuga** („kaasik“ – vabavormilised ettekasvatatud puud, eelistatavalt dekoratiivsete valgete tüvedega kask, selle asemel võib kaaluda kultuurõunapuud või kirsipuud). Kõrghaljastus (kaskede puhul ca 7...10 m kõrgune) saab tasakaalustama Vanemuise poolt avaneva Kaubamaja vaate liigset domineerimist, samuti on see linnaehitusliku vahelduse tekitamise koht. Lahendus peab töötama kontrastina, võrreldes endisaegsete uimaste haljastuslahendustega.
2. Uueturu kvartali Vanemuise poolne pind kaetakse suuremõõtmelise, **heledatoonilise graniitplaadistusega** (võib kaaluda ka töödeldud betooni), moodustamaks avarat avalikku ruumi, mis võimaldaks läbi viia üritusi ning avada häid kaugvaateid Vanemuisele ja vastupidi.
3. Vanemuise mõjuväljas olev haljak, mille ülaosas paikneb Tubina monument, on linnaruumis aktiivsest kasutusest väljas. See kujundatakse ümber minimalistlike ja demokraatlike võtetega, lisades teatava tundlikkusega **4–5 kiviplatvormi**, kus on võimalik jalgu puhata, korraldada *pop-up*-kohvikuid ning millelt avanevad head vaated Uueturu kvartalis toimuvale. Ühe, Ülikooli tänava lähedusse jääva platvormi välispind kaetakse Vanemuise tarbeks LED-ekraanidega, moodustavasse siseruumi saab paigutada tehnilise ruumi, WC vms.
4. Ülikooli tänava ja Uueturu tänava hiljuti valminud **liiklusskeeme ja -lahendusi ei muudeta**, kaaluda tuleks Ülikooli tänava katendite puhul asfaldi asendamist väarikama, väljakuga sobivama materjaliga (tume graniit, toonitud betoon).
5. Ülikooli tänava äärde rajatakse **bussiparklate lähedusse astmestikud**, millel bussiootajad saavad puhata ning mis on suurürituste puhul kasutatavad minitribüünina, jälgimaks mööda Ülikooli tänavat kulgevat paraadi vm vaatemängu. Astmestik omab katkestusi skulpturaalsete postamentide näol, millesse võib paigutada nii väiksemaid puid kui ka värviilu pakkuvaid püsikuid. **Postamentidele kantakse tänapäevased reljeeflahendused** infoga omaaegse Vanemuise, Promenaadi tänava, Pallase jm kohalike huviväärsuste kohta.
6. Kogu võistlusalale paigutatakse sobivalt disainitud pingid tuulevarjulisematesse ja hubasematesse kohtadesse: kõrghaljastuse äärde, samuti väikese voolava vee efekti pakkuva purskkaevu kõrvale.
7. **Lillekiosk koos avamüügivõimalusega** paigutatakse samasse mahtu Riia mnt äärse bussipeatusega ning lahendatakse lakoonilise hästidisainitud paviljonimahuna, kus võib vajadusel paikneda ka väike kohvik. Teenindus avaneb väljaku poole.
8. Võistlusalal **säilitatakse maksimaalselt Riia mnt, Ülikooli tn ja Uueturu äärne olemasolev kõrghaljastus**. Rajatakse uus kõrghaljastus Küüni tn äärde, samuti lisatakse sobivatesse kohtadesse (Ülikooli tn äärsed postamendid jm) sobiv värvikas inventaarne haljastus.

IV Kadaka tee 88 kinnistu ja lähiala visioonivõistlus Tallinnas (korraldajaks Liven AS)



Oma iseloomult on arendusala demokraatlik ja vaheldusrikas keskkond, mida on võimalik jalutajal läbida, samas on võimalik luua privaatsemaid, piiretega ääristatud tsoone mängualade ja näiteks aiandushobide jaoks.

Tulevikus on arendusala läbistav kõrvaltänav paigutatud planeeringuga käsitletava ala idapiirile, olemasoleva alajaama mõjuvälja. Olemasolev läände suunduv tänav jääb arendusalast välja, kuid tõenäoliselt on sellelt võimalik teostada mahapöörded rajatavate hoonete juurde.

Lisaks eespool kirjeldatule läbib arendusala vaid üks U-kujuline rahustatud liiklusega kvartalitee, mille puhul võib kaaluda ka selle ühesuunaliseks muutmist. Liikluslahendus võimaldab tagada kavandatava transpordiloo turvalise ja vaikse iseloomu, mis mõjub plussina kõigile vanusegruppidele. Samas on välditud keerukaid

tupiklahendusi. Jalakäijatele ja kergliiklusele luuakse sobivad sidusteed, mis tagavad jalutajate ja sportijate vaba pääsu, ühendamaks omavahel erinevaid arendus alasid.

Iga kavandatava eluhoone lähedusse rajatakse privaatse ja kammerliku mastaabiga mängu- ja puhkeväljakuid ning aktiivsema tegevuse tsoone, mis võimaldavad lapsevanematel väikelapsi ka iseseisvalt välja mängima saata.

Arendusala tsentrisse on kavandatud suurem puhke- ja mänguväljak, kuhu on võimalik aktiivselt aega veetma minna ka täiskasvanutel.

Täpsem kruntide moodustamise ja õuealade piirete asukohaga seotud otsuste tegemine võiks jääda järgmisse planeerimisstaadiumi.

Planeeringulahendus võimaldab luua turvalise ja ratsionaalse iseloomuga elukeskkonna, mille hoonestuse puhul kasutatakse välisviimistluses naturaalseid materjale ning hästiportsioneeritud mahujaotusi. Hoonestus kavandatakse vastavalt lähteülesandele ja kehtivatele seadusandlikele aktidele 3–4-korruselise, parklakohti on hoonete all ning tänavatel kavandatud piisavas mahus. Loomaks ödusat keskkonda, on lisaks korrusmajadele võimalik hoove piirata kaetud terrasside ja kasvuhoonetega, mis lisavad elukeskkonnale kodusust ja salapära.

Kokkuvõtvalt

Tallinna planeeringute juhendi⁵ eessõnas konstateerivad juhendi autorid, et: „Kaasav planeerimine on viimastel aastatel palju kõlapinda saanud. Eesti põhiseaduses seisab, et eraomandit ei tohi kasutada üldiste huvide vastaselt, ning alates esimesest planeerimisest (1995) on kehtinud põhimõte, et planeerimine on avalik ning erinevaid osapooli kaasav tegevus. See tähendab, et kõigil on õigus saada planeeringute kohta infot ning teha planeeringu koostamise käigus ettepanekuid-kommentaare. Probleem seisneb aga selles, et realsuses on planeerimisest saanud juriidikale ja vormistusreeglitele allutatud keerukas, vaid erialainimestele mõistetav protsess, kuhu on raske teisi osapooli juurde tuua juba spetsiifilise keelekasutuse tõttu. (---) Seetõttu on vaja kodanikusõbralikumalt „planeeringukeelt“, meetodeid ning selgitavaid abimaterjale, mis oluliselt lihtsustaksid planeeringute mõistmist ning seeläbi ühtlasi ka kaasamist“.

Esitatud näidete puhul ajendas allakirjutanut koos kolleegidega planeeringulahendusi otsima konkursside lähteülesannete innovatiivne iseloom. Olgu siis ühisnimetajaks keskkondlikult ja looduslikult komplitseeritud ning potentsiaalikas asupaik, kasutusest väljas olnud oluliste alade revitaliseerimisvõimalus, väljakutse mitmekihilise avaliku ruumi loomiseks või transpordi- ja parkimisprobleemide lahendamiseks.

Näidete seletuskirjade ja joonistega tutvumisel võiks teha järgmised järeldused. Planeerimise puhul ei saa rääkida avalikkusele suunatud ideekorjest kui pöördeliselt planeeringute kvaliteeti mõjutavast protsessist. Planeerimine on olnud ja jääb sügavalt professionaalseks tegevuseks, mille sisendid ja lähteülesanded tulevad ühiskonna eri kihtidest ning eri institutsioonidelt. Sisendid on nii sotsiaalse, tehnilise kui ka majandusliku suunitlusega. Planeerija loodav erinevate sisendväärtuste oskuslik liitmine kui tulemus, peab olema avalikkusele kättesaadav. Planeeringute koostaja missioon on muuhulgas ka tutvustada avalikkusele uusi tehnoloogiaid,

⁵ Tallinna Planeeringute juhend. MTÜ Linnalabor, B210, Tallinn, 2012, lk 2.

energiasäästu printsiipe, ruumiloome mehhanisme. Planeerija esitab küsimuse: kas uus urbanism suudab ületada autostumise⁶ ja jätab küsimusele küll üheselt vastamata, kuid toob autostumise vastu võitlemisel esile selliseid argumente, mis planeeringute koostajate kaudu varem või hiljem ka kaasavatesse planeeringutesse ning avalikkuse teadvusesse jõuavad.

Planeeringute puhul on tihti avalikkuse soov, et keskkond meenutaks mingit retrospektiivset nähtust (vanalinn, kaluriküla vm). Tehnoloogia arenguga seoses on muutunud kogukonna mõiste, sotsiaalmeedia jm kanalite abil saame ühenduses olla ja kuuluda mitmemiljardilisse kogukonda ning see otsatu perspektiiv on hirmutav. See on ka üks põhjustest, miks inimteadvus muinsuskaitse jm institutsioonide abil püüab kinni hoida ja väärtustada kõike endisaegset. Linnaehituses esindavad seda suunda vast kõige reljeefsemalt vennad Krierid⁷. Postmodernismi järgsel ajastul teame, et eri ajastute tunnustega ruumi ja kunstiteose loomine on võimalik, tulemus võib olla inimteadvust eksitav, kuid sellest hoolimata põnev. Esitatud näidetes on samuti leidnud koondamist tugevad kujundid, millest mõned esindavad tehnika viimast sõna, mõned aga kannavad edasi asukoha ajalugu või kohavaimu, *genius loci*.

Juba 1968. a ilmunud „Sõda ja rahu globaalses külas“⁸ konstateerib Marshall McLuhan nn Gutenbergi ajastu lõppu ja infoajastu algust. Senise literaalse, lineaarse, kirjapandud infojada asemel võetakse informatsiooni vastu tükatiselt, purustatakse üheaajaline tegevuskulg ja üheselt mõistetavus. See paradigmuuutus on järjest enam täheldatav ka planeerimistegevuse juures, kus loodav ruum on transformeeritav, ajas muutuv, paindlik ja fleksibiilne. Olgu siis tegemist tulevase Tartu peaväljaku või aedadesse mattuva uue elurajooniga Tallinnas, endise Kadaka küla maadel.

Viidatud allikad

1. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.valitsus.ee/sites/default/files/content-editors/arengukavad/eesti_2030.pdf. [Kasutatud detsember, 2017].
2. I. Djomkin. „Eliel Saarinen ja Suur Tallinn“, Tallinn, Kunst, 1977.
3. „Tallinna Planeeringute juhend“ MTÜ Linnalabor, B210, Tallinn, 2012, lk 2.
4. Peter Newman. Does new urbanism really overcome automobile dependence? „New Urbanism and Beyond“. Rizzoli, 2009, pp 186–189.
5. Rob Krier. „Urban Space.“ Academy Editions London 1979,
6. Rob Krier, Christopher Kohl. „Potsdam.“ Kirchsteigfeld. Awf-verlag 1997.
7. Marshall McLuhan, Quentin Fiore. „War and peace in the global village.“ Bantam Books. New York, London, Toronto 1968

⁶ Peter Newman. Does new urbanism really overcome automobile dependence? New Urbanism and Beyond. Rizzoli, 2009, pp 186–189.

⁷ Vt Rob Krier. Urban Space. Academy Editions, London, 1979, Rob Krier, Christopher Kohl. Potsdam. Kirchsteigfeld. Awf-verlag, 1997.

⁸ Marshall McLuhan, Quentin Fiore. „War and peace in the global village“. Bantam Books. New York, London, Toronto, 1968.

Summary

Planning as a Social Contract

In the preface of the „Planning Guidelines for Tallinn“, its authors state: „Inclusive planning has been talked about a lot lately. The Constitution of the Republic of Estonia states that private property land use cannot contradict public interests, and since the first Planning and Act from 1995, the principle of public and inclusive planning has been agreed on.“ This means that everyone has a right to get information about spatial planning processes, and to add suggestions and comments in between.

The problem lies in the fact that in reality, planning has become a complicated process, governed by rules and regulations and understandable only to specialists familiar with the field, where inclusion of different stakeholders has become difficult mainly due to extremely specific vocabulary and language use. Therefore, a more citizen-friendly „planning language“ is needed, with method explanations and explanatory materials which would considerably facilitate the understanding of the planning process, and therefore would also help to implement actual inclusion.

The author and his colleagues were eager to find planning solutions to the examples presented in this article due to the innovative essence of the planning competition calls, like a potentially attractive location that is challenging because of its environmental or natural aspects; a revitalization potential of unused areas; or a challenge to create a multi-layered public space; or to solve transport and parking problems.

When getting to know the letters of explanations and drawings for these cases, it could be concluded that spatial planning cannot be seen as a public idea gathering process that would considerably influence the quality of the planning process. Planning is and has been a deeply professional activity, the inputs and terms of references of which derive from various layers of society and from different institutions. Inputs can be of social, technical and economic origin. A spatial planner skilfully merges all the inputs, and this result must be publicly available. In addition, the mission of a spatial planner includes introducing new technologies, energy efficiency principles and the mechanisms of public space creation to the public. For example, an urban planner poses the question: can new urbanism overcome automobile dependence; but instead of giving a straight answer, brings out those arguments against automobile dependence that will sooner or later be included in the planning process and will therefore reach the public.

Usually the public demand for an urban environment is for it to remind a retrospective sight, such as an old town, fishermen's village, etc. The rapid development of technology has considerably changed the concept of community – through social media and other communication channels we may be connected and belong to a community of several billion people, and this endless perspective is frightening. This is also one of the reasons why the human consciousness tries to preserve and value objects from the past through cultural heritage associations and other institutions. In urban planning, the most well-known advocates of this idea are probably the brothers Krier. Living in the era after postmodernism, we know well that it is possible to create a space and an artwork combining various techniques and

styles from the past. The result may be misleading to the human mind, but, nevertheless, exciting.

The cases described in this article also represent powerful ideas, some of which represent the latest technical developments, and some, the history of a place, or the spirit of a place, *genius loci*.

Already in his book „War and Peace in the Global Village“ from 1968, Marshall McLuhan states the end of the so-called Gutenberg era and the beginning of an information era. Instead of the former literal, linear, written information flow, people get information in pieces, and the linear action flow and common understanding will become extinct. This paradigm change is being noticed also in the spatial planning process, as the spaces created will be transformative, flexible and will change in time.