

Teaduslikud lühiaartiklid

TalveAkadeemia kogumik
2015

 TalveAkadeemia 2015



TEADUSLIKUD LÜHIARTIKLID
scientific articles

Kogumik 13/2015
Publications 13/2015

TalveAkadeemia Kogumik 13/2015

Väljaandja

MTÜ TalveAkadeemia
Ehitajate tee 5, 12618 Tallinn
www.talveakadeemia.ee

Koostaja

Pille Salu

Kujundaja

Katrin Nõu

Keeletoimetajad

Meery Salu
Elis Elblaus

MTÜ Talveakadeemia soovib tänada kõiki TA2015 üliõpilaste teaduslike lühiartiklite konkursi hindamiskomisjoni liikmeid, kes konkursile esitatud artikleid retsenseerisid. Täname ka TA2015 toetajaid ja koostööpartnereid (tagakaane siseosal), kes aitasid kaasa TudengiTeaduse päevale Tartus, kus artiklite autoritel oli võimalus oma tööd esitada laiemale publikule.

Tartu 2015



EESSÕNA

13. konkursi kogumikku on koondatud kõik 2015 aasta TalveAkadeemia teaduslike lühiartiklite konkursile esitatud 13 tööd. Konkursis tõestab, et jätkusuutlikkus seob kõik neli teadusvaldkonda: bio- ja keskkonnateadused, ühiskond ja kultuur, terviseuuringud ning loodusteadused ja tehnika. Konkursis on teoks saanud tänu TalveAkadeemia vabatahtlike tööle.

TalveAkadeemia konkursil on grupeeritakse tudengid õppeastme järgi kahte rühma:

I tase - bakalaureuseõppe üliopilased/lõpetanud ja magistrandid

II tase - magistrantuuri lõpetanud ja doktorandid.

Kogumik on üles ehitatud vastavalt tasemetele, sisus ja vormistuses oli kahe taseme vahel ainsaks erinevuseks võõrkeelse abstrakti nõue II taseme puhul. Kogumiku lõpust leiab valiku artiklite ingliskeelseid kokkuvõtteid.

Konkursi eesmärgiks on pakkuda osalejatele tagasisidet väljastpoolt töö autori koduülikooli. Kõik tööd on retsenseeritud vähemalt kahe retsensendi poolt, kellest üks on erialaga tegelev ja teine uurimissuunaga otseselt mitte seotud teadlane. Esimese astme retsensendid on vähemalt magistrikraadiga ja teise astme retsensendid vähemalt doktorikraadiga. Kõigi valdkondade töid hinnati sama hindamislehe alusel, retsensentidel oli võimalik põhjendada jagatud punkte kommentaaridega ning vajadusel lisada kommentaare ka artiklile. Saadud

kommentaaride alusel said osalejad oma töid enne kogumikku lisamist parandada. Jagatud punktide põhjal aga selgitati välja parimad kirjutajad, kellele jagati TalveAkadeemia iga aastane stipendium.

Sellel aastal retsenseerisid konkursile laekunud töid:

Anne Murov, Arvo Iital, Edgar Karofeld, Elle Roosaluuste, Imbi Traat, Indrek Suitsoo, Jaan Liira, Kaiu Prikk, Kaja Orupõld, Kaja Peterson, Kalevi Kull, Kalle Kilk, Karin Hellat, Karin Kase, Karin Pachel, Katrin Gross-Paju, Katrin Heinsoo, Kaupo Toom, Kuido Kartau, Leo Luks, Maiki Udam, Mare Remm, Mari Palgi, Marju Kõivupuu, Marko Piirsoo, Mart Laanpere, Mihkel Kangur, Reili Argus, Siim Ruul, Toomas Vinnal, Tõnu Ploompuu, Uno Veismann, Vello Tõugu, Ülo Sõstra.

TalveAkadeemia meeskond tänab meeldiva koostöö eest kõiki retsensente!

Kõik TalveAkadeemia selle aasta konkursil osalejad saavad võimaluse oma teadustöö põhjal esineda populaarteadusliku ettekandega TudengiTeaduse päeval.

Lugedes avastate kindlasti säästva arengu uusi tahke, millele ei ole varem mõelnud!

Pille Salu

Kogumiku koostaja

TalveAkadeemia 2015 konkursijuht



SISUKORD

ITASEME ARTIKLID

Bakalaureuseõppe üliõpilased ja magistrandid

13

Koduse elektritarbimise ja energiasäästu võimaluste analüüs

Kaija Vill

27

Kuidas õpetada ja õppida, mida tähendab argument akadeemilises kontekstis?

Sven Anderson

41

Säästev areng riiklikus õppekavas – normatiivsest kategooriast sisulise kompetentsini

Kadi Maria Vooglaid

51

Joogivee kvaliteedi muutus punktproovi näitel Tallinna linnas ning meetod selle parendamiseks

Mariliis Eensalu

II TASEME ARTIKLID

Magistri lõpetanud ja doktorandid

65

**Kriteeriumide ja nende kaalude väljatöötamine
optimaalseima jääksoo korrastamise
viisi valimiseks**

Kadi Padur

79

Väiketootjate mõju pingekvaliteedile jaotusvõrgus

Rasmus Armas

91

Staatilise magnetvälja mõju südamerütmi variaabsusele

Tarmo Koppel

105

**Fütomass taastaimestatud freesväljadel ja erinevate
samblakülviga katselappidel**

Anna-Helena Purre

119

**Loodusteaduste õpetamine, kas vastavuses
ühiskonna huvigruppide ootustele?**

Tormi Kotkas

133

**Vegetatiivse paljunemise hind taimedel olukorras,
kus vanemtaimed ei saa kasutada tütaraimede
fotosünteesisaadusi**

Juta Lopp

145

Kognitiivne jätkusuutlikkus

Taavi Vanaveski

157

Olmekütmisest ja liiklusest pärit osakeste madalad kontsentratsioonid põhjustavad inimestel erinevaid tervisekaebusi Tartu linnas aastatel 2000 ja 2011

Mihkel Pindus

169

Stressi mõju dopamiini tasemele naalduva tuuma kestas kõrge ja madala positiivse afektiivsusega rottidel

Kai Tiitsaar

SUMMARIES

184

Analysis of domestic electricity consumption

Kaija Vill

185

How to teach and learn, what does argument into academic context mean?

Sven Anderson

186

Post-mined peatland re-use decision making using Multi-Criteria Decision Analysis

Kadi Padur

187

Impact of small producers on power quality in distribution grids

Rasmus Armas

188

**The effect of static magnetic field on
heart rate variability**

Tarmo Koppel

189

**Phytomass on revegetated milled peatfields and
on plots with different bryophyte species and
their mixtures used for dispersal material**

Anna Helena Purre

190

**Science teaching according to Estonian
stakeholders' evaluation**

Tormi Kotkas

191

**The price of vegetative propagation: when
clonal plants cannot import assimilates
from connected ramets**

Juta Lopp

192

The sustainability of cognitive function

Taavi Vanaveski

193

**Particles from local heating and traffic cause
health complaints among residents in
Tartu in year 2000 and 2011**

Mihkel Pindus

194

**The effect of stress on the levels of
dopamine in the nucleus accumbens shell of rats with
high and low positive affect**

Kai Tiitsaar



I TASEME ARTIKLID

Bakalaureuseõppe üliõpilased
ja magistrandid





KODUSE ELEKTRITARBIMISE JA ENERGIASÄÄSTU VÖIMALUSTE ANALÜÜS

Kaija Vill

SEOS SÄÄSTVA ARENGU PÕHIMÕTETEGA

2013. aastal moodustas kodumajapidamiste tarbimine (1862 GWh) Eesti elektrienergia kogutarbimisest 25,4 % (Eesti Statistika, 2014). Keskküttega kortereid oli 2011. aasta rahvaloenduse andmetel Eestis ligikaudu 364 000, neist kahetoalisi ca 160 000 (Eesti Statistika, 2013). Käesolev töö käsitleb ühe neljaliikmelise pere tüüpilise kahetoalise korteri elektrienergia tarbimist ja analüüsib energia säästmise võimalusi. Kui vaadeldavas majapidamises annab aastas elektrienergiat kokku hoida 165 kWh ulatuses, saaks kõigi sarnaste kahetoaliste korterite peale säästa elektrit 26,4 GWh ehk 1,4% kodumajapidamiste aastatarbimisest (vastab ca 3 MW kestvale võimsusele). Kuigi leitud osakaal tundub väike, on see kokkuhoid, mida iga kahetoalises korteris elav pere saaks vähese vaevaga saavutada. Kui aga kõik kodumajapidamised annavad oma väikese panuse, on see suur samm energia ja selle kaudu Eesti olulisima maavara – põlevkivi – säästmiseks tulevastele põlvedele.

SISUKOKKUVÕTE

Artikkel käsitleb ühe majapidamise elektrienergia tarbimist, võimsusteguri suurust, parasiitenergia esinemist ning võimalusi antud paigaldises säästa elektrienergiat ja raha. Tarvititest tarbisid enim elektriahi, pesumasin ja külmik; pimedal ajal kulus suurim osa energiat valgustusele. Päeva jooksul on tarbimises märgata kahte tippaega: hommikul ja õhtul. Võimsustegur¹ oli päeva jooksul keskmiselt 0,67, öisel koormuseta ajal veelgi madalam. Lisaks hinnati mõõteandmete põhjal majapidamise parasiitenergia tarbimist, mis jäi võrreldes kirjanduses (Niitsoo, 2012) toodud väärtustega kordades madalamaks. Hinnanguline parasiitenergia kulu vaadeldud paigaldises on 4% elektri kogutarbimisest.

Võimalused energia ja raha säästmiseks antud korteris on kesised, tingituna suhteliselt vähesest tarbimisest ja peamiselt ajaliselt mittenihutatavatest koormustest. Enim annaks elektrienergia- ja rahalist säästu olemasolevate enamkasutatavate hõõglampide järk-järguline asendamine kompaktluminofoor- või leedlampidega. Elutoa valgusti hõõglambi asendamisel leedlambiga ja parasiitenergia maksimaalse vältimise korral õnnestuks teoreetiliselt hoida aastas kokku energiat 165 kWh, mis on ligikaudu 10% aasta kogutarbimisest.

1 Võimsustegur näitab tarbitava aktiivvõimsuse ja ülekantava näivvõimsuse suhet.

Käesolev töö on valminud Tallinna Tehnikaülikooli Energeetikateaduskonna Elektrotehnika instituudi aine „Energiatarbimise juhtimine“ raames dr. Argo Rosina juhendamisel.

SISSEJUHATUS

Uuritav kodumajapidamine asub linnalises asulas. Tegemist on 1964. aastal ehitatud viiekordse paneelmaja neljandal korrusel asuva 44 m² kahetoalise korteriga. Maja on komplekselt renoveeritud 2014. a kevadsuvel. Korteritelektripaigaldis on rekonstrueeritud 2000. aastal. Korterris on gaasipliit, tsentraalne soe vesi ja keskküte. Korterris elab neli inimest: kaks täiskasvanut ja kaks last.

Peakaitseüliti on hetkel B16. Majapidamise installeeritud võimsus on ligikaudu 17 kW, maksimaalne tarvitatav võimsus aga 3,65 kW. Valgustite installeeritud võimsus on 574 W, mis moodustab kõigi tarvitite võimsuste summast 3,4%. Antud objekti võimsaimad tarbijad on pesumasin (2,3 kW), elektriahi (2,15 kW), soojapuhur (2,0 kW), triikraud (1,75 kW), tolmuimeja (1,5 kW) ja föön (1,2 kW). Tarbimiskohas on digitaalne ühefaasiline kahetariifne elektriarvesti, tüüp ACE1000 (paigaldatud 2010. aastal). Elektripakett on ühetariifne, hetkel ostetakse elektrit üldteenuse korras. Alates 1. jaanuarist 2013 kuni 2014. a novembri alguseni tarbiti antud tarbimiskohas elektrienergiat kokku 2476 kWh, millest 2013. aastal 1236 kWh ja 2014. aasta esimese kümne kuuga 1240 kWh.

METOODIKA

Elektritarbimise mõõtmisel kasutati seadmeid Voltcraft Energy Logger 4000. Need aparaadid kujutavad endast pistikupesasse ühendatavaid tarbimise jälgimis- ja salvestusseadmeid. Seade võimaldab salvestada ning edasiseks töötlemiseks väljastada iga minuti kohta keskmise tarbitud voolutugevuse, aktiivvõimsuse ja näivvõimsuse väärtused. Kirjeldatud seadmed valiti uurimistöö koostamiseks seetõttu, et neid oli instituudil piisaval arvul olemas ning neid on ka igaühel võimalik endale koduse elektrienergia tarbimise jälgimiseks osta. Mõõtmised ja analüüs on valminud autori iseseisva töö tulemusena.

Voltcraft Energy Logger 4000 tehnilised andmed spetsifikatsiooni põhjal: tööpinge ja –sagedus: 230 V, 50/60 Hz; maksimaalne mõõdetav võimsus ja vool: 3500 W, 15 A. Täpsus: 5 – 3500 W: +/- 1% + 1 koht; 2 – 5 W: +/- 5% + 1 koht; <2 W: +/- 15% + 1 koht. Seadme aktiiv-omatarve: 1,5 W.

Mõõtmistel kasutati kaheksat salvestusseadet, mis paigaldati järgmiste tarbijate gruppide mõõtmiseks: 1. üldtarbimine; 2. elektriahi; 3. kubu ventilatsioon ja valgustus; 4. külmkapp; 5. pesumasin; 6. televiisor, arvutid, ruuter; 7. triikraud, tolmuimeja; 8. elutoa valgusti. Nimetatud tarvitite grupid valiti igapäevaelus esineva suurima kasutussageduse alusel. Osa seadmeid grupeeriti sarnase iseloomu tõttu (nt grupp 6: televiisor, arvutid, ruuter), osa seetõttu, et nad moodustavad ehitusliku terviku (kubu ventilaator ja valgusti).

Kuna kõiki elektriseadmeid ei olnud võimalik pistikupesa kaudu mõõta, jäid ülejäänud 9. gruppi nimega „Muu“ järgmised tarvitid: vannitoa pörandaküte, vannitoa ventilaator, enamus valgusteid, saumikser, munakeetja, vahvliküpsetaja. Valgustite osakaalu täpsemaks hindamiseks 9. grupis kasutati konkreetsete valgustite kasutussageduse jälgimist nädala jooksul.

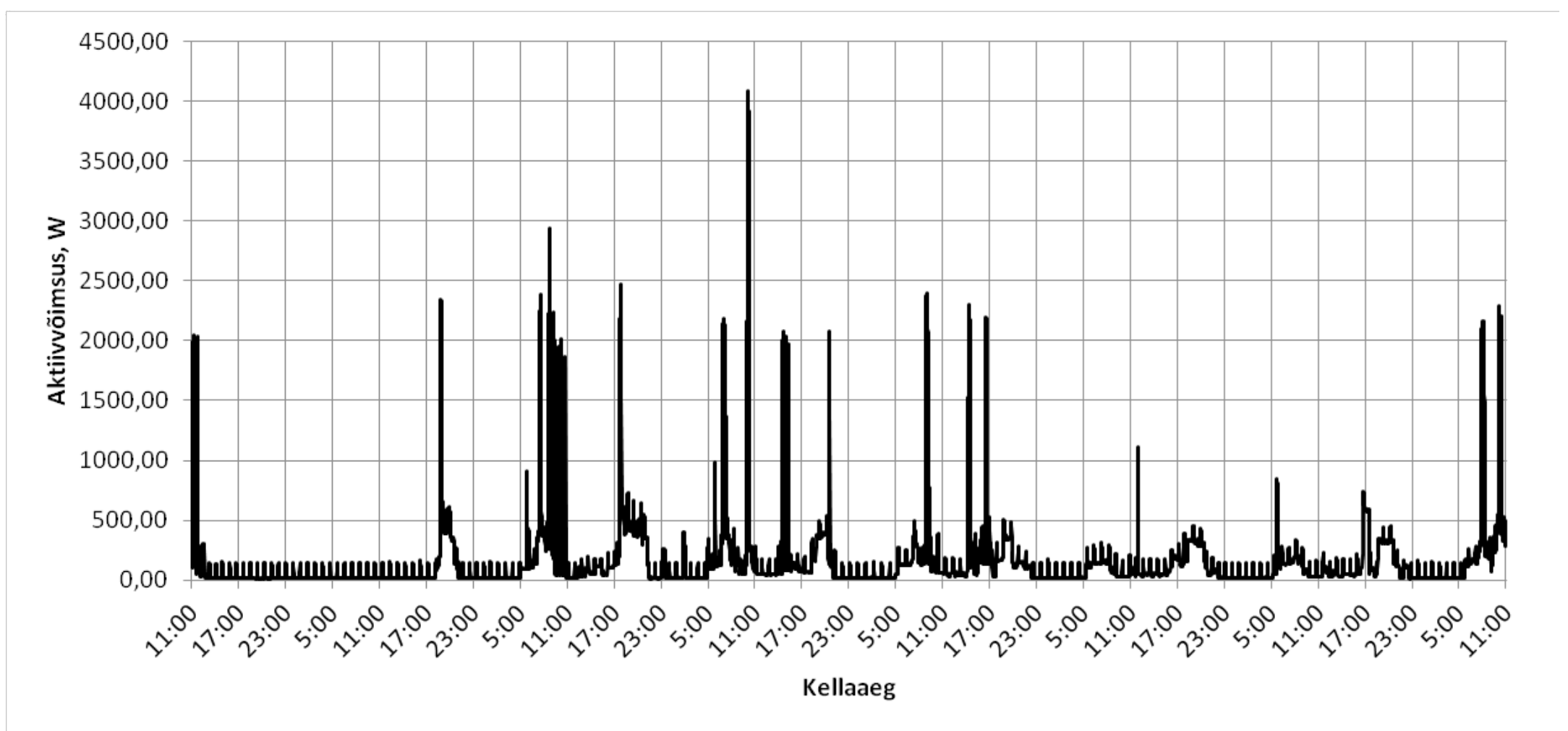
Andmete töötlemine toimus pärast mõõteperioodi lõppemist programmiga MS Excel. Iga mõõteseade salvestas mõõdetud perioodi jooksul minuti keskmised voolutugevuse (amprites), aktiivvõimsuse (vattides) ja näivvõimsuse (volt-amprites) väärtused. Salvestatud andmete põhjal oli võimalik arvutada iga minuti kohta selle jooksul keskmiselt tarbitud aktiivenergia ning keskmine võimsustegur.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

Elektrienergia tarbimise mõõtmised tehti ajavahemikul laupäev, 4. oktoober 2014 – laupäev, 11. oktoober 2014. Mõõteperiood koosnes kahest puhkepäevast ja viiest tööpäevast. On oluline märkida, et 4. oktoobril sõitis perekond kodust ära ja naasis pühapäeva, 5. oktoobri pärastlõunal. Seetõttu on selle ajavahemiku peamine tarbija külmik ning nädalavahetuse mõõtetulemused tõenäoliselt pikaajalisest keskmisest väiksemad.

Aktiivvõimsuse tarbimine

Joonis 1 kujutab kogu tarbitud aktiivvõimsuse muutumist nädala vältel. Nagu näha, ei ole suurte võimsuste tarbimises silmatorkavaid seaduspärasid. Küll on aga iga päeva tarbimises märgata kahte väiksema võimsusega (ca 400 W) tippaega hommikul ja õhtul. Vajatav võimsus muutub suurtes piirides sõltuvalt pereliikmete tegevusest, mis ei ole igal tööpäeval ja igal puhkepäeval sarnased. Oluliselt mõjutab mõõte- ja arvutustulemusi see, et mõnikord sõidab perekond nädalavahetusel maale ja sel ajal tarbib elektrit peamiselt külmik. Tööpäevade tarbimist mõjutavad enim elektriahju ja pesumasina kasutamine ning suured võimsustipud vahemikus 2000..4000 W, ongi nende seadmete töötamisest tingitud.

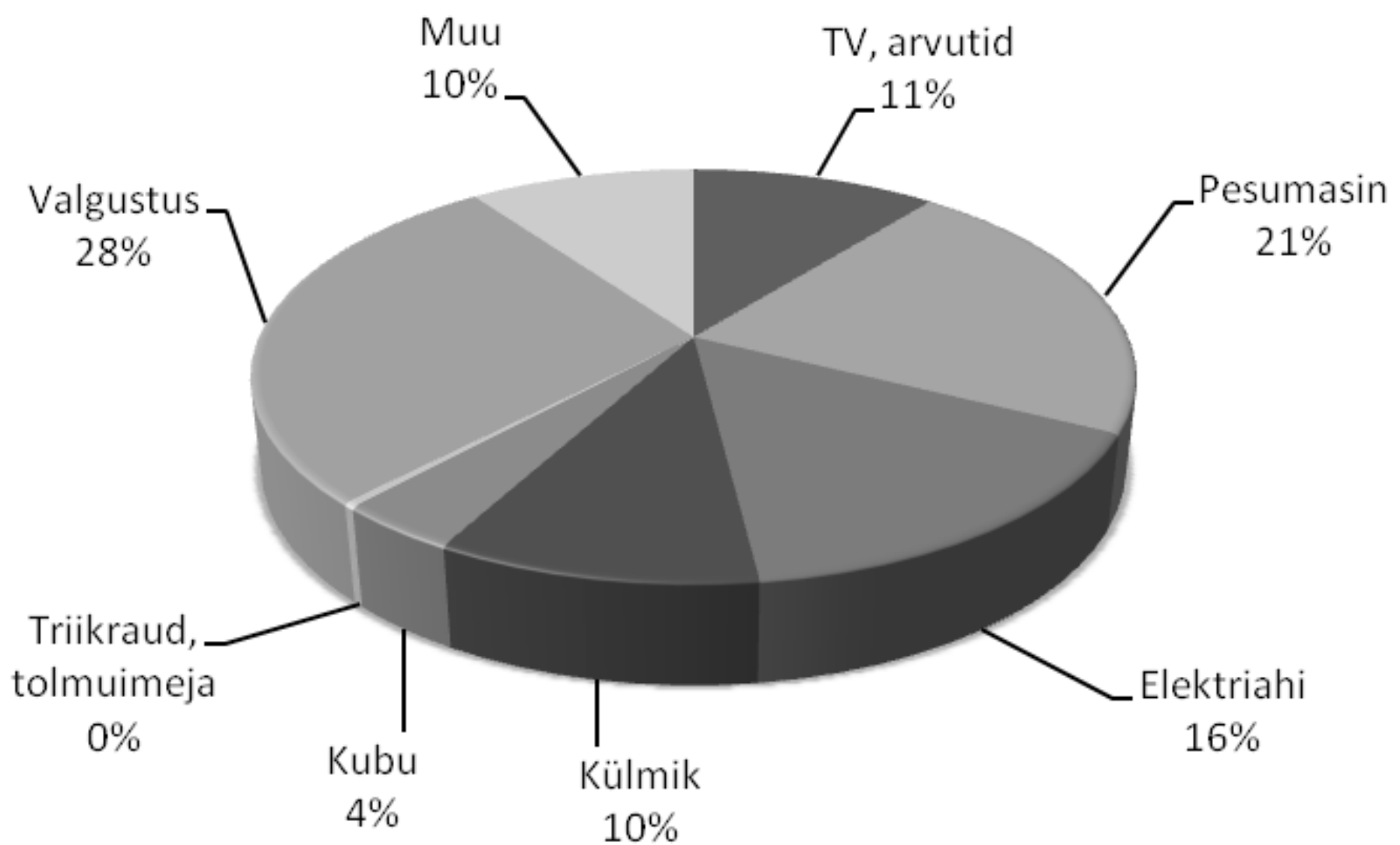


JOONIS 1. Majapidamise summaarse tarbitava aktiivvõimsuse muutumine nädala vältel.

Aktiivenergia tarbimine

Suurimad üksiktarbijad antud kodumajapidamises on pesumasin, elektriahi ja külmik. 28% energiast tarbisid seadmed, mida otseselt mõõta ei saanud ja liigitusid grupi „Muu“ alla. Mõõteperioodi jooksul panustasid selle rühma tarbimisse peamiselt valgustid, vannitoa ventilaator, pörandaküte ja mõned köögiseadmed. Kuna käesoleva töö koostamisel ei olnud võimalik enamiku valgustite tarbimist eraldi mõõta, kasutati nende osakaalu hindamiseks nädala jooksul valgustite kasutusaegade jälgimist. Vaatluse tulemuste arvestamisel jaguneb elektrienergia

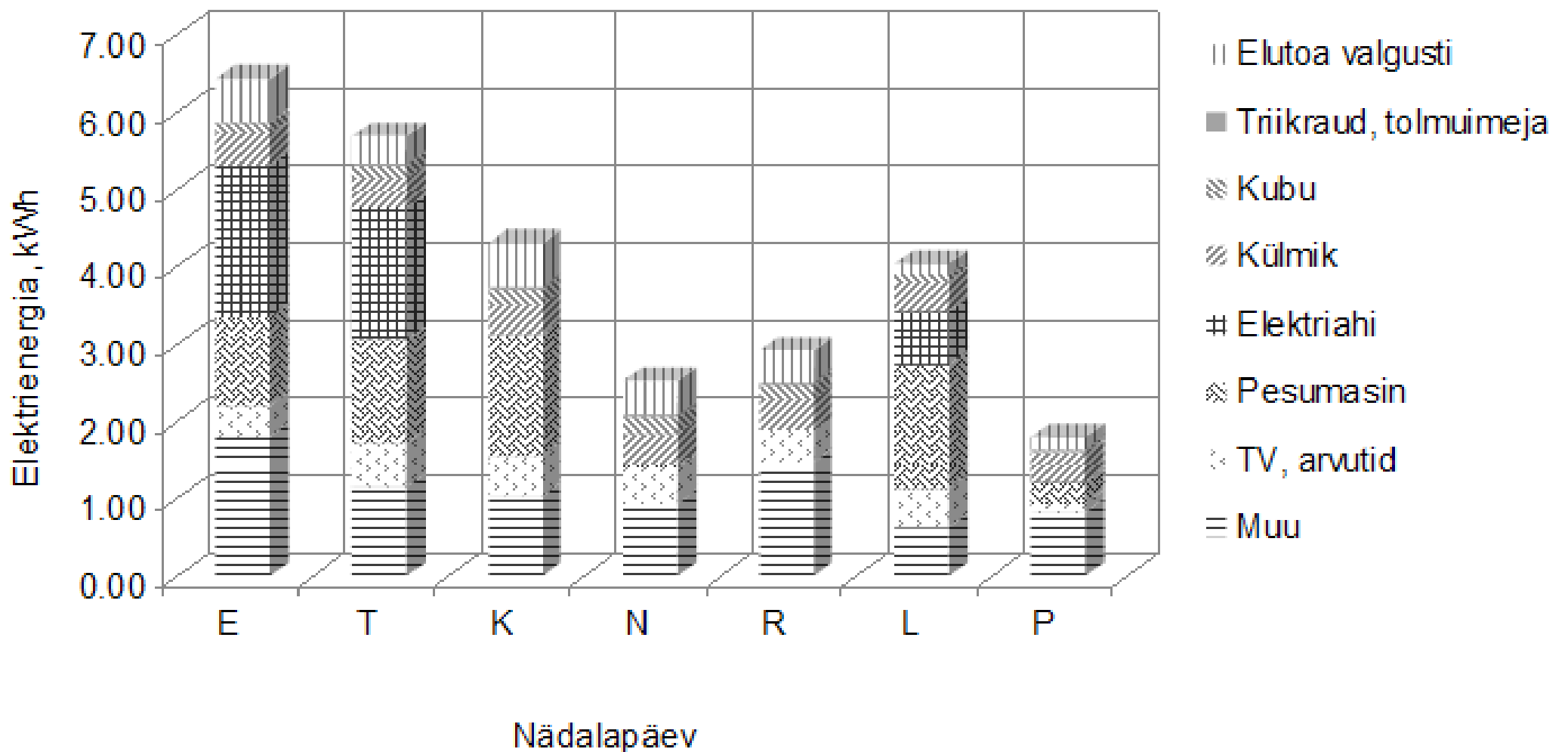
tarbimine tarvitite vahel vastavalt joonisele 2. Võib väita, et suurima osa majapidamises kuluvast elektrienergiast tarbivad valgustid: nende osakaal ulatus vaadeldaval nädalal 28%-ni. Talvisel pimedal ajal on valgustuse osakaal ilmselt veel suurem ja võib hinnanguliselt olla rohkem kui kolmandik kogutarbimisest.



JOONIS 2. Aktiivenergia tarbimise jagunemine tarvitite vahel.

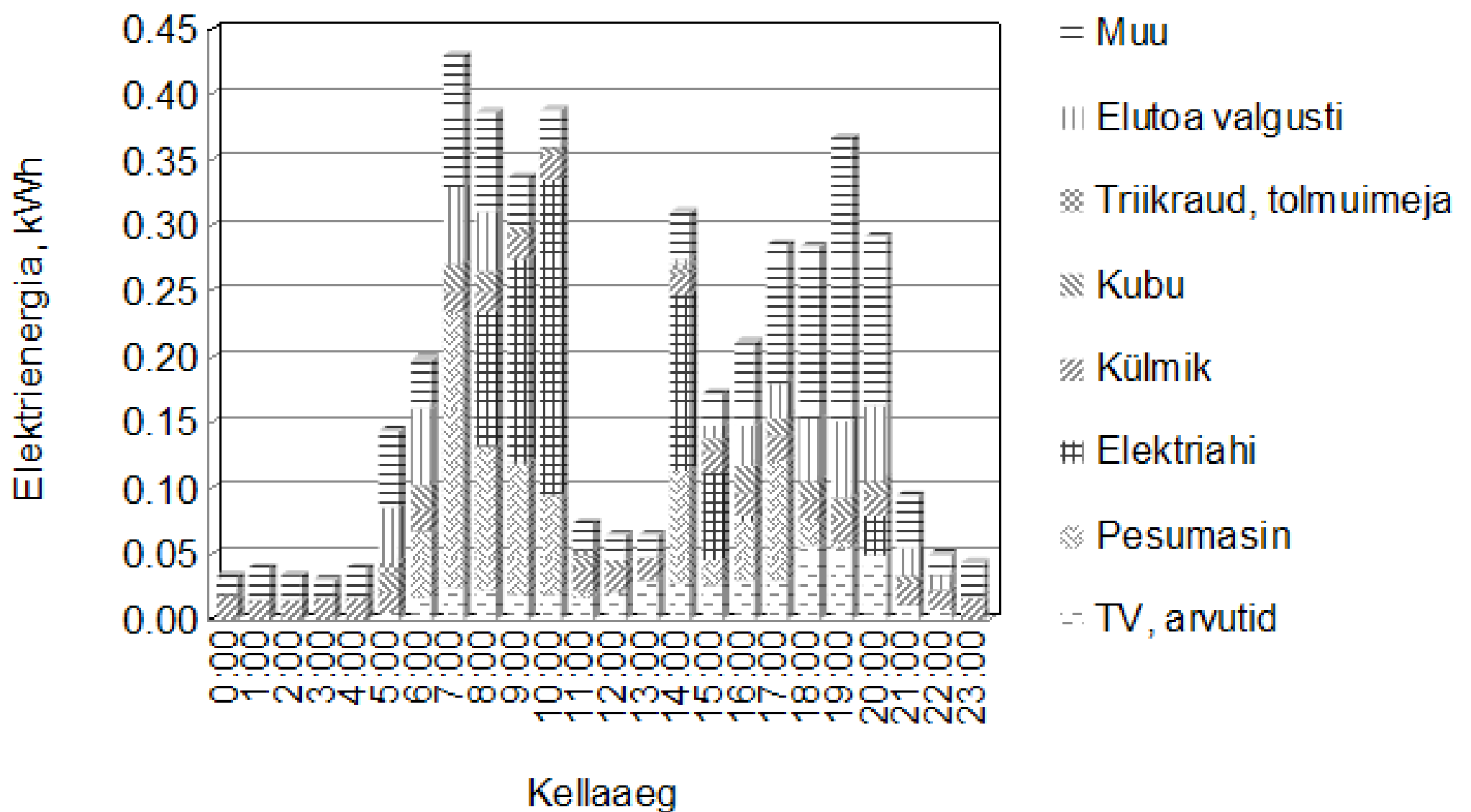
Pesumasin moodustab rohkem kui viiendiku (21%) kogutarbimisest, kuid tema kasutamine sõltub pereliikmete tegevusest ja ei pruugi igal nädalal olla sama-sugune. Elektriahi kulutab samuti suure osa (16%) elektrienergiast. Ligikaudu kümnendiku kogu energiatarbest kulutavad televiisor ja arvutid ning külmik. Kubu koos sisseehitatud 15 W luminofoorvalgustiga tarbib 4% energiast, triikraua ja tolmuimeja osakaal on marginaalne. Pärast valgustite osa eraldamist järele jäänud grupp „Muu“ hõlmab endas mitmesuguste ebaregulaarselt kasutatavate seadmete tarbimist. Siia kuuluvad näiteks mõõtmisnädala jooksul kasutusel olnud vannitoa põrandaküte, munakeetja ja vahvliküpsetaja.

Joonis 3 kujutab päeva energiakulu jagunemist tarbijate vahel nädala lõikes. Ilmneb, et kui pesumasin töötab ja ahjus toitu valmistatakse, on päeva kogutarbimine vähemalt 4 kWh. Kui pesumasinat ja ahju ei kasutata, on päeva energiakulu alla 3 kWh.



JOONIS 3. Aktiivenergia tarbimine päevade kaupa.

Jooniselt 4 on näha, kuidas jaguneb keskmiselt elektrienergia tarbimine tööpäeva jooksul. Tarbimises võib eristada kahte tippaega: hommikul kell 7:00..11:00 ja pärastlõunal kell 17:00..21:00. Hommikuse tipptarbimise ajal annavad suurima panuse pesumasin ja elektriahi, õhtusel ajal televiisor, arvutid, elutoa valgusti ja nn muud tarbijad, mida otseselt mõõta ei õnnestunud. Arvatavasti on muude tarbijate hulgas õhtuti esikohal valgustid.



JOONIS 4. Aktiivenergia tarbimine tööpäeval tundide kaupa.

Võimsustegur

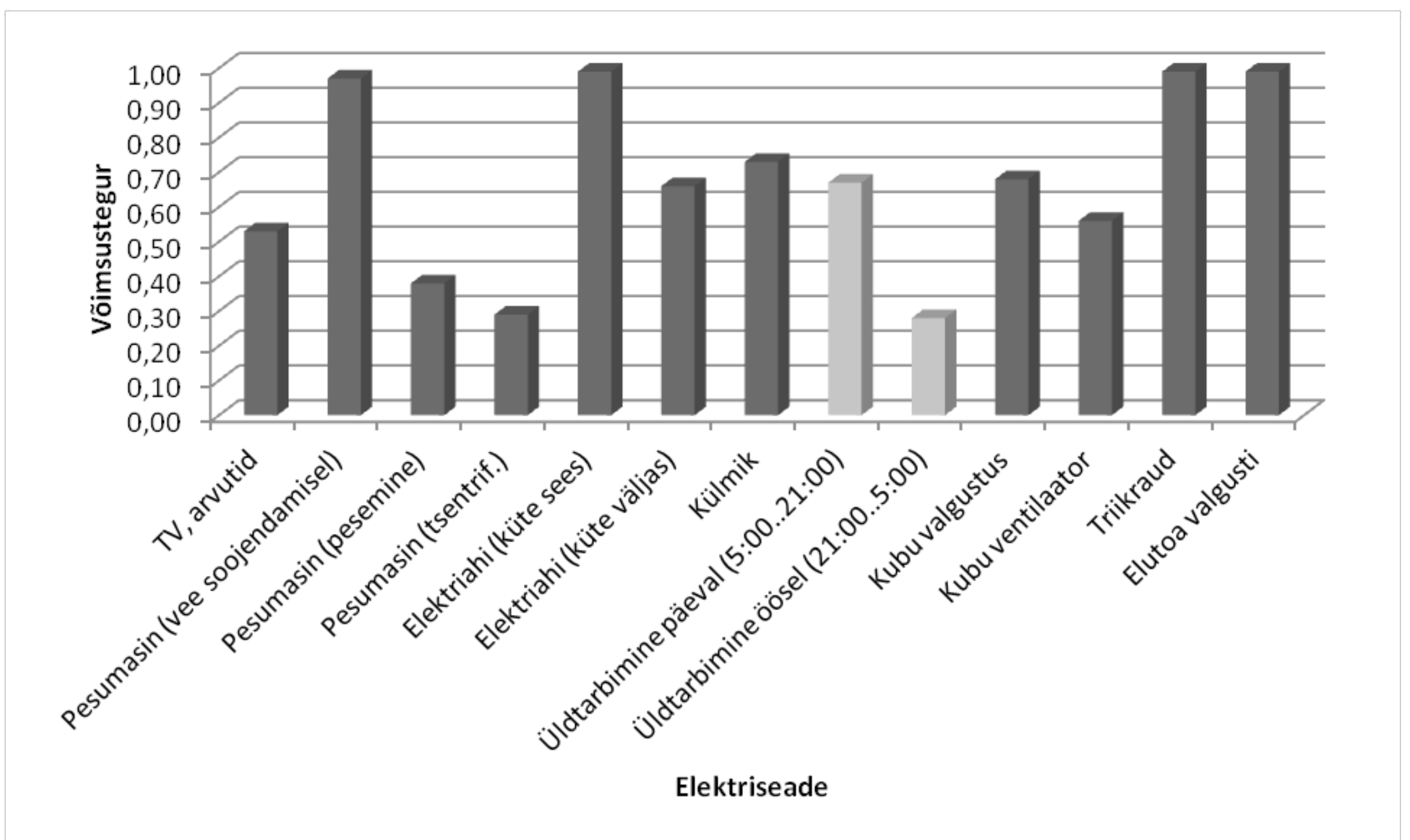
Kuna mõõteseade Voltcraft Energy Logger 4000 mõõtis ja salvestas iga minuti keskmise aktiiv- ja näivvõimsuse, on nende andmete põhjal võimalik arvutada antud minutile vastav keskmine võimsustegur PF , mis arvutatakse järgnevalt:

$$PF = \frac{P}{S},$$

kus P on vaadeldaval minutil mõõdetud keskmine aktiivvõimsus (ühik W) ja S näivvõimsus (ühik VA).

Mõõteandmete analüüsil selgus, et väikese koormusega ajal on võimsustegur madal, ligikaudu 0,3. Tarbimise kasvades läheneb võimsustegur ühele. Peamiseks põhjuseks, miks see väikese tarbimise juures madal on, võib olla reaktiivse iseloomuga koduelektroonika: öisel ajal mõõteseadmete mahtuvuslik omatarve, päeval televiisori ja arvutite ootetalitus.

Erinevate kodumasinade tööd põhjalikumalt uurides võib neist mitmel töötsükli jagada kaheks või kolmeks erineva võimsusteguriga perioodiks. Nii on joonisel 5 toodud mõõdetud tarvitite keskmised võimsusteguri väärtused erinevate talitlusviiside korral. Ilmneb, et kütmisel ja soojendamisel on elektriseadmed aktiivse iseloomuga (nt pesumasin vee soojendamisel, triikraud, elektriahi kütmisel), kuid nendel aegadel, kui põhiline energia kulub näiteks elektrimootori tööks, on tarviti reaktiivse iseloomuga (nt pesumasin pesemisel ja tsentrifuugimisel).



JOONIS 5. Erinevate tarvitigruppide keskmine võimsustegur.

Täpsema tulemuse huvides tuli osadeks jagada ka üldtarbimine. Päeval suurema koormusega ajal kella viiest hommikul kuni õhtul üheksani oli keskmine võimsustegur 0,67. Öisel ajal 21:00..5:00, kui põhiliseks tarbijaks olid külmik ja seitsme mõõteseadme omatarve, oli võimsustegur kõigest 0,28. Viimase tulemuse võib majapidamise üldvõimsusteguri arvestamisel jätta tähelepanuta, sest seda mõjutab tugevalt mõõteseadmete omatarve. Omatarbe võimsustegur on väga väike, kõigest 0,18.

Parasiitenergia tarbimine

Peamised parasiit-aktiivenergia tarbijad on vaadeldavas majapidamises ootetalitluses 6. grupi seadmed (televiisor, arvutid, ruuter), vannitoa termostaat, välja lülitatud ja võrguga ühendatud pesumasin, magamistoa hämardatav luminofoorlamp. Neist praktilist tähtsust omavad esmajoones televiisor, arvutid ja ruuter ning vannitoa termostaat. Ülejäänud seadmeid hoitakse peaaegu alati vooluvõrgust väljas, kui nad ei tööta.

Televiisor, arvutid ja ruuter on päeva jooksul toitevõrku ühendatud keskmiselt 16 tunni jooksul. Sellest u 5 tundi on seadmed ootetalitluses, mille ajal on keskmine aktiivvõimsus 16 W, keskmine näivvõimsus 40 VA. Päeva jooksul tarbitud aktiivenergia ootetalitluse ajal on ligikaudu 0,08 kWh, aastas teeb see 29,2 kWh. Kui televiisorit ja arvuteid ööseks võrgust välja ei võetaks, tarbiksid nad 16 W aktiivvõimsust ka ülejäänud 8 tunni jooksul ööpäevast. See teeks ööpäeva kohta lisaks 0,128 kWh ja aastas 46,7 kWh parasiit-aktiivenergia tarbimist. Ööpäevase ootetalitluse korral koguneks aastas parasiitenergiat 75,9 kWh.

Vannitoa põrandakütte termostaat tarbib energiat ka siis, kui küttekaabel on välja lülitatud. Hinnanguliselt on tema aktiivvõimsustarve 3 W. Ööpäevas kulutab termostaat 0,072 kWh parasiitenergiat ning aastas 26,3 kWh, ehk peaaegu sama palju kui televiisor ja arvutid.

Vähemal määral tarbib parasiitenergiat pesumasin, kui teda pärast pesuprogrammi lõppemist kohe toitevõrgust lahti ei ühendata. Pesumasina ootetalitluse aktiivvõimsus on 1,15 W, kusjuures ka siis, kui pesumasin on välja lülitatud, kuid võrku ühendatud. Nädala jooksul on pesumasin ootetalitluses hinnanguliselt tund aega. Selle aja jooksul tarbitakse parasiitenergiat 0,00115 kWh, mis aastas teeb 0,06 kWh. Kui pesumasin on aasta läbi 22 tundi ööpäevas ootetalitluses (välja lülitatud, ent toitevõrgus), tarbib ta aastas energiat 9,2 kWh. Leitud tarbimine pole küll antud majapidamises suur, ent siiski on oluline jälgida, et pesumasinat ei hoitaks pidevalt vooluvõrgus.

J. Niitsoo on artiklis (Niitsoo, 2012) hinnanud, et keskmine aktiivne parasiitvõimsus majapidamises on 50 W ning aastane parasiitenergia kulu on 432 kWh. Vaadeldavas majapidamises on parasiitenergia aastane kulu hinnanguliselt 56 kWh, mis on J. Niitsoo hinnangust rohkem kui 7 korda väiksem. Majapidamise aastasest kogutarbimisest moodustab parasiitenergia ligikaudu 4%.

Elektrienergia ja raha säästmise võimalused

Tasuvusarvutuste jaoks on vaja teada elektri kilovatt-tunni hinna kogumaksumust. Avatud elektrituru tingimustes on elektri hind aga väga raskesti prognoositav, eriti mitme aasta perspektiivis. Käesolevas töös on arvutamiseks kasutatud 2014. aasta septembrikuu üldteenuse hinda koos võrgutasu, aktsiisi ja taastuenergia tasuga, eeldades, et järgnevate aastate jooksul on hind keskmiselt sama. Elektrienergia hind koos võrgutasu, taastuenergia tasu ja aktsiisiga olgu arvutuste jaoks 0,14 eurot kWh kohta.

Uue külmkapi tasuvusaeg

Kuna antud majapidamises on 12 aasta vanune külmkapp, võiks teha arvutused, kas tasub see vahetada uue, A+++ energiaklassi seadme vastu eeldusel, et aasta jooksul tarbib olemasolev külmik igal nädalal keskmiselt sama palju kui mõõdetud nädalal.

Olemasoleva külmkapi nimiandmed: tüüp Snaige R120 Design Line, võimsus 130 W, energiaklass B, aastatarve 259 kWh, brutomaht 120 l (neto 85 l + 20 l), kõrgus 85 cm, laius 60 cm, valmistamise aasta 2002.

Mõõdetud nädala jooksul tarbis olemasolev külmik 2,76 kWh elektrienergiat ehk ligikaudu 2,8 kWh. Kui aastas on 52 nädalat, teeb see aastatarbimiseks u 146 kWh. Nimiandmetega võrreldes on see antud külmiku korral märkimisväärselt hea tulemus, olles nimi-aastatarbimisest 259 kWh väiksem 44%. Põhjustena, miks külmik nii vähe tarbib, võib tuua selle, et ta ei ole reguleeritud kõige madalama temperatuuri peale ning külmikut sulatatakse regulaarselt. Oma osa annab ka see, et sügavkülmakambrisse ei panda eriti tihti uut toitu ja seetõttu puudub masinal vajadus pidevalt sügavkülmutada.

Uue külmiku andmed: Liebherr TP1764, mõõdud: 85*60*66 cm, brutomaht 137 l, energiaklass A+++ , energiatarve 99 kWh aastas, vahetatav uksepoolsus, plusskambri automaatsulatus, külmutusvõimsus 2 kg / 24h, hind 399 EUR (Külmikud, Euronics).

Arvutustes eeldatakse, et uus külmik tarbib aastas vastavalt oma nimiandmetele, ehk 99 kWh. Seega on aastane elektrienergia sääst võrreldes vana külmikuga

47 kWh. Aastane rahaline sääst elektrienergia pealt on sel juhul 6,58 eurot. Arvestades, et külmkapi eluiga on 20 aastat, on sama elektrienergia hinna korral sääst 131,6 eurot. Paraku ei kata see summa uue külmiku soetusmaksumust. Selleks, et uus külmik ennast tasa teeniks, peaks ta töötama vähemalt 61 aastat, mis ei ole eriti tõenäoline.

Elutoa valgusti 60 W hõõglambi asendamine

Elutoa valgustit kasutatakse põhiliselt hommikul ja õhtul pimedal ajal üldvalgustuseks. Arvutuste tegemisel eeldatakse, et valgusti põleb kogu aasta jooksul iga päev keskmiselt 6 tundi, mis aastas teeb 2190 h. Selle aja jooksul 60 W hõõglambi poolt tarbitud elektrienergia on 131,4 kWh, maksumusega 18,4 eurot. Lambi eluiga on 1000 tundi ja aastas kulub neid kaks tükki. Kuna D-energiaklassi hõõglampide tootmine ja müük on Euroopa Liidus keelatud (direktiiviga 244/18.03.2009), on vaadeldavas majapidamises mõned lambid varuks ostetud ja arvutuste jaoks võetud nende hinnaks toonane hind 30 senti ostmise ajal.

Arvutustes vaadeldakse kahte asenduslampi 60W hõõglambile:

- Osram kompaktluminofoorlamp 11W E27 827 DSTAR MINITWIST. Keskmise lambi tööiga kuni 6000 tundi (lülituste tsükkel: 165 min sees, 15 min väljas). Hind 3,99 eurot. (Säästulamp, K-Rauta)
- Osram leedlamp LED STAR CLASSIC A 60 10 W/827 E27. Keskmise lambi tööiga kuni 15 000 tundi. Hind 9,59 eurot. (Leedlamp, K-Rauta)

Arvestades lampide väga erinevaid tööigasid, on arvutused tehtud 15 000 tunni kohta. See tundide arv täitub elutoa valgusti kasutamisel 6 aasta ja 10 kuu vältel.

15 000 töötunni jooksul kulub hõõglampe 15 tükki, maksumusega kokku 4,5 eurot. Energiat kulub sellise aja jooksul 900 kWh, millest enamus muutub soojuseks. 900 kWh elektrienergia maksumus tänaste hindade juures on 126 eurot. Kui lisada lampide hind, on kogusumma 130,5 eurot. Kompaktluminofoorlampe kulub 15 000 tunni jooksul kolm tükki, kogumaksumusega 11,97 eurot. Sama aja jooksul tarbitud elektrienergia on 165 kWh, maksumusega 23,1 eurot. Kulutused kokku 35,07 eurot. Leedlampi puhul, arvestades tema 15 000 tunnist tööiga, kulub selle aja jooksul üks lamp, hinnaga 9,59 eurot. Tööea jooksul kulutatud energia on 150 kWh, mille maksumus 21 eurot. Kulutused kokku 30,59 eurot. Arvutuste tulemused on kokkuvõtlikult esitatud tabelis 1.

15 000 töötunni kohta				
Lambi tüüp	Elektrienergia, kWh	El.energia maksumus, eurot	Lampide maksumus, eurot	Kokku, eurot
60W hõõglamp	900	126	4,5	130,5
11W kompaktl.lamp	165	23,1	11,97	35,07
10W leedlamp	150	21	9,59	30,59

TABEL 1. Elektrienergia kulu ja maksumus erinevate lampide korral 15 000 töötunni kohta.

Tabelist on näha, et 15 000 töötunni kohta on leedlamp kõige tulusam investeering. Kulutused energiale ja lampidele on rohkem kui 4 korda väiksemad kui hõõglampide korral. Praktiliselt samas suurusjärgus rahalist säästu annab ka kompaktluminofoorlampide kasutamine. Siinkohal võiks diskuteerida selle üle, kas hõõglampidest loobumisel tegelikku rahalist säästu saab, kuna hõõglamp toodab palju soojust ja pimedal ajal, kui valgusteid palju kasutatakse, on enamasti vaja ruume ka kütta. Hõõglampide väljavahetamisel kulub ilmselt rohkem soojust korteri kütmiseks ja see võib säästulampidega säästetud raha ikkagi ära kulutada.

KASUTATUD KIRJANDUS

Niitsoo J. 2012. Parasiitenergia kodumajapidamistes. TalveAkadeemia kogumik 10/2012: 124 - 135.

Aruanded. Veebilehed.

Eesti Statistika andmebaas 2013. Rahva- ja eluruumide loendus 2011. Tabel RL0217: Tavaeluruumid ja elamiseks kasutatavad mitteeluruumid asustatuse, eluruumi tüübi, tehnovarustatuse ja maakonna järgi, 31. detsember 2011.

<http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Rahvaloendus/REL2011/02Eluruumid/02Eluruumid.asp> (07. 11. 2014)

Eesti Statistika andmebaas 2014. Tabel KE03: Elektrienergia bilanss.

http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Majandus/02Energeetika/02Energia_tarbimine_ja_tootmine/01Aastastatistika/01Aastastatistika.asp (07. 11. 2014)

Külmik Liebherr. Külmikud. Euronics.

<http://www.euronics.ee/t/58778/kulmikud/kulmik-liebherr-korgus-85-cm/tp1764-22> (09. 10. 2014)

Leedlamp 10W E27 STAR CLASSIC A SOEVALGE. Valgusallikad ja patareid. K-Rauta.

[http://www.k-rauta.ee/pages/product.aspx?p=LED LAMP 10W E27 STAR CLASSIC A SOEVALGE&c=Valgusallikad ja patareid&category=Krauta33025\(Rautakesko Estonia Catalog\)&cat=K-Rauta Estonia VCatalog&pid=00000000500903629\(Rautakesko Estonia Catalog\)&PageSize=10](http://www.k-rauta.ee/pages/product.aspx?p=LED LAMP 10W E27 STAR CLASSIC A SOEVALGE&c=Valgusallikad ja patareid&category=Krauta33025(Rautakesko Estonia Catalog)&cat=K-Rauta Estonia VCatalog&pid=00000000500903629(Rautakesko Estonia Catalog)&PageSize=10) (09. 10. 2014)

Säästulamp 11W E27 827 DSTAR MINITWIST. Sisevalgustid. K-Rauta.

[http://www.k-rauta.ee/pages/product.aspx?p=LAUALAMP%20LED%204W%20150LM%20QOD%20AGENT%20KULD&c=Sisevalgustid&category=Krauta33005\(Rautakesko%20Estonia%20Catalog\)&cat=K-Rauta%20Estoni%20VCatalog&filter=krautaEeProductBrandetEE=OSRAM&pid=00000000500960372](http://www.k-rauta.ee/pages/product.aspx?p=LAUALAMP%20LED%204W%20150LM%20QOD%20AGENT%20KULD&c=Sisevalgustid&category=Krauta33005(Rautakesko%20Estonia%20Catalog)&cat=K-Rauta%20Estoni%20VCatalog&filter=krautaEeProductBrandetEE=OSRAM&pid=00000000500960372). (09. 10. 2014)



KUIDAS ÕPETADA JA ÕPPIDA, MIDA TÄHENDAB ARGUMENT AKADEEMILISES KONTEKSTIS?

Sven Anderson

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Säästev areng akadeemilistes tegevustes on sama oluline kui loodushoius. Kui viimases võib väljenduda säästev areng füüsiliselt nähtaval kujul, siis akadeemilises kontekstis võib kaasa tuua ühiskondlikul tasandil äratundmise keerulistest protsessidest.

Olemasolevas kirjanduses (Rottenberg ja Winchell 2011; Fahnestock ja Secor, 1990; Toulmin 2003; Parsons 1996; Walton 1990; 2006; Eesti Väitlusselts 2008; Weston 2009; Meos 2003; 2010; Govier 2010; Luks 2011; McKeon 2011; Toots 2012; Almossawi 2013; Kasak 2013; c2014) on tekkinud mõisteline segadus ja tühimik, mida tähendab sõna „argument“. Erinevad osapooled ei oska ega suuda väljendada ennast korrektselt. Kirjanduses eeldatakse lugejalt varjatult sõnast arusaamist ja oskuslikku kasutamist. Varjatud arusaamise ja oskusliku kasutamise nõue toob kaasa õppekirjanduses kui ka teaduskirjanduses sõna „argument“ kasutamise mitmetahulisuse. Mitmetahulisus muudab „argumendi“ rääkimise õppetegevuse kontekstis väga keeruliseks ja segadust tekitavaks. Mõistmaks artikli peamist probleemi, on pedagoogiliselt vajalik kindel, oskuslik ja selge väljendusoskus. Viimane aitab vähendada õppetegevusel ülemäärase aja ja ressursi kadu. Samuti vähendab selgus õppetegevuses arusaamatusi. Sellega on õpilastel ja õpetajatel võimalus mõista teineteist üksmeelselt. See omakorda välistab mittekvaliteetsete kirjatööde tegemise. Samuti väheneb nn kehvade hinnete ja hinnangute andmine õpetajate või retsensentide poolt.

Teiseks eeldame, et õpilased ja üliõpilased ei mõista sõna „argument“ tähendust ilma näiteid toomata eelnevalt väljatoodud kirjanduse kontekstis. Eeldus põhineb sellel, et olemasolevas kirjanduses tuuakse esile peamiselt süllogismide struktuur või moodustatakse vastavalt autorile iseloomulik struktuur ja seletus, mida tähendab argument akadeemilises kirjanduslikus kontekstis. Lisaks kasutatakse sõna „argument“ terminiloogilise sõnana erinevates distsipliinides, nt muusikas ja matemaatikas. See toob kaasa segaduse argumendi mõiste kasutamisel. Sellest tingitult väheneb teadustööde kvaliteet ja mõistmine. Sealhulgas laiemas ühiskonnas hääbub vähehaaval teaduse ja kultuuri mõistmine põhjendatud seisukohtadena. Seega jätkusuutliku õppetöö, teadustegevuse ja ühiskonna huvides on vajalik mõista ja oskuslikult kasutada sõna „argument“

SISUKOKKUVÕTE

Enne Immanuel Kanti mõisteti, et tunnetusel ei ole inimeste jaoks piire ja on tähtis mõtestada kui kaugele inimese tunnetus läheb. Immanuel Kant asetas ühe esimese filosoofina tunnetust puudutava probleemiasetuse varasemast ümber (Kant 1982). Kant küsis oma teostes (Kant 1982), millised on inimtunnetuse piirid, mis on aru ja tunnetuse rakenduse reeglid. Inimtunnetuse sõnastamiseks teistele selges ja korrektse vormis on vajalik teada, osata ja aru saada sõnast „argument“. Eelkõige aga mõtestada, mida sõna „argument“ tähendab erinevates distsipliinides ja akadeemilises kirjanduslikus kontekstis. Artiklis tõin välja, et pedagoogiliselt on probleemiks olemasolevas kirjanduses sõna „argument“ väärkasutamise, segadust tekitavad nüansid ja puudujäägid. Peamine probleem seisneb selles, et sõna „argument“ tähendus sõltub kontekstist, kus sõna kasutatakse. Olemasolevas kirjanduses kirjutatakse pigem süllogismist kui argumenteeritud essee alustalast. Enamasti on tegemist tekstiõpetuse, filosoofilise kirjutamise või loogika teavikutega. Kirjanduses kasutatakse sõna argument sõltuvalt distsipliinist erialaterminina, filosoofilises kirjutamises sarnases tähenduses puudulikult. Argumentatsiooni teooria filosoofias ei ole teooria argumentidest (University of Twente), vaid seoste otsimine, kuidas on võimalikud järeldused loogilisel mõtlemisel. Seetõttu nimetan töös „katusterminiks“ argumendi mõiste kasutamist kirjanduslikus või verbaalses kontekstis. Seisukohtade lahendamiseks toon välja, kuidas sõna „argument“ kasutatakse erinevates kontekstides. Selleks kaardistasin sõna kasutamise erinevate olemasolevate andmete põhjal ja esitasin akadeemiliselt korrektse termini mõistmise osad valdkonniti. Lähtusin akadeemilise kirjutamise nõuetest anglo-ameerika kirjutamise traditsioonis. Lahenduse sõnastasin poeetilises vormis – väide, näide, seos, järeldus.

SISSEJUHATUS

Inimtunnetuse piirid on hägused. Iga inimene mõistab ja mõtestab maailma erinevalt, mis on psühholoogiline fakt. Seega iga inimene vaatleb maailma autonoomse tervikuna. Sellegipoolest inimestena tunneme ühtsuse, terviklikuse tunnetust teineteise suhtes. Meid teeb inimeseks tunnetus ja selle eripära. Filosoofilise kirjanduse ajalugu on eelnevalt öeldu kinnituseks (Kant 1982). Inimesed on ajaloo algusest soovinud aru saada ja mõista maailma korrastatult, olgu selline soov inimesele jumala poolt kaasa antud või evolutsiooniga kaasneva

arengu tagajärg. Selleks, et mõista maailma ja põhjendada oma enese seisukohti on vajalik aru saada sõnast „argument“. Viimane on aga kirjanduses selgusetuks jäänud (Rottenberg ja Winchell 2011; Fahnestock ja Secor, 1990; Toulmin 2003; Parsons 1996; Walton 1990; 2006; Eesti Väitlusselts 2008; Weston 2009; Meos 2003; 2010; Govier 2010; Luks 2011; McKeon 2011; Toots 2012; Almossawi 2013; Kasak 2013; c2014). Õpetajad ja õpilased eelkõige ei mõista enam sõna „argument“ tähendust. Sõna „argument“ mõistetakse varjatult erinevates distsipliinides autonoomse erialaterminina ja (akadeemilises) kirjanduses katusterminina, mis ei ole näiteks tekstiõpetuse ja loogika ühisosa. Samuti ei ole argumentatsiooni teooria filosoofias teooria argumentidest (University of Twente), vaid seoste otsimine, kuidas on võimalikud järeldused loogilisel mõtlemisel. Järgnevalt kirjutan meetodist, millest lähtuvalt on artikkel kirjutatud. Seejärel kirjutan, mida tähendab katustermi alamterminid – väide, näide, seos, järeldus. Lahenduse käsitlese esitan pikemalt pedagoogilise käsitlemena ehk võimaliku tunnikavana või loengu kavana.

METOODIKA

Artikkel põhineb peamiselt eelnevalt väljatoodud informatsiooni kvaliteedi hindamisel. (Sekundaarse informatsiooni allikana kasutan kogemusi tundide andmisel. Gümnaasiumi astmes filosoofias ja algklassides praktika kogemuse näidetel.)

Olemasoleva kirjanduse hindamiseks kasutan meetodina kriitilist lugemist ja materjalidest lähtuvat argumenteerimist.

Eelnevalt väljatoodud materjalide põhjal koostan ülevaatliku mõttekaardi sõna „argument“ kasutamise kohta. Viimase põhjal toon visuaalselt välja kirjanduses esinevad kaks poolust: erialatermini ja katustermini kasutamine. Katusterminina mõistan valdkonnaüleselt mõistetud sõna kasutamist ja mõistmist. Katusterminist lähtub artiklis püstitatud probleemi lahenduskäik. Kirjanduslike ja kogemuslike materjalide subjektiivsusest lähtudes peab lahenduskäigu tõepärasus vastama väljatoodud argumentidele.

Materjali põhjalikuks läbimiseks praktika vältel kulub gümnaasiumi õpilase näitel, kus on klassis 15 õpilast, umbes 4-5 (mitte-akadeemilist) tundi. Viimase tunni

jooksul võib kirjutada lühikese argumenteeritud teksti (nt essee) kavandi. Argumendi õpetamise pikkus tundides praktikas sõltub õpilaste motiveeritusest ja suutlikkusest keskenduda kirjutamisele ja analüüsimisele.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

Käsitletavat kirjandust võib iseloomustada kui eriala spetsiifilist (Rottenberg ja Winchell 2011; Fahnestock ja Secor, 1990; Toulmin 2003; Parsons 1996; Walton 1990; 2006; Weston 2009; Meos 2003; 2010; Govier 2010; McKeon 2011; Almossawi 2013; Kasak 2013; c2014). See tähendab, et iga distsipliin mõtestab sõna „argument“ tähenduse ümber. Materjale võib leida sealhulgas internetist (Eesti Väitlusselts 2008; Luks 2011; Toots 2012; Makoid 2013). Kirjanduses tuuakse argumendi enda ülesehituse kohta seoses akadeemilise kirjutamisega peamiselt näiteid ja teoreetilisi üldistusi. Näited aga põhinevad tugevalt Aristotellikul loogikal baseeruvatel süllogismidel. See tähendab õpilaste ja/või üliõpilastele luuakse kontseptsioon argumendist kui nn kolmele reale kirjutatavast lausete kogumist. Teisalt ei soodustata olemasolev kirjandus ega õpetamise traditsioon sellest tulenevalt argumenteerimist kui erinevate argumentide ühendusest arusaamist. Samas leidub kirjanduses argumendi moodustamiseks iseseisvat kirjandust, mille eesmärgiks on verbaalne eneseväljendus suuliselt (Eesti Väitlusselts 2008). Sellist tüüpi kirjandus võib suunata õpilased/üliõpilased rohkem tähelepanu retoorikale kui korrektset põhjendatud seisukohtade väljendamisele. Järelikult kirjanduses argumendi õpetamine toob kaasa segaduse, mida tähendab argument ja argumenteerimine.

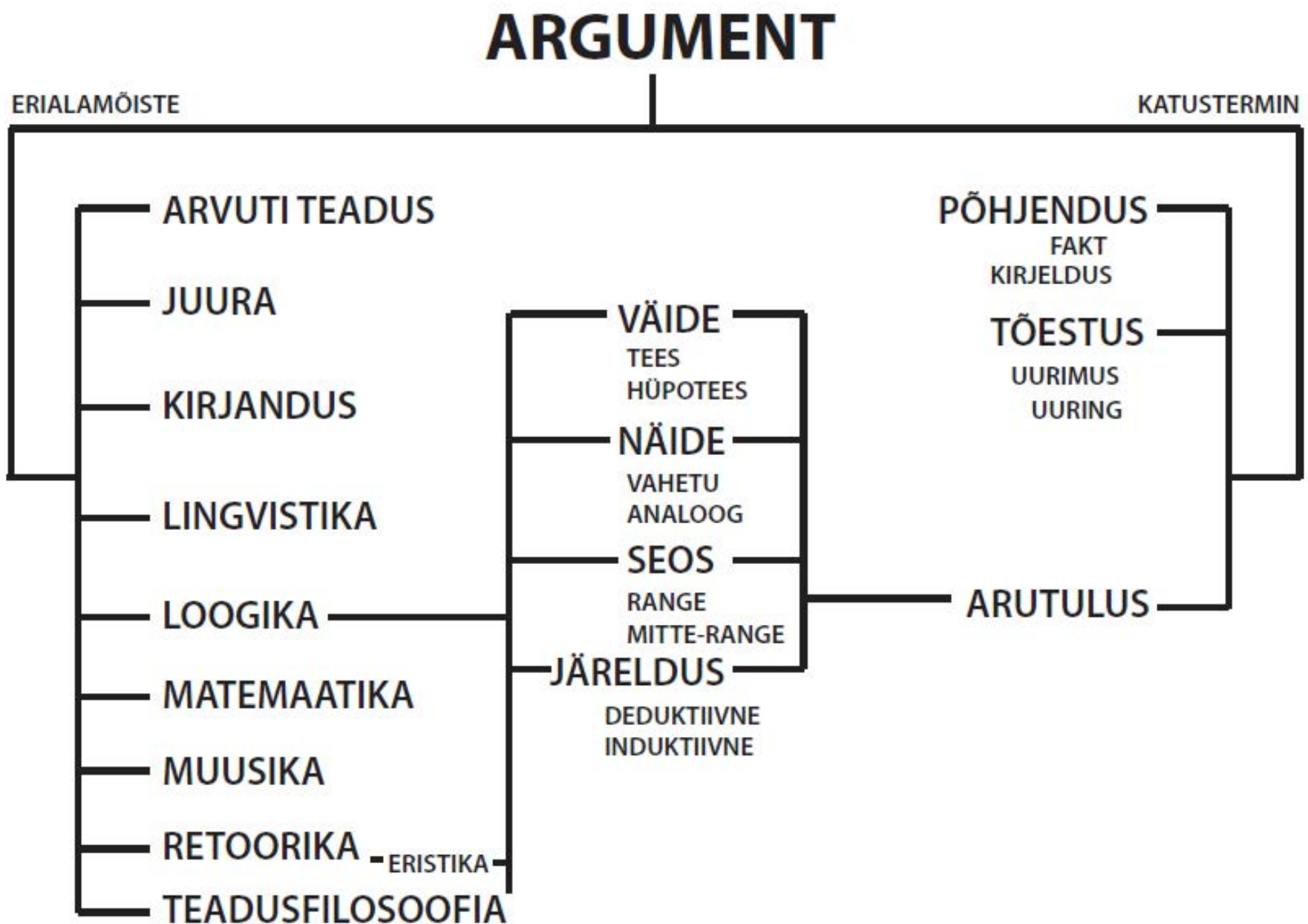
Modernses keelekasutuses on „argument“ mitmeti mõistetud sõna. Põhjuseks on sõna kasutamine mitmes erikontekstis ja eritähenduses ka erialaterminina. Näiteks „argument“ on eritähendustena kasutusel, filosoofias (argumendi teooria) teadusfilosoofias, retoorikas, loogikas, juuras, matemaatikas, muusikas, arvuti teadustes, lingvistikas ja kirjanduses. Samuti kasutatakse sõna katusterminina, mis on koolides ja tudengitele ülikoolides kõige levinum kasutusviis. Katusterminina on osaliselt sõna „argument“ osad seotud teadustermineid retoorika ja loogikaga. Katusterminina tähenduses „argument“ on esmalt põhjendus, tõestus ja arutlus. Õpilastele tuuakse seletusi ja näiteid peamiselt viimasest valdkonnast. Arutlusele omased alammõisted on seotud sisuliselt eelnevalt loetletult distsipliinide tähendusega. Õpilased, kes ei saa aru sõnast „argument“

koostavad mitte kvaliteetse kirjatöö. Sõna „argument“ ei saa käsitleda tavakeelse sõnana, sest kirjanduses kasutatakse sõna väga ebaselges tähenduses. Sageli on õpetamise käigus katusterminina sõna „argument“ kasutamine vaid üks osa koos erialatermini tähendustega. See toob meid huvitava praktilise situatsiooni juurde. Oletame, et koolis on õppeaines A teemaks matemaatika, kus õpetaja räägib argumendist ehk vabamuutujast tehtes ja palub kirjutada sellega seoses argumendi, teiste sõnadega arutluse - väide, näide, seos ja järeldus. Õpilased kuulevad pikema teksti mõtet suure tõenäosusega, aga järgneval moel: „Täna räägime matemaatikas olevatest argumentidest ja teie ülesandeks on kirjutada seoses sellega argument...“ Õpilased arvatavalt ei suuda esialgu orienteeruda palutud nõudest lähtuvalt ja muutuvad rahulolematuks või hakkavad õpetajalt seletusi küsima. Seega peale lihtsa ja selge sõnavara on vajalik veel katusterminina selgitada argumendi koostamiseks vajalike alamterminite tähendused.

Probleemi lahendus

Eelnevalt esitatud probleemi lahenduseks on poeetilises vormis väljendatult väide, näide, seos, järeldus. Vorm on tuletatud „argumendi“ kui katusterminina kasutamisest, mis on ühtlasi üks osa erialaterminina kasutamisest. Argument sõnana tuleneb 13. – 14. sajandi ladina keelest sõnast *argumentum* – põhjendus, alus, baas (Harper 2001-2014). Eesti keele sõnaraamatu (2013) järgi sõltuvalt kontekstist on erineva tähendusega sõna, mis on osaliselt sama etümoloogilise juurega. Järelikult on probleemi lahendusi võimalik leida mitmeid, kuid graafiliselt esitatult võib öelda, et tegemist on mitte lineaarse mõtteskeemiga sõna kasutamisel (joonis 1). Sellega seoses saab järeldada, et teoreetikud võivad mõtestada erinevalt argumendi koostamiseks vajalikke termineid.

Järgnevalt arutlen, mida tähendavad väide, näide, seos ja järeldus läbiviidava tunni kava vormis.



JOONIS 1: Argumendi skeem

Esimene peatükk: väide ehk alguses on tähelepanek

Väite rolliks on olla küsimuse püstitus, mille üle alustatakse põhjendamise tegevust. Sotsiaalpedagoogikas kui sotsiaalteadustes tervikuna on oluline rolliteooria (Hess, Markson, Stein 2000). Viimase kohaselt inimesed tegutsevad ja omistavad enda minale tähenduse vastavalt rollidele, mida nad ühiskonnas omavad. Sarnaselt inimestele on argumendi osadel nii oma roll kui ka funktsioon, mis sõltub kontekstist, kus sõna kasutatakse. Loogikast lähtudes nimetatakse väideteks eelduste rollis olevaid seisukohti, mida võib ette kujutada hulkadena. Eeldus on väite alamhulk.

Reaalteadustes ja teistes teadustes on enamasti väited nimetatud ümber hüpoteesideks. Sisuliselt tähendab hüpotees väidet. Kuid sellele sõnale omistatakse tulenevalt teaduse metodoloogiast kindlapiirilisem tähendus. Hüpotees on täpse probleemi või küsimuse püstitamine, mida soovitakse teoreetiliselt või empiiriliselt (katsega) tõestada.

Reaalteadustes, sotsiaalteadustes ja humanitaarteadustes kasutatakse peale eelnevalt käsitletud termini veel sõna „tees“. Eespool väljatoodud kirjanduses osutatakse, et tees tähendab sama, mis väide. Eesti keele seletava sõnaraamatu põhjal on teesi otseseks tähenduseks aga juhtmõte, põhiseisukoht, tõestatav väide. See tähendab, et tees on oma rolli poolest väide. Hüpoteesi tähenduse varjundina on aga tees seisukoht, mida peab tõestama või põhjendama olemas olevate andmete põhjal. Teesi ja hüpoteesi konkreetseks erinevuseks võib pidada seega, et tees ei eelda vastupidiselt hüpoteesile uute algandmete juurde toomist. Näiteks uute statistiliste andmete kogumist.

Väidete üleskirjutamine erinevate erialade kontekstis on samuti väga oluline teema osa. Formaalses loogikas, vastupidiselt retoorikale, argumendid märgitakse üles sümbolitega, nagu matemaatikas tehted. Formaalses loogikas ei ole võimalik välja tuua retoorikas olulisel kohal kirjanduslikke või juurde räägitud näiteid. Samuti ei ole võimalik proosa vormis kirjeldada seisukohti. Loogika funktsiooniks on esitada seoseid üldistades argumendi terviku, lause või sõna tasandil.

Üldloogika (inglise k. *common sense*) kohaselt tuleb teada argumendi koostamise ja seda kuulavate või lugevate isikute huvides väite tõesust. Väite tõesusest või väärusest oleneb järgnevate alamterminite mõte ja eesmärk. Siit selgub, kas argumendi eesmärgiks on veenda inimesi soovitud suunas lähtuvalt formaal-loogika tõe kontseptsioonist või kasutatakse demagoogiat.

Teine peatükk: näide ehk verbaalne illustratsioon

Tekstide või verbaalsete tegevuste juures on illustratsiooni mõistmine võtme-küsimus. Kõik jutud sõltuvad sealhulgas narratiivist (ehk sisu tüübist) ja diskursusest (ehk sisu vormitüübist). Heal jutul on ligitõmbav ja mõistetav narratiiv ja diskursus, mis lähtub sihtrühma kultuurist. Muinasjutus on enamasti näited olustiku kirjeldused, kui ka pikemate situatsiooniliste argumentide kokkuvõttev osa jutustaja poolt.

Näited on üldises sõnastuses normatiivsed – vastates küsimusele, mis on väites oluline. See tähendab, et näite põhiliseks funktsiooniks on välja tuua kõige teises sõnastuses, kui väide ja rõhutada seda lugejale või kuulajale arusaadavalt. Selleks võib kasutada kirjanduslikke või retoorilisi kõne ilustavaid võtteid. Samuti võib

mängida sõnastuses nii stiili kui vormiga. Näiteid võib jagada vastavalt nende lähtekohale seoses väidetuga kaheks: vahetuteks ja analoogseteks. Põhjuseks on, et näide peab põhinema seosel, millest saab kuulaja või lugeja aru. Sellest tulenevalt näide, mille seos on tugev ja sarnaneb semantiliselt kui sõnastuses väidetule, siis tegemist on vahetu näitega argumendis. Samas kui semantiline seostus ja sõnastus väidetuga on kaudne, siis võib nimetada argumendis kasutatud näidet analoogseks. Sellist tüüpi näidete suurimaks raskuseks on ära toodud seisukoha võimalikult ühetähenduslik tõlgendamine. Demagoogilisest seisukohast on näidete mitmeti tõlgendamine ja sõnastusega keelemängu moodustamine kasulik.

Näite illustratiivne roll tuleb välja kõige selgemalt, kui seda vastandada argumendi struktuuris olevate alamterminite funktsiooniga. Näide ei tohi korrata ega tuua üldjuhul juurde uusi probleemiasetusi, sest see on väite roll. Samuti ei tohi näide siduda ega põhjendada erinevaid väiteid omavahel, sest see on seose roll. Viimaseks, näide võib olla kõigi teiste argumendi koostamise alamterminite alamosa. Näide on intuiitselt arusaadav.

Kolmas peatükk: seos ehk ühendus eelduste vahel

Formaalloogikas tähendab seos, et erinevad eeldused on omavahelises ühenduses. Viimase tähenduses on seos kui suhe või relatsioon. Põhilistele seostele on loogikas lähtuvalt funktsioonist olemas nimetus. Põhi- või üldseoseid on matemaatika tõttu nimetatud ka järjestusteks. On olemas ranged järjestused: irrefleksiivne ja transitiivne. Esimene tähendab, et ükski element ei ole seoses iseendaga. Teine tähendab lihtsamat seost, kus a on b -ga seoses see omakorda c -ga, siis a on seoses c -ga. Samuti on olemas mitteranged järjestused: refleksiivne, antisümmeetriline ja transitiivne. Reflektiivne tähendab seost iseendaga. Antisümmeetriline on ühepoolne seotus teise elemendiga, nt x ja y on seoses omavahel nii, et x ja y kattuvad. Samas kui sümmeetriline tähendab, et seotus on elementide vahel mõlema poolne, nt kui x on seoses y -ga, siis y on seoses x -ga.

Eelnevalt väljatoodud seosed on olulised mõistmaks elektrotehnikat (nt elektroonika skeemid on loogikavärvate väljendused boolean loogikale), programmeerimist (nt otsingumootorid töötavad graafi teooria põhimõtetel, mis on loogika põhimõtete edasiarenduse vorm informatsiooni töötlemiseks), matemaatikat (nt geomeetrias isomorfism ehk üleminekud ühest vormist teise põhineb

loogikas määratletud seostel), geograafiat (nt kaartide koostamine põhineb topoloogial, mis on loogikal põhinev), samuti on vajalik formaal-loogiliste seoste mõistmine humanitaaraladel ja sotsiaalteadustes (nt semiootika, keelefilosoofia ja teaduse metodoloogia kasutavad seoste formaalset kui ka mitteformaalseid vorme). Samuti igapäevaste otsuste langetamine või poliitiliste (sh diplomaatiliste) valikute tegemine põhineb osutatud seoste tüübist. Viimane on aga intuiitselt arusaadav põhjus- tagajärg või religioosemas kontekstis karmana. Eelnevalt kirjutatu ei too esile, millised seosed on tõesed / väärad, head / halvad. Eelnevalt kirjutatu väljendab, et seostel endal on praktiline funktsioon inimtegevusele (nt mõtlemise abistamiseks kasutatakse Venni diagramme ja Euleri ringe seoste visualiseerimiseks) kui ka tõeste-väärade ning heade-halbade argumentide hindamiseks või loomiseks.

Seoste tüübist oleneb, kuidas tuleb mõista järelduste tegemiseks suhet kahe või enama eelduse vahel. Tõesed ja väärad loogilised seosed põhinevad seega semantilistel ja struktuurilistel reeglitel. Esimeseks reegliks on samasuse reegel – olulisi sõnu tuleb kasutada arutluse käigus samatähenduslikuna. Teiseks reegliks on mittevasturääkivus. See tähendab, et argument või pikem arutlus ei tohi olla enesele vasturääkiv. Kolmandaks reegliks on välistatud kolmanda seadus. Selle raames on olemas ainult kaks tõeväärtust (tõene ja väär), mille raames tõene saab olla ka eituse eitus. Siin kohal võib formaalse loogika järgi lisada, et kui lähtuda mitme väärtusega loogikast, siis tõeväärtuseid on rohkem kui kaks ja eelnevalt väljatoodud reeglit on võimalik kohandada vastavalt argumenti loojale. Järgmiseks reegliks on küllaldase aluse reegel, mille kohaselt tuleb põhjendada piisavalt täpselt ja arusaadavas vormis väidetud seisukohale vastavust. (Meos 2010)

Formaalloogikas klassifitseeritakse nimeliselt lisaks eelnevalt väljatoodud reeglitele peamised argumenteerimise ehk retoorikas tehtavaid vigu. Kõiki loogikas kui ka retoorikas tehtavaid vigu võib nimetada, kui neid tahtlikult kasutatakse kellegi veenimiseks, demagoogilisteks meetoditeks. Samuti ei ole võimalik loetleda siinkohal üles kõiki vigade tüüpe, sest teaduslik metodoloogia seoses teaduse andmete või argumentide kasutamisega kui ka teooriate kooskõla teineteisega loovad erinevaid veakontseptsioone juurde. Vigu nimetatakse distsipliinide kaupa uuringute ja uurimuste tulemusena igas distsipliinis sellele omases terminoloogias. Samas retoorikas üldtuntud vigadeks loetakse näiteks rutakate üldistuste tegemist, põhjusliku seose väitmist vales kohas, väitega mitteseotud tõendeid. (MacCandless 2012)

Eri temaatikate ülesed argumendid ei ole terminoloogia ja konteksti tõttu ilma vastava interpretatsioonita korrektsed. Sarnaselt matemaatikale, kus erinevates mõõtühikutes arvutused tuleb viia kokkuleppeliselt võrdsele alusel, siis sama moodi tuleb erinevate teemade käsitlemisel leida kokkuleppeliselt ühine kontekst kui ka terminoloogiline lähe. Vastasel juhul süüdistatakse ja võideldakse püsivalt ühiskonnas võimul olevate seisukohtade aktsepteerimise üle. Seega kui vastuolusid tekkival teemal diskuteerida, tuleb leida ühtne keelekasutus. Samamoodi toimib käesolev artikkel, olles ühisosaks laiemalt ühiskonna ja eridistsipliinide vahel.

Neljas peatükk: järeltus ehk tulem

Igal lool on oma järeltus. Isegi kui tegemist on erinevate erialadega nagu keemia, matemaatika või sport. Viimases tähendab järeltus pigem tegevuse käigus saavutatut, kuid kooli kontekstis on sellel ka järeltusele omane roll ja tähendus – tuua esile seoste vahelise interaktsiooni ehk ühendamise käigus varjule jäänud seisukohad. See tähendab järeltus on tulem või saadus. Väga kitsalt piiritletud kontekstis on matemaatikas tehete tulem, sh summa, lahutatu, korrutatu ja jagatu järeltused. Samamoodi on järeltuse rollis kitsalt piiritletud reaktsioonivõrrandite kontekstis keemias saadus. Keemias laiemalt aga tähendab saadus palju muudki kui reageeringu tulemust.

Järeltuse roll loogikas ja retoorikas ei ole vähem tähtis kui esimeses alapeatükis väite roll. Järeltusest oleneb, kuidas tuleb eelnevat mõista. Järeltusest oleneb, kuidas lugejad mõistavad väiteid kui eelduseid ja seoseid tervikuna. Isegi kui formaalse-loogika seisukohast võib esialgu tunduda seisukoha võtmine vigane, võib korrektse järeltuse tegemine lahendada ja muuta arutelu terviklikuks.

Järeltus on kui argumendi emotsioon. Olemas on kahte liiki järeltusi: deduktiivsed (tõeste eelduste korral on alati järeltus tõene) ja induktiivsed (tõeste eelduste korral võib järeltus olla tõene). Analüütiliselt ei ole sobilik tunnetusest tulenevatele aspektidele rõhuda kui tegemist ei ole vastava sisulise teemaga. Sellest tulenevalt peab argumendi koostaja (akadeemiliselt) korrektselt ja retooriliselt osavalt sõnastama esitatava argumendi. Seega argumendi mõistmise perspektiivist jääb meelde argumendi vorm, stiil ja selle järeltus. Viimane jääb meelde, sest järgnevad tegevused sõltuvad väga palju tulemusest, mida liigitatakse vas-

tavalt vajadusele heaks ja halvaks. Sellest tulenevalt olenemata argumendi piiritletud kontekstist peab enamus ühiskonna liikmeid väärargumendi õpetamise tulemusena vaid järeldusi argumendi osaks. Eelnevalt esitatu põhjal saab öelda, et ilma konteksti arvestamata ei ole järeldustest kasu. Järelduste kontekstita rakendamine võib tähendada järgnevate tegutsemisviiside ebaõnnestumist. Seega argumendist arusaamine on ühiskonna ja iga indiviidi ellujäämise seisukohast olulise tähtsusega.

TÄNUSÕNAD

Täna artikli valmimise heaks vigu ja parandusi pakkumast oma ema Velli Eelmäed ja oma sõpru Helena Kasemetsa ja Märt Hallasood.

KASUTATUD KIRJANDUS

Almossawi; Ali (2013). An Illustrated Book of Bad Arguments.
<https://bookofbadarguments.com/> (11.11.2014)

Fahnestock, Jeanne; Secor, Marie (1990). A rhetoric of argument. New York: McGraw-Hill.

Govier, Trudy (2010). A Practical Study of Argument.
<http://dev.asapholdings.com/wp-content/uploads/2013/02/A-Practical-Study-of-Argument-7th2009BBS1.pdf> (11.11.2014)

Eesti Väitlusselts (2008). Arutlev haridus* eesti väitlusseltsi õpik.
http://debate.ee/files/arutlev_haridus_opik.pdf (11.11.2014)

Harper; Douglas (2001-2014). argument (n.)
<http://www.etymonline.com/index.php?term=argument> (11.11.2014)

Hess, Beth B.; Markson, Elizabeth W. ja Stein, Peter J. (2000). Sotsioloogia. Külim

Kant (1982). Prolegomena igale tulevasele metafüüsikale, mis on võimeline esinema teadusena. Tallinn, Eesti Raamat

Kasak (2013/2014). Loogika alused. Tartu : Tartu Ülikooli Kirjastus

Luks; Leo (2011). Mis on argument?
<http://filosoofiakirjutamine.weebly.com/mis-on-argument.html> (11.11.2014)

MacCandless; David (2012). Rhetological fallacies.
<http://www.informationisbeautiful.net/visualizations/rhetological-fallacies/>
(11.11.2014)

Makoid, Bianka (2013)
http://e-ope.khk.ee/ek/2013/meedia_ja_mojutamine/meedia_moju/argumenteerimine.html (11.11.2014)

McKeon; Matthew (2011).
<http://www.iep.utm.edu/argument/> (11.11.2014)

Meos; Indrek (2010). Loogika. Argumentatsioon. Mõtlemiskultuur.
http://hum.ttu.ee/indrek/e_raamat/Meos_I_Loogika.pdf (11.11.2014)

Parsons; Terence (1996). What is an Argument? The Journal of Philosophy, Vol. 93, No. 4 (Apr., 1996), pp. 164-185

Rottenberg, Annette T. ja Winchell, Donna Haisty (2011). Elements of Argument: A Text and Reader. Bedford/St. Martin's

Toots (2012). Mis on akadeemiline argument?

http://www.tlu.ee/opmat/ri/argument/mis_on_akadeemiline_argument.html
(11.11.2014)

Toulmin, Stephen E. (2003). The Uses of Argument, Updated Edition.

<https://mattrking.files.wordpress.com/2014/08/toulmin-the-uses-of-argument.pdf>
(11.11.2014)

University of Twente. Argumentation theory.

<http://www.utwente.nl/cw/theorieenoverzicht/levels%20of%20theories/micro/argumentation%20theory/> (11.11.2014)

Walton; Douglas N. (1990). What is Reasoning? What Is an Argument? The Journal of Philosophy, Vol. 87, No. 8 (Aug., 1990), pp. 399-419

Walton Douglas N. (2006). Fundamentals of critical argumentation. Cambridge: Cambridge University Press

Walton; Douglas N. (2010). Argumentation theory: a very short introduction.

<http://www.dougwalton.ca/papers%20in%20pdf/09ArgShort.pdf> (11.11.2014)

Weston; Anthony (2009). A rulebook for arguments. Indianapoli. Cambridge:

Hackett



**SÄÄSTEV ARENG RIIKLIKUS ÕPPEKAVAS –
NORMATIIVSEST KATEGOORIAST
SISULISE KOMPETENTSINI**

Kadi Maria Vooglaid

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Oleks tervitatav, kui säästlikkust ja jätkusuutlikkust käsitletaks arengu loomupärase ja võõrandamatu omadusena, ent kahjuks jäävad need mõisted sageli vaid normatiivseteks kategooriateks. Ka juhul, kui suudetakse säästev mõtteviis kollektiivselt ülendada argitegelikuks iseenesestmõistetavuseks ei ole see piisav, et suuta nende eetiliste küsimuste taga peituvaid reaalseid probleeme ühiselt lahendada. Meie igapäevaelu, meie institutsioonid ja meie ökosüsteem on omavahel põhjalikult läbi põimunud ning muutused ühes süsteemis toovad kaasa muutused kõigis seotud süsteemides, mistõttu ei piisa säästva arengu printsiipide rakendamiseks, vaid hoiakute kujundamisest. Ees- seisva sajandi pakilisimate probleemide lahendamine eeldab lisaks aatelisele ka enneolematut intellektuaalset sisendit. Kahtlemata on tulevaste ilma- kodanike moraalsete ja intellektuaalsete eelduste kultiveerimisel asendamatu roll koolidel. Käesolevas artiklis püüan seda suhet lahata ning pakkuda täien- davaid lahendusi selleks, et kooli roll säästva arengu põhimõtete tagamisel oleks tõhusam, kui see seni on olnud.

SISUKOKKUVÕTE

Käesolev artikkel koosneb neljast sisulisest osast. Esimeses osas keskendun kooli ja ühiskonna vahelise seose lahkamisele võttes arvesse käesoleva sajandi eripära, milleks on ülemaailmne jõuliselt ebastabiilsusele kalduv sotsio-ökoloogiline olukord, mida iseloomustab mitte-lineaarne keerukus igal tasandil. Ka koolidelt oodatakse reageerimist nendele väljakutsetele. Kuigi õpetajate õlule on selles kontekstis tõenäoliselt veeretatud ebaõiglaselt ja ebarealistlikult raske koorem, saab siiski ka praegustes oludes muuta haridussüsteemi tõhusamaks. Teises osas keskendungi ühele aspektile, mis võiks olla seda eesmärki toetav, püstitades hüpoteesi, et säästva arengu printsiipe ei tohiks edastada vaid normatiivsena, vaid keskenduda tuleks ka deskriptiivsetele ehk sisulistele aspektidele. Kolmandas osas kirjeldan, mil moel tugineb säästva arengu sisuline ehk deskriptiivne aspekt sotsio-ökoloogilisel paradigmal ning millised on selle seose pedagoogilised järeldused, argumenteerides, miks tuleks jõukohasel tasemel, ehk keskastmes, tuua sisse ka säästva arengu printsiipide sotsio-ökoloogilisi alus- printsiipe tutvustav moodul, millega kaasneb algõpetus teaduslikes meetodites. Kolmandale osale järgneb kokkuvõte.

SISSEJUHATUS

Keskkonnaharidus, jätkusuutlik areng ning säästev areng on olnud Eesti hariduspoliitikas auväärse kohal taasiseseisvumise esimestest aastatest alates. Kehtivad põhikooli ja gümnaasiumi riiklikud õppekavad määratlevad loodust ja keskkonda säästvate ellusuhtumise ühe võtmepädevusena. Haridus- ja Teadusministeeriumi poolt tellitud ning Tartu Ülikooli haridusuuringute ja õppekavaarenduse keskuse poolt koostatud dokument "Läbivad teemad õppekavas ning nende rakendamine koolis" (HTM, 2010) sisaldab eraldi peatükki "Keskkond ja jätkusuutlik areng", milles on lahti kirjutatud säästva arengu põhimõtte rakendamine igas kooliastmes ning ainevaldkonnas lõimimise põhimõttel. Siiski ei saa olla rahul tulemustega. Samas dokumendis on välja toodud erinevate uuringute avastused, mis illustreerivad Eesti õpilaste vähest keskkonnateadlikkust võrreldes teiste OECD riikidega ning Eesti õpetajate nägemust keskkonnateadlikust haridusest, mille puhul suurimaks probleemiks on õpetajate vähene arusaam keskkonna, kultuuri ning ühiskonna omavaheliste seoste kohta (ibid. 30-31).

Eelnev näide ilmestab tõsiasja, et sageli jääb säästev areng koolitegelikkuses vaid deklaratiivseks elemendiks. Tõenäoliselt pole tegu paratamatusega, vaid ajutise kitsaskohaga haridussüsteemis. Ühele kitsaskohale soovingi antud kirjatükis osutada. Käesolev artikkel tugineb hüpoteesile, et säästva arengu põhimõtete internaliseerimiseks nii õpetajate kui õpilaste poolt on tarvis normatiivsete aspektide kõrval pöörata tähelepanu ka intellektuaalsetele aspektidele. See tähendab, et jõukohases vanuses peaksid eetilised aspektid hakkama tuginema teaduslikumal maailmapildil ning selle maailmapildi tekkeks peab looma pedagoogilised eeldused. Artiklis püüan argumenteerida, miks see hüpotees on loogiliselt õige ning millised pedagoogilised järeldused selle hüpoteesi omaks võtmine enesega kaasa toob.

METOODIKA

Artikli problemaatika on olemuselt kvalitatiivne, keskendudes ühele aspektile – säästev areng – mis on paigutunud mitme erineva diskursuse – kool ja ühiskond, keskkonnakaitse, sotsiaalökoloogia, pedagoogika, haridusfilosoofia, õppekavateooria, õpetajaharidus jm – ristumiskohta. Artikli autori eesmärgiks on täpsustada selle ühe aspekti avaldumist ja asetsemist nendes diskursustes ning

omakorda ka nende diskursuste omavahelist suhet. Olgugi, et lähenemine artiklis on eelkõige analüütiline ehk sisemist loogikat otsiv ning täpsustav, on eesmärk eelkõige pragmaatiline – pakkuda analüüsile tuginedes välja lahendusi Eesti praeguse haridustegelikkuse kontekstis. Ühtlasi on tegu senikäsitlemata probleemiga keskkonnahariduse diskursuses – seni pole piisavalt tähelepanu pööratud asjaolule, et keskendudes peasjalikult eetilistele aspektidele, on kõrvale jäänud kesk- konnateadlikkuse intellektuaalsed aspektid ehk see osa maailmatunnetusest, mille abil oleks üleüldse võimalik mõista maailma kui terviklikku sotsio-ökoloogilist süsteemi, mis koosneb paljudest teineteisega seoses olevatest ning vastastikku teineteist mõjutavatest alasüsteemidest. See probleematika vajaks märksa põhjalikumat käsitlemist. Alljärgnevalt on autor püüdnud destilleerida nendest suurtest teemadest minimaalse, ent loodetavasti koherentse terviku.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

1. Kool ja sootsium

Üldhariduskool oma modernses institutsionaliseeritud vormis on olnud pidevas ja kestvas kriisiseisundis kõikjal, kus haridus kui ühiskondlik institutsioon on vähemalt *de jure* masside teenistuses. Maailm on pidevas muutumises ning nende muutustega seoses on ühiskonnal alati olnud koolile teatud ootused. Ühest küljest eeldatakse koolilt püsiväärtuste edasi andmist ja vooruste kasvatamist, sageli üldisematele ühiskondlikele (juhuti kahetsusväärsetele) arengutele vastuvoolu ujudes. Teisalt peab kool vastutama õpilaste ühiskonda assimileerimise eest, harides, kasvatades ja koolitades tulevasi aktiivseid panustajaid kultuuriellu ning riigi majandusse.

Kooli igikestev kriisiseisund on globaalse haardega probleemide intensiivistumise ning keerustumise taustal viimastel aastakümnetel eriliselt teravalt esile kerkinud. Seni sai pidada rahuldvaks, kui õpilased omandasid vajalikud eeldused suutmaks luua oma elutegelikkust väarikal ning võimalikult tõhusal moel, ent käesoleval sajandil peavad tulevased põlvkonnad iroonilisel kombel arvestama ka sellega, et omaenese elujärje parandamine sõltub suurel määral eelnenud põlvede poolt kuhjatud probleemide lahendamisest ning sealjuures ei tohi nende tegevus kahjustada tulevaste põlvede šansse oma elukvaliteedi paran-

damiseks. Tulevased põlvkonnad peavad kasvama vaieldamatus säästva arengu vaimus, kuid säästva arengu printsiipide rakendamine pedagoogikas püstitab hulgaliselt teoreetilisi ning ka praktilisi probleeme, kuna seab koolile ülesandeks midagi palju enam kui vaid õpilaste assimileerimise stabiilsesse kultuurilisse, majanduslikku, poliitilisse ning looduslikku keskkonda. Kuidas tagada õpilaste intellektuaalne ja moraalne ettevalmistus sellel pretsedenditult ambitsioonikal, ent vaidlustamatult vajalikul sihil püsimiseks, on pedagoogilises kontekstis nii filosoofiliselt kui metoodiliselt kaelamurdev väljakutse. Järgnevalt demonstreerin, kuidas paigutub säästev areng hariduse konteksti, mil moel on säästev areng seotud sotsiaalökoloogilise paradigmaga ning millised järeldused on sellel seosel pedagoogika jaoks.

2. Säästev areng ja õppekavad

Keskkonnahariduse (*environmental education – EE*) liikumine sai alguse 1970ndatel, kui UNESCO sponsoreeris esimesi temaatilisi projekte. Viimase veerandsajandi jooksul on keskkonnahariduse valdkond märkimisväärselt mitmekesisitunud ning fookus on liikunud keskkonnahariduselt säästvale arengule (*education for sustainability – EfS, education for sustainable development – ESD*). (Robottom & Stevenson, 2014: 123) Kirjutatakse temaatilisi monograafiaid, ilmuvad säästva arengu ja hariduse alased akadeemilised väljaanded, ülikoolide juures tegutsevad vastavad instituudid ning ka poliitikud kõnelevad hariduse rollist säästva arengu põhimõtete ellu viimisel. Olgugi et säästva arengu eetilised printsiibid on selle tulemusel mitmel pool maailmas riiklikesse õppekavadesse sisse kirjutatud, on säästva arengu põhimõtete sisendid ja väljundid formaalhariduse kontekstis endiselt piisavalt ebaselged, et tingida probleeme nende elluviimisel. Läbimõeldusest jääb puudu nii koolikorralduslikes kui ka pedagoogilistes küsimustes, mis on omakorda põhjalikult läbi põimunud fundamentaalsete haridus- ja ühiskonnafilosoofiliste dilemmadega.

Kõige robustsem probleem on keskkonnahariduse paigutumine koolide ainekaavas, mis taandub küsimusele, kas see peaks rakenduma eraldi temaatilise plokina, lisandudes juba niigi ülekoormatud õppekavadele, või peaks see paigutama ainekavadesse lõimituna, esinedes läbiva teemana kõikides ainetundides (Spearman, 2010: 160). Eesti Vabariigi Haridus- ja Teadusministeerium on lahendanud selle probleemi valides lõimituse – säästev areng on esindatud dokumendis "Läbivad

teemad õppekavas ning nende rakendamine koolis” punkti all “Keskkond ja jätkusuutlik areng” (Henno, 2010: 24-46, 94-101). Sellega on küll leevendatud õigustatud muret õppekavade ülekoormatuse osas, kuid siiski ei paku ammendavat lahendust säästva arengu alase hariduse eesmärkide tegelikuks elluviimiseks, kuna taandab säästva arengu raamistiku puhtkontekstuaalseks ning heidab kõrvale säästva arengu põhimõtete ontoloogilise ehk ainesisulise aspekti, millel on säästva arengu printsiipide aluspõhimõtete mõistmiseks asendamatu intellektuaalne väärtus. Lõimimisega eraldatakse teineteisest sisu (*content*) ja kontekst (*context*), kuid selleks, et õppeprotsess oleks kvalitatiivselt transformatiivne peaks nii sisu kui konteksti käsitlema mitte ainult komplekselt vaid ka komplektselt. Pedagoogilises plaanis tuleb loomulikult arvestada ka eakohasusega ning esimeses kolmes kooliastmes võib olla säästva arengu printsiipidest lähtuvate hoiakute kujundamine piisav ning võrdlemisi hõlpsasti saavutatav eesmärk. Keskastmes õppivad noored on aga oma arengus jõudnud nii kaugemale, et ka ainese intellektuaalne käsitlemine on pädeva pedagoogi juhendamisel jõukohane.

	I kooliaste	II kooliaste	III kooliaste	Keskaste
Eesmärgid	Keskkonnataju kujunemine; konteksti loomine	Keskkonnataju personaalne kontekstualiseerimine; isikliku vastutustunde kujunemine	Keskkonnataju globaalne kontekstualiseerimine, kollektiivse vastutustunde kujunemine	intellektuaalne kontekstualiseerimine; sisulise kompetentsi ja teadusliku tunnetuse kujunemine

TABEL 1. Säästva arengu printsiipide edasi andmine erinevates kooliastmetes.

3. Säästev areng ning sotsio-ökoloogiline ontoloogia

Suurel määral on säästva arengu põhimõtete intellektuaalne aspekt alatähtsustatud seetõttu, et säästvast arengust kõneldakse peaaesjalikult eetilises kontekstis, mis on säästva arengu kontseptsiooni paigutanud filosoofilises plaanis aksioloogia teljele, jättes samal ajal kõrvale säästva arengu printsiipide aluseks olevad epistemoloogilised ja ontoloogilised teljed. Pedagoogilises plaanis pole epistemoloogiline telg ülemäära tähtis¹, kuid ontoloogiline telg on säästva arengu raamistiku mõistmiseks hädavajalik, kuna see põhineb spetsiifilisel nägemusel maailmast, mida mõistmata on võimatu sellele toetuvat aksioloogiat tähendusrikkalt mõtestada ning edukalt realiseerida.

¹ Viitan siinkohal epistemoloogia ja pedagoogika vahelisele pingele, mille keskmes on seisukoht, et didaktiline epistemoloogia erineb õpetatava ainese sisule iseloomulikust epistemoloogiast ning neid kaht ei tohi omavahel segamini ajada (vt Kirschner 2009).

Ontoloogiliselt lähtub säästva arengu kontseptsioon sotsio-ökoloogilisest paradigmat. Ammendavat definitsiooni selle kohta, mis on sotsiaalökoloogia (*social ecology*) pole veel suudetud sõnastada (Wimberley, 2009: 32), kuid tähendusrikkaimaks jooneks võib pidada aspekti, mis eristab seda peavooluökoloogiast, milleks on sotsiaalse komponendi

tähtsustamine. Sotsiaalökoloogia pioneer Murray Bookchin väidab, et sotsiaalökoloogia tunnustab ökoloogiliste probleemide sotsiaalset aspekti viidates sellele, et antud diskursuses jääb piisava tähelepanuta asjaolu, et keskkonnaprobleemide põhjused on sageli tingitud sügavale juurdunud sotsiaalsetest probleemidest (ibid.). Kaasaegne sotsiaal-ökoloogia modelleerib tegelikust holistilise süsteemina, milles omavad seoseid ning vastasmõju nii sotsiokultuurilised, poliitökonoomilised kui ka ökoloogilised alasüsteemid. Säästva arengumudel on üles ehitatud just sellele olulisele detailile toetudes, püüdes rakendada nende kolme alasüsteemi lõimumis- ja lõikumiskohad teatud eetiliste põhimõtete teenistusse. Õigupoolest omavad kõnealused eetilised põhimõtted kaalu vaid eelkirjeldatud sotsio-ökoloogilises paradigmas – kui poleks empiirilist teadmist selle kohta, mil moel erinevad alasüsteemid teineteist mõjutavad, ei nähtaks ka vajadust väärtus- süsteemide järele, mis nendest faktidest lähtuvad.

Pedagoogiliselt oluliseks muutub siinkohal normatiivse ja deskriptiivse sisendi selge eristamine. Õppeprotsessis tuleb senisest rohkem tähelepanu pöörata säästva arengu kui normatiivse kontseptsiooni (aksioloogiline telg) täiendamisele deskriptiivse sisendiga (ontoloogiline telg). Deskriptiivne sisend ei saa olla hajutatud teiste sisendite vahel, taandatuna lõimivale otstarbele, kuna selle tulemuseks oleks ainese lahjenemine ning lõpuks lahustumine. Deskriptiivne sisend tähendab korrastatud ainelise struktuuriga ning ainespetsiifilise didaktika abil edastatavat õppeainet. Deskriptiivset sisendit peaks omakorda toetama preskriptiivne sisend, mis täiendaks ainesisulist poolt sellega manipuleerimiseks vajalike oskuste edastamisega. Preskriptiivseks sisendiks sotsio-ökoloogilises paradigmas on teaduslike meetodite rakendamine probleemide lahendamisel, mis langeb kokku keskastmes õppivate noorte valmidusega teadusliku maailmapildi tekkeks ning toetab ka laialdaselt soovitud probleemipõhist õpet.

4. Kokkuvõte

Olles argumenteerinud, miks tuleks säästva arengu printsiipide omaks võtmist ning realiseerimist koolis käsitleda lisaks normatiivsele ja kontekstuaalsele ka sisuliselt ja deskriptiivselt, võib sellele toetudes tõdeda, et säästev areng taandatuna läbivaks teemaks õppekavades ei saavuta oma täit potentsiaali. See ei tähenda, et õppekavasse tuleks juba olemasolevale mahule lisada 35 akadeemilist tundi, mis saab kandma tunniplaanis nimetust "Säästev areng". Küll aga võib koondada mõned sotsiaal- ja loodusainete jaoks ette nähtud tunnid ühe koherentse transdistsiplinaarse ploki alla, mille sisu ning didaktika on põhjalikult läbi mõeldud, mitte ei sõltu juhuslikest projektidest, mille täitmise puhul võivad olulised intellektuaalsed aspektid, nagu näiteks eelnevalt käsitletud sotsio-ökoloogiline maailmapilt ning tole maailmaga manipuleerimiseks vajalikud primitiivsed, ent essentsiaalsed teaduslikud meetodid, jääda piisava tähelepanuta.

Selleks, et kirjeldatud aineplokki võiks toimida on lisaks koolispetsiifiliste õppekorralduslike detailide korrigeerimisele tarvis pöörata rohkem tähelepanu õpetajate vastavasisulisele ettevalmistusele. Kindlasti ei piisa vaid õpetajate varustamisest erinevate pedagoogiliste meetoditega nagu näiteks projekti- või probleemipõhise õppe läbiviimine, kuigi ka need oskused on vajalikud. Et anda edasi säästva arengu printsiipe mõtestatud moel peavad õpetajad ise mõistma nende printsiipide nn alusprintsiipe, ehk teisisõnu olema kursis sotsio-ökoloogilise teooriaga ning valdama teadusmetodoloogiat ja -metoodika vähemalt baastasemel. See tähendab vastavasisuliste muudatuste sisseviimist nii täienduskoolituses kui ka õpetajakutse õppekavadel kõrgkoolides.

Säästev areng ei saa olla oluline vaid retoorikas, kui võtame probleeme, mis säärase printsiipide tarvilikkuse on tinginud, vähegi tõsiselt. Nii lapsevanemad, hariduspraktikud kui ka poliitikud tunnevad muret selle pärast, kas koolid suudavad valmistada ette tulevasi kodanikke, kes mitte ainult ei soovi, vaid ka suudavad lahendada aina keerulisemaks muutuvaid probleeme. Kool on määratud vastutama nii perekondade, kogukondade kui ka ühiskondade ees ning viimastel aastakümnetel on kooli õlule langenud ka vastutuse kandmine kogu inimkonna ees. Tuleb hoolitseda selle eest, et säästva arengu sihil püsimiseks on võimekuse piires tagatud kõik süsteemsed eeldused, kaasaarvatud koolides. See eeldab senisest läbimõeldumat pedagoogilist lähenemist säästva

arengu printsiipide intellektuaalsel läbimõtestamisel ning õpetajakutse õp-pekavade teadlikku täiendamist seda eesmärki silmas pidades. Säastev areng normatiivse kategooriana on küll intuiitiivselt mõistetav, kuid vahendid, millega säästva arengu printsiipe ellu viia on intellektuaalselt nõudlikud ning vajavad ka pedagoogikas metoodilisemat läbitöötamist.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Henno, I. 2010. Keskkond ja jätkusuutlik areng. In: Jaani, J., Luisk, Ü., eds. Läbivad teemad õppekavas ja nende rakendamine. Tartu, Eesti: Tartu Ülikooli haridusuuringute ja õppekavaarenduse keskus, 24-43
- Kirschner, P. 2009. Epistemology or Pedagogy, That Is the Question. In: Tobias, S., Duffy, T., eds. Constructivist instruction: Success of failure? New York, USA: Routledge, 144-157
- Robottom, I., Stevenson, R. 2014. Analyses of Environmental Education Discourses and Policies. In: Stevenson, R., Brody, M., Dillon, J., Wals, A. eds. International Handbook of Research on Environmental Education. New York, USA: Routledge, 123
- Spearman, M. 2010. Environmental Education. In: Totten, S., Pedersen, J., eds. Teaching and Studying Social Issues: major programs and paradigms. North Carolina, USA: Information Age Publishing, 160
- Wimberley, E. 2009. Nested Ecology: The Place of Humans in the Ecological Hierarchy. Maryland, USA: Johns Hopkins University Press, 32



**JOOGIVEE KVALITEEDIMUUTUS
PUNKTPROOVI NÄITEL TALLINNA
LINNAS NING MEETOD SELLE
PARENDAMISEKS**

Mariliis Eensalu

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Vesi on olulisim aine elusorganismidele. Inimene koosneb suures enamuses veest, mistõttu tuleb tarbitava vee kvaliteedile tähelepanu pöörata. Viimasest sõltub otseselt tarbija tervis ja ka elukvaliteet. Pidevalt kasvav inimpopulatsioon tarbib aina rohkem vett, mistõttu tuleb üha kriitilisemalt jälgida, kas vett on piisavalt ning kuidas selle kvaliteeti vajadusel võimalikult säästlikult parandada. Käesoleva töö raames uuriti joogivee kvaliteedi tingimusi Tallinnas. Punktproovina võetud veeproovist analüüsiti mitmeid parameetreid ning kontrolliti selle vastavust joogivee kvaliteedinõuetele. Kuna ligi 1% Tallinna joogiveest ei vasta kvaliteedinõuetele, keskenduti joogivee kvaliteedi parendamisevõimaluse otsimiseks (Tallinna Vesi). Joogivee kvaliteedi parendamise eesmärgil uuriti veepuhastuse meetodina grafeenfilterelemendi kasutamise otstarbekust.

Paljud tervisehädad saavad alguse vähesest või kvaliteedile mittevastava vee tarbimisest (Fewtrell & Bartram, 2001). Andes põgusa ülevaate joogivee seisundist, mis võib Tallinnas esineda, hakkavad ehk lugejad oma tarbevee kvaliteedile rohkem mõtlema. Mida rohkem inimesi panustab oma tervisesse puhtalt vee kvantiteeti ja kvaliteeti jälgides, seda võimalikum on inimeste tervise paranemine ja sellest tulenevalt väiksem haigekassa kulu veega seotud terviseprobleemidele. Antud uurimus keskendub põhjalikult punktproovi erinevatele parameetritele ning nendest tulenevalt praktilisele ja säästlikule vee puhastamise võimalusele, mis on oluline panus inimkonna elukvaliteedi parendamisse.

SISUKOKKUVÕTE

Tallinna Vesi AS majandatavasse Ülemiste järve jõuab vesi ligi 2000 km² suuruselt joogiveehaarde alalt, mille hulka kuuluvad Ülemiste järve looduslik valgala, Pirita (sh. kanalid, pumplad ja 6 veehoidlasüsteemi) ja Jägala jõgikond ning Raku järved. Ülemiste järve vee hüdrokeemiline koostis on pidevalt muutuv ning veehaaretes asetleidvad muutused (sh reostus) võivad avalduda seega periooditi joogivees. (Trei & Trei, 2011)

Kuna proove võetakse nii järve- kui joogiveest teatud intervalliga ning analüüside tulemused saadakse väikese viivisega, võib ette tulla olukordi, kui ei jõuta veetootmisprotsessi piisavalt kiiresti korrigeerida. See tähendab, et tarbevesi suuna-

takse reservuaarist veevarustuse veevõrku ilma selle kvaliteeti parandamata. Olgu öeldud, et tootmisprotsessi läbinud vee reservuaarist uuesti puhastusse suunamine on väga mahukas töö ning seni on puhast vett vaid filtrite uhtumiseks kasutatud.

Käesoleva töö raames uuriti joogivee kvaliteeti Ülemiste järve vahetus läheduses. Varasemad punktproovi tulemused viitasid vee saastele, mistõttu eeldati, et vähemalt üks parameeter võib olla jätkuvalt piirnormi ületav. Hüpotees püstitati tuginedes faktidele, et kraanivee kvaliteet on eelnevalt olnud nõuetele mittevastav, et Ülemiste järve seisund on 2010. aastast alates kesine, et järves teostatud biomanipulatsioon on järve hüdrokeemilist seisundit mõjutanud ning et veetootmisprotsess sõltub otseselt toorvee kvaliteedinäitajatest. Punktproovi analüüsimise eesmärk ei olnud otseselt põhjapanevaid järeldusi Tallinna joogivee kohta teha, sest andmeid selleks saadi liiga vähe. Samuti otsustas autor kasutada proovivõtukohaks just kortermaja kraani, sest Tallinna Vesi AS kajastab joogivee kvaliteeti aastases aruandes ainult keskmiste näitajate põhjal. Kasutatud filterelement valiti spetsiaalselt käesolevast punktproovist saadud vee kvaliteedile tuginedes.

Kortermaja kraanist võetud veeproovist analüüsiti järgnevat: fosfaadid (PO_4^{3-}); ammonium (NH_4^+); kloriidid (Cl^-); nitraadid (NO_3^-); üldraud ($\text{Fe}_{\text{üld}}$); värvus, pH, hägusus, elektrijuhtivus; vee soolsus kuivjäägi ja kuumutusjäägi kaudu; üldkaredus, üldhappelisus ja –leeliselisus ning keemiline hapnikutarve (perman-ganaatne; edaspidi KHT_p). Kraanivesi juhiti läbi grafeenfiltri ning sellest analüüsiti PO_4^{3-} , NH_4^+ , Cl^- , värvust, pH-d, hägusust ja üldkaredust. Analüüsitulemused viitasid KHT_p vähenemisele, kuid näitaja oli endiselt üle normi. Filtrit kasutati selleks, et leida võimalik meetod kraanivee puhastamiseks perioodil, mil vee kvaliteet ei vasta riiklikult kehtestatud piirnormidele ning võib seetõttu olla ohuks inimese tervisele. Leiti, et filterelemendi kasutamine on õigustatud võimaliku saaste ennetamiseks ja vältimiseks.

SISSEJUHATUS

Joogiveele kui kraaniveele igapäevaselt kõik inimesed tähelepanu ei pööra, kuid paratamatult satub sinna mõnikord ohtlikke aineid. Artikli kirjutamise ajendiks oli Ülemiste järve lähedalt varasemalt samas proovivõtukohas läbiviidud analüüs, mida teostas OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus (edaspidi EKUK). Analüüsi aktis EE08004084, mis viidi läbi 2008. aastal (proovi nr. N-106-48), leiti kraaniveest üle 80 µg naftaprodukte, 0,107 mg/l alumiiniumi (Al^{3+}) ning kõrge oli ka sulfaatide (SO_4^{2-}) sisaldus, 45 mg/l. Viimase näitaja jääb piirnormi sisse, kuid joogivees tavaliselt nii palju sulfaate ei esine. Veendumaks joogivee kvaliteedinäitajate paranes viidi 2009. aastal läbi samasugune uuring, kuid saasteaineid ei tuvastatud. Analüüsiaktis EE09003138 toodi välja vaid ammooniumi, elektrijuhtivuse, nitraadi, KHT_p , pH, üldlämmastiku ja üldraua sisaldus, mis on kantud ka metoodika peatükis võrdlusena tabelisse. Riiklikult kehtestatud vee kvaliteedinõuetest ületas piirnormi ammooniumi, KHT_p ja üldraua sisaldus vees (RT I 2001, 100, 1369).

Käesoleva töö hüpoteesina toodi välja, et piirnormi ületanud katsetulemustest võib olla vähemalt üks piirnormi ületav või kõrgem. Eeldus põhines sellel, et Ülemiste järvevee kvaliteet on muutunud tänu biomanipulatsioonile, mis viidi läbi aastatel 2004-2006 (Pedusaar & Järvalt, 2011). Järve hüdrokeemiline seisund muutub pidevalt võimaliku reostuse, hüdro-morfoloogilise mõjutatuse ja paljude teiste mõjutegurite tõttu. Need on Ülemiste järve 2010. aasta seisuga kesise seisundiga järvede nimekirja viinud. Seisundiklassi puhul võetakse aga lisaks vee hüdrokeemiale arvesse ka bioloogilisi kvaliteedinäitajaid. (Eesti Keskkonnaseire, 2012) Muuhulgas pööratakse pinnavees tähelepanu orgaanilises aines sisalduvatele huumusainetele (laguproduktidele), sest nende arvukuse kasvu tõttu tõuseb pinnavees oksüdeeritavusprotsent. Selline nähtus on Põhja-Eestis enamasti küll lühiajaline, kuid veetaimede suvise intensiivse fotosünteesi tõttu võib hapnikurežiim küündida lausa 120%-lise küllastumiseni (kuni 15 mg O_2 /l). (Simm, 1975) Erinevatel aastaegadel tuleb seega vee puhastamist teostada vastavalt loodusliku vee kvaliteedile. Arvesse tuleb võtta sealhulgas ka mainitud hapnikurežiimimuutust.

Joogi- ja tarbevee tootmiseks juhitakse vesi Ülemiste järvest Tallinna Veepuhastusjaama, kus toorveest eemaldatakse vetikad ja hõljum, basseinides hävitatakse osoneerimise käigus mikroorganismid ja oksüdeeritakse orgaanilised ained; setitamiseks kasutatakse koagulanti ning vesi suunatakse filtritesse. Prot-

sessi lõppedes lisatakse vette kloori ning vesi juhitakse joogiveereservuaaridesse. (Erm et al, 2001; Trotti et al, 2013) Suveperioodil lisatakse toorveele vajadusel aktiivsütt, mis osooni keemilise reaktsiooni teel hüdroksiidiooniseks muudab (Jans & Hoigné, 1998). Käesoleva töö filtreerimisvahendiks valiti seetõttu samuti aktiivsöefilter. Probleeme joogivee kvaliteedis võivad tekitada hulk tegureid, kuid vaadeldavate parameetrite piirnormi ületav näit viitab näiteks KHT_p puhul osooni või kloori vähesele lisamisele; raua ja ammooniumi puhul koaguleerimis- või aereerimisprotsessi häiretesse. (Langlais et al, 1991)

METOODIKA

Veeproovi võttis autor kortermaja kraanist Tallinna Veepuhastusjaama vahetust lähedusest. Proove transporditi plastpudelites. Anumad olid eelnevalt vähemalt kaks korda analüüsitava veega loputatud ning analüüsid viidi läbi kahekümne nelja tunni jooksul pärast proovide võtmist. Analüüsid teostati 2014. aasta juulis ning selleks valiti näitajad, mida oli võimalik veest olemasolevate vahendite abil määrata. Eeskujuks võeti sotsiaalministri määruse „Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid“ paragrahvi 6 indikaatorid (RT 2001, 100, 1369). Punktproovist analüüsis autor joogivee järgmisi parameetreid: fosfaadid (PO_4^{3-}); ammoonium (NH_4^+); kloriidid (Cl^-); nitraadid (NO_3^-); üldraud ($Fe_{\text{üld}}$); värvus, pH, hägusus, elektrijuhtivus; vee soolsus kuivjäägi ja kuumutusjäägi kaudu; üldkaredus, üldhappelisus ja –leeliselisus ning KHT_p .

Teadmised proovivõtu ning analüüside läbiviimise kohta omandas autor EKUK-is laboripraktika raames. Kontrollimaks joogivee kvaliteetsemaks muutmise võimalust juhiti osa vett läbi nanosorbendiga grafeenfiltri ZF-2 ning analüüsiti veest PO_4^{3-} , NH_4^+ , Cl^- , värvust, pH-d, hägusust ja üldkaredust. Filtri puhastusvõime on 50l tunnis; mõõtmed 330x140x140 mm ning puhastusmaht 2000 liitrit (Золотая Формула).

PO_4^{3-} määrati ammoonium molübdaadi meetodil standardi *ISO 6878*; NH_4^+ spektrofotomeetriliselt standardi *ISO 7150* ning Cl^- Mohr'i meetodil rahvusvahelise standardi *ISO 9297* järgi. Vee pH määrati rahvusvahelisele standardile *ISO 10523*, üldkaredus *ISO 6058* ning elektrijuhtivus *ISO 7888* standardile tuginedes. NO_3^- määrati lainepikkusel 220 nm spektrofotomeetriliselt. Reagendina kasutati vesinikkloriidi lahust ning kalibreerimisel kasutati kaaliumnitraadi (KNO_3) lahuseid.

Veeproov filtreeriti ning värvus määrati fotomeetriliselt lainepikkusel 436nm. Kalibreerimiseks kasutati plaatina (Pt) sisaldavat standardlahust ning väävelhappelahust (H_2SO_4). Hägusus määrati lainepikkusel 620 nm. Üldhappelisus määrati tiitrimetriliselt neutraliseerimismeetodil, kus reaktiivid olid seebikivi ning fenoolftaleiini lahus (FF). Üldleelisus määrati samuti tiitrimetriliselt, kuid reaktiivid olid vesinikkloriid (HCl) ja metüüloranž (MO). Permanganaatne hapnikutarve määrati Kubeli meetodil. Üldraua sisaldus määrati spektrofotomeetriliselt lainepikkusel 492 nm. Reaktiivina kasutati komplekslahust, mis valmistati o-fenantroliinist, väävehapest ja ammooniumatsetaadi puhverlahusest.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

Ühe erandiga jäid 2014. aastal läbi viidud veeproovide parameetrid seaduses toodud piirnormi sisse. Permanganaatne hapnikutarve oli 5,7 mg O_2/l . Kuigi 2014. aasta suveks olid ammooniumi ja raua näitajad kraanivees alla riiklikult kehtestatud piirnormi, oli KHT_p väärtus endiselt üle lubatud piirnormi (5,0 mg O_2/l). Analüüsitulemused on välja toodud tabelis 1. Tulemused 2009. aastast on samuti tabelisse kantud ning piirmäära ületavad parameetrid on kaldkirjas allajoonituna esile toodud ning võrdluseks lisatud Riigi Teatajas välja toodud piirnormid. Analüüsitulemused 2014. aasta proovide kohta näitavad, et filtreerimine parendab vee keemilist koostist vähendades ionide kontsentratsioone.

Näitaja	Piirnorm	Tulemus kraaniveest, 2009. a	Tulemus kraaniveest, 2014. a	Tulemus filtriveest, 2014. a	Ühik
PO ₄ ³⁻			0,059	0,051	mg/l
NH ₄ ⁺			0,0128	0,0096	mg/ml
NH ₄ ⁺ ioon	0,50	<u>1,6</u>	0,0165	0,0123	mgN/ml
Cl ⁻	250		32,21	29,03	mg/l
Fe _{üld}	0,2	<u>1,8</u>	0,1		mg/l
NO ₃ ⁻		0,52 (mgN/l)	4,29		mg/l
värvus			0	0	
pH	6,5-9,5	7,92	7,43 (23,4°C)		
üldhappelisus			1,06		mg-ekv/l
üldleelisus			2,80		mg-ekv/l
hägusus			0	0	
elektrijuhtivus	2500	418	319,7		µS/cm
kuivjääk			232,8		mg/l
kuumutusjääk			129,9		mg/l
üldkaredus			4,064	3,9827	mg/ekv-l
KHT _p	5,0	<u>6,9</u>	<u>5,7</u>		mg O ₂ /l

TABEL 1. Analüüside tulemused.

Kõrge KHT_p sisalduse põhjus võib olla Ülemiste järve vee suvine eutroofsus, sest 1968. aasta andmetel oli järves näitaja keskmine väärtus 28,4-34,0 mg O₂/l ning oli teada, et suvekuudel domineerib järves fütoplankton, räni- ja sinivetikad. (Eesti järved, 1968) Andmed 1977. aastast ei viita järve hüdrokeemias selles osas muutustele (Eesti NSV..., 1977). Olgugi, et järve vesi on tänu suurele veemassile hüdrokeemiliselt küllaltki inertne, on Läänemere maades juba 1950. aastatest peamiselt inimõju kasvamise tõttu täheldatud pinnavee keemilise hapniku tarbe ja eutrofeerumise märkimisväärset tõusu (Ryden et al, 2003, Eesti jõgede..., 1993). KHT_p sisaldust võivad mõjutada veel vette jäänud mikrobioloogilised ühendid, sest kuigi osoon peaks vees oleva mikrobioloogia hävitama, ei suudeta seda veega piisavalt hästi reageerima panna. Osoneerimisprotsessi võib pidada amortiseerunuks, kuna veepuhastuses kasutatakse tänapäeval palju uudsemaid tehnoloogiaid, näiteks ultraviolettkiirgusel töötavaid seadmeid. Samal ajal tuleb mees pidada, et nii suure tootlikkusega veepuhastusjaama tehnopargi uuendamine on üpris kulukas.

Biomanipulatsiooni kasulikkus avaldub ennekõike veetootmise protsessi lihtsustumises, kuid samal ajal tuleb silmas pidada, et antud uurimuses analüüsiti veetootmisprotsessi läbinud vett, mitte järvevett. Nende kvaliteeti ei saa seetõttu otseselt kõrvutada joogivee kvaliteediga, sest tootmisprotsessis kasutatavad koagulandid ja reagentid on periooditi erinevad. Samuti on põhjapanevate järeldeste tegemiseks andmeid vähe. Küll aga võib saadud tulemuste põhjal välja tuua joogivee kvaliteedi paranemise punktproovi alusel vaadeldavas ajavahemikus.

Analüüsitulemustes (2014) kajastub vee pH kerge aluselisus, mis jääb lisaks veeseaduses toodule ka teaduskirjanduses (Trei & Pedusaar, 2005) toodu piiridesse (pH = 7,2 - 8,9). Fosfaatide väärtus jääb 1992-2004. aastal mõõdetud keskmistele alla (0,01 mg/l) ning nitraatide näit on tunduvalt kõrgem kui 2,6 mg/l, jäädes siiski veeseaduses toodud piirnormi sisse. Fosfaatide sisalduse vähenemist saab otseselt seostada aastatel 2004-2006 läbiviidud biomanipulatsiooniga Ülemiste järves (Pedusaar et al, 2010).

Ammooniumi sisaldus vees on äärmiselt ebastabiilne, kuna aeroobsetes tingimustes muutub see kiiresti nitrititeks ja nitraatideks. Veekogude eutrofeerudes nitrifikatsiooniprotsesside kiirus üldjuhul tõuseb ning on täheldatud kokkulangevust hapnikutarbe suurenemisega. Veevarustuse senine suurem probleem on olnud ka massiliselt arenevad sinivetikad, mis ummistavad veevärgi filtersüsteemi ning põhjustavad seetõttu palju komplikatsioone ja suuri kulutusi. Võimalike mürgiste jäätmete tekkimine sinivetikate lagunemisel on tõenäoline, kui vetikate kasv suvisel perioodil on oodatust suurem. (Eesti jõgede..., 1993; Feldmann, 2012) Sellest tulenevalt on tulevikus tarvis analüüsida tsüaniidi sisaldust nii toorvees kui tootmisprotsessi läbinud vees. Üldraua suurt sisaldust võis 2009. aastal joogivees põhjustada veepuhastuses kasutatava raudkoagulandi võimalik lisamine. Aine on veepuhastuses tuntud ideaalse reostuse eemaldajana, kuna suudab veest mitmeid ohtlikke ühendeid endaga siduda. (Zhong et al, 2006) Samas ei saa välistada rauaühendite sattumist kanalisatsiooni pärast veepuhastust, kuigi veepuhastusjaamast kortermajadeni voolab vesi terastorudes. Indikaatorina tuleks edaspidi uurida veel sulfaatide sisaldust järve- ja tarbevees, sest viimased väljendavad sademetest ja maakasutuse muutusest tingitud reostuskoormust (Eesti jõgede..., 1993).

Vee filtreerimine vähendab joogivees analüüsitud parameetreid kuni 10%. Joogivee kvaliteedi parendamiseks sobiks grafeenfilter hästi, sest tootjafirma tellitud uuringus leiti, et *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 tüvega saastatud veest pidas filter kinni kõik pesa moodustavad ühikud (PMÜ). (Testi protokollid, 2010) Võimaliku saaste sattumise korral joogivette on seega grafeenfiltri kasutamine põhjendatud.

Autor avaldab asjalike nõuannete eest tänu Jaanus Terasmaale.

KASUTATUD KIRJANDUS

Eesti järved. 1968. (Toim. A. Mäemets.) "Valgus", Tallinn.

Eesti NSV järved ja nende kaitse. 1977. (Toim. A. Mäemets.) "Valgus", Tallinn.

Erm, A., Arst, H., Trei, T., Reinart, A. and Hussainov, M. 2001. Optical and biological properties of Lake Ülemiste, a water reservoir of the city of Tallinn I: Water transparency and optically active substances in the water. In *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 6: 63–74.

Feldmann, Tõnu. The structuring role of lake conditions for aquatic macrophytes. 2012. Estonian University of Life Sciences - Eesti Maaülikool, Tartu.

Fewtrell, L. and Bartram, J. 2001. *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Risk Assessment and Management for Water Related Infectious Diseases*. IWA Publishing, London.

Jans, U., Hoigné, J. 1998. Activated Carbon and Carbon Black Catalyzed Transformation of Aqueous Ozone into OH-Radicals. In *Ozone Sci. Eng.*, 20: 67–87.

Langlais, B., Reckhow, D., Brink, D. R. 1991. *Ozone in Water Treatment: Application and Engineering*. Lewis Publishers, Chelsea.

Pedusaar, T.; Järvalt, A. 2011. Ülemiste järve biomanipulatsioon. In (Toim. T. Soomere) *Teadusmõte Eestis (VII) meri. Järved. Rannik*. Eesti Teaduste Akadeemia, Tallinn. 189-196

Ryden, L., Migula, P., Andersson M. 2003. *Environmental Science. Understanding, protecting, and managing the environment in the Baltic Sea region*. The Baltic University press, Uppsala.

Simm, H. 1975. *Eesti pinnavete hüdrokeemia*. "Valgus", Tallinn.

Zhong, L.-S., Hu, J.-S., Liang, H.-P., Cao, A.-M., Song, W.-G. and Wan, L.-J. 2006. Self-Assembled 3D Flowerlike Iron Oxide Nanostructures and Their Application in Water Treatment. In *Adv. Mat.*, vol. 18(18): 2426–2431.

Trei, T., Pedusaar, T. 2006. Macroflora in Lake Ulemiste Estonia - changes and the impact of environmental factors. In *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences Biology Ecology* 53(3): 199-215.

Trei T., Trei, T. Sajand Ülemiste järves – taimed teavad tõtt. In *Eesti Loodus* 6–7, 2011.

Trotti, F., Caldognetto, E., Forte, M., Nuccetelli, C., Risica, S., & Rusconi, R. 2013. Estonian waterworks treatment plants: clearance of residues, discharge of effluents and efficiency of removal of radium from drinking water. In *Journal of Radiological Protection*, 33(4), 809.

Analüüsiaktid:

Analüüsiakt EE08004048, 2008. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ.

Analüüsiakt EE9003138, 2009. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ.

Testi protokollid. 2010. No: ML2010/V1718M; ML2010/V1719M; ML2010/1720M.

Aruanded:

Eesti jõgede ja järvede seisund. Environmental Report 7. Environment Data Center. 1993. (Toim. M. Pylvänäinen). IS-pano, Helsinki. 18-44.

Tuvikene, L., Nõges, P., Feldmann, T., Tammert, H., Agasild, H., Zingel, P., Timm, H., Kangur, K., Tuvikene, A. 2012. Eesti Väikejärvede seisund. Siseveekogude seire tulemuste kokkuvõte. In (Toim. K. Antso) Eesti Keskkonnaseire 2007-2010. Keskkonnatebe Keskus. 42-65.

Juriidilised aktid:

Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid. 2001. Riigi Teataja I, 100, 1369.

Muud allikad:

ISO 10523. Water quality - Determination of pH.

ISO 6058. Water quality - Determination of calcium content -- EDTA titrimetric method.

ISO 6878. Water quality - Determination of phosphorus - Ammonium molybdate spectrometric method.

ISO 7150. Water quality - Determination of ammonium - Manual spectrometric method.

ISO 7888. Water quality - Determination of electrical conductivity.

ISO 9297. Water quality - Determination of chloride - Silver nitrate titration with chromate indicator (Mohr's method).

Tallinna Vesi AS, aastaraamatud 2002-2013.

Золотая Формула (ООО Холдинг), Бытовой напорный фильтр ZF-2. 2008. – Brošüür.



II TASEME ARTIKLID

Magistrantuuri lõpetanud ja doktorandid





KRITEERIUMIDE JA NENDE KAALUDE VÄLJATÖÖTAMINE OPTIMAALSE JÄÄKSOO KORRASTAMISE VIISI VALIMISEKS

Kadi Padur

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Säästev areng on sotsiaal-, majandus- ja keskkonnavaldkonna sidus ning kooskõlaline arendamine, mis tagab inimestele kõrge elukvaliteedi ning turvalise ja puhta elukeskkonna nii praegu kui ka tulevikus. Säästva arengu tagamiseks on oluline keskkonnakorralduslike otsuste tegemisel integreerida nii keskkonnavalased, sotsiaalsed kui ka majanduslikud aspektid ning erinevate huvigruppide seisukohad. Sellest tulenevalt on püstitatud ka töö eesmärk.

SISUKOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärk on säästvat arengut toetava optimaalse jääksoo korrastamise viisi valimiseks sobiva keskkonnavalaseid, sotsiaalseid ja majanduslikke aspekte hõlmava, potentsiaalseid huvigruppe kaasava kriteeriumide süsteemi koostamine, sh kriteeriumide olulisuste määramine.

Eesmärgi saavutamiseks leiti kirjanduse ja eksperthinnangu (Ilomets, 2014) baasil piiravad kriteeriumid, mille alusel saab konkreetse korrastamist vajava jääksoo jaoks sobivad alternatiivsed korrastamise viisid tuvastada. Piiravad kriteeriumid ja vastavates situatsioonides kasutamiseks eeldatavalt sobivad alternatiivid konstrueeriti otsustuspuuna, mida on küllaltki lihtne ja mugav kasutada. Selleks, et ala jaoks eeldatavalt sobivaid alternatiive võrrelda, paremusjärjestada ja leida optimaalseim lahendus, koostati huvigruppe kaasates kaalutud kriteeriumide süsteem. Süsteemi koostamiseks ja kaalude leidmiseks koostati kirjanduse baasil kriteeriumide nimekiri, mida lasti huvigruppidel täiendada ja valida nende arvates jääksoo korrastamisel arvesse võtmist vajavad aspektid. Seejärel said huvigrupid hinnata, kui olulised on vastavad kriteeriumid nende arvates vastava otsuse tegemise jaoks. Samuti uuriti huvigruppidele, kui olulised on nende arvates erinevate huvigruppide arvamus selle valdkonna otsuste tegemisel. Seejärel leiti kriteeriumide olulisuste hinnangute ja huvigruppide arvamuste olulisuste baasil kriteeriumide kaalud. Kriteeriumid süstematiseeriti visuaalse ülevaate saamiseks väärtusepuuna.

SISSEJUHATUS

Jääksood on kõik endised turbakaevandamisalad. Jääksood tekivad pärast soo kuivendamist ja turba kaevandamist (Paal et al., 2011). Eesti Vabariigi Maapõu-seaduse ja Keskkonnaministri 26. mai 2005 a määruse nr 43 järgi tuleb pealmaa-kaevandamisega rikutud maa korrastada selliseks, et pärast kaevandamise lõppu oleks seal võimalik tegeleda maaviljelusega, metsakasvatusega või kujundataks rikutud maa veekoguks, ehitusmaaks, mistahes muuks tarbimisväärseks maaks või tunnustatud väärtusega maastikuks. Eestis on palju korrastamist vajavaid mahajäetud ja turbakaevandamise lõppfaasis olevaid jääksoid. Eestis seni tehtud turbakaevandamisalade korrastamisprojektid enamasti ei hinda erinevaid võimalikke lahendusviise, vaid järgivad kaevandamisloas esitatud lahendust; ka loa taotlemise eel ei kaaluta võimalikke lahendusi, vaid määratakse see vaid paarilausealise põhjendusega. Lisaks sellele kehtivad turba kaevandamise load 20 – 30 aastat, mistõttu isegi juhul, kui loa taotlemise ajal valitud korrastusviis oli õigustatud, ei tarvitse see enam olla õige valik nii pika aja möödudes. See tähendab, et olulised keskkonnakorralduslikud otsused, mida jääksoo edasise kasutusala valik kahtlemata on, tehakse viisil, mis ei toeta võimalikult põhjenda-tult parima lahenduse leidmist ega ole selleks kohane.

Keskkonnakorralduslikud otsused ei põhine ainult teaduslikel ja tehnilistel asjaoludel, vaid nad on tugevasti mõjutatud majanduslikest, sotsiaalsetest ja poliitilistest aspektidest. Erinevate aspektide tasakaalustatud ja ratsionaalne arvestamine võib valmistada probleeme – mida suuremamahulisemaid ja tähtsa-maid otsuseid tehakse, seda enam eksisteerib huvigruppe, kelle seisukohad valiku tegemisel, arvestamisele tulevatest teguritest ja nende tegurite olulisusest, võivad erineda. Niisugusel puhul on otsustusel abiks otsustusanalüüsi meetoodika ja multikriteeriumanalüüsi meetodid. Nende kasutamise põhimõte seisneb kriteeriumide alusel eesmärgi saavutamiseks parima võimaliku alternatiivi leidmisele ning nad aitavad kaasa sellele, et keskkonnakorralduslikud otsused oleksid tehtud usaldusväärsete faktide ja andmete põhjal ning valikuprotsess ja selle tulemused oleksid läbipaistvad ja efektiivsed ning tagaksid võimalikult suure inimeste ja keskkonna heaolu – neid tingimusi on otsustamisel oluliseks pidanud ka Omann (2000).

Käesoleva töö eesmärk on säästvat arengut toetava optimaalse jääksoo korrastamise viisi valimiseks sobiva keskkonnaalaseid, sotsiaalseid ja majanduslikke aspekte hõlmava, potentsiaalseid huvigruppe kaasava kriteeriumide süsteemi loomine, sh kriteeriumide olulisuste määramine.

METOODIKA

Multikriteeriumiline otsustusanalüüs pakub võimalust muuta selgemaks ja läbipaistvamaks kompromissi tegemise ning aitab teha põhjendatud otsuseid kontekstis, kus käsitletakse korraga kriteeriumidena erinevaid ja sageli konkureerivaid poliitilisi, sotsiaalseid, ökoloogilisi ja majanduslikke aspekte (Turner et al., 2000). Multikriteeriumanalüüsi on karjäärade korrastamise viisi valimiseks kasutatud Drawish et al.(2008) ja Sasso et al.(2012).

Eesti tingimustes peetakse jääksoode korrastamise võimalikeks viisideks järgmisi alternatiive: taastaimestamine ehk soo taastamine, marjakasvatuse rajamine, energianiidu rajamine, metsastamine ja veekogu rajamine (nt kalakasvatus, rekreatsioon jne) (Paal et al., 2011). Siiski ei sobi igale korrastamist vajavale jääksoole eeldatavalt ühtmoodi kõik alternatiivsed viisid. Selleks, et kindlaks teha, millised korrastamise viisid konkreetsele jääksoole sobivad, tuleb esmalt välja töötada piiravad kriteeriumid. Need on kriteeriumid, mis teatud väärtuste korral näitavad, et konkreetse jääksoo omadused takistavad mõne alternatiivse korrastamise viisi rakendatavust alal. Piiravad kriteeriumid on välja töötatud kirjanduse ja ekspertarvamuse baasil. Piiravate kriteeriumide alusel alternatiivide eelsorteerimiseks luuakse otsustuspuu (decision tree), milles on vastavalt ala omadustele välja toodud sellele eeldatavalt korrastamiseks sobivad viisid.

Otsustuspuu kasutamise järel on võimalik, et alles on jäänud vaid üks jääksoo jaoks eeldatavalt sobiv korrastamise viis, mis tähendab, et otsustamine võib lõppeda. Samas võib mitmete ala omaduste korral eeldatavalt jääksoole sobida ka kaks või enam erinevat korrastamise viisi. Seega on vaja alternatiive võrrelda ja hinnata. Sellest tulenevalt on vajalik välja töötada kriteeriumid, mille alusel eristada, võrrelda ja paremusjärjestada ala jaoks eeldatavalt sobivad korrastamise alternatiivsed viisid. Eeldatavalt ala jaoks sobivate korrastamise viiside võrdlemiseks töötati välja kriteeriumid ja süstematiseeriti need väärtusepuuna (value tree).

Võimalikult paljude oluliste kriteeriumide käsitlemiseks tasub leida ja rühmitada need otsuse tegemist vajavast temaatikast olenevalt peamiste oluliste liikide järgi, milleks võivad olla näiteks keskkond ja majandus, sotsiaal-psühholoogia ja tervis, riskide ja ökoloogiliste mõjude vähendamine või muud temaatikat puudutavad eluvaldkonnad (Hämäläinen, Alaja, 2008). Seetõttu on ka antud töös väärtusepuus olevad kriteeriumid leitud alustades oluliste säästvat arengut toetavate valdkondade määratlemisest.

Kriteeriumide rühmadest järgmise sammuna on väärtusepuus konkreetsed kriteeriumid, mis on võimalik Davidson (2004) järgi tuletada seadustest, standarditest, eetilistest kaalutlustest, ajaloolistest, kultuurilistest ja traditsioonilistest seisukohtadest, isikute ja organisatsioonide eesmärkidest, temaatilisest kirjandusest, teaduslikest ja tehnoloogilistest võimalustest, turumajandusest ning spetsialistide soovitudest. Antud töös on kriteeriumid loetletud määruse, temaatilise kirjanduse ja telmatoloog M. Ilometsa suulise eksperthinnangu (2014) baasil: Keskkonnaministri 26. mai 2005 a määrus nr 43; Dey, Ramcharan (2008); Drawish et al, (2008); Burton et al. (2011); Kosk, Löhmus (2011); Sasso et al. (2012); Phillips (2012) ning Sall et al. (2012).

Kriteeriumide nimekirja koostamise järel esitati need täiendamiseks ja kriteeriumide olulisuse hindamiseks huvigruppidele. Huvigrupid on Previously Defined Criteria (varem sõnastatud kriteeriumid) meetodika järgi otsusetegijad, kodanike rühmad, organisatsioonid ja institutsioonid ning lõpptarbija, kes on kas positiivselt või negatiivselt projektist mõjutatud (Baker et al., 2001). Huvigrupid valisid veebipõhises küsitluses (juhitud Saris, Gallhofer, 2007) nende arvates jääksoo korramise viisi valiku tegemisel arvestamist vajavad kriteeriumid ja määrasid neile kriteeriumidele kaalud.

Kriteeriumidele on oluline omistada kaalud, et otsuse tegemisel oleks võimalik arvesse võtta erinevate huvigruppide arvamusi. Kaalude määramise üks meetodika on huvigruppide poolt kriteeriumidele kaalude määramine, kus iga huvigrupp määrab kriteeriumidele oma eelistuste järgi olulisused ning seejärel otsustusprotsessi läbiviija koondab erinevate osapoolte seisukohad nii, et kõikide kaalude summa oleks 100%. Kui on teada, et mõne huvigrupi arvamused on teistest olulisemad, tuleb otsusetegijatel nende seisukohti kriteeriumide kaalusid kokku võttes sellele vastavalt enam arvestada. (Anderson, 2002)

TULEMUSED JA ARUTELU

Jääksoo korrastamise viisi valiku tegemiseks on vaja esmalt lähtuvalt konkreetsest jääksoost, tema asukohast ja omadustest välja selgitada, millised alternatiivsed korrastamise viisid eeldatavalt vastavale alale sobivad. Antud töös välja töötatud alaspetsiifilised piiravad kriteeriumid on kaitsealad, eesvoolud, turbakihi paksus ning turbaalused orgaanilised setted. Konkreetse korrastamist vajava jääksoo puhul tuleb kindlaks teha alaspetsiifiliste piiravate kriteeriumide väärtused. Loodud otsustuspuu kasutamise tulemusena saadakse vastava ala jaoks potentsiaalselt sobivad korrastamise viisid. Välja töötatud otsustuspuu on Lisa 1.

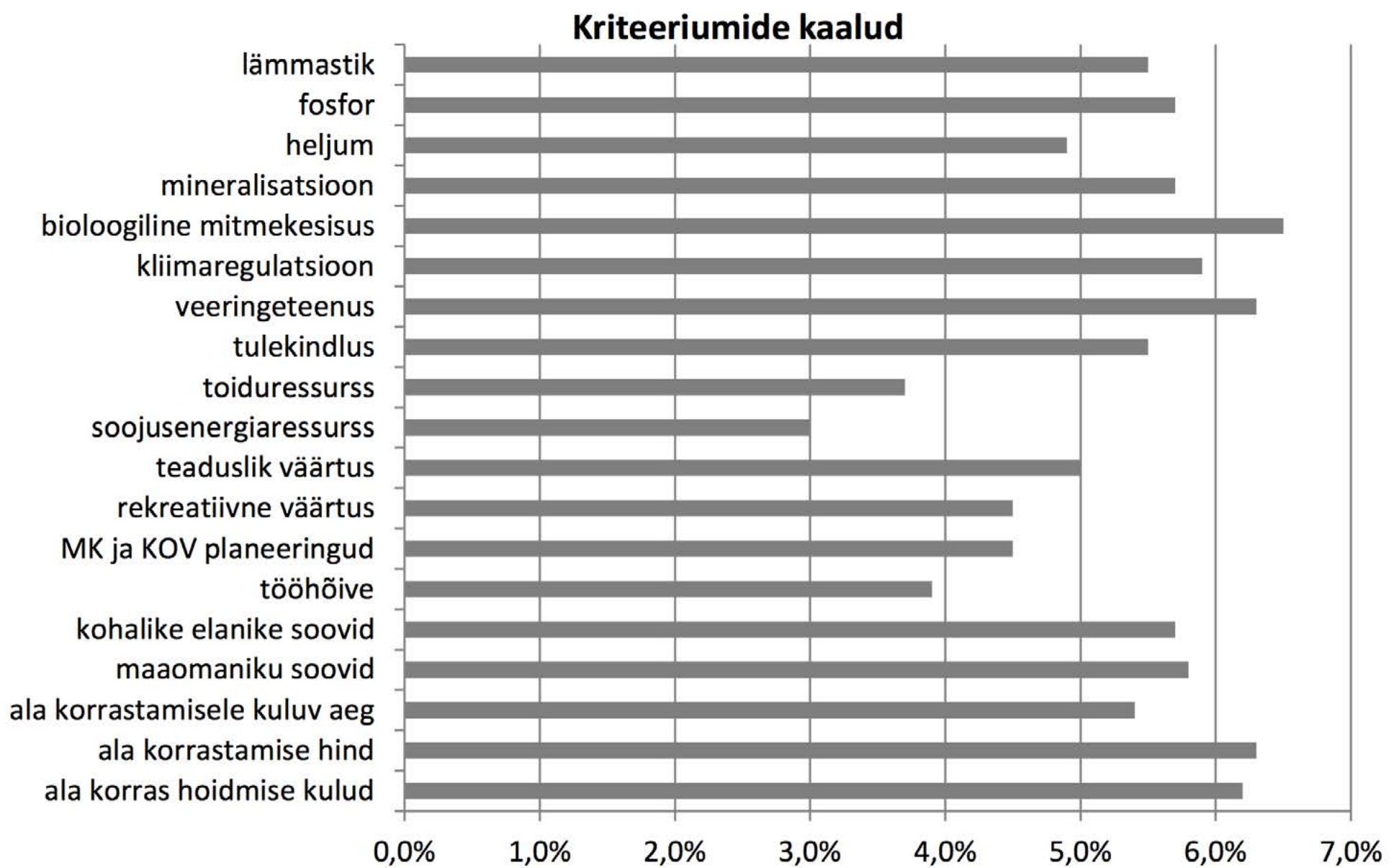
Juhul, kui otsustuspuu kasutamisel selgub, et jääksoo jaoks sobib eeldatavalt mitu korrastamisviisi, on vajalik neid võrrelda ja leida sobivaim. Selleks töötati välja olulised kriteeriumid ja nende kaalud. Kriteeriumide süsteemi valiti kirjanduse baasil säästvat arengut toetavad neli kriteeriumide rühma: alaspetsiifilised, sotsiaalsed ja majanduslikud aspektid ning ökosüsteemi teenused. Edasi lisati väärtuspuule kriteeriumid ja alternatiivid, mida nende põhjal hinnatakse. Välja töötatud väärtuspuu on Lisa 2.

Välja töötatud kriteeriumid aitavad alternatiive eristada, annavad alternatiividele konkreetseid eeliseid või toovad välja nende puudused. Alaspetsiifilised kriteeriumid on näitajad, mis väljendavad konkreetse jääksoo parameetreid enne korrastama hakkamist (peale kaevandamise lõppu). Ökosüsteemiteenused kui kriteeriumid on hüved, mida territoorium peale korrastamist funktsioneeriva alana on võimeline inimestele pakkuma. Sotsiaalsed ja majanduslikud aspektid on jääksoo korrastamisega seotud ressursilised kulutused ning inimeste soove ja seisukohti arvestavad asjaolud.

Kuna eeldati, et iga huvigrupi arvamus antud valdkonnast ei ole võrdse olulisusega, lasti huvigruppidel hinnata, kelle arvamuset kui olulised on. Selgus, et kõige olulisem on arvestada otsuse tegemisel kohalike elanike (14,2%), teadusasutuste (13,2%) ning Keskkonnaameti ja Keskkonnaministeeriumi (13,0%) arvamus. Nendele järgnesid keskkonnaorganisatsioonid (12,3%), keskkonnakorraldusega tegelevad ettevõtted (10,4%), RMK (9,8%), soomarjade kasvatamisega tegelevad ettevõtted (9,4%), biokütuse tootmisega tegelevad ettevõtted (8,9%) ja turba-kaevandamisettevõtted (8,9%). Huvigruppide arvamustele omistatud olulisused võeti arvesse lõplike kriteeriumide kaalude leidmisel. Ühefaktoriline dispersioonanalüüs (ANOVA) näitas, et huvigruppide arvamustele omistatud olulisuste erinevus on statistiliselt oluline.

Arvamusuuringus osalenud said valida, millised kriteeriumid peaksid kindlasti olema kaasatud jääksoo korrastamise viisi valiku otsuste tegemisse. Kõik töös eelnevalt välja töötatud ning huvigruppidele täiendada antud kriteeriumid osutusid sobivaks ja oluliseks. Minimaalselt valisid 79-st küsitlusele vastanust 10 (~13%), et arvesse tuleks võtta ala poolt pärast korrastamist pakutavaid toidu ja soojusenergia ressursse. Kõige enam valiti arvestamist vajavaks kriteeriumiks ala poolt pärast korrastamist pakutav elurikkuse teenus ehk ala bioloogiline mitmekesisus (61 inimest 79-st ehk ~77%).

Lõplikud kriteeriumide kaalud leiti huvigruppide antud hinnangute, kui olulised konkreetsed kriteeriumid nende arvates on ja huvigruppide arvamustele omistatud olulisuste kaasamisel. Kokkuvõttes saadi nõ kriteeriumide kaalutud kaalud (joonis 1). Tulemused näitasid, et kõige olulisem kriteerium, mida korrastamise viisi valiku tegemisel arvesse tuleks võtta, on elupaigateenus ehk ala poolt pärast korrastamist pakutav bioloogiline mitmekesisus. Kõige vähemoluliseks kriteeriumiks otsuse tegemisel hinnati ala poolt pärast korrastamist pakutavat soojusenergiaressursi teenust. Huvigruppide poolt 19-le kriteeriumile omistatud kaalud on oluliselt erinevad, mida näitab esmalt asjaolu, et kõige olulisemaks hinnatud kriteerium (kaal 6,6%) on rohkem kui kaks korda olulisem kui kõige vähemoluliseks hinnatud kriteerium (kaal 3,0%). Samuti näitab kriteeriumidele omistatud kaalude statistilist olulist erinevust ühefaktoriline dispersioonanalüüs ANOVA.



JOONIS 1. Huvigruppide seas läbi viidud küsitluse tulemusena saadud jääsoo korrastamise viisi valiku tegemisel käsitletavate kriteeriumide kaalud. Need on nõ kaalutud kaalud, milles on arvestatud ka seda, et erinevate huvigruppide seisukohad on erineva olulisusega. Kõige olulisem väljatöötatud kriteerium on ala poolt pärast korrastamist pakutav elupaigateenus ehk bioloogiline mitmekesisus (6,6%).

KASUTATUD KIRJANDUS

Anderson, B. F, 2002. The Three Secrets of Wise Decision Making. Single Reef Press, Portland

Baker, D, Bridges, D, Hunter, R, Johnson, G, Krupa, J, Murphy, J, Sorenson, K, 2001. Guidebook to Decision-Making Methods: Developed for the Department of Energy.

Burton, M, Zahedi, S. J, White, B, 2012. Public preferences for timeliness and quality of mine site rehabilitation. The case of bauxite mining in Western Australia. Resources Policy, 37, 1 – 9

Davidson, E. J, 2004. Evaluation Methodology Basics: The Nuts and Bolts of Sound Evaluation. SAGE Publications

Dey, P. K, Ramcharan, E. K, 2008. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. Journal of Environmental Management, 88, 1384–1395

Drawish, T. M, Stehouwer, R, Miller, D, Sloan, J, Jomaa, I, Shaban, A, Khater, C, Hamze, M, 2008. Assessment of Abandoned Quarries for Revegetation and Water Harvesting in Lebanon, East Mediterranean. R.I. Barnhisel Ed Published by ASMR, Lexington

Fülöp, 2012. Introduction to Decision Making Method. Laboratory of Operations Research and Decision Systems, Computer and Automation Institute, Hungarian Academy of Sciences.

Hämäläinen, R. P, Alaja, S, 2008. The threat of weighting biases in environmental decision analysis. Ecological Economics, 68, 556 – 569

Ilomets, M, 2014. Suuline eksperthinnang.

Keskkonnaministri määrus nr 43. Üldgeoloogilise uurimistöoga, geoloogilise uuringuga ja kaevandamisega rikunud maa korrastamise kord. 2005. Riigi teataja RTL, 60, 865

Kosk, A, Lõhmus, L, 2011. Ülevaade Eesti rabade ökosüsteemi teenustest ja nende majanduslike väärtuste hindamisest. Eesti Maaülikool, Tartu

Maapõueseadus. 2004. Riigi Teataja I, 84, 572

Omann, I, 2000. How can Multi-criteria Decision Analysis contribute to environmental policy making? A case study on macro-sustainability in Germany. Third International Conference of the European Society for Ecological Economics, Vienna

Paal, J, Hein, K, Heinsoo, K, Holm, B, Ilomets, M, Ivask, M, Karofeld, E, Köpp, V, Leiner, E, Lode, E, Melts, I, Niitlaan, E, Orru, M, Paal, T, Pikk, J, Pikka, J, Raadla, K, Raudsep, R, Saarmets, T, Triisberg, T, 2011. Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine. Tartu

Phillips, J, 2012. The level and nature of sustainability for clusters of abandoned limestone quarries in the southern Palestinian West Bank. *Applied Geography*, 32, 376 – 392

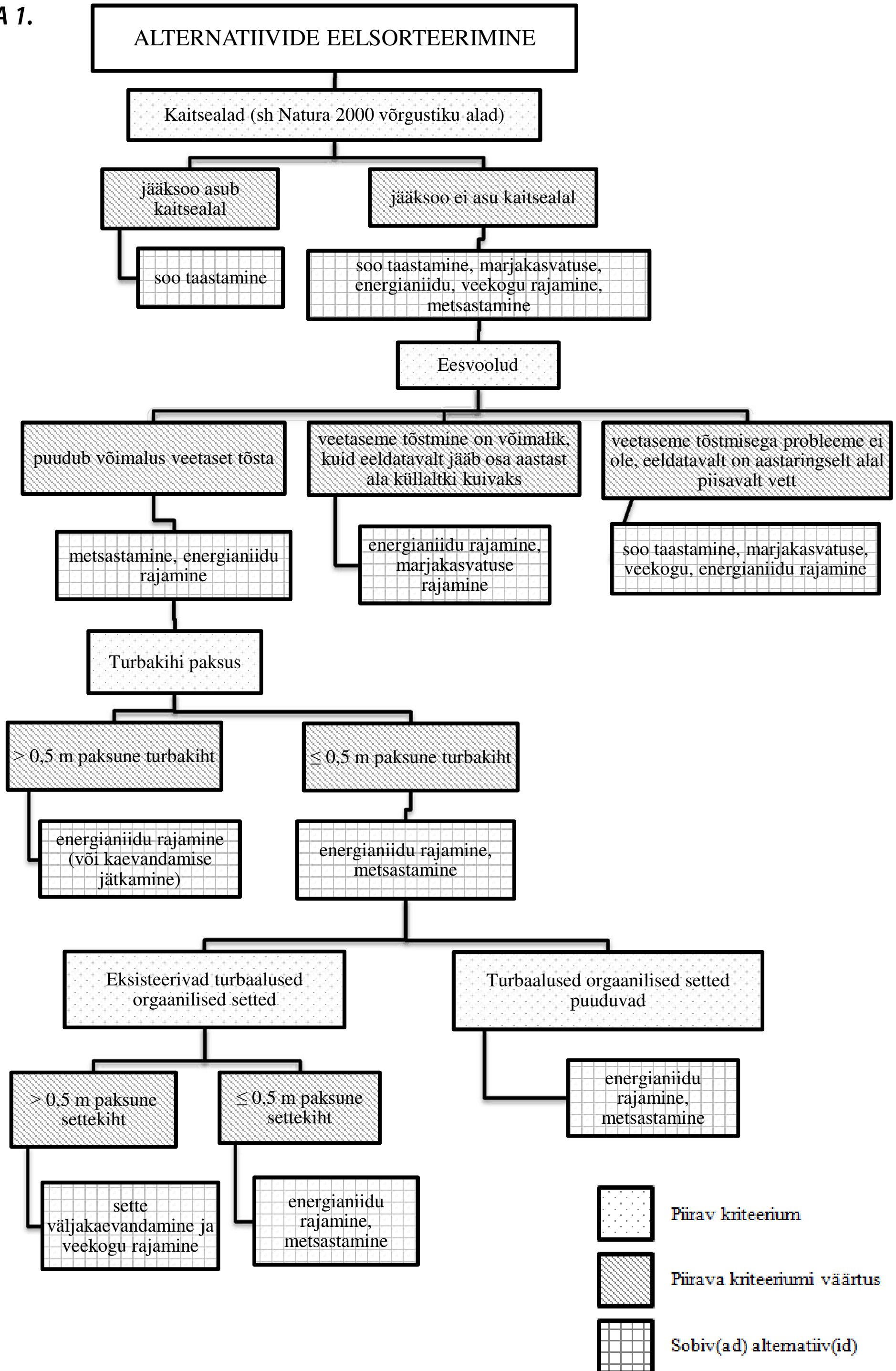
Sall, M, Uustal, M, Peterson, K, 2012. Ökosüsteemiteenused. Ülevaade looduse pakutavatest hüvedest ja nende rahalisest väärtusest. Säästva Eesti Instituudi väljaanne nr 18, Tallinn

Saris, W. E, Gallhofer, I. N, 2007. Design, Evaluation, and Analysis of Questionnaires for Survey Research. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken

Sasso, P. D, Ottolino, M. A, Caliandro, L. P, 2012. Identification of Quarries Rehabilitation Scenarios: A Case Study Within the Metropolitan Area of Bari (Italy). *Environmental Management*, 49, 1174 – 1191

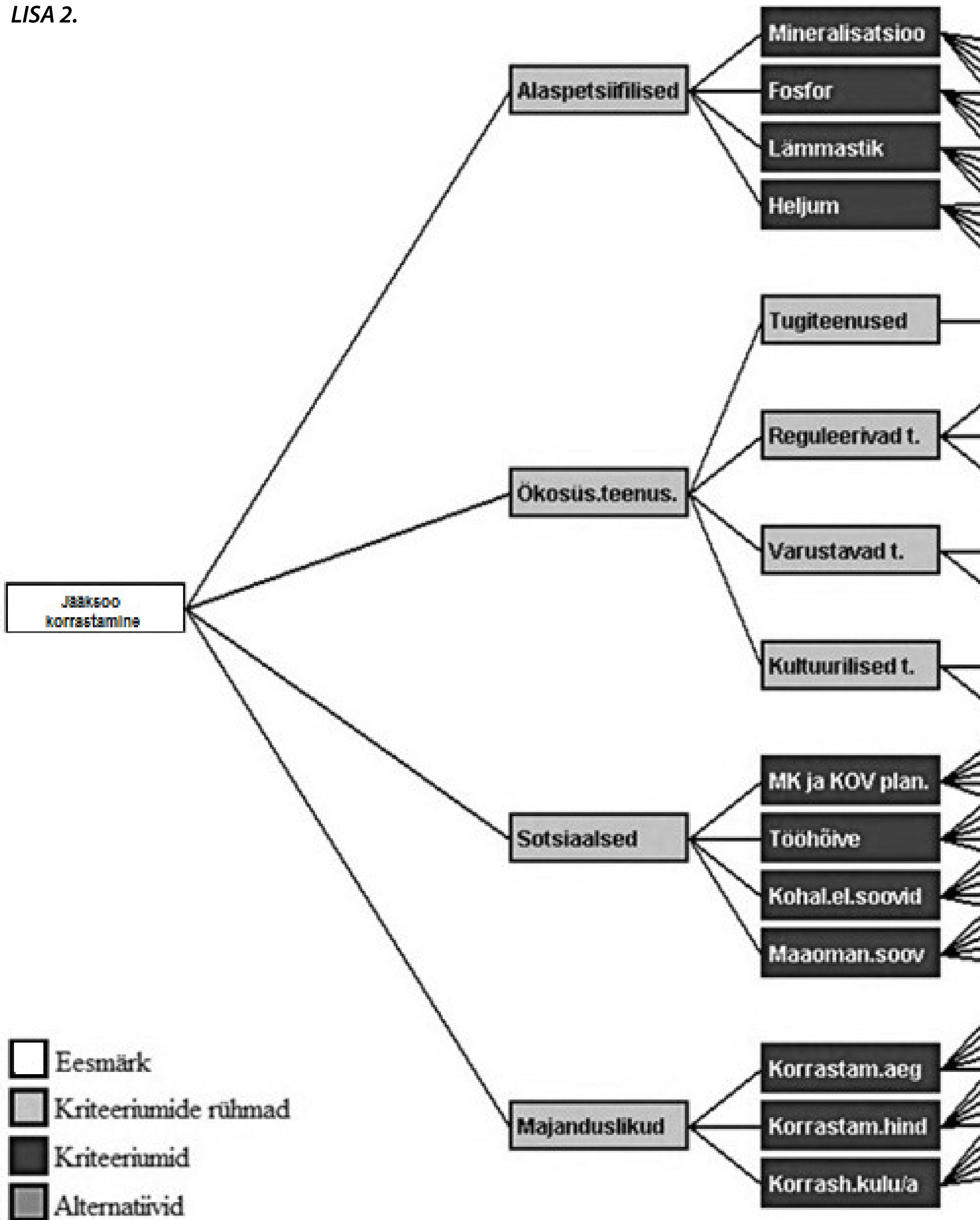
Turner, R. K, van den Bergh, J. C. J. M, Söderqvist, T, Barendregt, A, van der Straaten, J, Maltby, E, van Ierland, E. C, 2000. The Values of Wetlands: Landscape and Institutional Perspectives. *Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. Ecological Economics*, 35, 7 – 23

LISA 1.

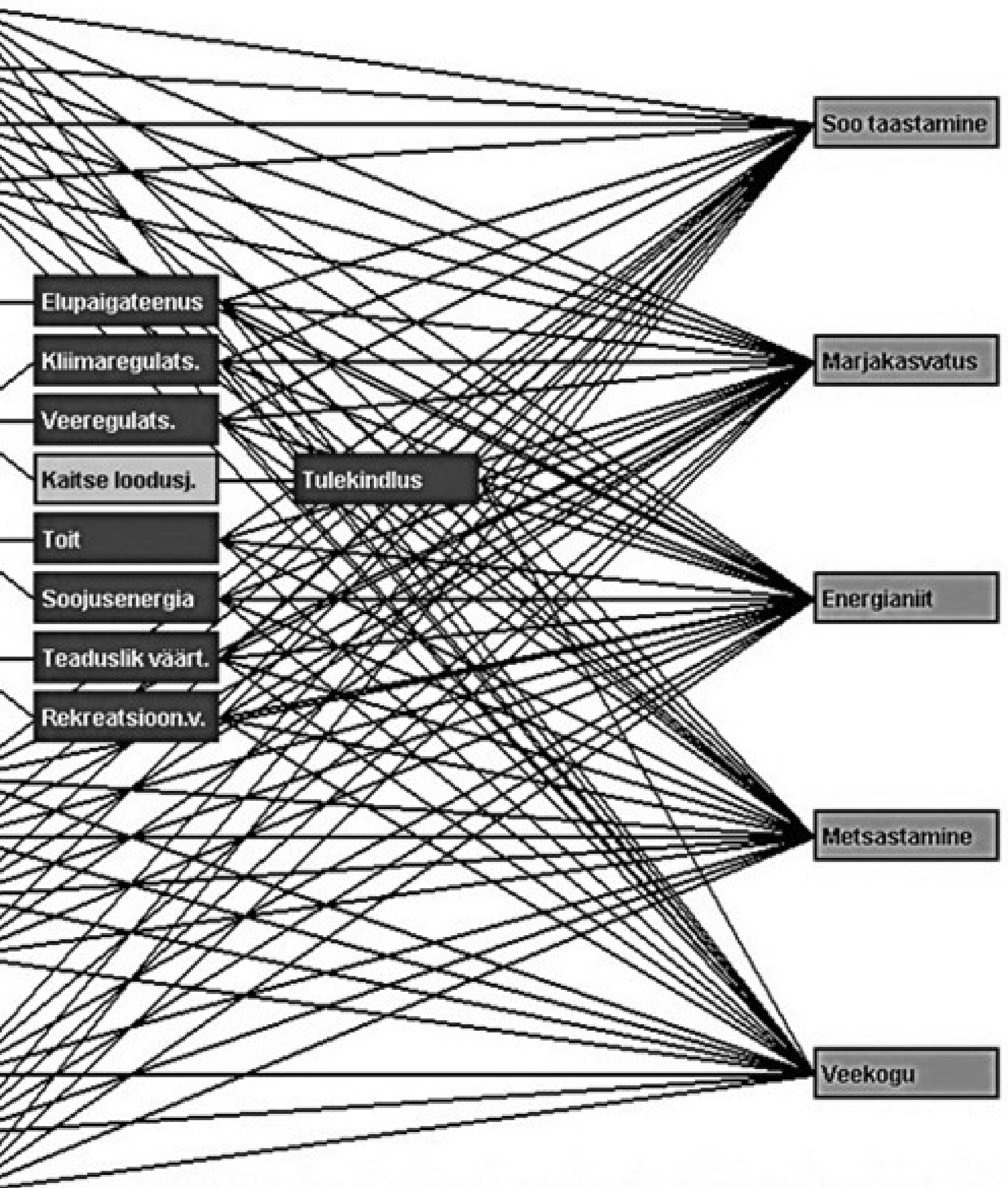


LISA 1 joonis. Jääksoo korrastamise alternatiivsete viiside eelsorteerimine alaspetsiifiliste piiravate kriteeriumide alusel.

LISA 2.



LISA 2 JOONIS. Jääsoo korrastamiseks sobivaima alternatiivi valimiseks välja töötatud väärtusepuu





VÄIKETOOTJATE MÕJU PINGEKVALITEEDILE JAOTUSVÕRGUS

Rasmus Armas

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Keskkonna jätkusuutlik eksisteerimine peab olema tagatud ning selle tagamiseks tuleb kõigis eluvaldkondades mõelda säästvate arengule. Ühiskonna sõltuvus elektrienergiat tarbivatest seadmetest üha suureneb ning sellest lähtuvalt on energeetikas säästva arengu põhimõtete järgmine eriti tähtis.

Ühe võimaliku säästumeetodina tuuakse välja hajatootmise rakendamist, et vähendada suure läbilaskevõimega elektrivõrkude vajadust ja nendest tingitud kulusid, mis hetkel moodustavad elektrienergia hinnast umbes 40% (European Commission, 2009). Lokaalne, väikse võimsusega elektrienergia tootmine võib aga tekitada pingekvaliteedi probleeme, mis omakorda võib viia seadmete riknemiseni, töö seisakuteni jne. Käesoleva artikli eesmärk ongi analüüsida väiketootjate mõju pingekvaliteedile jaotusvõrkudes.

SISUKOKKUVÕTE

Hajatootmisseadmete üha suurema levikuga on tekkinud olukord, kus jaotusvõrkude tasemel toimub olulisel määral elektrienergia tootmist. Hajatootmisseadmed võivad mõjutada pingekvaliteeti võrgus ning on tekkinud vajadus analüüsida nende võimaliku positiivsed ja negatiivset mõju.

Uurimistöö mahus on kirjanduse abil kirjeldatud võimalikud positiivsed ja negatiivsed mõjud pingekvaliteedile ning selle alusel läbi viidud pikaajalised pingekvaliteedi mõõtmised 11 erineva väiketootja liitumispunktis. Mõõtmistulemuste alusel analüüsitakse pingekvaliteedi erinevate parameetrite vastavust EVS-EN 50160 standardis kehtestatud piirväärtustele. Lisaks analüüsitakse summaarset pingekvaliteedi taset ning hinnatakse väiketootjate mõju pingekvaliteedile jaotusvõrgus.

SISSEJUHATUS

Energia tarbimine maailmas on pidevalt kasvav – alates 2000. aastast on energia tarbimine kasvanud keskmiselt 2,5% aastas (Tverberg, 2011). Kuna vanemad tootmisüksused lõpetavad tasapisi töötamise siis on elektrivarustuse tagamiseks

vajalik rajada uusi elektri jaamu ning tõhustada elektrienergia kasutamist. Traditsiooniliste suurte elektri jaamade kõrval arendatakse hajatootmist, kus lokaalselt toodetakse väiksemas mahus kohalikuks tarbeks vajalik elektrienergia.

Hajatootmisseadmete võrku lisamine muudab aga jaotusvõrkude talitluse olemust, mõjutades nii võimsusvoogusid, relekaitset, stabiilsust kui ka tarbijate ja elektritootjate pingekvaliteeti. Hajatootmisseadmed võivad avaldada pingekvaliteedile nii positiivset kui negatiivset mõju (A. Latheef, 2008; Baggini, 2008; S. Abbott, 2010; K. Dang, 2011).

Võimalikud positiivsed mõjud on pingetaseme stabiliseerimine, töökindluse suurendamine, kadude ning ülekande- ja jaotusvõrgu liinide koormatuse vähenemine. Negatiivse poole pealt võivad hajatootmisseadmed põhjustada näiteks relekaitseadmete liigrakendumist või rakendustõrkeid, harmoonikuid ja pingetaseme tõusu.

Töö eesmärk on pikaajaliste mõõtmisandmete analüüsi abil hinnata hajatootmisseadmete mõju pingekvaliteedile Elektrilevi OÜ jaotusvõrgus. Töö käigus uuritakse väiketootjate pikaajalisei mõjusid liitumispunkti pingekvaliteedile, s.h. liitumispunkti pingetasemele, ja selle hooajalisi muutusi, mõju pingeharmoonikute ja väreluse tasemele ning mõju pingelohkude sügavusele ja kestusele.

METOODIKA

Uurimistöös koosneb kahest osast: esimeses pooles antakse kirjanduse põhjal ülevaade võimalikest mõjudest ning teises osas analüüsitakse reaalseid mõõtmistulemuste alusel väiketootjate mõjusid Elektrilevi OÜ jaotusvõrgus. Uurimistöös käsitletakse ainult väiketootjaid ehk hajatootmisseadmeid võimsusega 200 kW kuni 5 MW, mis üldjuhul liituvad keskpingel 6,3-20 kV (Elektrilevi OÜ, 2013)

Mõõtmised on läbi viidud 11 erinevas mõõtepunktis (tabel 1) 44 nädala jooksul ajavahemikul 2013. juuni kuni 2014. aprill (mõõtmispunkt MP3 on paigaldatud 2013. august, mõõtmispunktid MP1 ja MP2 on paigaldatud 2014. aasta alguses ning mõõtmispunkti MP7 mõõteseade oli teisaldatud rikkest tulenevalt 2013. aastal nädalatel 34-39).

Mõõtmispunkt	U_c [kV]	Elektrijaama tüüp	Generaatori tüüp
MP1	6,3	Tuuleelektrijaam	Inverter (<i>IGBT</i>)
MP2	6,3	Tuuleelektrijaam	Inverter (<i>IGBT</i>)
MP3	10,5	Koostootmisjaam	Asünkroongeneraator
MP4	10,5	Koostootmisjaam	Sünkroongeneraator
MP5	10,5	Koostootmisjaam	Asünkroongeneraator
MP6 ¹	0,23	Diisel- ja tuuleelektrijaam	Sünkroon- ja asünkroongeneraator
MP7	10,5	Tuuleelektrijaam	Asünkroongeneraator
MP8	10,5	Tuuleelektrijaam	Asünkroongeneraator
MP9	10,5	Koostootmisjaam	Sünkroongeneraator
MP10	15,7	Biogaasijaam	Sünkroongeneraator
MP11	10,5	Biogaasijaam	Sünkroongeneraator

¹ MP6 puhul on tegemist madalpinges läbi viidud mõõtmistega sünkroonselt ühendamata võrgus. Arvestatakse faasi ja maa vahelist nimipinget.

TABEL 1. Mõõtmispunktid

Mõõtmiste teostamiseks on kasutatud *Elspec G4420* pingekvaliteedianalüsaatoreid, mis on paigaldatud liitumispunkti. Pingekvaliteedianalüsaatorid vastavad IEC 61000-4-30 standardi klass A täpsusnõuetele ning mõõtmiste teostamiseks on kasutatud pinge- ja voolutrafode 0,5 täpsusklassiga mähiseid. Mõõtmisandmete esitamisel on lähtutud EVS- EN 50160 standardis kirjeldatud põhimõtetest. Tulemuste esitamisel eristatakse pinge sündmusi ja kestvaid nähtusi. Pinge sündmuste esitamisel kasutatakse EVS-EN 50160 standardis toodud statistilisi tabelleid.

Kestvate nähtuste mõõtmisandmete esitamisel kasutatakse *PQI (Power Quality Index)* väärtuseid (J. Gordon, 2011). *PQI* indeks väljendab mõõtmistulemuste suhtelist väärtust EVS-EN 50160 standardis toodud piirväärtuse suhtes. Näiteks väreluse mõõdetud väärtuste 0,5 ja 1,25 puhul on *PQI* väärtused vastavalt 50% ja 125% (väreluse piirväärtus on 1). *PQI* väärtuste kasutamine võimaldab lihtsamalt hinnata ja võrrelda erinevate mõõtmispunktide mõõtetulemusi, mis muidu oleks keerukas (näiteks 0,4 kV ja 15 kV võrgu pingetaseme võrdlus).

TULEMUSED JA ANALÜÜS

Mõõtmistulemuste analüüsimisel vaadeldi eraldi kõiki EVS-EN 50160 standardis käsitletud parameetrit. Lisaks kasutati summaarset *PQI* väärtust, et hinnata üldist pingekvaliteedi taset. Üksikute parameetrite mõõtmistulemuste *PQI* väärtuste kõigi mõõtmispunkti kohta on toodud järgnevas tabelis (tabel 2).

Parameeter	Piirväärtus	Keskmine <i>PQI</i>	Maksimaalne <i>PQI</i>
Sagedus	1	4,5% (0,5% ¹)	
Sagedus	2	2,6% (1,0% ¹)	
Toitepinge aeglased muutused	1	18,5%	66,7%
Toitepinge aeglased muutused	2	20,1%	35,5%
Värelus		43,6%	150,0%
Asümmeetria		22,2%	50,5%
<i>THD_U</i>		17,4%	46,2%
Harmonikud		5,4%	57,0%

¹ Mõõtepunkti MP6 väärtused, mis on arvutatud sünkroonselt ühendamata võrgu jaoks

TABEL 2. Pingekvaliteedi üksikute parameetrite mõõtmistulemused

Mõõtmistulemustest on näha, et üldiselt on keskmine *PQI* tase suhteliselt madal ning ainult väreluse puhul on keskmine väärtust oluliselt kõrgem ning esineb ka lubatud piirmäärade ületamist.

Mõju pingetasemele liitumispunktis

Mõõtetulemustest on näha, et toitepinge püsib üldiselt ettenähtud tasemel ja aeglased muutused on väikesed. *PQI* väärtuste keskmine tase on 17,7% ning maksimaalsed väärtused jäävad alla 68%.

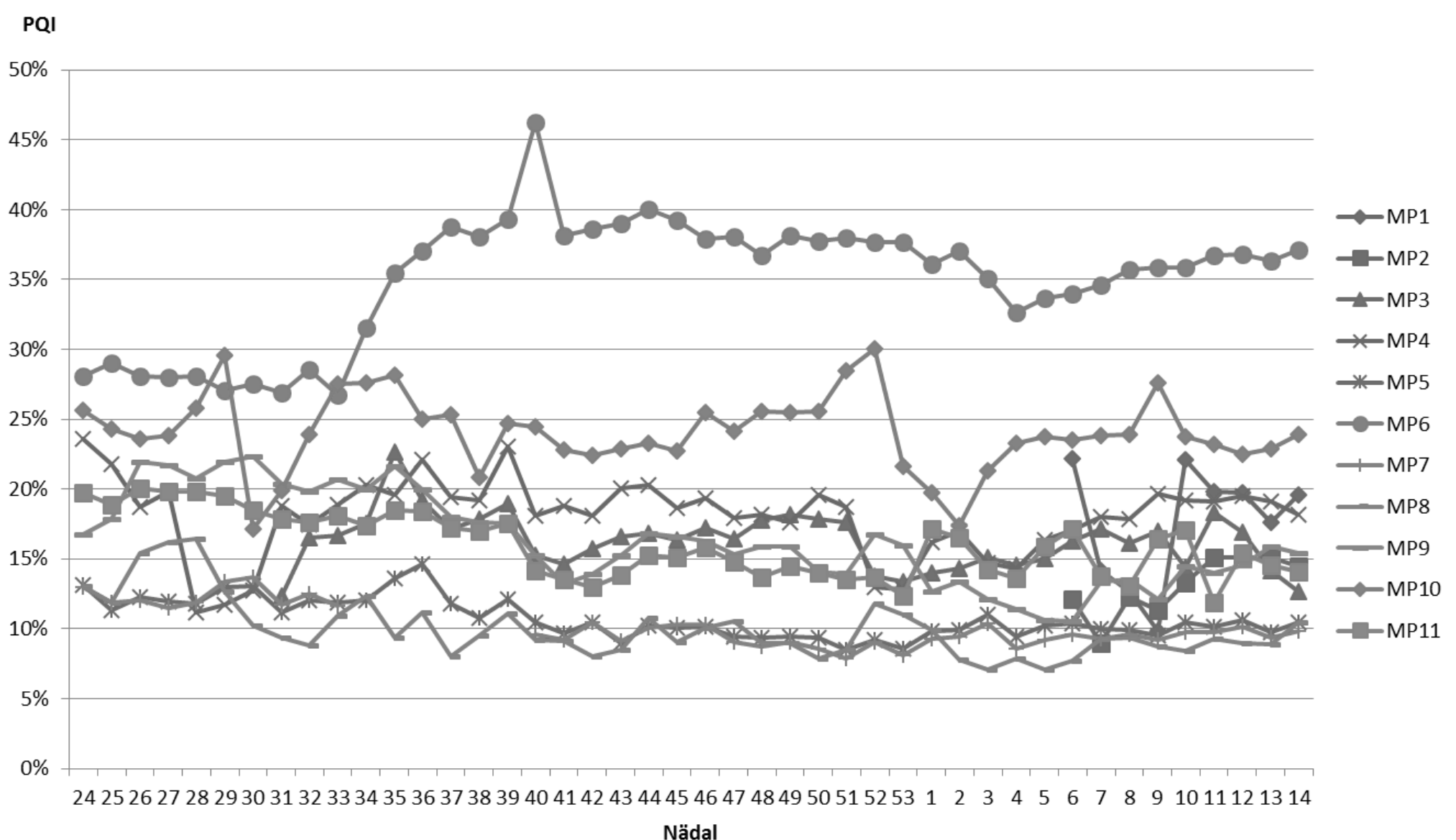
Toitepinge taseme variatsioon on mõnevõrra suurem asünkroongeneraatoriga mõõtespunktides. Suuremad muutused võivad olla tingitud asünkroongeneraatorite töötamiseks vajaliku reaktiivenergia lokaalsest kompenseerimisest, mille täpsus ei pruugi olla piisav ning võib sellest tulenevalt tekitada pingetaseme suuremat kõikumist.

Üldiselt on mõõtmistulemused kooskõlas varasemate uurimistulemustega ning toitepinge probleeme ei esinenud. Probleemid toitepingega avalduvad pigem nõrgas võrgus ja suure suhtelise võimsuse korral. Mõõtetulemustest võib järeldada, et väiketootjad (v.a. asünkroongeneraatoriga) pole avaldanud negatiivset mõju toitepinge aeglastele muutustele.

Asünkroongeneraatoritega varustatud väiketootjate võimalik negatiivne mõju vajab täiendavad analüüsimist ning mõõtmisi. Vajalik on analüüsida võrgu konfiguratsiooni, normaalseid reaktiivenergiavoogusid ja asünkroongeneraatori töötamisest tingitud muutusi nendes.

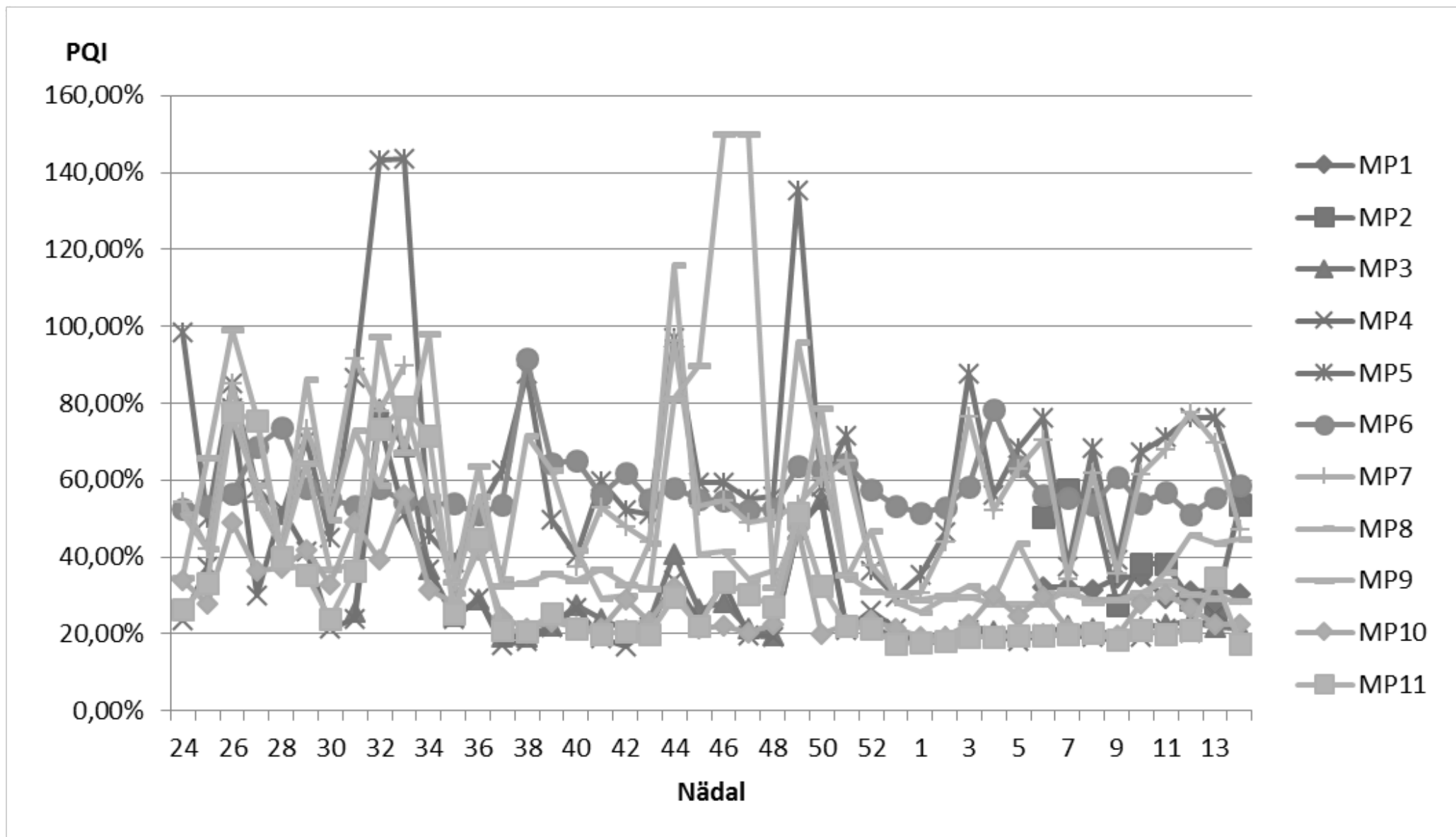
Mõju pingeharmonikute ja väreluse tasemele liitumispunktis

Mõõtmistulemustest on näha, et harmoonikute tase püsib üldiselt madal (joonis 1). THD_v keskmine PQI väärtus on 17,0% ning maksimaalne tase jääb alla 47%. Mõnevõrra kõrgem THD_v tase esineb mõõtepunktis MP6, kus keskmine PQI tase on 35,0%. Mõõtepunkti MP6 mõnevõrra kõrgem harmoonikute tase võib olla tingitud sellest, et tegemist on väikese sünkroonselt ühendamata võrguga.



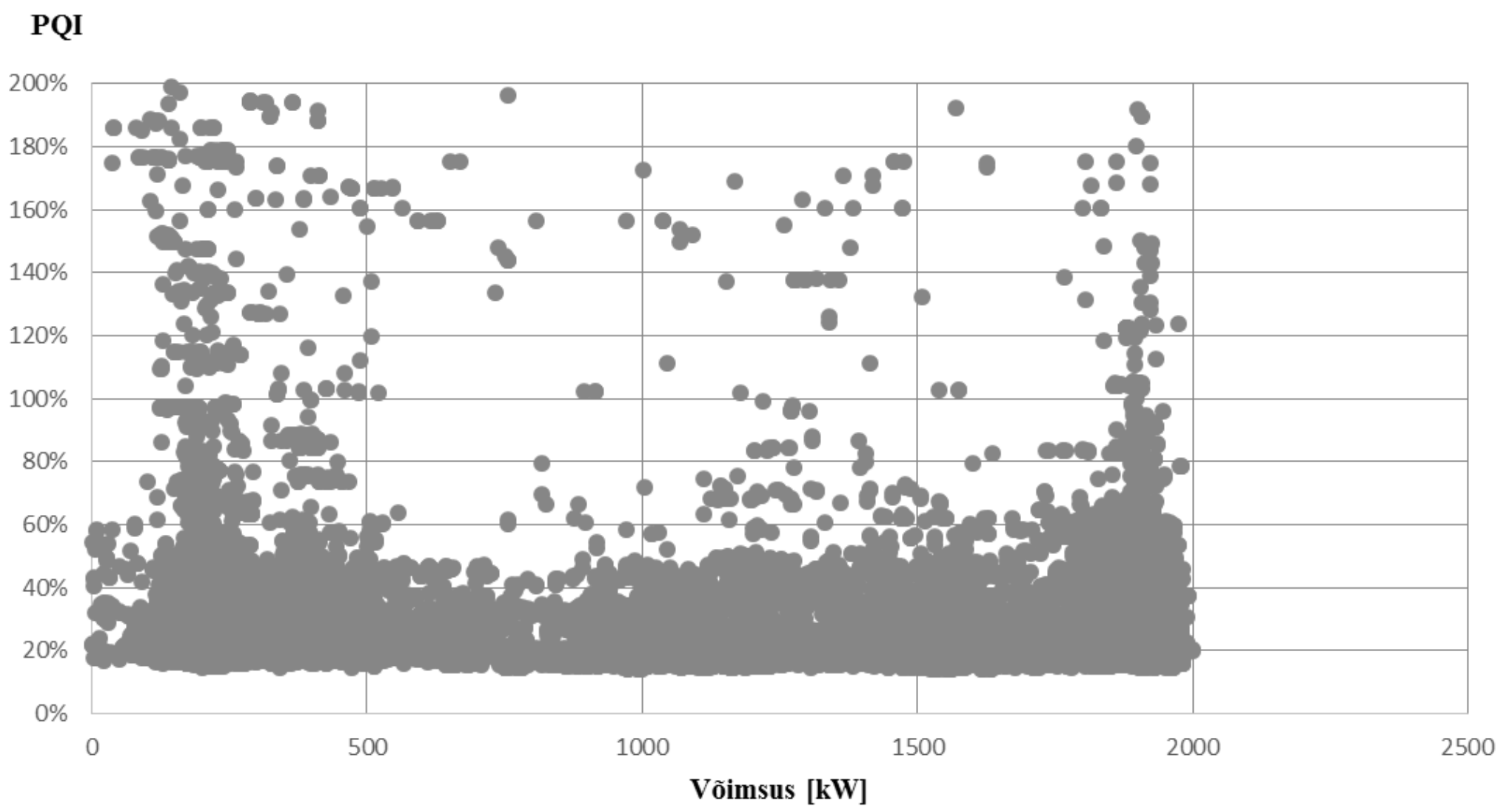
Joonis 1. THD_v mõõtmistulemused

Väreluse tase mõõtmiste jooksul on aga oluliselt kõrgem ning mõõtmisperioodi jooksul esineb ka lubatud piirväärtuse ületamist (joonis 2). Väreluse keskmine PQI tase on 43,6% ning mõõtepunktides MP5, MP8 ja MP9 puhul ületab väreluse tase lubatud piirväärtuse vähemalt ühe nädalase perioodi jooksul.



JONIS 2. Väreluse mõõtmistulemused

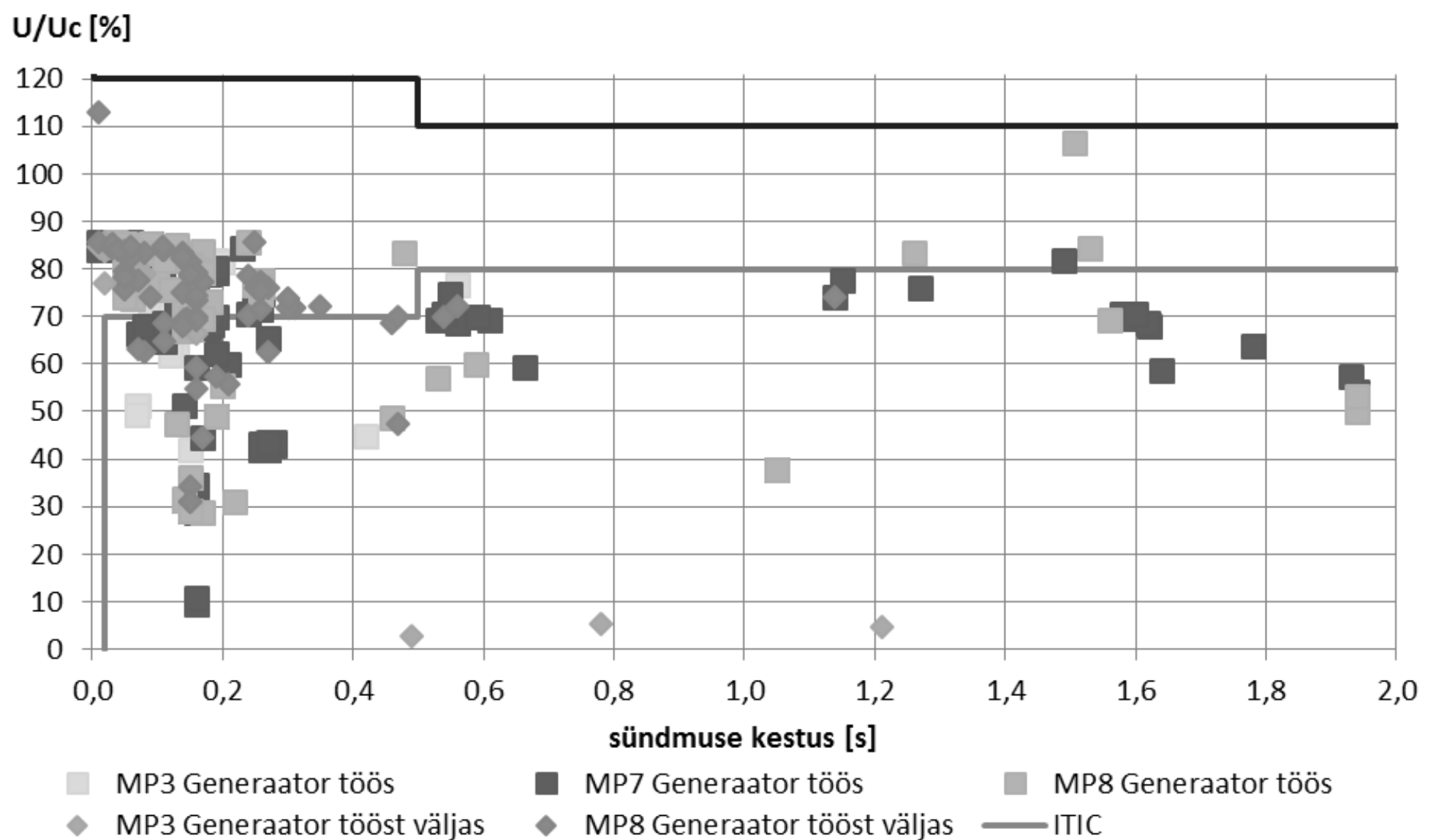
Mõõtepunktide aktiivvõimsuse ja väreluse hajuvusdiagrammidelt on näha, et korrelatsioon elektriijaama tootmise ja väreluse taseme vahel puudub. Sellest järeldub, et väreluse kõrge tase pole otseselt seotud elektriijaama töötamisega ning eeldatavalt on tingitud muudest sündmustest võrgus. Järgneval graafikul on toodud mõõtepunkti MP5 aktiivvõimsuse ja värelustugevuse hajuvusdiagramm (joonis 3).



JOONIS 3. Mõõtepunkti MP5 väreluse ja aktiivvõimsuse hajuvusdiagramm

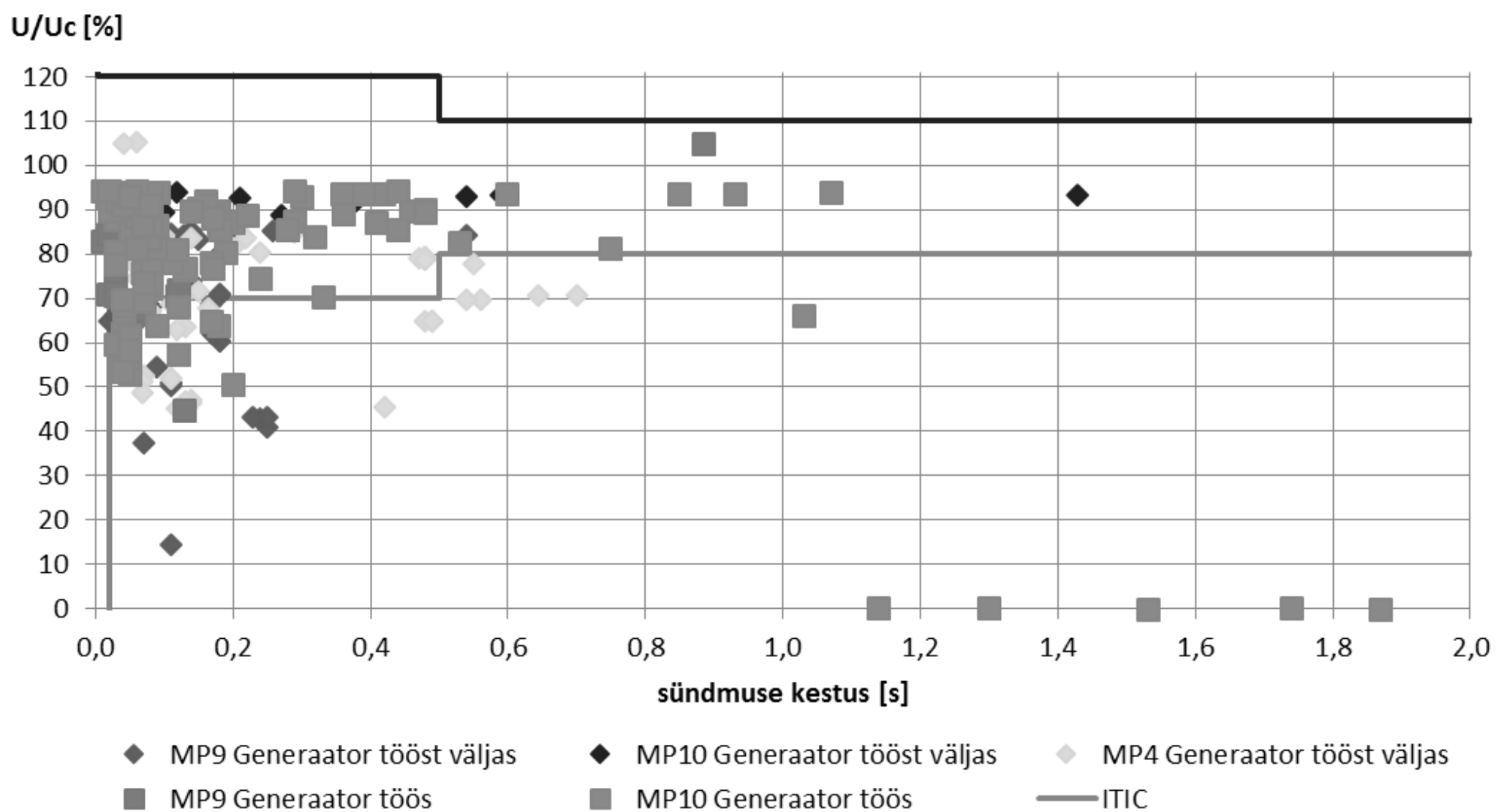
Mõju pingelohkude sügavusele ja kestusele

Mõõtmistulemuste alusel on näha, et mõõtepunktides, kus kasutatakse elektrienergia tootmiseks invertereid, ei esine pingelohkude parameetrite vahel erinevusi elektrijaama töötamise ja mitte töötamise korral. Asünkroongeneraatoriga elektrijaamades esineb generaatori töötamise ajal mõnevõrra rohkem ühe kuni kahe sekundilise kestuse ja kõrge jääkpingega sündmusi (joonis 4). Selliste sündmuste esinemine võib olla tingitud asünkroongeneraatori töötamiseks vajaliku reaktiivenergia tarbimisest. Pingelohu tekkimisel lokaalselt kompenseeritava reaktiivenergia tase langeb ning võrgust tarbitava reaktiivenergia tase tõuseb, mis pikendab pingelohu kestust.



JOONIS 4. Pinge sündmused asünkroongeneraatoriga mõõtepunktide

Sünkroongeneraatoriga varustatud elektrijaamades on näha teatud erinevusi elektrijaama töötamise ja mitte töötamise vahel (joonis 5). Generaatori töötamise ajal on registreeritud vähem sündmusi, mis langevad *ITIC* graafiku alumise joone alla. Samas mõõtepunktis MP5 analoogilist erinevust ei esine ning arvestades mõõtepunkti MP5 sündmuste suurt hulka võib järeldada, et ka sünkroongeneraatori kasutamine ei avalda pingelohkude sügavusele ja kestusele nähtavad mõju.



JOONIS 5. Pingesündmused sünkroongeneraatoriga mõõtepunktides

Pikaajalised mõjud liitumispunkti pingekvaliteedile ja hooajalised muutused

Mõõtmistulemuste alusel on pingekvaliteedi tase hea ning keskmine *PQI* väärtus on 44%. Mõõtmisperioodi jooksul esines 6 nädalat, mille puhul mõnes mõõtepunktis ületati EVS- EN 50160 kehtestatud piirväärtusi. Mõõtmistulemustest on näha, et kõrgemate *PQI* väärtuste esinemine on pigem juhuslik ning lokaalne, samuti puuduvad hooajalised erinevused *PQI* väärtustes.

Mõõtmisperioodi alguse ja lõpu võrdlusel on pingekvaliteedi keskmine tase mõnevõrra paranenud. Mõõtmisperioodi esimese 26 nädala keskmine *PQI* tase on 50% ning viimase 18 nädala tase on 38%. Selle alusel võib järeldada, et väiketootjad pole avaldanud pingekvaliteedile pikaajalist negatiivset mõju. Järgnevas tabelis on toodud iga mõõtepunkti summaarne *PQI* väärtus nädalaste perioodide kohta (tabel 3).

RASMUS ARMAS

89

Nädal	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8	MP9	MP10	MP11
24				30%	99%	53%	54%	51%	35%	34%	27%
25				38%	50%	53%	42%	42%	66%	28%	33%
26				79%	85%	56%	85%	76%	99%	49%	78%
27				30%	58%	69%	54%	59%	76%	36%	76%
28				53%	51%	74%	43%	42%	42%	37%	39%
29				42%	70%	58%	73%	86%	64%	42%	36%
30				23%	45%	55%	56%	50%	37%	33%	24%
31			26%	24%	86%	53%	92%	73%	38%	49%	37%
32			78%	75%	143%	58%	78%	59%	97%	39%	73%
33			69%	51%	144%	54%	90%	80%	67%	56%	79%
34			37%	37%	46%	54%		56%	98%	31%	72%
35			30%	24%	39%	54%		31%	34%	28%	25%
36			29%	29%	52%	51%		56%	64%	42%	45%
37			20%	25%	63%	54%		34%	32%	25%	21%
38			23%	24%	88%	92%		72%	33%	21%	21%
39			22%	28%	50%	64%		63%	36%	25%	25%
40			27%	27%	50%	65%	38%	42%	34%	24%	21%
41			24%	24%	60%	56%	53%	29%	37%	23%	20%
42			26%	23%	52%	62%	48%	30%	33%	29%	21%
43			24%	23%	51%	55%	44%	43%	32%	23%	20%
44			41%	34%	97%	58%	96%	116%	81%	32%	29%
45			27%	26%	59%	55%	53%	41%	90%	23%	22%
46			28%	33%	59%	55%	55%	41%	150%	25%	34%
47			35%	23%	55%	52%	49%	34%	150%	24%	33%
48			25%	23%	56%	52%	50%	37%	32%	26%	27%
49			47%	48%	135%	64%	54%	96%	48%	47%	51%
50			55%	54%	58%	63%	61%	66%	79%	26%	32%
51			23%	29%	72%	64%	65%	34%	35%	28%	22%
52			23%	26%	37%	57%	38%	47%	31%	30%	21%
53			24%	21%	30%	53%	31%	28%	30%	22%	19%
1			22%	18%	35%	51%	31%	27%	29%	20%	20%
2			27%	23%	46%	53%	44%	29%	30%	19%	23%
3			45%	25%	88%	58%	76%	32%	30%	22%	25%
4			23%	26%	56%	78%	52%	29%	28%	30%	23%
5			21%	22%	68%	64%	63%	44%	28%	25%	22%
6	32%	50%	22%	20%	76%	56%	70%	31%	28%	30%	22%
7	32%	58%	22%	20%	38%	55%	34%	30%	31%	24%	24%
8	32%	55%	23%	20%	68%	54%	62%	29%	28%	24%	20%
9	35%	27%	22%	20%	39%	61%	36%	29%	29%	28%	20%
10	35%	38%	22%	19%	67%	54%	61%	29%	31%	28%	21%
11	29%	38%	23%	21%	71%	57%	68%	36%	33%	30%	20%
12	31%	29%	23%	21%	76%	51%	78%	46%	30%	27%	23%
13	31%	26%	22%	25%	76%	55%	70%	44%	29%	23%	35%
14	30%	54%	21%	22%	57%	59%	47%	46%	29%	24%	26%

TABEL 3. Summaarsed PQI väärtused mõõtmisperioodi jooksul

KASUTATUD KIRJANDUS

- A. Latheef, M. N. (2008). Present Understanding of the Impact of Distributed Generation on Power Quality. *Power Engineering Conference, 2008. AUPEC '08*. Sydney: NSW.
- Baggini, A. (2008). *Handbook of Power Quality*. Wiley.
- Elektrilevi OÜ. (2013). *Liitumine Elektritootjatele*. Kasutamise kuupäev: 17. 03 2013. a., allikas Elektrilevi OÜ koduleht: <https://www.elektrilevi.ee/et/kuidas-elektritootja-liitub>
- Elering AS. (kuupäev puudub). *Elektriarve komponendid*. Kasutamise kuupäev: 19. 03 2014. a., allikas <http://elering.ee/elektriarve-komponendid/>
- European Commission. (2009). *New ERA for electricity in Europe. Distributed generation: key issues, challenges and proposed solutions*. Brussels.
- J. Gordon, J. M. (2011). Design Aspects for large PQ Monitoring Systems in the future
Smart Grid. *Power and Energy Society General Meeting, IEEE*. San Diego.
- K. Dang, J. Y. (2011). Benefit of distributed generation on line loss reduction. *Electrical and Control Engineering. ICECE. International Conference on*. Yinchang.
- S. Abbott, D. M. (2010). Using existing distributed generation to mitigate voltage issues on the network. *Universities Power Engineering Conference. UPEC, 45th International*. Cardigg.
- Tverberg, G. (15. November 2011. a.). *Is it really possible to decouple GDP growth from Energy Growth?* Kasutamise kuupäev: 19. 03 2014. a., allikas Out Finite World: <http://ourfiniteworld.com/2011/11/15/is-it-really-possible-to-decouple-gdp-growth-from-energy-growth/>



STAATILISE MAGNETVÄLJA MÕJU SÜDAMERÜTMI VARIABLUSELE

Tarmo Koppel

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Palju on räägitud keskkonnakaitsest ehk keskkonna kaitsmisest inimtegevuse eest. Vähem on aga tähelepanu osutatud keskkonnatervisele – inimese kaitsmisele keskkonna eest. Tehnoloogiliste edusammudega unustatakse teinekord ära inimene ja tema loomulikud vajadused. Siia alla käivad ka vajadused loomupärase elektrokliima järele. See keskkond võib olla muutlik ning aeg-ajalt mõjuda inimesele ebasoodsalt. Seetõttu on käesoleva ja teiste sarnaste artiklite panus keskkonnateadlikkuse tõstmise ühiskonnas. Käesolev artikkel juhib tähelepanu võimalikele tervisemõjudele, mis võivad ilmnedagi meie tuttava keskkonna (elektrokliima) ruumilistest eripäradest. Õppides neid mõjusid tundma, suudame säästa inimesi selles artiklis pakutud tervisemõjudest. Kui käesoleva uuringu tulemused leiavad kinnitust järgnevate uuringute poolt, osutub võimalikuks inimeste terviseteadlikum käitumine oma keskkonna suhtes, mis omab ka rahvatervislikku mõõdet – oleme astunud sammu lähemale enastsäästva inimkonna poole.

SISUKOKKUVÕTE

Uuringu eesmärk oli selgitada nõrga staatilise magnetvälja võimalikku mõju inimese südamerütmi variaablusele (HRV). Teaduslikus kirjanduses on seni tegeletud peamiselt tugevate staatiliste magnetväljade mõjude uurimisega. HRV on südamerütmi ajaline muutlikkus, mille usaldusväärsus autonoomse närvisüsteemi seisundi hindamisel on teadusliku kirjanduse poolt kinnitatud. Autonoomse närvisüsteemi läbi on aga võimalik reaalselt hinnata, kas ja millal organism satub stressi. Test nägi ette uuritava mõneminutilist eksponeerimist 150 μ T magnetväljale. Pimekatse käigus mõõdeti subjekti südametegevust ning määrati sümpateetilise ja parasümpateetilise närvisüsteemi võimalik reaktsioon. Tulemused näitasid, et kolmandikul uuritavatest reageeris parasümpateetiline ning 22%-l sümpateetiline närvisüsteem – enamikel juhtudel kehvema seisundi poole. Samas selget sensorset tunnetust magnetväljale uuritavad üldiselt ei täheldanud.

SISSEJUHATUS

Käesolev uuring viidi läbi eesmärgiga selgitada nõrga staatilise magnetvälja võimalikku mõju inimese südamerütmi variaablusele, (ing k *heart rate variability* e. HRV).

Teaduslik kirjandus on nõrkade staatiliste magnetväljade mõju inimesele vähe uurinud. Peamiselt on keskendutud tugevatele magnetväljadele, mis esinevad tööstuslikes protsessides, näiteks elektrolüüs, alumiiniumitootmine jm tegevused, mille käigus tarbitakse palju elektrivoolu. Samuti esinevad tugevad staatilised magnetväljad magnettomograafia (MRT) seadmete juures. Selliste seadmete läheduses võib magnetväli ulatuda sadadest milliTesladest mõnede Teslani. Looduslik staatiline magnetväli on Eestis u 51 μT . Eestis kehtiv avalik piirnorm staatilisele magnetväljale on aga 40 mT (SM, 2002). Töökohtadele on reeglina ette nähtud palju lõdvem piirnorm, erinevate tööstuslike protsesside võimaldamiseks, kuid hetkel on kõnealune sagedusvahemik Eestis reglementeerimata (VV, 2002). Hiljuti Euroopa Parlamendi poolt vastu võetud uue tööalaste elektromagnetväljade direktiivi kohaselt aga võib töökohtadel esinev staatiline magnetväli olla suuruses 2 kuni 8 Teslat (T) sõltuvalt, kas töökeskkond on kontrollitav või mittekontrollitav (EP, 2013). Nimetatud piirnormid on kehtestatud ära hoidma staatilises magnetväljas tekkivaid, seniteadaolevaid sensoorseid või tervisemõjusid. Selle uuringu väljatugevusega (u 150 μT) puutuvad inimesed kokku igapäevaselt ferromagnetiliste objektide läheduses, enamasti seal, kus hoone tugistruktuuris leidub rohkesti rauda.

HRV väljendab südamerütmi variatsiooni ajas järjestikuliste südamelöökide vahel (R-R intervallid) ning on kinnitatud kui usaldusväärne autonoomse närvisüsteemi seisundi indikaator ning stressi dignoosimise mõõdik (Malik et al 1996; Melillo et al 2011).

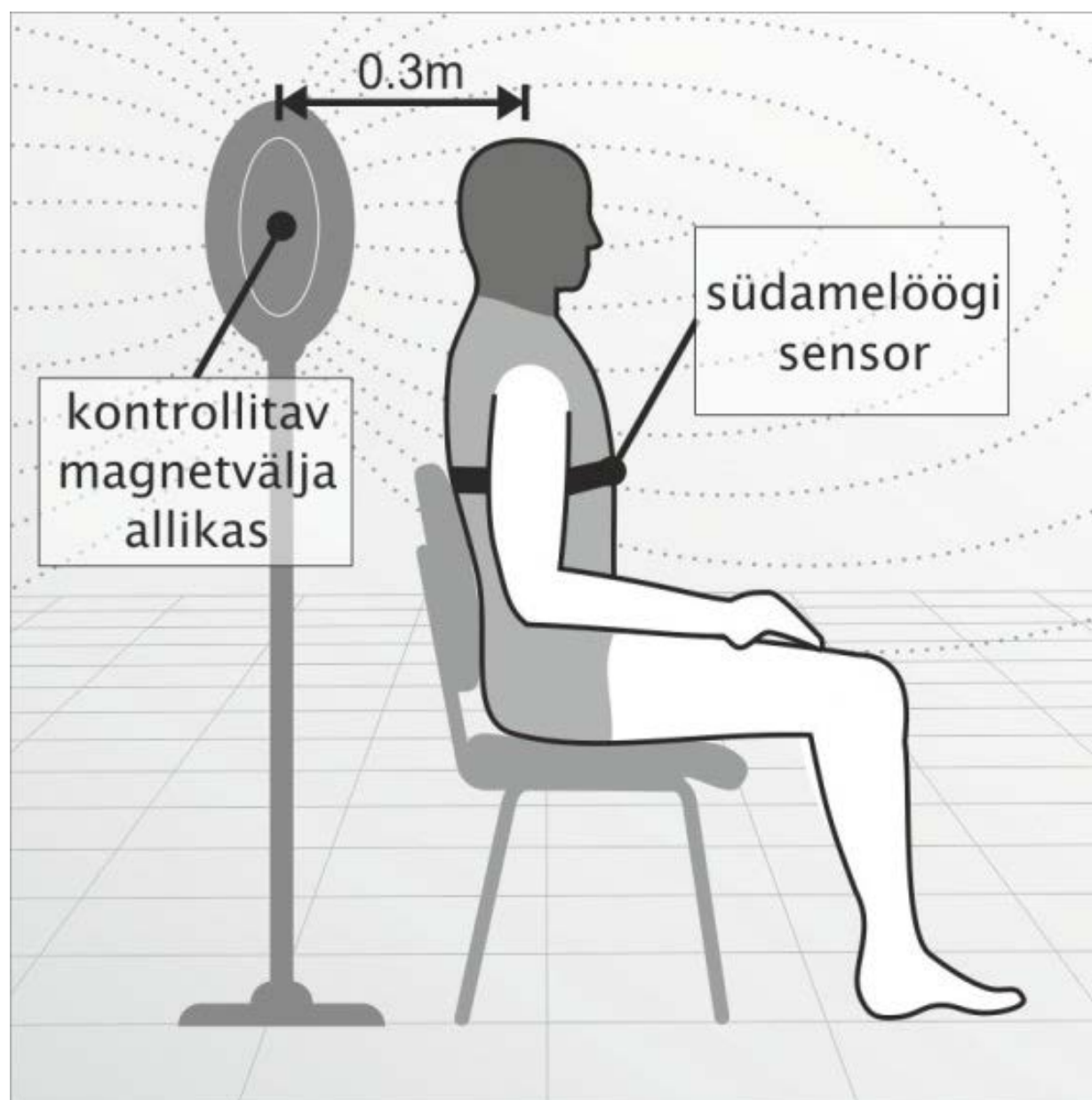
HRV-analüüsi on elektromagnetväljade mõjude uurimisel kasutatud vaid väheste uurijate poolt. Magda Havas kasutas Kanadas HRV-analüüsi ja tuvas tas kõrgsageduslike elektromagnetväljade mõju elektroülitunlikele inimestele (Havas et al 2010). Eriliseks muutis nende uuringu see, et ekspositsiooni tekitamiseks kasutati tavakasutuses olevaid traadita telefonide tugijaamu (nn DECT-telefon), mille väljatugevused jäävad kehtivate normide piiresse (Havas & Marrongelle, 2012). Seadusandlikult kehtestatud piirnormid, millele peavad vastama üldkasutusse lastud koduelektroonika, lähtub raadiosageduslike

väljade puhul termoeefekti tervist kahjustavast toimest (CEC 1989&1999; EP 2013; ICNIRP 1998). Muid, teaduse poolt pakutud tervisemõjusid, nagu need, mida esitab Bioinitiative report (2010 ja 2012) pole veel piirnormidesse lülitatud, kuna teadus ei oska veel nende mehhanismi hästi hinnata ning katsed ei ole alati korratavad (Bioinitiative, 2010&2012; EHFHRAN, 2010). Kirjandusest ei leidu aga staatilise magnetvälja mõjude uuringuid, kus on rakendatud HRV-analüüsi.

Elektromagnetväljade mõju uurides on teadus varasemalt peaaesjalikult keskendunud üldistatavatele mõjudele – eeldatakse, et elektromagnetväljadest lähtuv võimalik tervisemõju peaks aset leidma kõigis enam-vähem sarnasel moel, samadel väljatugevustel. Käesolev uuring aga viitab mõjudele, mis võivad aset leida palju madalamatel väljatugevustel kui kehtivad piirnormid.

METOODIKA

Käesolev uuring seisnes uuritava eksponeerimises nõrgale staatilisele magnetväljale ja tema südamerütmi variaabluse hindamises. Tekitatava staatilise magnetvälja nominaalne tugevus on 150 mikrotelat (μT), mida võib alalise magnetvälja puhul liigitada ülinõrgaks. Uuringu subjektideks olid erineva demograafilise taustaga vabatahtlikud. Uuritavatele selgitati uuringu eesmärke, mõõtmise kestust ja ülesehitust sh tekitatava magnetvälja karakteristikat. Katse viidi läbi iga uuritavaga individuaalselt. Peale uuritava isiku ning tehnilise operaatori teisi isikuid ruumis ei olnud. Tehniline operaator asus uuritava vaateväljast eemal. Istekoha valikul jälgiti, et oleks minimeeritud ka muud emotsionaalsed stiimulid, mis võiksid mõjutada mõõdetavat parameetrit.



JOONIS 1. Magnetvälja tekitaja ja uuritava paiknemine.

Istekoha valimisel mõõdeti eelnevalt ka ära elektrokliima parameetrid: 1) madal- ja kesksageduslik elektriväli sagedusvahemikus 50 Hz-400 kHz, 2) madal- ja kesksageduslik magnetväli sagedusvahemikus 50 Hz-400 kHz ning 3) raadiosageduslik väli sagedusvahemikus 800-3000 MHz. Nimetatud väljade mõõtmisega võeti kontrolli alla pea kõik tehislikud elektromagnetväljad, veenduti et need oleksid tüüpilisel tasemel (eluruumide tavafoon) või madalamad. Mõõdetud sagedusvahemikust jäid välja vaid tele- ja raadiolevi ning operatiivraadioside – nende kõrgendatud väljatugevuse mitteeesinemise kinnituseks teostati ümbruskonna visuaalne vaatlus, veendumaks et läheduses poleks nimetatud saatemaste.

Et välistada kõrvaliste asjaolude võimalik mõju testi kulgemisele, osutati tähelepanu ka muudele keskkonnateguritele. Ruumis tagati piisav valgustus. Veenduti, et väljastpoolt ega naaberruumidest ei tuleks müra ega vibratsiooni. Jälgiti mikrokliima parameetreid: et ruumis valitseks mugav õhutemperatuur ja et õhk poleks liiga kuiv ega liiga niiske ning et toas oleks piisavalt värsket õhku. Testi läbiviija jälgis ka oma isiklikule hinnangule tuginedes, et ruumiõhus ei lenduks tolmu või et poleks tunda kemikaalide (mida teinekord võib lenduda ka

mööbli- või viimistlusmaterjalidest) või bakterite/seente vohamisele iseloomulikku lõhna, mida inimese haistmismeel on võimeline tunnetama. Valgustuse, müra, siseõhu kvaliteedi (va õhu liikumiskiirus) ja soojusliku mugavuse tagamisel juhitud standardist EVS-EN 15251:2007 (ES, 2007).

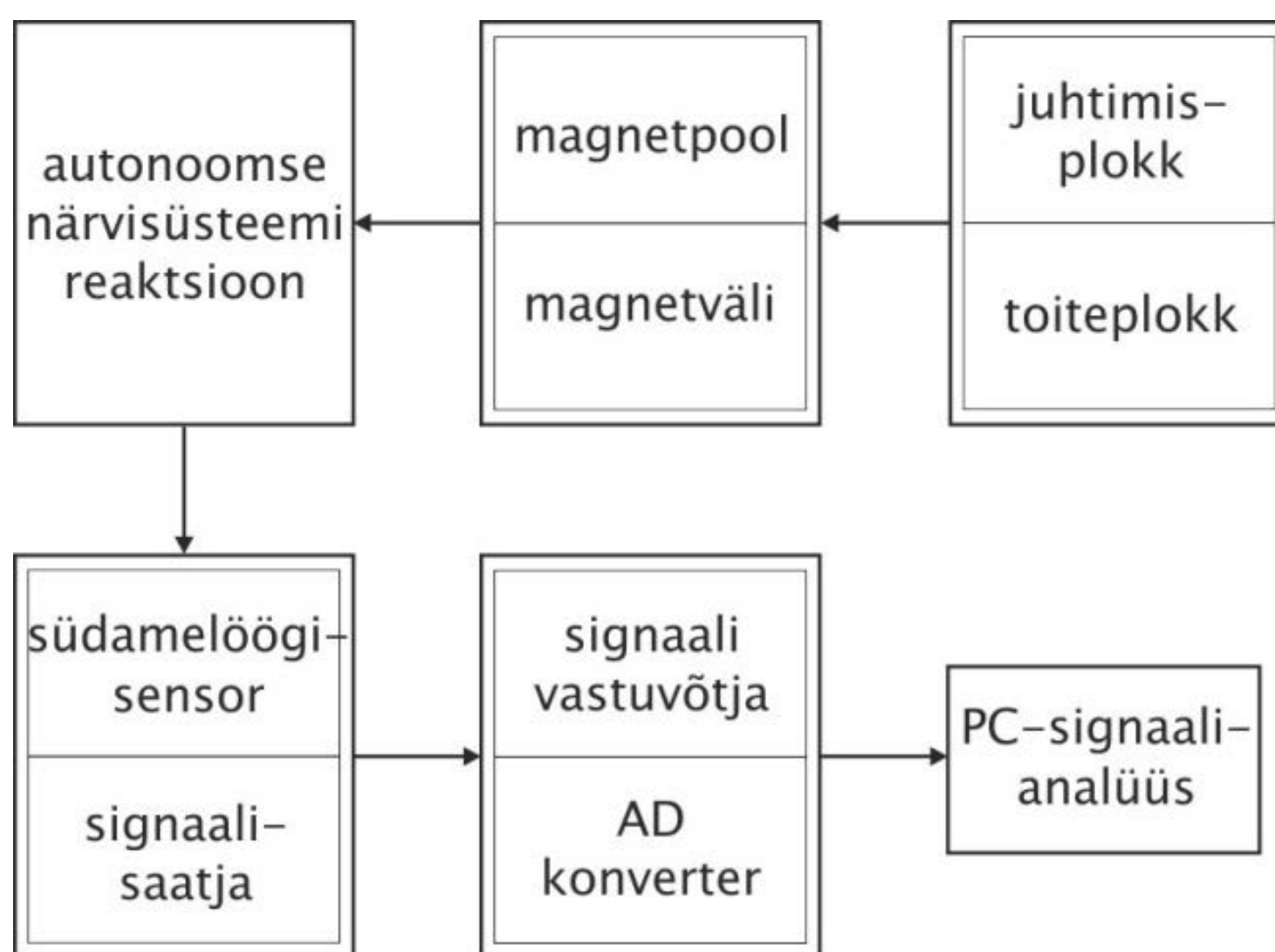
Uuringu instrumentarium koosnes 1) magnetvälja tekitavast seadmestikust ning 2) südamerütmi mõõtvast seadmestikust. Staatiline magnetväli tekitati magnetpooliga, mis positsioneeriti subjekti peast (tsenter) u 30 cm kaugusele (joonis 1). Taotletavat nominaalset resultantvälja (150uT) pea tsentris kontrolliti arvutuslikult (Biot-Savarti valem) ning magnetomeetrite mõõtmiste läbi. Mõõtmised viidi magnetomeetriga Walker Scientific FGM-5DTAA. Teostati ka kontrollmõõtmine magnetomeetriga MEDA uMAG. Magnetpoolis tekkivat pinget kontrolliti ostsilloskoobiga (Hantek DSO-2150). Magnetpooli diameeter oli 40 cm, mis tagas laiali ulatuva ekspositsiooni kogu peale. Magnetvälja lülitas operaatore sisse distantsilt läbi selleks valitud toiteploki.

Südamerütmi variaabluse registreerimine ning autonoomse närvisüsteemi reaktsiooni analüüs teostati mitteinvasiivse tark- ja riistvarasüsteemiga Nerve-Express (Heart Rhythm Instruments, Inc. NY USA). Süsteem registreerib uuritava iga südamelöögi RR-intervalli ning jaotab need 192-löögi faasideks. Iga faasi kohta arvutatakse sageduskäik (spekter), mis on aluseks 1) sümpateetilise ja 2) parasümpateetilise närvisüsteemi tasakaalu/reaktsiooni tuvastamisele (Heart Rhythm Instruments Inc., 2002). Reaktsiooni esinemise ja intensiivsuse arvutamise aluseks oli südamerütmi variaablus faasi kestel (192 südamelöögi periood). Kui vaadeldaval perioodil olid tugevalt esindatud madalad (0,033-0,15 Hz) ja/või kõrged (0,15-0,5 Hz) sagedused, siis samaväärselt intensiivselt reageeris ka sümpateetiline ja/või parasümpateetiline närvisüsteem. Nerve-Express määrab autonoomse närvisüsteemi seisundi arvutades eraldi sümpateetilise ja parasümpateetilise närvisüsteemi toonuse. Mõlema aktiivsus määratakse skaalal -4 kuni +4 palli, kus 0 iseloomustab närvisüsteemi tasakaalu. Kui hinnang kaldub plussi poole, iseloomustab see närvisüsteemi aktiveerunud seisundit, samas kui negatiivsed pallid väljendavad närvisüsteemi alatalitust. Seega, käesoleva internevtsioonuuuringu puhul on vaatluse all nii sümpateetilise kui parasümpateetilise närvisüsteemi dünaamika, mille põhjal on võimalik hinnata uurimisobjektiks oleva keskkonnateguri mõju indiviidile.

Südamelöögi toimumishetk registreeriti südamelöögiandurvööga, mida laialdaselt kasutatakse pulsikellade juures. Nimetatud andur edastab raadio teel (5,3 kHz) signaali riistvarasüsteemi vastuvõtjale, mis omakorda on ühendatud kaasaskantava personaalarvutiga (joonis 2).

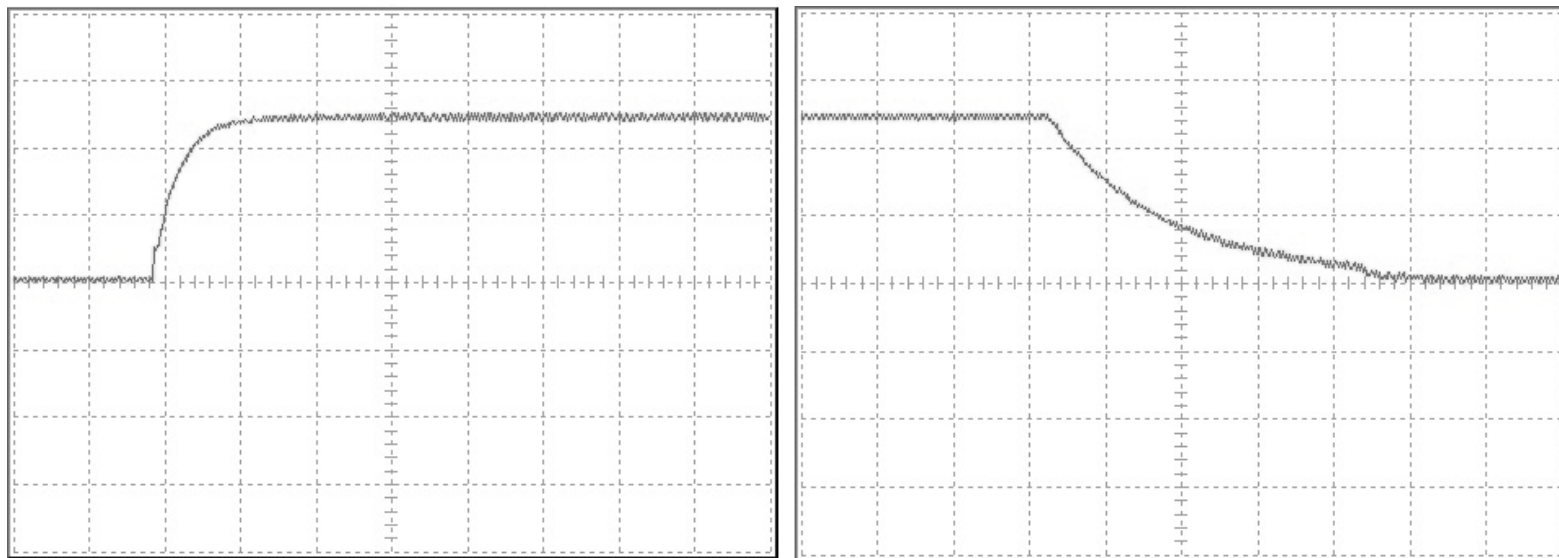
Uuritaval paluti testi käigus istuda mugavas poosis ning mitte teha suuremaid füsioloogiliselt pingutust nõudvaid liigutusi - need võivad muuta südamerütmi variaablust. Jälgiti ka seda, et enne katse algust oleks uuritav piisavalt viibinud istumisasendis, et välistada mõju südamegevusele kehahoiaku muutlikkusest (näiteks püstiasendist istumisasendisse). Lisaks füsioloogilisele stressile, tuli testieelsel perioodil vältida emotsionaalset stressi.

Uuritavat instrueeriti testi ajal vältima emotsionaalselt koormavaid mõtteid (nii negatiivseid kui positiivseid emotsioone tuli vältida). Selle asemel paluti uuritaval aknast välja vaadata puid ja lehtede liikumist või analoogset pilti või videod arvutiekraanil. Testi vältel keegi uuritavaga ei suhelnud.



JOONIS 2. Uurimusaparatuuri seadistuse ja mõõtmise kontekstiskeem.

Testi operaator käivitas magnetvälja läbi kauglülituse. Nominaaltugevusel magnetväli käivitus 0,15 sekundi jooksul pärast sisselülitamist ning magnetvälja taandumine, pärast väljalülitamist, kestis 1 sek (joonis 3). See tagas ühtlase magnetvälja muutumise, mida võib oma intensiivsusest võrrelda raudpostist möödaliikumise. Näiteks hoonetes tihti tugistruktuurina kasutatav raudpost tekitab analoogse staatilise magnetvälja anomaalia selle vahetus läheduses.



JOONIS 3. Uuringus tekitatud staatilise magnetvälja algus (vasemal) ja lõppemine (paremal) – ostsilloskoobi väljavõtte magnetvälja pooli toitepingest; vertikaalne jaotus 10V, horisontaalne jaotus 0.2 sek.

Katse ülesehitusel jälgiti pimekatse tingimusi. Mõõtmise jaotati faasideks, üks faas kestis 192 südamelööki, iga faas, sõltuvalt uuritava südamerütmist, seega 2-3 min. Mõõtmise kestel leidis aset 1 ekspositsioonifaas ning 2 või enam kontrollfaasi. Uuritavat ei informeeritud, millal leiab aset ekspositsioon ega ka, millal üks faas lõppeb ja teine algab. Ekspositsioonifaasi järjekord valiti suvaliselt, eeldusel, et eelnevalt oli toimunud vähemalt

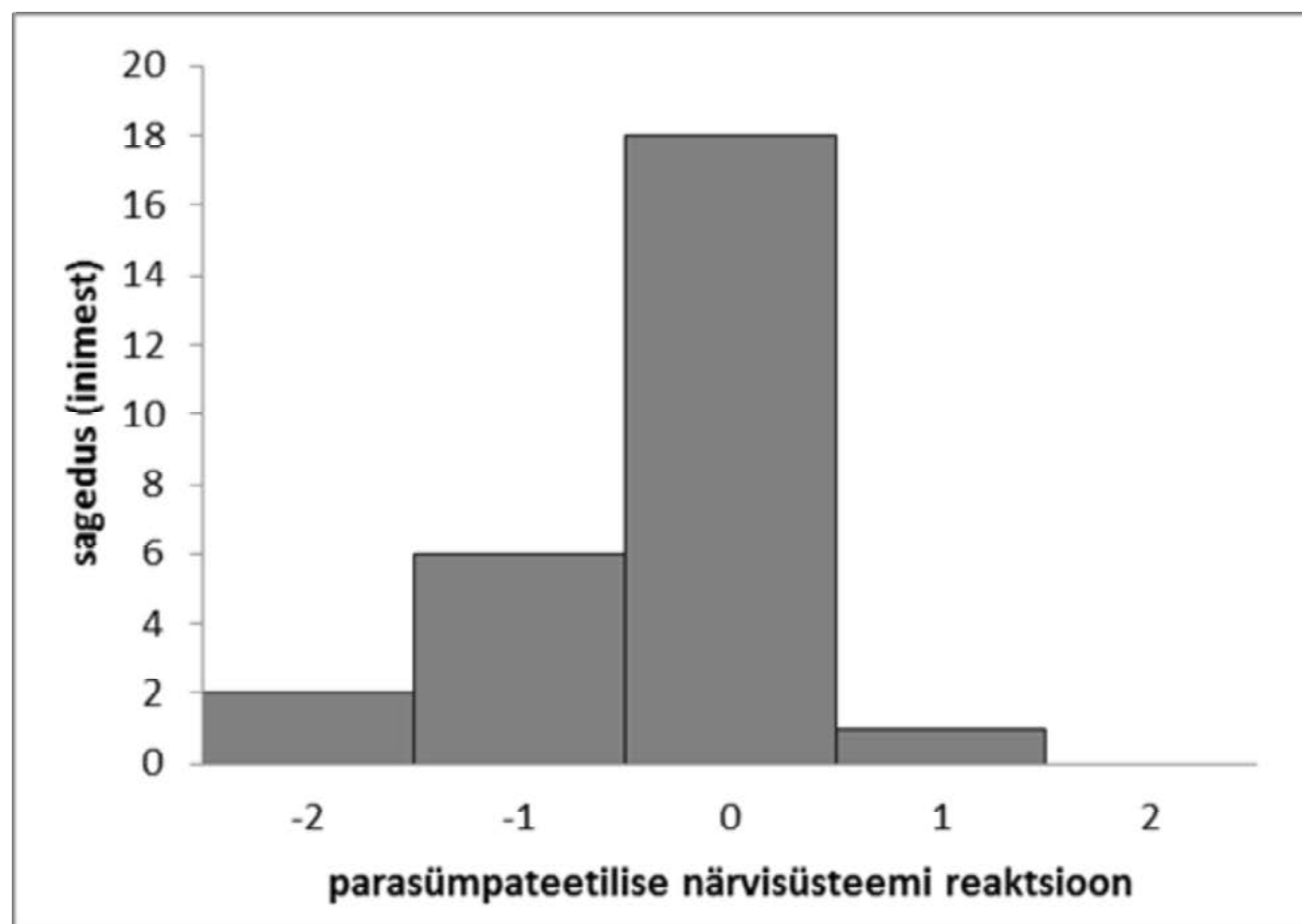
üks kontrollfaas. Kokku kestis mõõtmine 3-6 faasi, kestus oli tingitud ka uuritava reaktsioonist magnetväljale. Juhul kui reaktsiooni ei ilmnenud vältas test tüüpiliselt 3-4 faasi. Reaktsiooni esinemisel võis operaator lisada kestusele veel 1-2 faasi, et selgitada reaktsiooni püsivust ajaliselt ning veenduda, et reaktsioon ilmnes magnetväljast ega mitte muust juhuslikust tegurist.

Tulemuste analüüsil identifitseeriti isikud, kelle südamerütmi variaabluses leidis aset reaktsioon sel faasil, mil käivitatud oli magnetväli – need isikud liigitati kas positiivse või negatiivse reaktsiooniga uuritavateks. Positiivne reaktsioon väljendab autonoomse närvisüsteemi reaktsiooni paremuse poole, negatiivne reaktsioon tähendab vastupidist. Määrati ka reaktsiooni intensiivsus.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

Mõõtmised viidi läbi Eestis ja Lätis, kokku kuues erinevas asukohas. Mõõtmisi teostati ka Soomes (Tampere Ülikoolis), kuid need jäeti analüüsist välja, kuna seejärel täiustati uuringu metoodikat, mistõttu tulemusi polnud enam võimalik võrdsetel alustel kõrvutada hilisemate mõõtmistega.

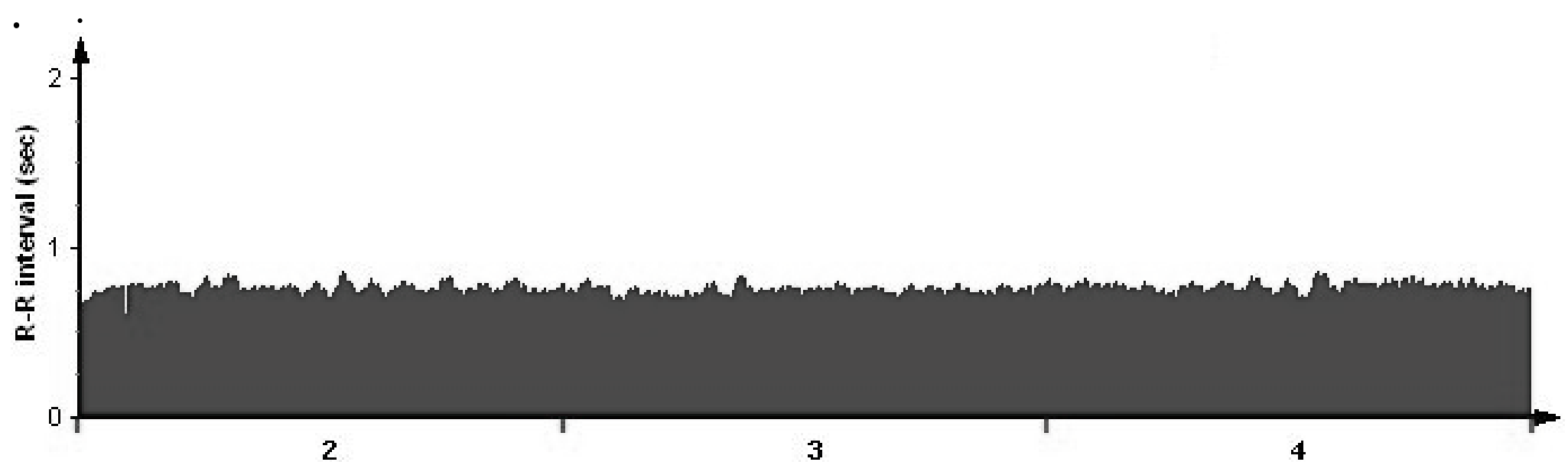
Kokku mõõdeti 27 isikut vanuses 20-78 a. Ühel alaealisel viibis mõõtmise juures ka vanem. Kokku üheksal inimesel (kolmandik valimist) reageeris parasümpateetiline närvisüsteem magnetvälja tekkele (joonis 4). Neist enamusel (kaheksal) toimus parasümpateetilise närvisüsteemi võimekuse langus ning vaid ühel kasv. Pärast magnetvälja eemaldumist esinesid ka erinevused ajalises kestuses, mille jooksul parasümpateetilise närvisüsteemi tase taastus: vaid kolmel isikul taastus see kohe järgmises faasis, kuid kuuel võttis aega vähemalt ekspositsioonist ülejäämise faasini.



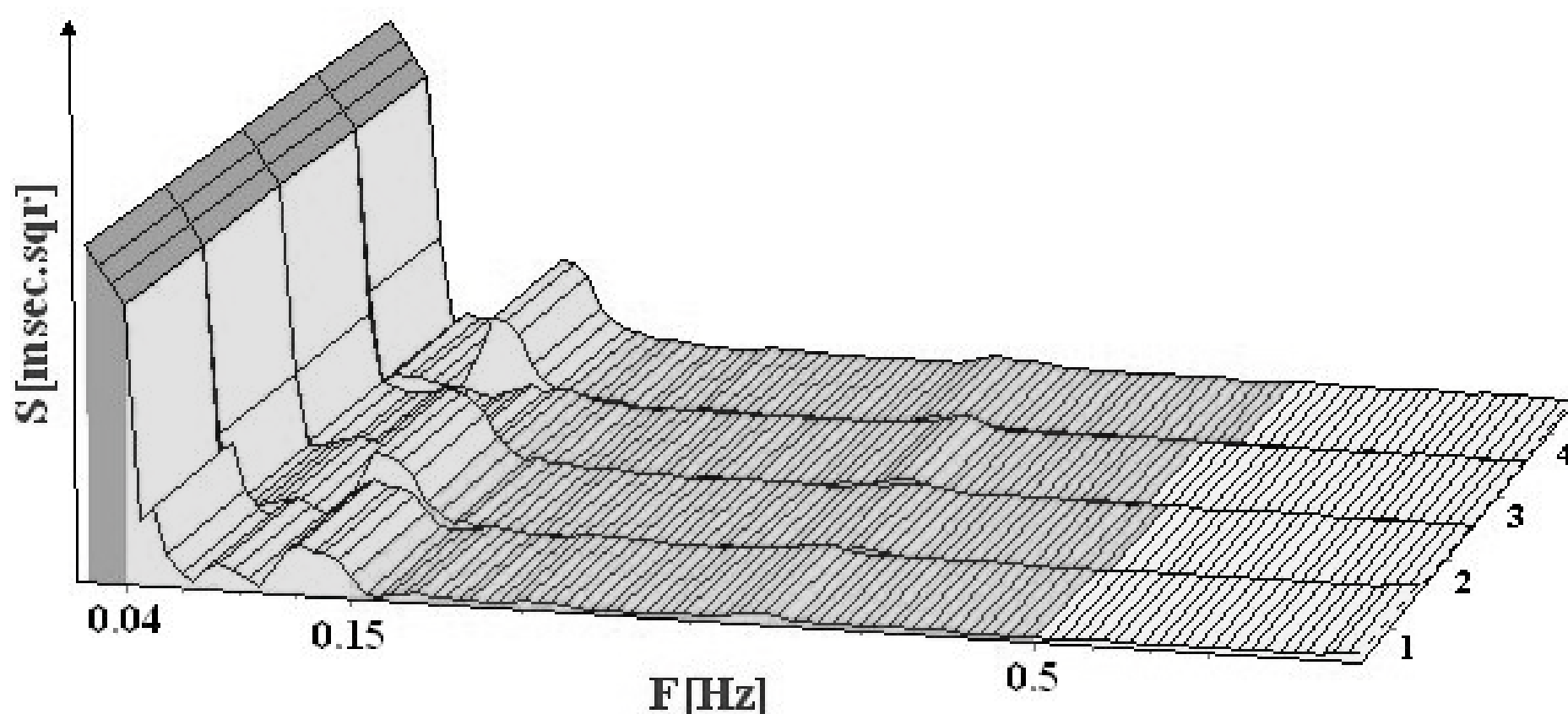
JOONIS 4. Parasümpateetilise närvisüsteemi reaktsioon kõrgendatud staatilise magnetvälja tekkele (histogramm): 0-reaktsioon puudus; -1/+1 kerge reaktsioon; -2/+2 tugev reaktsioon; horisontaalne telg – reaktsioon pallides (Nerve-Express skaala).

Ka sümpateetilises närvisüsteemis oli kuuel inimesel täheldada reaktsiooni magnetvälja tekkele (22% valimist): kolmele avaldas see nõrgendavat mõju ning kolmele tugevdavat mõju, kuid reaktsioon oli kõigil kerge (+/-1 pall).

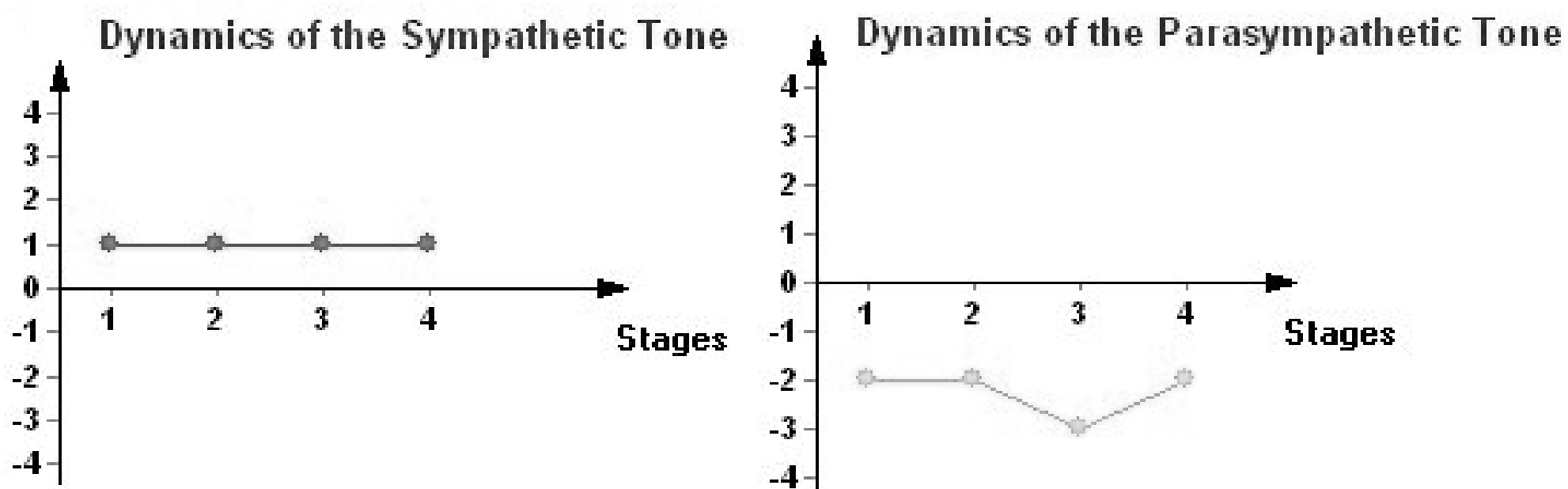
Järgnevalt kajastatakse valimist ühte uuritavat, kellel ilmnes selge reaktsioon 150 μ T staatilisele magnetväljale (joonis 5-7). Tegemist on tüüpilise juhtumiga, kus kontrollfaasidest on nii sümpateetilise kui parasümpateetilise närvisüsteemi toonus samaväärne, kuid 3. faasis (ekspositsioon magnetväljale) toimus parasümpateetilise närvisüsteemi võimekuse langus.



Joonis 5. Näide magnetvälja ekspositsioonile reageerinud 20 a. mehest: südamerütmi variaablus vähenes 3. faasis, mil ekspositsioon aset leidis; 4. faasis variaablus taastus; 2. ja 4. faas olid kontrollfaasid; vertikaaltelg – R-R intervall (sek); horisontaaltelg - faasid (kestusega 192 südamelööki).



JOONIS 6. Spektraalfunktsioon, näide magnetvälja ekspositsioonile reageerinud 20 a. mehest: südamerütmi variaablus vähenes 3. faasis, mil ekspositsioon aset leidis - südamerütmi sagedusvahemik 0,04-0,15 Hz oli nõrgem; vertikaaltelg - spektraalharmoonikute amplituud ($S, msec^2$); horisontaaltelg - sagedused (Hz).



JOONIS 7. Näide magnetvälja ekspositsioonile reageerinud 20 a. mehest: parasümpateetilise närvisüsteemi toonus nõrgenes astme võrra 3. faasis, mil ekspositsioon aset leidis; faasid 1, 2 ja 4 olid kontrollfaasid; vertikaaltelg - sümpateetilise/parasümpateetilise närvisüsteemi aktiivsus; horisontaaltelg - faasid (kestusega 192 südamelööki).

Käesoleva uuringu üllatav tulemus oli, et osadel isikutel esineb kardivaskulaarse tegevuse läbi mõõdetuna autonoomse närvisüsteemi reaktsioon ekspositsioonil nõrkadele staatilistele magnetväljadele. Tulemust võib pidada huvipakkuvaks, sest tegemist on väga nõrkade väljatugevustega ning ekspositsioon oli lühiajaline.

Uuritavate käest küsiti, kas neil ka esines sensorset tunnetust mingi testi hetkel. Selget tunnetust magnetvälja mõjust oskasid välja tuua vaid paar inimest, kelle puhul läks ajahetk kokku tegelikult esinenud magnetväljaga. Teised kas esitasid vaid kerget arvatavat tunnetust või ütlesid, et nad ei tundud mitte midagi. Seega neil, kel oli täheldada diskreetset autonoomse närvisüsteemi reaktsiooni, üldiselt sensorset taju magnetvälja suhtes ei esinenud.

Järgnevad uuringud peaks suurendama valimit, misjärel võib usaldusväärsemalt hinnata, kui suur osa populatsioonist on mõjutatud kõrgendatud staatilisest magnetväljast. Tähelepanu tuleks osutada ka kordusmõõtmistele ehk selgitada, kas samal inimesel autonoomse närvisüsteemi reaktsioon magnetanomaaliale esineb ka muudel päevadel/kellaaegadel. Arvestades testi lühiajalist kestust, on väärt uurida, kas pikemajalisem ekspositsioon sama tugevale magnetväljale kutsub esile reaktsiooni rohkemates uuritavates. Järgnevad uuringud peaks ka selgitama, miks osadel inimestel esineb reaktsioon ja teistel mitte. Põhjustena tasub selgitada kõnealuste isikute üldtervislikku seisundit, harjumusi (sportlikkus, toitumine jne), keskkonnatundlikkust teiste tegurite suhtes jm näitajaid. Testida tasub ka, kas samad inimesed reageerivad ka teistele igapäevaelus esinevatele elektromagnetväljadele: 1) madalsageduslikud, 2) kesksageduslikud ja 3) kõrgsageduslikud elektri-, magnet- ja elektromagnetväljad.

Tunnustus

Autor tänab järgnevaid isikuid, kes aitasid käesoleval uuringul võimalikuks saada või olid juhendavas rollis: Inese Vilcane (Riia Tehnikaülikool), Mikko Ahonen (Tampere Ülikool), Heldur Haldre ja Reet Priiman (Keskkonnatervise Instituut) ning Lembit Visnapuu. Samuti tänab autor Majanduse ja Innovatsiooni Doktorikooli, kes osutas rahastust uurimislähetusele.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. BioInitiative Working Group. 2007. Bioinitiative report: A Rationale for a Biologically Based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields.
2. BioInitiative Working Group, Cindy Sage and David O. Carpenter, Editors. 2012. BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Radiation at www.bioinitiative.org, December 31, 2012.
3. CEC-Council of the European Communities. 1989. Council Directive 89/336/EEC of 3 May 1989 on the approximation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility (89/336/EEC), Official Journal L 139 , 23/05/1989 P.0019-0026.
4. CEC-Council of the European Communities. 1999. Recommendation of the Council 1999/519/EC on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz). Official Journal of the European Communities. 30. 7. 1999.
5. EHFHRAN-European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure. 2010. Risk Analysis of human exposure to electromagnetic fields, report D2 of EHFHRAN project [Online]. http://efhran.polimi.it/docs/EFHRAN_D2_final.pdf.
6. ES-Eesti Standardikeskus. 2010. Eesti Standard EVS-EN 15251:2007 Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustuses ja akustikast. jõustunud juuli 2007.
7. EP-European Parliament. 2013. Directive 2013/35/EU of the European Parliament and the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC, Official Journal of the European Union 29.6.2013.
8. Havas M, Marrongelle J, Pollner B, Kelley E, Rees CRG, Tully L. 2010. Provocation study using heart rate variability shows microwave radiation from 2.4 GHz cordless phone affects autonomic nervous system, Eur. J. Oncol. vol. 5, pp. 273-300.
9. Havas M, Marrongelle J. 2012. Replication of Heart Rate Variability (HRV) Provocation Study with 2.4 GHz Cordless Phone.
10. Heart Rhythm Instruments Inc. 2002. Nerve-Express System Guide & User's Manual, NJ USA.

11. ICNIRP-International Commission of Non-Ionising Radiation Protection (1998), Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields – <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>
12. Malik M, Bigger JT, Camm AJ, Kleiger RE, Malliani A, Moss AJ, Schwartz PJ. 1996. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Eur Heart J, 17:354-381.
13. Melillo P, Bracale M, Pecchia L. 2011. Nonlinear Heart Rate Variability features for real-life stress detection. Case study: students under stress due to university examination. BioMedical Engineering OnLine 2011, 10:96.
14. SM-Sotsiaalministri määrus. 2002. Mitteioniseeriva kiirguse piirväärtused elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes, õpperuumides ja mitteioniseeriva kiirguse tasemete mõõtmine. RTL 2002, 40, 563, Vastu võetud 21.02.2002 nr 38.
15. VV-Vabariigi valitsuse määrus. 2002. Töökeskkonna füüsikaliste ohutegurite piirnormid ja ohutegurite parameetrite mõõtmisekord, Vastu võetud 25.01.2002 nr 54, RT I 2002, 15, 83.



FÜTOMASS TAASTAIMESTATUD FREESVÄLJADEL JA ERINEVATE SAMBLAKÜLVIDEGA KATSELAPPIDEL

Anna-Helena Purre

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Turvas on üks Eesti olulisematest maavaradest ning Eesti seadusandluses (Säästva arengu seadus ja Maapõueseadus) käsitletakse turvast kui taastuvat maavara. Samas Eesti turbavarud vähenevad, kuna turvast kaevandatakse rohkem, kui seda juurde tekib (Ilomets, 2003). Jätkuvalt kuivendatakse turbakaevandamiseks sobilikke soid, kuid neil aladel turba tekkeks sobivate tingimuste loomisele (taassoostamisele) on Eestis tähelepanu hakatud pöörama alles viimasel aastakümnel. Märjalade jätkusuutlikku majandamise olulisust kinnitab 1995. aastal Euroopa Liidus vastu võetud *no net loss* poliitika. Selle kohaselt ei tohiks märjalade (ka turbaalade) pindala Euroopa Liidus väheneda, vaid peaks jääma kas samale tasemele või kasvama.

Jääksoode taassoostamine on vajalik nii turbaaladel toimuvate globaalse (peamiselt süsiniku sidumine) ning regionaalsete (vee puhverdamine) protsesside toimimiseks kui ka jätkuva turbakaevandamise võimaldamiseks. Iseseisev turbaalade taassoostumine on aga väga pikaajaline protsess ning veelgi aeganõudvam on sellistel aladel kaevandatava turbakihi teke. Nende protsesside kiirendamiseks on vajalik aktiivne taastamistegevus, mille jaoks on välja töötatud ka erinevaid tehnoloogiad. Artiklis käsitletakse ühe sellise tehnoloogia sobivust Eesti tingimustesse ning tuuakse välja tegureid, mis katsealadel mõjutavad taassoostamise edukust.

SISUKOKKUVÕTE

Artikli eesmärk on võrrelda taassoostamise edukust fütomassi ning selle jaotuse alusel kolmel katsealal. Samuti käsitletakse tegureid (turba tuhasus, veetase), mis võivad mõjutada fütomassi ja selle jaotumist taassoostavatel aladel.

Eesmärgi täitmiseks uuriti kolme freesturbaväljade taassoostamise katseala Põhja-Eestis (Ohtu, Viru ning Seli katsealad). Nendel katsealadel on taassoostamiseks kasutatud Põhja-Ameerikas välja töötatud tehnoloogiat ja aktiivne taastamistegevus viidi läbi 2005.-2008. aastatel. Külvimaterjalina on kasutatud erinevaid samblaliike ja nende segusid (*Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum angustifolium*, *Sphagnum fuscum* ja *Sphagnum rubellum* ning *S. fuscum* segu). Fütomassi (nii soontaimede kui ka sammalde) mõõtmiseks kasutati destruktiivset proovivõtu meetodikat ja kaaluti kuivatatud taimi. Lisaks sellele mõõdeti kuumutuskaos meetodil katsealade turba tuhasust.

Taassoostamine oli edukaim Viru katsealal, kus kasvasid soodele iseloomulikud taimeliigid ning tekkinud oli teistest katsealadest tusedam samblakiht, mis koosnes peamiselt turbasammaldest. Ohtu ning Seli katsealadel olid olulisemad fütomassi moodustajad aga soontaimed (puhmastaimed Seli katsealal ning puhmas- ja rohttaimed Ohtu katsealal). Turba tuhasus varieerus oluliselt alade lõikes, olles suurim Ohtu katsealal ning väikseim Viru katsealal. Turba tuhasuse kõrval võis antud erinevusi põhjustada ka alade lõikes varieeruv veetase, mis oli sügavaim Seli katsealal. Enim erinevusi fütomassis esines katsealade lõikes (ka sama külviga katselappide erinevatel katsealadel), mitte aga ühel katsealal erinevate külvidega katselappide lõikes.

SISSEJUHATUS

Eestis on 1 009 101 ha erinevas seisundis turbaalasid (Orru, 2010), kaevandatud ja kaevandatavad freesturbaväljad katavad ligikaudu 28 945 ha, millest jääksoode pindala on 9 371 ha (Ramst & Orru, 2009). Eesti ja Euroopa Liidu õigusaktidest tulenevalt on vajalik jääksoode korrastamine, üks korrastamisviisidest on jääksoode taastaimestamine soodele iseloomulike taimedega (taassoostamine). Eesti on võtnud endale kohustuse korrastada 2020. aastaks vähemalt 2 000 ha jääksoid ning Euroopa Liit on Eestile eraldanud selle tarbeks 9,278 miljonit eurot (Paal et al., 2014).

Turbaalade taassoostamise peamine eesmärk on tagada jääksoodes looduslikele rabadele iseloomulike protsesside toimumine, peamiselt turbasammalde biomassi ning turba lisandumine (Rochefort, 2000; Waddington et al., 2003; Waddington et al., 2011). Edukaks taassoostamiseks peavad alal olema sobivad hüdroloogilised tingimused ja turba omadused. Selles töös on katsealadel kasutatud Põhja-Ameerikas välja töötatud tehnoloogiat, mille etapid on veetaseme tõstmine, ala ettevalmistamine, soodele iseloomulike taimede diasporide kogumine ja taastatavale alale külvamine, multšimine, väetamine, mitte-soovitavate taimeliikide tõrjumine ning pikaajaline monitooring (Gorham & Rochefort, 2003; Quinty & Rochefort, 2003; Rochefort et al., 2003).

Erinevates tingimustes moodustub erinevas hulgas biomassi ning erineda võib ka biomassi jaotus. Üks selline alaspetsiifiline tegur võib olla turba tuhasus. Madalama turba tuhasusega aladel on esimesed turbaalade koloniseerijad

Eriophorum vaginatum (tupp-villpea) ja *Polytrichaceae sp.* (karusamblad) (Orru, 2010), kõrgemat turba tuhasust on seostatud aga suurema liigirikkusega (Andresmaa, 1998). Veetase on teine tegur, mis mõjutab taassoostuva ala taimkatet. Kõrgema veetaseme korral sammalde produktsioon kasvab ning puhmas-taimede oma väheneb, sügavama veetaseme korral toimub vastupidine (Weltzin et al., 2000; Kalnina & Pakalne, 2003).

Alaspetsiifiliste tingimuste kõrval võivad biomassi mõjutada ka alale taastamistegevuse käigus loodud tingimused (näiteks alale külvatud samblaliigid ja nende segud). Erinevate turbasammalde külvide korral võivad taassoostamise tulemused olla varieeruvad. Näiteks *S. angustifolium* ja *S. fuscum* on Campeau ja Rochefort (1996) andmetel taassoostamisel kasutamiseks sobivamad kui *S. magellanicum* ja *S. capillifolium*. Samuti võivad erineva taastamise edukusega olla seotud mitmete samblaliikide ja nende segude kasutamine varieeruvate tingimustega aladel. *S. fuscum* sobib kasutamiseks just madalama veetaseme korral (Campeau & Rochefort, 1996) ning *S. angustifolium* külvi puhul on taastamine edukam kõrgema veetasemega aladel (Robroek et al., 2009).

Artikli eesmärk on võrrelda taassoostamise edukust fütomassi ning selle jaotuse alusel kolmel katsealal. Eesmärgi täitmiseks on püstitatud uurimisküsimused:

- Kuidas erineb turba tuhasus Ohtu, Viru ja Seli katsealadel?
- Kuidas on jaotunud ja kui suur on Ohtu, Viru ja Seli katsealade fütomass?
- Kuidas erineb samblakate erinevatel katsealadel erinevate külvatud turbasamblaliikide ning nende segude löikes?
- Millised tegurid mõjutavad katsealadel fütomassi ja selle jaotus?

METOODIKA

Püstitatud eesmärgi täitmiseks koguti proove välitööde käigus kolmelt uurimisalalt, kogutud proove analüüsiti laboris. Autor vastutas täielikult väli- ning laboratorsete tööde läbiviimise ning andmeanalüüsi eest. Kasutatavad meetodid valiti lähtuvalt töö eesmärgist ning olemasolevatest võimalustest ja ressurssidest (olemasolevad katsealad, välitööde ja laboratorsete tööde vahendid), samuti tulemuste objektiivsusest ja informatiivsusest. Andmeanalüüsis lähtuti peamiselt testide sobivusest antud andmete jaoks (mitteparameetriliste meetodite kasutamine) ja nende eesmärgipärasusest.

Uurimisalad

Ohtu (59°17' pl; 24°23' ip), Seli (59°19' pl; 25°0' ip) ning Viru (59°28' pl; 25°39' ip) katsealad asuvad Harjumaal. Ohtu katseala (540 m²) loodi 2006. aastal, Seli katseala 2005. aastal (351 m²) - 2006. aastal (108 m²) ning Viru katseala (535 m²) loodi 2008. aastal. Kõigil kolmel alal on kasutatud Põhja-Ameerika turbaalade taastaimestamise tehnoloogiat (Rocheffort et al., 2003). Uurimisaladele on külvatud erinevaid samblaliike ning nende segusid, muuhulgas ka *Sphagnum magellanicum* (lillakas turbasammal; kõigil kolmel katsealal: Seli 8 kordust, Ohtu 10 kordust, Viru 2 kordust), *Sphagnum angustifolium* (kitsalehine turbasammal; Viru (6 kordust) ning Ohtu (11 kordust) katsealadel), *Sphagnum fuscum* (pruun turbasammal; Viru (2 kordust) ning Seli (6 kordust) katsealad) ja *Sphagnum rubellum* (punane turbasammal) ning *S. fuscum* segu (Viru (5 kordust) ning Seli (3 kordust) katsealad).

Ohtu katseala asub freesitava turbavälja servas ning piirneb kõigist servadest kuivenduskraavidega. Katseala pindmise kihi moodustub peamiselt 1,2 m tüse tarnadest ja turbasammaldest koosnev (*Carex-Sphagnum*) turbakiht, veetase on 20-30 cm sügavusel ning pH on 4,0-5,3 (Ilomets et al., 2010). Freesturbaväljal, kus asub Viru katseala, lõpetati turba kaevandamine 1985. aastal (Keskkonnaamet, 2010) ning katseala asub freesvälja keskosas. Viru katsealal on veetase 20-40 cm sügavusel ja pH vahemikus 4,2-5,3 pindmises kihis asub *Sphagnum* turvas (Ilomets et al., 2010). Seli katseala asub aktiivselt mittekaevandatava freesvälja servas. Turbakihi tüsedus on 2,5 m ning pindmises kihis on *Sphagnum* turvas, veetase on 50-60 cm sügavusel (Ilomets et al., 2010).

Väli- ja laboratoorsed tööd

Ohtu katsealalt koguti 9. ja 11. novembril 2012. aastal 280 samblaproovi (31 proovi koguti koos pindmise (0 — 3 cm sügavuselt) kihi turbaga) ning 11. augustil 2013. a 56 soontaimeproovi. Viru katsealalt koguti 282 samblaproovi ja 30 turba-
proovi 7. — 8. juulil 2013. a ning 66 soontaimeproovi 13. — 14. augustil 2013. a. Seli katsealalt koguti 44 soontaimeproovi 19. augustil 2014. a. ning 220 sambla-
proovi ja 30 turbaproovi 2. septembril 2014. a. Proovivõtuks kasutati destruktii-
tiivset meetodikat, sambla- ja turbaproovid lõigati välja 5 cm diameetrise PVC
toru ning soontaimeproovid koguti 50 cm küljepikkusega ruudukujuliselt alalt
vastava raami abil. Mõõdeti vaid maapealset taimede biomassi.

Kõik proovid puhastati laboris ning hoiustati markeeritud paberkohtides. Samblaproove eelkuivatati nädal aega toatemperatuuril, seejärel kuivatati proovid kuivatusahjus 24 tundi 60 °C juures, soontaimeproove kuivatati samal temperatuuril 48 tundi. Seejärel proovid kaaluti taimetaksonite kaupa. Turba mineraalne osakaal (turba tuhasus) määrati kuumutuskaotuse meetodil: puhastatud turbaproove kuivatati 48 tundi 65 °C juures ja kaaluti ning seejärel põletati 4,5 tundi 550 °C ja kaaluti uuesti. Arvutati välja mineraalne osakaal turbaproovis (%). Kasutati kaalu Precisa 125 A ja kaaluti täpsusega 0,001 g (kaalu täpsus 0,0001 g).

Andmeanalüüs

Andmeanalüüsiks kasutati programmi IBM SPSS Statistics ver. 21. Tulemusi peeti oluliseks olulisusnivool 0,05. Sõltuvate tunnuste vastavust normaaljaotusele kontrolliti histogrammide ja Shapiro-Wilks testiga ning leiti, et suur osa tunnustest ei vastanud normaaljaotusele. Seetõttu otsustati kasutada mitteparameetrilisi meetodeid: dispersioonanalüüsis Kruskal-Wallis testi ja Mann-Whitney testi (paarivõrdlus), korrelatsioonanalüüsis Spearmani korrelatsioonikordajat.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

Turba tuhasus

Turba tuhasus erines katsealade lõikes statistiliselt oluliselt ($p < 0,01$) olles kõrgeim Ohtu katsealal (keskmise $7,0 \pm 0,7\%$) ja madalaim Viru katsealal (keskmise $1,7 \pm 0,1\%$). Seli katsealal oli keskmine turba tuhasus $3,5 \pm 0,2\%$. Ohtu katsealal varieerus turba tuhasus enamal määral kui teisel kahel katsealal.

Orru (2010) andmetel iseloomustab turba tuhasus vahemikus 1,1-3,6% oligotroofsete tingimustega jääksoid ning turba tuhasus 5,2-7,4% eutroofsete ja mesotroofsete tingimustega jääksoid. Seli ja Viru katsealasi iseloomustavad antud liigituse põhjal seega toiteainevaesed tingimused ning Ohtu katseala eelmistega võrreldes toiteainerikkamad tingimused.

Alade erinev turba tuhasus võib tuleneda nii turba enda koostisest (*Sphagnum* turvas Seli ja Viru katsealadel ning *Carex-Sphagnum* turvas Ohtu katsealal) kui ka sellest, et Ohtu katseala piiravad toimivad kuivenduskraavid, mis võivad

autori hinnangul katsealale mineraalaineid sisse kanda. Viimast arvamust toetab just suur turba tuhasuse varieerumine Ohtu katsealal ning mineraalmaadele iseloomulike taimede olemasolu peamiselt kraavidele lähemal paiknevatel katselappidel.

Katsealade taimkate

Fütomass ja selle jaotumine taimerühmade vahel erineb katsealati. Enim erinevusi teistest katsealadest on Viru katsealal, kus on ka suurimad sammalde biomassid (Tabel 1). Soontaimede ja soontaimerühmade biomass on suuremad Ohtu ja Seli katsealadel. Enim taimetaksoneid on Ohtu katsealal (29 taimetaksonit), kus esinevad ka mineraalmaadele iseloomulikud taimeliigid. Vähem on erinevaid taimetaksoneid Seli (15 taimetaksonit) ja Viru (17 taimetaksonit) katsealadel.

TABEL 1. Taimerühmade biomass katsealadel ($g\ dm^{-2}$). Erinevad tähed viitavad oluliselt erinevatele taimerühmade biomassidele katsealade lõikes ($p < 0,05$).

	Ohtu	Viru	Seli
Samblad	4,1±0,2 ^a	6,0±0,2 ^b	2,6±0,2 ^c
Puhmastaimed	11,5±1,1 ^a	5,1±0,5 ^b	18,6±2,7 ^a
Rohttaimed	4,5±0,7 ^a	0,4±0,1 ^b	2,7±0,6 ^b
Puittaimed	1,1±0,2 ^a	0,1±0,1 ^b	1,7±0,6 ^a
Soontaimed	17,2±1,2 ^a	5,6±0,5 ^b	23,0±3,7 ^a

Taimetaksonite arvu ja taimerühmade biomassi erinevused tulenevad autori hinnangul peamiselt erinevustest turba tuhasuses (ja seega ka toiteainete hulgas) ning veetasemetes. Ohtu (veetase 20-30 cm sügavusel) ning Viru (veetase 20-40 cm sügavusel) katsealadel on veetase kõrgemal kui Seli katsealal (veetase 50-60 cm sügavusel) (Ilomets et al., 2010). See võib olla põhjuseks, miks Seli katsealal on suurem biomass puhmas- ja puittaimedel. Need taimed eelistavad just sügavama veetasemega kasvukohti ning on suurema biomassiga kõrgemates mikrotopograafilistes tsoonides ja kuivendatud aladel (Rydin et al., 1999; Weltzin et al., 2000; Wheeler, 2001; Kalnina & Pakalne, 2003).

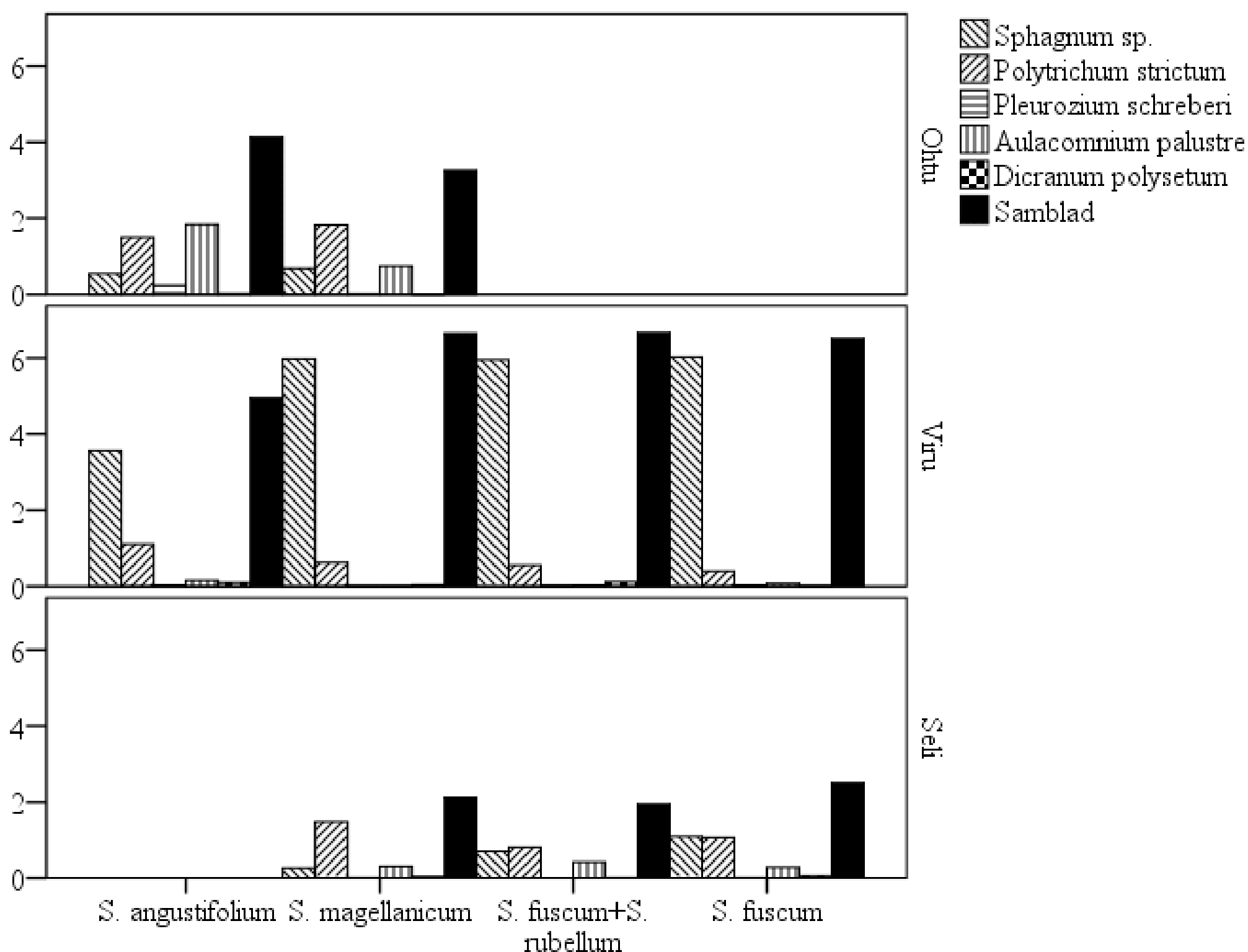
Ohtu ja Viru katsealade taimerühmade biomassi ja kogu fütomassi erinevused võivad olla põhjustatud aga peamiselt turba tuhasuse erinevustest, mida Triisberg ja teised (2013) on pidanud üheks teguriks, mis määrab ära taimekoosluse taassoostuvatel freesturbaväljadel. Viru (ja Seli) katsealal kasvavad peamiselt oligotroofsetele tingimustele kohastunud rabadele iseloomulikud taimed, Ohtu katsealal kasvab soodele iseloomulike taimede kõrval ka mineraalmaadele iseloomulikke taimi.

Turbasammalde biomass seletab korrelatsioonianalüüsi põhjal 53% kogu sammalde biomassi varieerumisest ($\rho=0,73$; $p<0,01$). Viru katsealal on oluliselt suurem turbasammalde biomass ($5,0\pm0,2$ g dm⁻²) kui Seli ($1,1\pm0,2$ g dm⁻²) ning Ohtu ($0,8\pm0,1$ g dm⁻²) katsealadel. Turbasammalde ja teiste samblataksonite erinevad biomassid võivad olla seotud ka erineva turba tuhasusega. Turbasammalde biomass oli katsealadel kõrgem, kui turba tuhasus oli madalam ($\rho=-0,58$; $p<0,01$). Samuti oli negatiivne sammalde kogu biomassi ning turba tuhasuse vaheline korrelatsioon ($\rho=-0,40$; $p<0,01$).

Erinevalt puhmas- ja puittaimedest on soosammalde (eriti turbasammalde) biomass oluliselt kõrgem pinnalähedase veetaseme korral ja madalates mikrotopograafilistes tsoonides (Ilomets, 1982; Cronk & Fennessy, 2001; Price & Whitehead, 2001; Weltzin et al., 2001). Sügaval asuvat veetaset võib seostada ka Seli katsealalt mõõdetud sammalde väikseima biomassiga. Teine tegur, mis turbasammalde väikeseid biomasse Seli ja Ohtu katsealadel võib seletada on nende katsealade oluliselt kõrgem turba tuhasus kui Viru katsealal. Seda toetab ka negatiivse korrelatsiooni olemasolu turbasammalde biomassi ning turba tuhasuse vahel. Käesolevale tööle sarnaselt on leidnud ka Triisberg ja teised (2013), et turbasammbla tüüpi kooslusel on madalam turba tuhasus kui teistel freesturbavälja koosluse tüüpidel.

Erinevad samblakülvid

Võrreldes erinevate samblakülvidega brüomassi (sammaltaimede biomass) katsealade lõikes selgus, et olulisi erinevusi ($p < 0,05$) brüomassis esineb enam määral katsealade vahel, kui ühel katsealal erinevate külvidega katselappide lõikes (Joonis 1). Sarnaselt sammalde biomassiga erinevad ka soontaimede ja soontaimerühmade biomassid enam määral katsealade kui katselappide lõikes.



JOONIS 1. Sammalde biomass ($g\ dm^{-2}$) erinevate samblaliikide ja nende segude külvide korral.

Ühegi taimerühma biomassid Ohtu katsealal üksteisest oluliselt ei erinenud (*S. angustifolium* ja *S. magellanicum* külviga katselapid), samuti ei varieerunud üksteisest antud katselappidel ka oluliselt turbasammalde biomassid ($p > 0,05$). Viru katsealal esines katselappide vahel rohkem olulisi erinevusi. Turbasammalde ja kõigi sammalde biomasside põhjal erinesid Viru katsealal teistest

katselappidest vaid *S. angustifolium* külviga katselapid ($p < 0,01$). Olulisi erinevusi esines ka kogu soontaimede biomassis ($p < 0,05$). Turbasammalde biomassid ja kogu brüomass ei varieerunud Seli katsealal erinevate külvidega katsealappide lõikes oluliselt ($p > 0,05$). Sarnaselt Ohtu katsealale ei erinenud ka Seli katsealal soontaimede ja soontaimerühmade biomassid erisuguse külviga katselappide lõikes oluliselt ($p < 0,05$).

Enim on andmeid *S. fuscum* (Waddington et al., 2003; Quilty & Rochefort, 2003; Campeau & Rochefort, 1996; Chirino et al., 2006) ja *S. rubellum* (Quilty & Rochefort, 2003; Robroek et al., 2009; Poulin et al., 2013) sobivusest turbaväljade taassoostamiseks. Vähem on andmeid *S. angustifolium* (Campeau & Rochefort, 1996; Robroek et al., 2009) ja *S. magellanicum* (Ilomets et al., 2010) sobivusest freesturbaväljade taassoostamiseks. Mitmed allikad (Campeau & Rochefort, 1996; Chirino et al., 2006) leiavad seevastu, et *S. magellanicum* külvamisel samblakate edukalt ei taastu. Käesoleva töö tulemused aga ei leia, et *S. magellanicum* külviga katselappidel oleks taassoostamine teistest sama ala katselappidest oluliselt ebaedukam.

Uurimistulemused viitavad sellele, et enamal määral sõltub taimkatte taastamise edukus sellest, millised on alaspetsiifilised tingimused, mitte aga külvatavatest samblaliikidest ja nende segudest. Esineb küll erinevusi turbasammalde biomassis, kuid töös ei olnud need enamasti statistiliselt olulised (v.a. *S. angustifolium* oluliselt madalam biomass Viru katsealal). Autori hinnangul tuleb freesturbaväljade taassoostamisel tähtsustada alaspetsiifilist lähenemist, mis toetub mitmel eeluringul (nt. toiteainete sisaldus, veetase, turba tuhasus, turba botaaniline koostis jne) ning mis toetaksid sobivaima taassoostamise meetoodika valikut antud alale. Samuti tuleks hinnata taastamistehnoloogiate (nt. erinevad külvatavad samblaliigid) edukust erinevate tingimustega freesturbaväljadel ning muuta taastamistehnoloogiad alaspetsiifilisemaks.

TÄNUSÕNAD

Täna oma juhendajat Mati Ilometsa praktiliste nõuannete ja soovitude eest ning Tallinna Ülikooli Ökoloogia Instituudi soode töörühma katsealade ettevalmistamise eest.

KASUTATUD KIRJANDUS

Andresmaa E. 1998. Soovee ja turba keemiline koostis. In: Kink H, Andresmaa E, Orru M, eds. Eesti soode hüdrogeoloogiline ökoloogia. Tallinn, Estonia: Teaduste Akadeemia Kirjastus, 22-26.

Campeau S, Rochefort L. 1996. Sphagnum regeneration on bare peat surfaces: Field and Greenhouse experiments. *Journal of Applied Ecology*: 599-608.

Chirino C, Campeau S, Rochefort L. 2006. Sphagnum establishment on bare peat: The Importance of climatic variability and Sphagnum species richness. *Applied Vegetation Science* 9: 285-294.

Cronk JK, Fennessy MS. 2001. *Wetland plants: biology and ecology*. Boca Raton, USA: Lewis Publishers.

Gorham E, Rochefort L. 2003. Peatland restoration: A brief assessment with special reference to Sphagnum bogs. *Wetlands Ecology and Management* 11: 109-119.

Ilomets M. 2003. Mille arvel kaevandame turvast? *Eesti Loodus* 02-03: 20-24.

Ilomets M. 1982. The production of Sphagnum communities and the rate of peat accumulation in Estonian bogs. In: Masing V, ed. *Peatland ecosystems: researches into the plant cover of Estonian bogs and their productivity*. Tallinn, Estonia: Valgus, 102-116.

Kalnina L, Pakalne M. 2003. Hydrological change and mire stratigraphy in Latvia. In: Järvet A, Lode E, eds. *Ecological processes in Northern wetlands*. Tartu, Estonia: Tartu Ülikooli Kirjastus, 71-78.

Orru M. 2010. *Dependence of Estonian peat deposit properties on landscape types and feeding conditions*. Tallinn, Estonia: TUT Press.

Poulin M, Andersen R, Rochefort L. 2013. A new approach for tracking vegetation change after restoration: A case study with peatlands. *Restoration Ecology* 21: 363-371.

Price JS, Whitehead GS. 2001. Developing hydrologic thresholds for Sphagnum recolonization on an abandoned cutover bog. *Wetlands* 21: 32-40.

- Quinty F, Rochefort L. 2003. Peatland Restoration Guide, 2. ed. Quebec, Canada: Canadian Sphagnum Peat Moss Association and New Brunswick Department of Natural Resources and Energy.
- Ramst R, Orru M. 2009. Eesti mahajäetud turbatootmisalade taastaimestumine. Eesti Põlevloodusvarad ja -jätmed 1: 6-7.
- Robroek BJ, van Ruijven J, Schouten MG, Breeuwer A, Crushell PH, Berendse F, Limpens J. 2009. Sphagnum re-introduction in degraded peatlands: The effects of aggregation, species identity and water table. *Basic Applied Ecology* 10: 697-706.
- Rochefort L. 2000. Sphagnum-a keystone genus in Habitat Restoration. *The Bryologist* 103: 503-508.
- Rochefort L, Quinty F, Campeau S, Johnson K, Malterer T. 2003. North American approach to the restoration of Sphagnum dominated peatlands. *Wetlands Ecology and Management* 11: 3-20.
- Rydin H, Sjörs H, Löfroth M. 1999. Mires. In: Rydin H, Snoeijis PD, eds. *Swedish Plant Geography*. Uppsala, Sweden: Acta Phytogeogr. Suec, 91-113.
- Triisberg T, Karofeld E, Paal J. 2013. Factors affecting the re-vegetation of abandoned extracted peatlands in Estonia: a synthesis from field and greenhouse studies. *Estonian Journal of Ecology* 62: 192-211.
- Waddington JM, Lucchese MC, Duval TP. 2011. Sphagnum moss moisture retention following the re-vegetation of degraded peatlands. *Ecohydrology* 4: 359-366.
- Waddington JM, Rochefort L, Campeau S. 2003. Sphagnum production and decomposition in a restored cutover peatland. *Wetlands Ecology and Management* 11: 85-95.
- Weltzin JF, Harth C, Bridgham SD, Pastor J, Vonderharr M. 2001. Production and microtopography of bog bryophytes: response to warming and water-table manipulations. *Oecologia* 128: 557-565.
- Weltzin JF, Pastor J, Harth C, Bridgham SD, Updegraff K, Chapin CT. 2000. Response of bog and fen plant communities to warming and water-table manipulations. *Ecology* 81: 3464-3478.

Wheeler BD. 2001. Water and plants in freshwater wetlands. In: Baird AJ, Wilby RL, eds. Eco-hydrology: plants and water in terrestrial and aquatic environments. London, UK: Routledge, 127-181.

Aruanded. Veebilehed.

Ilomets, M., Pajula, R., Sepp, K., Truus, L. 2010. Turba jääkväljade rekultiveerimine turbasammaldega.

<http://www.tlu.ee/files/arts/1011Turbabe45a5a36afe49d68d387e9d21058a6f.pdf> (21.10.2012)

Keskkonnaamet. 2010. Lahemaa rahvusparki soode kaitsekorralduskava 2011-2013.

<http://loodus.keskkonnainfo.ee/eelis>

[default.aspx?state=21;1674455465;est;eelisand;;&comp=objresult=kava&obj_id=605565566](http://loodus.keskkonnainfo.ee/eelis/default.aspx?state=21;1674455465;est;eelisand;;&comp=objresult=kava&obj_id=605565566)
(10.02.2014)

Paal, J., Ilomets, M., Karofeld, E., Truus, L., Leibak, E., Lode, E., Pajula, R., Pikka, J., Kull, A. 2014. Korrastatavate jääksoode valik ja korrastamise tulemuste hindamine. Metoodiline juhend.

www.envir.ee/sites/default/files/jaaksoode_hindamise_metoodika_fin.pdf (20.10.2014).



LOODUSTEADUSTE ÕPETAMINE, KAS VASTAVUSES ÜHISKONNA HUVIGRUPPIDE OOTUSTEGA?

Tormi Kotkas

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Loodusteaduslik haridus on üheks komponendiks loodust hoidva ja jätkusuutlikult käituva ühiskonna arendamisel. Seda läbi keskkonnateadlikkuse tõstmise, alustades loodushoiust, lõpetades gümnaasiumi tasemel tehnoloogia arengust tingitud võimalike kahjude analüüsioskuse arendamisega. Veel enam annab loodusteaduslik haridus võimaluse arendada tööturul oluliseks peetud pädevusi nagu probleemi lahendamise oskus, kommunikatsioonioskus, kriitiline mõtlemine ja analüüsivõime.

Samas on täheldatud Euroopas üldist tendentsi, et järjest vähem koolilõpetajaid soovib oma õpinguid ja karjääri siduda loodusteadustega. See vähendab spetsialistide hulka nimetatud valdkonnas ning toob kaasa tööjõu sisserände väljastpoolt Euroopa Liitu, mis ei ole pikas perspektiivis jätkusuutlik.

Vähenev õpilaste huvi loodusteadustega seotud karjääride vastu on tinginud olukorra, kus tuleb üle vaadata, mida ja kuidas selles valdkonnas õpetatakse ja kui oluliseks peavad erinevad huvigrupid, ühelt poolt tööandjad ja teiselt poolt õpilased ja õpetajad, nii riiklikus õppekavas kui ka Euroopa tasandil sätestatud. Antud artikli aluseks ongi erinevate huvigruppide ootuste ja realiseeruvuse võrdlus loodusteaduslikus hariduses sätestatule.

SISUKOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks oli analüüsida Eestis kehtiva põhikooli ja gümnaasiumi riiklikus õppekavas (2011) ning üle-euroopalistes aktides sätestatu olulisust ühiskonna erinevatele huvigruppidele ning tuvastada, mil määral leiavad vastajate arvates ootused rakendust. Selleks viidi läbi PROFILES projekti raames küsitlus, milles kaasati viie erineva huvigrupi esindajad: tööandjad, teadlased, õpilased, üliõpilased, õpetajad, koguvalimiga 166 inimest. Küsitlus viidi läbi aprillimaik 2014, elektroonilise ja paber kandjal küsitlusena. Küsitluses tuli vastajail hinnata kolme kirjelduse, A "Loodusteaduste seotus igapäevaeluga, hõlmates nii kohalikke kui ka ülemaailmseid probleeme", B „Teadus kui intellektuaalse hariduse ja ainetevahelise sidususe võimaldaja“ ning C „Üldine loodusharidus ja huvi ning hoiakute kujundamine looduse ja elukeskkonna vastu“, olulisust ja rakendamist. Tulemustest selgus, et üldvalim peab kõiki kirjeldusi oluliseks, mis näitab,

et õppekaval on ühiskonna huvigruppide toetus. Samas ei leia ükski kirjeldus rakendust ootustele vastaval määral. Uuringus vaadeldi lisaks erinevusi huvigruppide vahel. Selgus, et õpilaste ootushinnangud on statistiliselt olulisel määral ($p < 0,05$) erinevad õpetajate ja teadlaste hinnangutest, mis näitab, et puudub ühtne suundumus õpilaste ja õpetlaste vahel.

SISSEJUHATUS

Loodusteaduslikus hariduses püsib vaidlus teemal, mida ja kuidas peaks õpetama ainetundides. Positivistlik õpetamisviis on laialt levinud, käsitledes loodusteaduslikke aineid „valmis teadusena“ (Aalsvoort, 2004), mistõttu jääb õpilastele teaduse olemus arusaamatuks ja elukaugeks (Osborne & Dillon, 2008). See toob kaasa õpilaste huvi languse jätkata oma karjääri loodusteadustes, tingides spetsialistide vähenemise Euroopa Liidus (European Commission, 2004). Veel enam ei toeta selline õpe nende õpilaste karjääri väljavaateid valdkondades, mis ei seostu otseselt loodusteadustega.

Tööandjate ootused on muutunud, tingituna töökeskkonna ja tehnoloogia arengust. Kasvav vajadus on töötajate järele, kes suudavad lahendada probleeme (OECD, 2014). Selleks, et suurendada õpilaste võimekust tööturul on soovitatud kasutada uurimusliku õppe meetodit, mis kätkeks endas reaalelulist konteksti ja sisaldaks ka otsuse tegemise võimalust (Barab & Luehman, 2003; Osborne & Dillon, 2008; Holbrook, 2008; Sadler 2009). Samas leiab see meetod vähe kasutust. Selle toetamiseks võeti Eestis kasutusele kompetentsustepõhine loodusainete õppekava 2011. aastal.

Põhikooli riiklikus õppekavas (2011) on kehtestatud taotletavad loodusainetega seotud pädevused. Välja on toodud huvi tekitamine looduse vastu. Kolmandas astmes lisandub inimese ja keskkonna vaheliste seoste mõistmine ja vastutustundlik käitumine elukeskkonna suhtes, mis eeldab oma tegude tagajärgede mõistmist ja analüüsivõimet. Lisaks peaks põhikooli lõpetaja suutma teha tõendusmaterjalile põhinevaid arukaid otsuseid. Loodusainete valdkonnaraamatus on rõhutatud probleemi lahendamist, kasutades loodusteaduslikku meetodit ning otsuse langetamist (Põhikooli riiklik õppekava, 2011). Gümnaasiumi riiklikus õppekavas (2011) on välja toodud loodusteaduste olemuse mõistmine, mis on kooskõlas Osborne ja Dillon (2008) raportis väljatooduga, seega kaasaegseid

ideid kandev. Samas, saavutamaks seaduses sätestatu rakendamine, on vajalik ühiskonna toetus. Käesoleva töö käigus kaasati erinevate huvigruppide esindajad. Lähtuvalt probleemist sai tööle püstitatud järgmised eesmärgid:

- 1) Tuvastada, mil määral toetavad ühiskonna huvigruppide esindajad loodusteaduslikele ainetele püstitatud eesmäärke.
- 2) Uurida, mil määral leiavad huvigruppide esindajate hinnangul loodusteaduslikele ainetele püstitatud eesmärgid rakendust.
- 3) Tuvastada, mil määral erinevad huvigruppide hinnangud üksteisest.

METOODIKA

Lähtuvalt töö eesmärkidest kasutati uurimismeetodina PROPHILES Delphi uuringu kahe eelneva vooru põhjal koostatud küsimustikku. Töö koosnes järgnevatest etappidest, mis olid läbi viidud töö autori poolt:

- 1) Saksamaal Berliini Vaba Ülikoolis (Bolte & Schulte, 2013) kokku pandud küsitluse tõlkimine inglise keelest eesti keelde. Selle valideerimine ekspertmeetodil ja piloteerimine kümne üliõpilasega.
- 2) Valimi moodustamine ja andmete kogumine.
- 3) Andmete analüüs ja järelduste tegemine.

Vajalike andmete kogumiseks koostati mugavusvalim (Cohen et al., 2007). Vastajad jaotati viieks grupiks, mis moodustasid antud uuringu huvigrupid. Välja saadeti küsimustikke kahesajale inimesele, kellest viis vastasid, et ei ole antud teemal pädevad vastama. Kokku vastas küsimustikule 166 inimest (Tabel 1).

Küsitlus koosnes Likert tüüpi küsimustest, mille puhul tuli vastajatel hinnata kolme kirjelduse (A: Loodusteaduste seotus igapäevaeluga, hõlmates nii kohalike kui ka ülemaailmseid probleeme; B: Teadus kui intellektuaalse hariduse ja ainetevahelise sidususe võimaldaja; C: Üldine loodusharidus ja huvi ning hoia-kute kujundamine looduse ja elukeskkonna vastu) olulisust ning realiseerumist loodusteaduslikus hariduses. Kõigile vastajatele saadeti sama küsimustik. Tulenevalt eesmärkidest esitletakse siin kooliastmeid mitteeristavate küsimuste tulemused.

TORMI KOTKAS
123

Huvigrupp	Vastajate jaotus grupis	Vastajate arv
Teadlased	Loodusteaduste või tehnikaga seotud	18
	Loodusteadustega või tehnikaga mitteseotud	4
Tööandjad	Ettevõtte tegevus seotud loodusteaduste või tehnikaga	8
	Ettevõtte tegevus ei ole seotud loodusteaduste või tehnikaga	14
	Avaliku sektori esindajad	5
Üliõpilased	Loodusteaduste või tehnikaga seotud erialade üliõpilased	33
	Loodusteaduste või tehnikaga mitteseotud erialade üliõpilased	23
Õpetajad	Loodusteaduste õpetajad	30
	Mitte loodusteaduste õpetajad	2
Õpilased	11. klassi õpilased	19
	12. klassi õpilased	10
KOKKU		166

TABEL 1. Delphi uuringu kolmandas voorus osalenute jaotus huvigrupiti

Küsitlus viidi läbi kahel viisil: 1) paber kandjal (Lisa 1), 2) elektroonilise küsitlusena *SurveyMonkey* keskkonnas. Nimetatud keskkond sai valitud seetõttu, et on lihtsalt kasutatav ning võimaldas kasutada erinevaid küsimuste formaate. Küsitlus viidi läbi aprill-mai 2014 ning osalejatele saadeti e-kiri uuringus osalemise põhjenduse ja küsitluse veebilehe aadressiga. Lisaks vastasid viis eksperti paberil olevale küsitlusele.

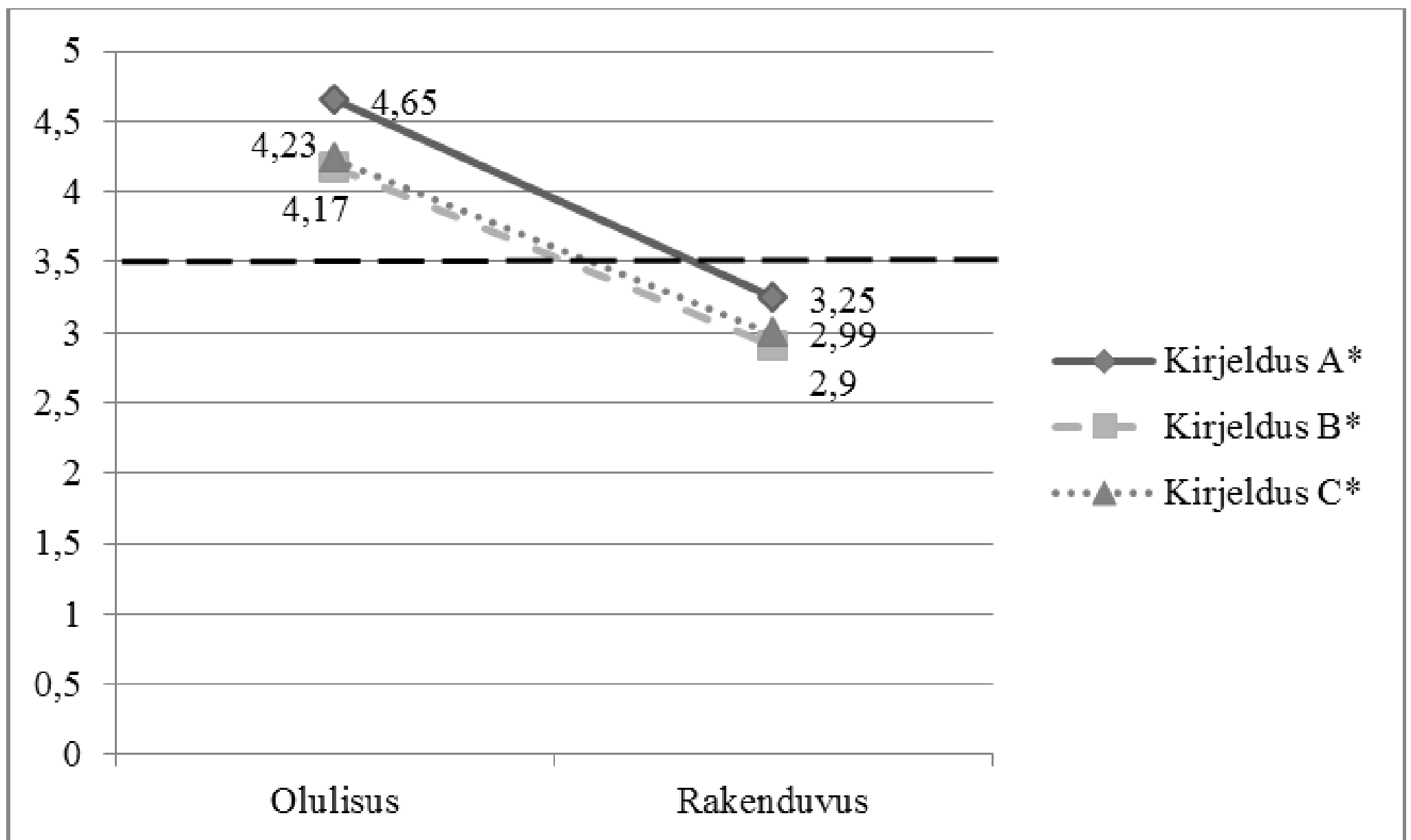
Uuringu tulemusi analüüsiti MS Excel 2010 ja IBM SPSS 20 kasutades – leiti keskmine, mood ja standardhälve. Lisaks kasutati Wilcoxonit testi, et leida statistilisi erinevusi kirjelduste olulisuse ja rakenduvuse vahel. Mann-Whitney U-testi kasutati gruppidevahelise erinevuse leidmiseks.

TULEMUSED JA ARUTELU

Küsimustik koosnes kaheksast küsimusest, millele vastajad andsid hinnanguid kuuepallisel Likert skaalal kirjelduste olulisuse ja praktikas rakendumise kohta (LISA 1). Esimestes küsimustes üldiselt ja viimastes küsimustes eristades kooliastmeid. Hinnanguskaalal tähendas üks väga madalat prioriteeti/ väga vähesel määral rakendumist ning hinne kuus väga kõrget prioriteeti/ väga suurel määral rakendumist. Järgnevalt esitletakse uuringu tulemused vastavalt püstitatud eesmärkidele.

Kõigi huvigruppide esindajate hinnangud

Joonisel 1 on esitatud kõigi huvigruppide esindajate ootushinnangud kasutatud kirjeldustele. Nagu tulemustest nähtub, siis hindavad vastajad kõige kõrgemalt (keskm.= 4,65) kirjeldust A. Samas on madalaima hinnangu (keskm.=4,17) saanud kirjeldus B. Siinkohal tuleb märkida, et kirjelduse B ja C osas esineb tugev valimisisene erimeelsus, mis on suurem kui üks skaalaühik. Siiski ületavad kõik hinnangud teoreetilise keskmise piiri (3,5), mistõttu võib väita, et kõiki kirjeldusi on oluliseks peetud. Probleemide lahendamise võime on välja toodud ka Gümnaasiumi Riiklikus õppekavas (2011), mis näitab, et huvigruppide esindajad peavad oluliseks riiklikul tasemel sätestatut.



Joonis 1. Vastajate (N=166) ootused loodusteaduslikule haridusele ja reaalselt rakenduvuse erinevused. Must katkendjoon tähistab teoreetilist keskmist. Kõigi kirjelduste puhul tuli Wilcoxonitesti analüüsidest välja statistiliselt oluline erinevus (*-p<0,001) olulisuse ja rakendumise hinnangute võrdluses.

Samas kui vaadelda kirjelduste rakenduvust, siis ilmnevad erinevused ootustest. Nagu ootustegi puhul, leiab vastanute hinnangul kõige rohkem rakendust kirjeldus A. See tähendab, et koolis seostakse loodusainete õpetamine igapäevaste ja aktuaalsete teemadega. Samas kui vaadata keskmist (3,25) siis selgub, et see ei ületa nõustumise piirmäära piiri. Seda on näha kõigi kolme kirjelduse puhul.

Selleks, et tuvastada statistiliselt olulised erinevused ootushinnangute ja praktikas rakenduvuse hinnangute vahel kasutati Wilcoxonitesti (Joonis 1). Siit võib järeldada, et ootused on huvigruppide esindajatel kõrgemad kui leiab rakendust loodusteaduste õpetamisel. See näitab, et muudatuste elluviimine võtab aega, sest kuigi seadus võeti vastu 2011. aastal, tuli õpetamine vastavusse viia hiljemalt 2013. aasta 1. septembriks. Lisaks eeldab muutuste toimumine ka õpetajakoolituste jätkamist, et toetada õpetajaid muutuste elluviimisel. Eesti tasemel õppekava rakendumise uuringuid tehtud ei ole.

Eri huvigruppide hinnangud

Kui vaadelda uuritud huvigruppe eraldi, siis tulevad nähtavale teatavad erimeelsused (Tabel 2). Nähtub, et üle kõigi vastajate ootushinnangute keskmise (4,65) on kirjeldusele A andnud teadlaste, tudengite ja õpetajate grupp. Samas sellest madalamalt on hinnanud õpilased ja tööandjad. Siiski on kõigi huvigruppide hinnangud üle nõustumise piirmäära piiri (3,5), mis näitab, et kõik huvigrupid toetavad põhikooli ja gümnaasiumi riiklikus õppekavas (2011) sätestatud ja käesolevas töös analüüsitud aspekte. Kui võrrelda viit gruppi (Tabel 2) kirjelduse B osas, siis teadlaste rühm on andnud sellele kõige kõrgema ja õpilased madalaima hinnangu. See viitab asjaolule, mille puhul teadlased mõistavad teaduse olemust ja olulisust, kuid õpilastele on selle olulisus arusaamatu. Õpetajate hinnangutes on kolme kirjelduse võrdluses saanud B madalaima hinnangu. Samuti rõhutab see Osborne ja Dillon (2008) välja tooduga, et õpilastel tuleb kujundada arusaam teaduse olemusest. Samas on küsitav õpetajate teaduse olemuse mõistmine. Veel enam tuleb esile õpilaste vähene huvi loodusainete vastu, mida illustreerib keskmine (3,1) kirjeldusele C. See omakorda on kooskõlas Teppo ja Rannikmäe (2008) järeldatuga, milles väideti, et õpilased on loodusteaduste vastu positiivselt meelestatud, kui õpe on igapäevaeluga seotud.

	Kirjeldus A		Kirjeldus B		Kirjeldus C		Kirjelduste keskmine	
					Teadlased			
Vastajate arv	22							
	Olulisus	Rakendus	Olulisus	Rakendus	Olulisus	Rakendus	Olulisus	Rakendus
Aritm. keskmine	4,86	3,27	4,95	3,27	4,86	3,31	4,89	3,27
Mood	5	3	5	3	4	3		
Standard hälve (SD)	0,71	0,55	0,58	0,77	0,83	0,78		
					Tööandjad			
Vastajate arv	27							
Aritm. keskmine	4,41	3,26	4,3	2,7	4,37	3,15	4,36	3,03
Mood	4	3	4	3	4	3		
Standard hälve (SD)	0,97	0,65	1,44	1,06	1,5	1,26		
					Tudengid			
Vastajate arv	56							
Aritm. keskmine	4,79	3,03	3,95	2,7	4,09	2,48	4,28	2,74
Mood	5	3	5	3	6	3		
Standard hälve (SD)	1,02	0,81	1,93	1,46	2,29	1,62		
					Õpilased			
Vastajate arv	29							
Aritm. keskmine	4,24	3,31	3,69	2,93	3,1	3,1	3,69	3,11
Mood	4	3	4	3	3	2		
Standard hälve (SD)	0,64	0,85	1,49	1,44	1,54	1,11		
					Õpetajad			
Vastajate arv	32							
Aritm. keskmine	4,84	3,53	4,35	3,1	4,94	3,41	4,71	3,35
Mood	5	3	4	3	6	4		
Standard hälve (SD)	0,987	0,76	1,31	0,995	1,3	1,21		

TABEL 2. Eri huvigruppide olulisuse ja rakendumise hinnangud loodusteaduslikule kirjeldusele. Esile on toodud kõrgeimad keskmised tulemused.

Tulemusi analüüsiti ka Mann-Whitney U-testiga, et tuvastada kokkulangevused ja erinevused gruppide vahel (Tabel 3). Antud analüüs näitab, kas võrreldavad grupid erinevad oma arvamustes statistiliselt olulisel määral. Samas jääb selle analüüsi puhul puudulikuks teave, millised sarnased suundumused on gruppide vahel. Kuigi U-testiga selgub, et õpilased ja tudengid on statistiliselt erinevad kirjelduse A ootushinnangutes, siis on mõlemad grupid pidanud seda kirjeldust kõige olulisemaks teiste kirjeldustega võrreldes.

Ootushinnangute erinevused												
Huvigrupp	Kirjeldus A: Loodusteaduste seotus igapäevaeluga, hõlmates nii kohalikke kui ka üle- maailmseid probleeme				Kirjeldus B: Teadus kui intellektuaalse hariduse ja ainetevahelise sidususe võimaldaja				Kirjeldus C: Üldine loodusharidus ja huvi ning hoiakute kujundamine looduse ja elukeskkonna vastu			
	Teadlased	Tööandjad	Üliõpilased	Õpilased	Teadlased	Tööandjad	Üliõpilased	Õpilased	Teadlased	Tööandjad	Üliõpilased	Õpilased
Tööandjad N=27	0,07				0,035* Z=-2,11				0,29			
Üliõpil. N=56	0,995	0,06			0,05* -1,99	0,9			0,89	0,45		
Õpilased N=29	0,002* Z=-3,04	0,4	0,002* Z=-3,1		** Z=-4,06	0,03* Z=-2,2	0,07		** Z=-4,06	** Z=-3,6	0,001* Z=-3,37	
Õpetajad N=32	0,93	0,1	0,88	0,008* Z=-2,66	0,06	0,94	0,77	0,05* Z=-1,98	0,38	0,07	0,26	** Z=-4,81
Rakendumise hinnangute erinevused												
Huvigrupp	Teadlased	Tööandjad	Üliõpilased	Õpilased	Teadlased	Tööandjad	Üliõpilased	Õpilased	Teadlased	Tööandjad	Üliõpilased	Õpilased
Tööandjad N=27	0,84				0,034* Z=-2,12				0,97			
Üliõpil. N=56	0,28	0,34			0,14	0,69			0,04* Z=-2,03	0,06		
Õpilased N=29	0,79	0,67	0,18		0,48	0,38	0,53		0,98	0,93	0,07	
Õpetajad N=32	0,19	0,13	0,01* Z=-2,51	0,32	0,45	0,15	0,36	0,84	0,68	0,59	0,01* Z=-2,49	0,68

TABEL 3. Gruppidevaheline ootushinnangute ja rakendumise võrdlus, analüüsitud Mann-Whitney U- testiga. **- $p < 0,001$; * $< 0,05$

Samas õpetajate ja õpilaste ootused A kirjeldusele on statistiliselt erinevad ja lisaks hindavad need huvigrupid erinevalt kõrgeima olulisusega kirjeldust (õpetajatel kirjeldus A). Rakendumise hinnangud gruppide vahel statistiliselt ei erine, v.a õpetajate ja tudengite hinnangud, kuid selle puhul kehtib sama tähendus, et see on mõlema grupi poolt kõrgeimalt hinnatud. Kirjeldust B on teadlased hinnanud kõrgeima prioriteediga ning see on statistiliselt olulisel määral erinev kõigist teistest gruppidest. Rakendumise hinnangud statistiliselt olulisel määral ei erine. Õpilaste grupp on madalaimalt hinnanud kirjelduse C olulisust, erinedes teistest gruppidest olulisel määral.

Samas rakenduvad käesolevale uuringule ka teatud piirangud. Nimelt ei saa käesoleva töö tulemusi üldistada üle-eestiliselt, sest moodustati mugavusvalim. Lisaks kasutati õppekava ja küsitluse tulemuste võrdlemisel vaid valitud aspekte, nagu huvi loodainete vastu, teaduse olemus, analüüsioskus, kriitiline mõtlemine, igapäevaeluga seotus. Samas toetab käesolev töö siiski varem tuvastatud probleeme ja näitab huvigruppide üldiselt positiivset suhtumist uude õppekavasse.

Tsiteeritud teosed

Aalsvoort, J. V. (2004). Logical positivism as a tool to analyse the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education. *International Journal of Science Education* (9), 1151-1168.

Barab, S., & Luehman, A. (2003). Building sustainable science curriculum: Acknowledging and accommodating local adaptations. *Science Education* (4(87)), 454-467.

Bybee, R. W. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. rmt: W. Gräber, & C.

Bolte, Scientific literacy: An international symposium (lk 37-68). Kiel, Germany: IPN.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K., (2007). *Research Methods in Education*. London ; New York : Routledge.

European Comission. (2004). Europe needs more scientists. Report on high level comission. Brussels: European Comission.

European Commission (EC). (2007). *Science Education Now: A renewed pedagogy for theFuture of Europe*. Brussels

Gümnaasiumi riiklik õppekava (2011). Saadud: <https://www.riigiteataja.ee/akt/13272925>

Gümnaasiumi riiklik õppekava (2011). Lisa 4. Saadud: <https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/0000/1327/2925/13275402.pdf#>

Holbrook, J. (2008). Introduction- The need for Change. Paradigm shifts in Science Education. rmt: J. Holbrook, M. Rannikmäe, P. Reiska, & P. IIsley, The need for a paradigm Shift in Science education for post-soviet societies. (lk 7-24). Germany: Peter Lang Verlag.

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), (2013). *OECD Skills*

Outlook 2013: First Results from the Survey of Adult Skills. OECD publishing.

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2014). PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems (Volume V). PISA. OECD publishing.

Osborne, J., & Dillon, J. (2008). Science education in Europe. London: King's College . Sadler, T. D. (2009). Situated learning in Science education: socio-scientific issues as context for practice. *Studies in Science Education* (45(1)), 1-42.

Põhikooli riiklik õppekava (2011). Saadud: <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014020>

Teppo, M. & Rannikmäe, M. (2008). Paradigm Shift for Teachers: More Relevant Science Teaching. In J. Holbrook, J. M. Rannikmäe, P. Reiska, P. Ilsley (Eds.), *The Need for a Paradigm Shift in Science Education for Post-Soviet Societies* (lk 25-46). Saksamaa: Peter Lang Verlag.

LISA 1. Küsimustiku näidis paber kandjal

Ole hea ja loe läbi allolevad stsenaariumite kirjeldused ja seejärel anna nende kohta oma ekspertarvamus!

Stsenaarium A: Loodusteaduste seotus hetkelise, sotsiaalse, ametialase, ülemaailmselt olulise kontekstiga nii koolis kui koolivälises keskkonnas.

Stsenaarium A viitab loodusteaduste seotusele praeguse, sotsiaalse, globaalselt olulise ning ametialase kontseptsiooniga nii koolis kui koolivälises keskkonnas. Käsitleva teema seostamine igapäevaste küsimustega, mõjutab õpilase suhtumist ja vastuvõtlikkust loodusteadustesse. See omakorda aitab kaasa teaduslike nähtuste märkamisele, täpsele jälgimisele ning protsessidest arusaamisele. Lisaks arenevad oskused nagu info otsimine, selle tõlgendamine ja omavaheline seostamine.

Stsenaarium B: Teadus kui intellektuaalse hariduse ja ainetevahelise sidususe võimaldaja.

Stsenaarium B viitab teaduse sidususele. Selle terminoloogia, põhilised tõesed, interdistsiplinaarne omadus, juba tehtud avastused ning tulevikuvõimalused on ülekantavad ühest valdkonnast teise. Veel enam aitab teadusega tegelemine mõista fundamentaalseid avastusi, uute teadmiste omandamise protsessi, aru saada teaduslikest uurimismeetoditest, arendada analüüsivõimet ja soodustab erinevate järelduste tegemist. Sidudes käsitleva teema kaasaegsete uuringutega, on näha, et teaduses kasutatavad meetodid ning avastused võimaldavad, soodustavad ja aktiveerivad teadusalast uurimistööd ja teaduse rakendamist.

Stsenaarium C: Üldine loodusharidus ja huvi tekitamine looduse, igapäevaelu ja elukeskkonna vastu.

Stsenaarium C viitab teaduse seostatusele igapäevase elu ja elukeskkonna probleemidega, mis tekitavad õpilastes huvi. Lisaks aitab see kaasa isiksuse arengule, sest võimaldatakse esitada oma arvamust teemast, sellele vastavat käitumist ning oma käitumise eest vastutuse võtmist. Looduskeskkonnast pärinevate ja tehnoloogiliste teemade käsitlemine näitab, kuidas teaduslik uurimistöö, teaduse rakendamine ja teaduslik fenomen mõjutavad nii isiklikku kui ühiskondlikku elu.

Lisaks viitab Stsenaarium C motivatsiooni tekitamisele teadustööga tegeleda ka kooliväliselt. Teaduslike probleemide ja nähtustega tegelemine, hõlmates sotsiaalset ja ühiskondlikku konteksti nagu tehnoloogia areng, selle tagajärjed, küsimused ohutuse ja riskide kohta, suurendavad õpilaste võimet kriitiliselt mõelda ja tagasisidet anda. See omakorda võimaldab oma käitumise tagajärgi hinnata.

(P.1) Palun märgi olulisuse skaalal, millise tähenduse omandab sinu jaoks nimetatud stsenaarium ning mil määral leiavad need kasutust praktikas.

Stsenaariumid	<u>Millise prioriteediga peaksid järgnevad stsenaariumid loodusteaduslikus hariduses olema?</u>	<u>Mil määral on järgnevad stsenaariumid leidnud realiseerimist praeguses loodusteaduslikus hariduses?</u>
<u>Palun hinda järgneva stsenaariumi esitatud kahe küsimuse alusel, tõmmates ring ümber sobivaimale variandile.</u>	1 = väga madal prioriteet 2 = madal prioriteet 3 = pigem madal prioriteet 4 = pigem kõrge prioriteet 5 = kõrge prioriteet 6 = väga kõrge prioriteet	1 = väga vähesel määral 2 = vähesel määral 3 = pigem vähesel määral 4 = pigem suurel määral 5 = suurel määral 6 = väga suurel määral
Stsenaarium A: Loodusteaduste seotus hetkelise, sotsiaalse, ametialase, ülemaailmselt olulise kontekstiga nii koolis kui koolivälises keskkonnas.	[1] [2] [3] [4] [5] [6]	[1] [2] [3] [4] [5] [6]



**VEGETATIIVSE PALJUNEMISE HIND
TAIMEDEL OLUKORRAS, KUS
EMATAIMED EI SAA KASUTADA
TÜTARTAIMEDE FOTOSÜNTEESISAADUSI**

Juta Lopp

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Põllumajanduses on intensiivselt kasutusele võetud erinevaid sünteetilisi materjale. Kilet kasutatakse nii maasika kui ka erinevate köögiviljade kasvatamiseks. Haljastuses on laialt levinud peenravaiba kasutamine umbrohtude kasvu piiramiseks. Seda, et need materjalid aitavad inimest võitluses umbrohtudega, teavad enamus, kuid selle kohta, mis juhtub umbrohtudega, kui nad satuvad taolistesse olukordadesse, on uurimusi raske leida. Alati jääb umbrohtudele mingi võimalus juurdumiseks – aukudes, kust kultuurtaimed välja kasvavad, kile või muu sünteetilise materjali piirialadel. Et umbrohtude vegetatiivne levik on piiratud, siis ilmselt otsivad taimed muud võimalust häiringuolukorrast pääsemiseks. Millist meetodit nad kasutavad – pikendavad risoomi või toodavad rohkem seemneid? Seega püütakse antud artiklis leida vastuseid küsimustele, millised muutused leiavad aset risoomidega paljunevates taimedes, mis saavad küll ise kasvada, kuid mis ei saa kasutada tütartaime toetust ning läbi selle selgitada, kas sünteetiliste materjalide kasutamine ka tegelikult aitab meil umbrohtudega võidelda või pigem soodustab nende teistsugust levikut.

SISUKOKKUVÕTE

Vegetatiivselt paljunevate taimede levik sõltub taime liigist ja taime suurusest, seega sõltub taime liigist ka see, kui palju peavad emataimed panustama selleks, et järglasi toota ehk milline on vegetatiivse paljunemise hind. Kui palju vegetatiivselt paljunevad taimed suunavad ressursse risoomidesse, sõltub peamiselt mullaviljakusest ja taime risoomide pikkusest (pika- või lühirisoomsed taimed). Taimedes, kus ressursse suunatakse nii sugulisse kui vegetatiivsesse paljunemisse, võib vegetatiivse paljunemise aktiivsus langeda, kui ressursside hulk on piiratud. Töö eesmärkideks oli välja selgitada kas peenravaiba kasutamine soodustab vegetatiivselt paljunevate umbrohtude seemnelist paljunemist ning ka seda, kui kulukas on vegetatiivselt paljunevatel taimedel järglaste tootmine olukorras, kus emataim ei saa kasutada järglaste fotosünteesisaadusi. Viisin läbi katse, kus pool hariliku orasheina (*Elymus repens* – pikkade risoomidega taim) ja aas-rebasesaba (*Alopecurus pratensis* – lühikeste risoomidega taim) taimedest istutati läbi mullale (viljakas ja väheviljakas muld) laotatud peenravaiba ja pooled taimedest otse mulda. Peenravaiba kasutamine ei mõjutanud lühirisoomse aas-rebasesaba biomassi, kuid mõjutas selle jaotumist erinevate taimeosade vahel. Kattega

töötelses tootsid taimed statistiliselt oluliselt vähem, kuid suuremaid võsusid ja rohkem seemneid kui ilma katteta töötelses. Orasheina käitumist mõjutas enam mulla viljakus. Viljakal mullal suutsid taimed kaetud töötelses toota vähem biomassi kui katmata töötelses, ning väheviljakal mullal suurenes kaetud töötelses ka risoomide kogupikkus ja seemnete hulk, võrreldes katmata töötelsega. Seega võib järeldada, et peenravaiba kasutamine soodustab risoomidega vegetatiivselt paljunevatel taimede seemnelist paljunemist, kuid see sõltub taime liigist ja mullaviljakusest. Samuti võib järeldada, et emataimedel on kulukas toota järglasi ainult oma ressursside varal, kuid kuidas see täpsemalt mõjutab emataimi, sõltub ressursside kättesaadavusest ja taime risoomide pikkusest.

SISSEJUHATUS

Vegetatiivne paljunemine on taime jaoks investering tulevikku. See võimaldab tal hõivata suuremaid alasid ja ammutada ressursse emataimest kaugemalt, kuid ühtlasi nõuab ressursside suunamist ühenduste loomisse ja säilitamisse. Vegetatiivse paljunemise kulukuse uurimisel on keskendunud sellele, kuidas taim reageerib, kui tal ei lasta tütaraimi moodustada. Vegetatiivse paljunemise organid (stoolonid, risoomid) eemaldatakse taimelt nende moodustumise alguses. Enamasti kasvavad emataimed siis tunduvalt suuremaks (Callaghan, 1984; 1994; Zhang et al., 2012) ja toodavad suuremaid vilju (Klaas et al. 2009), kuid on ka liike, mille puhul tütaraimede eraldamine emataimest emataime suurust ei mõjuta (Wang et al., 2011) või jääb eraldatud emataim väiksemaks tütaraimedega ühenduses olevatest emataimedest (Roiloa et al., 2013). Samas on vegetatiivse paljunemise organid vajalikud ka emataimele endale toitainete säilitamiseks ja ebasoodsate keskkonnatingimuste üleelamiseks (Suzuki & Stuefer, 1999). Seega ei saa risoomide tootmist lugeda emataimele ainult kuluks. Algul saab tütaraim kogu kasvuks vajaliku emataimelt (Callaghan, 1984; Chapman et al., 1992; Marshall, 1996), kuid kui tütaraimed hakkavad iseseisvalt fotosünteesima, hakkab toimuma ainete liikumine ka tütaraimelt emataimele (Roiloa and Hutchings, 2013; Pinno & Wilson, 2014). Paraku on raske leida uurimusi sellest, kui kulukas on emataimedel tütaraimede tootmine olukorras, kus nad tütaraimede fotosünteesisaadustest tulu ei saa. Selle uurimistöo eesmärgiks oli leida, kui kulukas on toota tütaraimi olukorras, kus emataim ei saa midagi vastu. Kuna väheneb fotosünteesivate taimeosade hulk kogu geneti (emataim koos temaga ühen-

duses olevate tütartaimedega) kohta, siis eeldame, et olukorras, kus taim ei saa lisaassimilaate tütartaimedelt, väheneb kogu geneti biomass, mis ongi vegetatiivse paljunemise kulukuse määraks. Kuna taimed erinevad oma vegetatiivse leviku ulatuse poolest – lühikeste risoomidega taimed, mille levikuulatus on väike, ning pikkade risoomidega taimed, mis suudavad kiiresti levida ja hõivata uusi kasvukohti (Doust, 1981; Harper, 1985; Tamm et al., 2001) – siis erinevad nad ka vegetatiivsetesse ühendustesse paigutatavate ressursside poolest. Et pikkade risoomide tootmine nõuab rohkem ressursse, kui lühikeste (van Groenendaal et al. 1996), siis võime eeldada, et pikkade risoomidega taimed kannatavad enam järglaste fotosünteesisaaduste kaotuse tõttu. Kui taimede eluks vajalikke ressursse on ohtralt, siis suudab taim panustada võrdselt nii sugulisse kui ka vegetatiivsesse paljunemisse (Liu et al., 2009), kuid kui ressursside hulk on piiratud, siis peab taim ressursse erinevate funktsioonide vahel jagama. Kuigi kogu taime biomass ei muutu sellest, kas taim paljuneb suguliselt või mittesuguliselt, on täheldatud vegetatiivse paljunemise vaibumist sugulise paljunemise ajaks mitmetel liikidel (Reekie & Bazzaz, 1987; Liu et al., 2009; Van Drunen & Dorken, 2012), kuid samas on ka liike, mille puhul seost vegetatiivse ja generatiivse paljunemise vahel leitud ei ole (Mendoza & Franco, 1998; Xie et al., 2014). Ilmselt mõjutab taimede kasvu nende võime sisemisi ressursse vastavalt vajadusele ümber paigutada (Bazzaz et al., 1987). Vastavalt optimaalse allokatsiooni teooriale (Zangerl & Bazzaz, 1992; Weiner, 2004) suunatakse taimes ressursse ümber selliselt, et need annaksid antud olukorras taime jaoks maksimaalse tulemuse minimaalsete kulutustega. Seega valib taim paljunemiseks selle viisi, mis aitaks antud olukorrast kõige kiirmini pääseda ja oleks vähem kulukas. Kui antud olukorras on taime jaoks suguline paljunemine odavam vegetatiivsest paljunemisest, siis valib ta selle ja vastupidi (Reekie 1991). Nii võime eeldada, et kui taimel on piiratud vegetatiivne paljunemine ja sealt kaudu lisaressursside saamine, siis võib taim hakata panustama sugulisse paljunemisse, ehk peenravibal kasvavad taimed hakkavad tootma rohkem seemneid. Samas nõuab stressiolukorraga toimetulek siiski taimelt suuremaid kulutusi ja enamasti ei suuda nad siis võrdselt teistega biomassi toota. Kui piirame lisaks tütartaimede fotosünteesivõimele ka mulla viljakust, võib eeldada, et taimede vegetatiivse paljunemise kulukus suureneb veelgi.

METOODIKA

Vajalike võrdlusandmete saamiseks viidi läbi katse, sest tootmisistandikest ei ole võimalik saada võrreldavaid andmeid. Katse viidi läbi kahe risoomide abil paljuneva liigiga – harilik orashein (*Elymus repens* L.) ja aas-rebasesaba (*Alopecurus pratensis* L.). Aas-rebasesaba on mitmeaastane kõrreline rohttaim, millel on lühikesed paljad risoomid, mis pikema aja jooksul moodustavad tiheda puhma, ja mitteagressiivne juuresüsteem. Harilik orashein on mitmeaastane kõrreline umbrohi pikkade harunevate risoomidega. Ta on hästi kohanenud erinevate häiringurežiimidega (Reekie, 1991; Beyschlag et al., 1996, Amiaud et al., 2008).

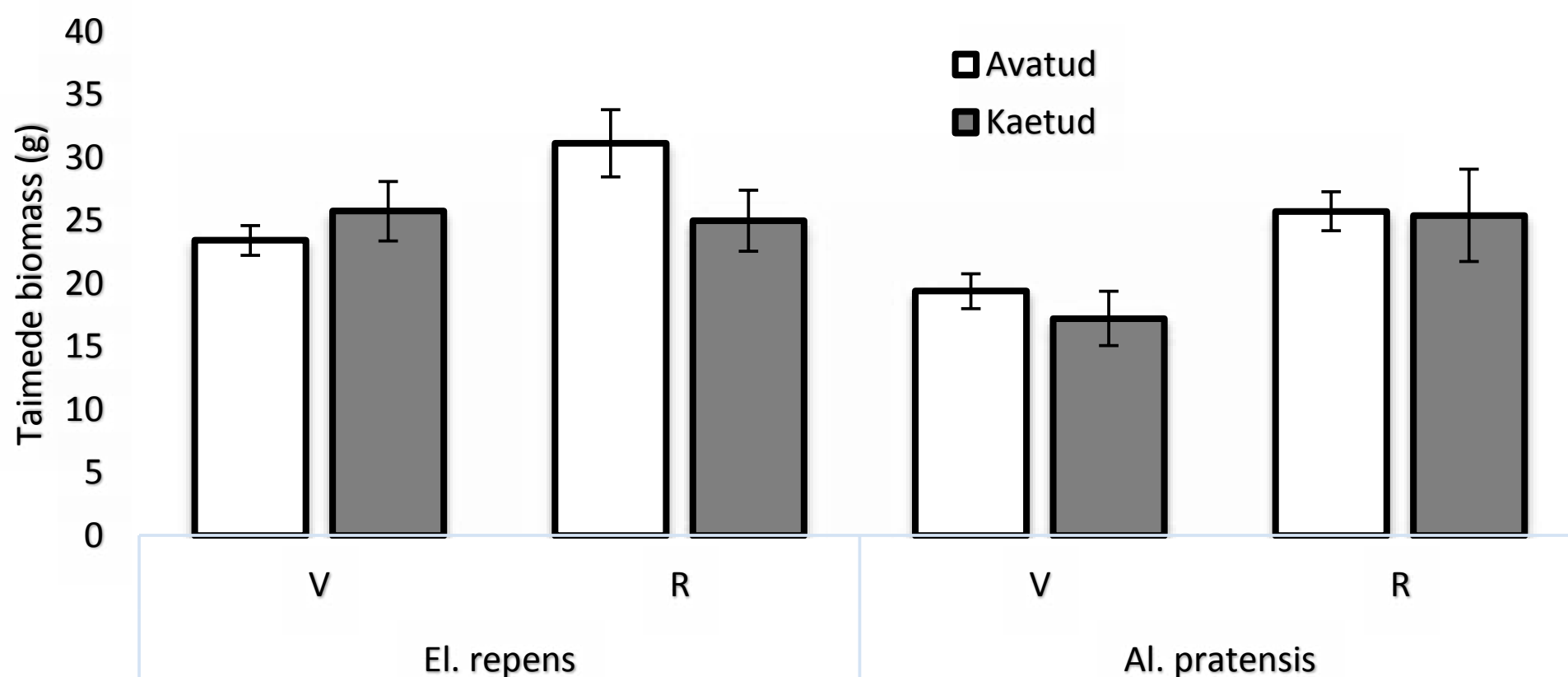
Katse rajati 2013. aasta mais kahe liigiga neljas korduses, igas korduses kuus taime. Taimmaterjal katse jaoks varuti taimede looduslikust kasvukohast. Et tagada taimedele ühtlased tingimused kasvu alguses, lõigati nad võrdsele suurusele – orasheinal risoom 3 cm ja võsu 10 cm, aas-rebasesabal juurestik 5 cm ja võsu 10 cm. Taimede istutamiseks kasutati kaste suurusega 60x35x20 cm. Drenaažina pandi kasti põhja 6 cm kergkruusa, suuruses 4-10 mm. Viljaka ehk toitainete poolest rikka (R) mullana kasutati kompostmulda (Biolani must aiamuld, Pärnumaa, Eesti) ja väheviljaka (V) mulla saamiseks segati ühele osale kompostmuldale juurde 5 osa liiva. Pooled taimedest istutati mulda läbi peenravaiba (kaetud töötlus) ja pooled otse mulda (avatud töötlus). Pooled kõigist taimedest istutati viljakasse ja pooled väheviljakasse mulda. Peale taimede istutamist kaeti kõigi kastide pind 1 cm paksuse saepuru kihiga, et ühtlustada soojustingimusi kastides, sest eelnevad uurimused on näidanud, et sünteetilisest materjalist tumedate multšide all on mullatemperatuur kõrgem (Khan et al.2000). Kasvu- perioodi jooksul kasteti taimi vastavalt vajadusele ja kui orasheina võrsed hakkasid kastiservadest välja kasvama, siis suunati nad katte alla tagasi. Kõik taimed kaevati välja siis, kui seemned olid valminud (aas-rebasesaba augusti lõpus ja orashein septembri keskel). Kõigepealt taimed sildistati, siis varuti seemned igalt taimelt eraldi, taimed eraldati ettevaatlikult üksteisest, pesti taimede juured ja risoomid mullast puhtaks, loeti generatiivsete ja vegetatiivsete võsude arv taimedel ning mõõdeti võsude ja risoomide pikkused 0,5 cm täpsusega. Seejärel jagati taimed osadeks (generatiivsed võsud, vegetatiivsed võsud, juured, risoomid) ja kaaluti peale kuivatamist. Kuivatati 48 tunni jooksul 80° C juures. Taimede biomass leiti kõigi kuivatatud taimeosade masside summana. Ühe vegetatiivse ja ühe generatiivse võsu massi leidmiseks jagati vastavate võsude kogumass võsude arvuga. Risoomide kogupikkuse leidmiseks taimel summeeriti kõikide risoomide mõõdetud pikkused ning

risoomide tiheduse leidmiseks jagati taime risoomide kogumass risoomide kogupikkusega. Katseandmete töötlemiseks kasutati vabavaralist andmetöötlusprogrammi R (R-3.0.2 pakett R Commander versioon 2.0-2.) kus andmed töödeldi kahefaktorilisel dispersioonanalüüsil. Toodi välja ka uuritavate tunnuste seoste statistiline olulisus p (Tabel 1). Katse kavandas töö autor koos juhendaja Marek Sammuliiga ja katse viis läbi ning katseandmed töötles artikli autor. Artikli tekstiosa valmis tänu juhendaja asjalikele ja suunavatele märkustele.

TULEMUSED JA ARUTELU

Tulemused

Katte kasutamine mullal mõjutas taimede biomassi vähe (Joonis 1). Statistiliselt oluline oli vaid mullaviljakuse ja katte koosmõju hariliku orasheina biomassile. Vaid viljakal mullal jäi kaetud töötuse biomass väiksemaks katmata töötusest. Aas-rebasesabal ei põhjustanud katte kasutamine biomassi vähenemist, küll aga põhjustas mullaviljakus. Seemnete tootmist (Tabel 2) mõjutas nii mullaviljakus kui ka katte olemasolu mullal. Orasheina seemnete suurus mullaviljakusest ja katte olemasolust ei sõltunud, kuid väheviljakal mullal ja kaetud tingimustes tootsid taimed statistiliselt oluliselt rohkem seemneid. Ka aas-rebasesabal ei mõjutanud mullaviljakus seemnete suurust ja kogu taime seemnete massi, kuid kaetud tingimustes tootsid taimed statistiliselt oluliselt rohkem ja viljakal mullal ka suuremaid seemneid. Katte kasutamine mullal mõjutas mõlemal liigil võsude tootmist. Katte tõttu moodustus vegetatiivseid võsuseid statistiliselt oluliselt vähem (Tabel 2, Tabel 1), kuid need võsused olid oluliselt suuremad võrreldes katmata töötusega (Tabel 2). Samuti olid aas-rebasesabal generatiivsed võsused kaetud tingimustes ja viljakal mullal ligi kaks korda suuremad, kuigi nende arv ei erinenud. Väheviljakal mullal ei erinenud küll üksiku generatiivse võsu mass, kuid võsused oli usutavalt rohkem. Katte kasutamine mullal mõjutas ka risoomide tootmist. Mõlemal liigil jäid risoomid kaetud töötuses peenemaks, kuid kogupikkust mõjutas orasheinal katte ja mullaviljakuse koosmõju, aas-rebasesabal vaid mullaviljakus. Orasheinal oli väheviljakal mullal ja kaetud tingimustes risoomide kogupikkus ligi 2 meetrit suurem (Tabel 2) sama viljakusega katmata taimedest. Viljakal mullal usutavat erinevust risoomide kogupikkuses ei olnud, kuid risoomid olid avatud töötuses tunduvalt jämedamad (Tabel 2). Viljakal mullal olid risoomid katmata töötuses ligi 12% jämedamad kaetud töötusest. Aas-rebasesabal oli risoomide kogupikkus väiksem väheviljakal mullal (Tabel 2).



JOONIS 1. Taimede biomassi väärtused (+SE) grammides orasheinal (*El. repens*) ja aas-rebasesabal (*Al. pratensis*) avatud (tühjad tulbad) ja kaetud (täidetud tulbad) töötluses, mis kasvasid toitainete poolest vähe viljakal (V) ja toitainete sisalduse poolest rikkal (R) muljal. Vaata Tabel 1. p-väärtused.

Uuritav omadus	<i>Elymus repens</i>			<i>Alopecurus pratensis</i>		
	k	mv	k x mv	k	mv	k x mv
Töötlus						
Taime biomass	0,419	0,111	0,067	0,583	0,002	0,688
Kogu taime seemnete mass	0,716	0,007	0,855	0,043	0,487	0,605
1000 seemne mass	0,971	0,237	0,945	0,074	0,926	0,761
Vegetatiivsete võsude arv	<0,0001	0,0001	0,115	<0,0001	<0,0001	0,018
Generatiivsete võsude arv	0,427	0,258	0,934	0,114	0,036	0,153
Ühe generatiivse võsu mass	0,007	0,337	0,444	0,009	0,070	0,0005
Ühe vegetatiivse võsu mass	<0,0001	0,450	0,750	0,0004	0,013	<0,0001
Risoomide kogupikkus	0,360	0,702	0,006	0,199	0,003	0,149
Risoomide tihedus	0,007	0,211	0,304	<0,0001	0,0007	0,002

TABEL 1. Kahefaktorilise dispersioonanalüüsi tulemuste statistiline olulisus (p-väärtused) mullaviljakuse (mv) ja katte kasutuse (k) ning nende koosmõjule (mv x k) orasheinal (*Elymus repens*) ja aas-rebasesabal (*Alopecurus pratensis*) taimede biomassile, seemnete massile, 1000 seemne massile, vegetatiivsete ja generatiivsete võsude arvule, ühe vegetatiivse ja generatiivse võsu massile ning risoomide kogupikkusele ja tihedusele.

Uuritav tunnus	Töötlus	<i>Elymus repens</i>		<i>Alopecurus pratensis</i>	
		Keskmine	SE	Keskmine	SE
Seemnete kogumass taime kohta (g)	A x R	0,68	0,11	0,33	0,06
	K x R	0,73	0,11	0,6	0,07
	A x V	0,44	0,07	0,33	0,08
	K x V	0,46	0,08	0,6	0,17
1000 seemne mass (g)	A x R	2,43	0,07	0,42	0,05
	K x R	2,44	0,08	0,54	0,08
	A x V	2,32	0,11	0,44	0,06
	K x V	2,31	0,1	0,53	0,04
Vegetatiivsete võsude arv taime kohta (tk)	A x R	24,5	1,7	30,6	2,2
	K x R	14,7	1,4	16,3	2,7
	A x V	16,2	1,4	15,3	1,5
	K x V	11,1	1,1	10,7	1,4
Generatiivsete võsude arv taime kohta (tk)	A x R	5,2	0,8	1,7	0,3
	K x R	4,6	0,7	1,9	0,5
	A x V	4,4	0,6	2,2	0,2
	K x V	3,9	0,6	3,9	1,1
Ühe vegetatiivse võsu keskmine mass (g)	A x R	0,41	0,02	0,41	0,01
	K x R	0,54	0,04	0,70	0,06
	A x V	0,38	0,03	0,46	0,03
	K x V	0,52	0,04	0,45	0,04
Ühe generatiivse võsu mass (g) ilma seemneteta	A x R	0,86	0,05	1,15	0,08
	K x R	0,99	0,07	1,91	0,18
	A x V	0,76	0,04	1,37	0,08
	K x V	0,95	0,05	1,16	0,14
Risoomide kogupikkus (cm)	A x R	757	82	57,4	7,9
	K x R	682	69	56,2	8,1
	A x V	643	47	28,5	2,5
	K x V	855	96	46,1	5,9
Risoomide tihedus (g/cm)	A x R	0,017	0,0004	0,028	0,001
	K x R	0,015	0,0006	0,023	0,002
	A x V	0,016	0,0004	0,038	0,002
	K x V	0,015	0,0004	0,023	0,001

TABEL 2. Hariliku orasheina (*Elymus repens*) ja aas-rebasesaba (*Alopecurus pratensis*) taime seemnete kogumassi, 1000 seemne massi, taime vegetatiivsete ja generatiivsete võsude arvu, ühe vegetatiivse ja generatiivse võsu massi, taime risoomide kogupikkuse ja tiheduse keskmised väärtused koos standardveaga (SE) erinevates töötlustes – A x R (avatud viljakal mullal), K x R (kaetud viljakal mullal), A x V (avatud väheviljakal mullal), K x V (kaetud väheviljakal mullal).

Arutelu

Taimede biomass ei sõltunud oluliselt katte kasutamisest mullal. Kõige enam mõjutas see orasheina viljakal mullal, kus kaetud taimed jäid katmata taimedest väiksemaks. Seega oli taimel piisavalt toitaineid, et panustada nii õitsemissse kui ka vegetatiivsesse paljunemisse (Liu et al., 2009) ja kui tütartaimed ei saanud toetada emataime aktiivset kasvu, siis kannatas selle all kogu genet. Siinkohal käitusid liigid erinevalt – aas-rebasesaba biomass ei vähenenud katte kasutamise tõttu. Põhjuseks võib olla see, et lühirisoosid taimed on tänu oma lühematele ühendustele ema- ja tütartaimede vahel suutelised kiiremini ka taimesiseseid ressursse ümber paigutama. Mõlemal liigil vähenes vegetatiivsete võsude arv, kuid suurenes üksiku võsu mass taimel. Seega mõjutas katte kasutamine mullal ka ressursside ümberpaigutamist taimedes. Et risoomide pikendamine antud olukorras tulemusi ei andnud, suunas taim rohkem ressursse olemasolevate taimeosade suurendamisele (Bazzaz et al., 1987; Zangerl & Bazzaz, 1992; Weiner, 2004). Samuti toetab taimesiseste ressursside ümberpaigutamise teooriat seemnete tootmine taimedel. Nimelt tootsid aas-rebasesaba taimed kaetud töötluses tunduvalt rohkem seemneid kui katmata töötluses. Seega osutus vegetatiivsesse paljunemisse panustamine aas-rebasesaba jaoks kulukamaks nii viljakal kui ka väheviljakal mullal ja ta valis stressiolukorrast pääsemiseks sugulise paljunemise võimaluse. Orashein, kui pikkade risoomidega taim, käitus erinevalt ja siin mängis olulist rolli ka mullaviljakus. Väheviljakal mullal kasutas taim ressursse maa-alustesse osadesse panustamiseks, et tasakaalustada ressursside omastamist, kuid takistuste ilmnemisel võsude maapeale suunamisel hakkas taim otsima väljapääsu – pikendas risoome veelgi. Teisisõnu, siis, kui kattele mullal lisandus ka madalam toitainete sisaldus, hakkasid taimed panustama stressiolukorrast pääsemisele. Väheviljakal mullal kaetud tingimustes tootsid taimed rikkalikumalt seemneid ja pikemaid ning peenemaid risoome. Lühirisoosne aas-rebasesaba kannatab viljakal mullal vähem järglaste fotosünteesivõime piiramise tõttu ja kulukamaks võib see saada eelkõige väheviljakal mullal, kuid pikkade risoomidega orasheinal ilmneb kulukus pigem viljakal mullal, kus taim ei saa kasutada kõiki võimalusi kasvu maksimeerimiseks. Seega võime me järeldada, et peenraiva kasutamine multšina soodustab risoomidega paljunevatel umbrohtudel seemnelist paljunemist, kuid see sõltub suurel määral taimeliigis ja mullaviljakusest. Samuti võime järeldada, et taimede jaoks on kulukas toota järglasi ilma järglaste poolse toeta, kuid see kulukus sõltub taimeliigist ja ressursside kättesaadavusest mullas.

KASUTATUD KIRJANDUS

Amiaud B, Touzard B, Bonis A, & Bouzillé JB. 2008. After grazing exclusion, is there any modification of strategy for two guerrilla species: *Elymus repens* (L.) Gould and *Agrostis stolonifera* (L.)?. *Plant ecology*, 197(1), 107-117. Bazzaz FA, Chiariello NR, Coley PD, & Pitelka LF. 1987. Allocating resources to reproduction and defense. *BioScience*, 37(1), 58-67.

Beyschlag W, Ryel RJ, Ullmann I, & Eckstein J. 1996. Experimental studies on the competitive balance between two Central European roadside grasses with different growth forms. 2. Controlled experiments on the influence of soil depth, salinity and allelopathy. *Botanica Acta*, 109(6).

Callaghan TV. 1984. Growth and translocation in a clonal southern hemisphere sedge, *Uncinia meridensis*. *The Journal of Ecology*, 529-546.

Chapman DF, Robson MJ, & Snaydon RW. 1992. Physiological integration in the clonal perennial herb *Trifolium repens* L. *Oecologia*, 89(3), 338-347.

Doust LL. 1981. Population dynamics and local specialization in a clonal perennial (*Ranunculus repens*): I. The dynamics of ramets in contrasting habitats. *The Journal of Ecology*, 743-755.

Harper L. 1985. Modules, branches, and the capture of resources. In J.B.C. Jackson, L.W. Bussard R.E. Cook (eds), *Population Biology and Evolution of Clonal Organisms*. Yale University Press, New Haven, pp. 1-33.

Khan AR, Chandra D, Quraishi S, & Sinha RK. 2000. Soil aeration under different soil surface conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185(2), 105-112.

Klaas L, Kahu K, Libek AV, & Kaldmäe H. 2009. Effects of foliar applied fertilizers and removal of runners on the yield and berry quality of strawberry cultivar 'Polka' on black plastic mulch. *Scientific works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture* (71-80). Lithuanian University of agriculture.

Liu F, Chen JM, & Wang QF. 2009. Trade-offs between sexual and asexual reproduction in a monoecious species *Sagittaria pygmaea* (Alismataceae): the effect of different nutrient levels. *Plant systematics and evolution*, 277(1-2), 61-65.

Marshall C. 1996. Sectoriality and physiological organisation in herbaceous plants: an overview. *Vegetatio*, 127(1), 9-16.

- Mendoza A, & Franco M. 1998. Sexual reproduction and clonal growth in *Reinhardtia gracilis* (Palmae), an understory tropical palm. *American Journal of Botany*, 85(4), 521-521.
- Pinno BD, & Wilson SD 2014. Nitrogen translocation between clonal mother and daughter trees at a grassland–forest boundary. *Plant Ecology*, 215(3), 347-354.
- R -3.0.2 - R Commander Version 2.0-2 <http://cran.ma.imperial.ac.uk/> - Imperial CollegeLondon (2013-09-25)
- Reekie EG, & Bazzaz FA. 1987. Reproductive effort in plants. 3. Effect of reproduction on vegetative activity. *American Naturalist*, 907-919.
- Reekie, E. G. 1991. Cost of seed versus rhizome production in *Agropyron repens*. *Canadian Journal of Botany*, 69(12), 2678-2683.
- Roiloa SR, and Hutchings MJ. 2013. The effects of physiological integration on biomass partitioning in plant modules: an experimental study with the stoloniferous herb *Glechoma hederacea*. *Plant Ecology* Vol. 214, I. 4, pp 521-530
- Roiloa SR, Rodríguez-Echeverría S, Freitas H, & Retuerto R. 2013. Developmentally- programmed division of labour in the clonal invader *Carpobrotus edulis*. *Biological invasions*, 15(9), 1895-1905.
- Suzuki JI, & Stuefer J. 1999. On the ecological and evolutionary significance of storage in clonal plants. *Plant Species Biology*, 14(1), 11-17.
- Tamm A, Kull K, and Sammul M. 2001. Classifying clonal growth forms based on vegetative mobility and ramet longevity: a whole community analysis. *Evolutionary Ecology* Vol. 15, I.4-6, pp 383-401
- Van Drunen, WE, & Dorken ME. 2012. Trade-offs between clonal and sexual reproduction in *Sagittaria latifolia* (Alismataceae) scale up to affect the fitness of entire clones. *New Phytologist*, 196(2), 606-616.
- Van Groenendael JM, Klimes L, Klimesova J, & Hendriks RJJ. 1996. Comparative ecology of clonal plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 351(1345), 1331-1339
- Wang Z, Li Y, During HJ, & Li L. 2011. Do clonal plants show greater division of labour morphologically and physiologically at higher patch contrasts?. *PloS one*, 6(9), e25401
- Weiner J. 2004. Allocation, plasticity and allometry in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6(4), 207-215.

Xie TP, Zhang GF, Zhao ZG, Du GZ, & He GY. 2014. Intraspecific competition and light effect on reproduction of *Ligularia virgaurea*, an invasive native alpine grassland clonal herb. *Ecology and evolution*, 4(6), 817-825.

Zangerl AR, & Bazzaz FA. 1992. Theory and pattern in plant defense allocation. *Plant resistance to herbivores and pathogens*. University of Chicago Press, Chicago, 363-391.

Zhang Y, Zhang Q, & Sammul M. 2012. Physiological integration ameliorates negative effects of drought stress in the clonal herb *Fragaria orientalis*. *PloS one*, 7(9), e44221.



KOGNITIIVNE JÄTKUSUUTLIKKUS

Taavi Vanaveski

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Inimühiskond teadvustab, kui oluline on jätkusuutlik areng. Keskkonnasääst on oluline nii tootmises, tarbimises, transpordis kui ka jäätmekäitluses. Nende valdkondade tehnoloogilised uuendused vähendavad inimühiskonna ökoloogilist jalajälge ja tagavad jätkusuutliku majandamise. Tehnoloogia areng toimub märkimisväärse kiirusega ja edasist arengut piirab vaid inimese nutikus. Inimese enda areng takerdub evolutsiooniliste protsesside taha, mis on küllaltki aeglased ja juhuslikku laadi. Nüüdisaegne inimühiskond on sõltuv tehnoloogia arengust, mis kompenseerib nende protsesside puudujääke. Rohke arv tasakaalustavaid võtteid on kasutuses meditsiinis, kus erinevate ravimite ja teraapiate abil püütakse säilitada või tõsta inimese töövõimet. Euroopas ulatuvad kognitiivsete ehk tunnetuslike häirete kulud 798 mld ja Eestis 793 mln euroni (Gustavsson jt, 2011). Efektiivse tööealise populatsiooni säilitamisel on oluline mõista aju tööd mentaalsete ülesannete elluviimisel ja töötada välja meetodid, mis tagavad inimühiskonna tunnetusliku jätkusuutlikkuse.

SISUKOKKUVÕTE

Aju struktuuris eristuvad neuronid ja mitmed mitteneuraalsed gliiarakud. Neuronid töötlevad ja salvestavad teavet. Neuronite vahel paiknevad gliiarakud toetavad neuronite tööd, pakuvad kaitset ja isolatsiooni. Keerukat neuronite ja gliiarakkude võrgustikku, nende omavahelist asetust ja suhtlust reguleerivad erinevad difuused ja membraansed molekulid. Nende seas adhesioonimolekulid, mis on olulised neuronite migratsioonis, aksonogeneesis, dendritogeneesis ja sünaptoogeneesis. Käesolev töö kirjeldab adhesioonimolekuli kodeeriva geeni – *LSAMP* – ekspressiooni. *LSAMP* geenis esinevad polümorfismid on seotud erinevate psühhiaatriliste häiretega. Töö kirjeldab inimese *LSAMP* geeni ekspressioonitasemeid alternatiivseid promotoreid 1a ja 1b spetsiifiliselt.

SISSEJUHATUS

Inimorganismis olulised raku adhesioonimolekulid võib jagada nelja suuremasse gruppi: immunoglobuliinide superperekond, integriinid, kadheriinid ja selektiinid (Hynes, 1999). Inimgenoomis esineb 765 vähemalt ühe immunoglobuliini

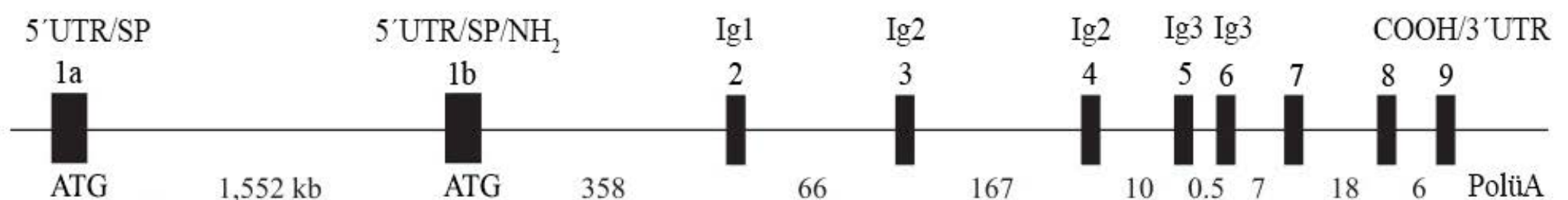
domeeniga adhesioonimolekuli (Lander jt, 2001). Nende seas IgLON perekond, kuhu kuuluvad 5 valgujärjestuselt sarnast adhesioonimolekuli: OBCAM, IgLON2, LSAMP, KILON ja IgLON5. IgLONid esinevad rakumembraani pinnal ja moodustavad lipiidiparvedel dimeere. Kaks hetero- või homofilset IgLONit moodustavad funktsionaalse dimeeri ehk Digloni (Reed jt, 2004). IgLONid avalduvad peamiselt närvisüsteemis ja vähesel määral mitteneuraalsetes kudedes. IgLONite mitte-neuraalne ekspressioon on seotud tuumor-supressiooni ja neuraalne ekspressioon neurogeneesi ning sünaptoogeneesiga (Zhukareva ja Levitt, 1995; Spaltmann ja Brümmendorf, 1996; Gil jt, 1998; Mann jt, 1998; Marg jt, 1999; Lodge jt, 2000; Gil jt, 2002, Hashimoto jt, 2009).

IgLON perekonna adhesioonimolekulide ekspressiooni häirumine võib kaasa aidata psühhiaatriliste häirete progressioonile. Näiteks on seostatud polümorfisme OBCAMi geenis skisofreeniaga, IgLON2 ekspressiooni intelligentsusega ning mõlema geeni ekspressiooni häirumist autismi-laadse arenguhäirega (Chen jt, 2001; O'Donovanet jt, 2008; Pan jt, 2011; Minhas jt, 2012; Panichareon jt, 2012). LSAMP valgu üleekspressiooni on seostatud dorsomediaalses prefrontaalkoores skisofreenia ja bipolaarse häirega (Behan jt, 2009). Lisaks on seostatud polümorfisme LSAMP geenis meeste enesetapu, depressiooni, bipolaarse häire ja skisofreeniaga (Must jt, 2008; Koido jt, 2012; Koido jt, 2014). Ka *Lsamp*^{-/-} hiirtega läbiviidud käitumiskatsed on tuvastanud käitumuslikud erinevused nagu alanenud isasloomade vaheline agressiivsus, isasloomade vahelise sotsiaalse hierarhia puudumine ja vähe ärev käitumine. Sellised närilised käituvad hooletult ja satuvad looduses kergemini kiskjate saagiks, kannatavad sotsiaalse tagakiusamise all ja annavad väiksema tõenäosusega järglasi (Innos jt, 2012).

LSAMP

LSAMP on neuroni dendriitidel ja rakukehal esinev neuraalne adhesioonimolekul (Zacco jt.1990). LSAMPile on omane soodustada või inhibeerida neuriiitide väljakasvu sõltuvalt perekonnasisesest partnermolekulist. Neuriiitide väljakasvude juhtimine on oluline sünaptoogeneesis. Enne teist postnataalset nädalat esineb LSAMP ka aksonite pinnal ja osaleb aksonite juhtimises (Horton and Levitt 1988). LSAMP on tugevalt konserveerunud, näiteks kattuvad inimese ja närilise valgujärjestused 99% ulatuses (Pimenta and Levitt 2004). Närilise *Lsamp*^{-/-} mudeli uuringud ei ole suutnud tuvastada märkimisväärseid kõrvalekaldeid aju struktuuris.

Küll esineb erinevaid käitumuslikke kõrvalekaldeid: vähe ärev käitumine ja sotsiaalne oskamatus (Innos jt, 2011; Innos jt, 2012).



Joonis 1. Inimese *LSAMP* geeni struktuur. Joonisel on esimene ekson (1a) ja alternatiivne esimene ekson (1b) ning immunoglobuliini domeene kodeerivad eksonid 2-6 (Pimenta ja Levitt, 2004).

LSAMP geenis esineb kaks aktiivset alternatiivset promootorit 1a ja 1b. Geen hõlmab 2,2 Mb ala, millest suurema osa katab 1,6 Mb esimene intron. Kahe promootori olemasolu tagab paindlikku ekspressiooni arenenud ja arenevas organismis (Ayoubi ja Van De Ven, 1996; Pimenta ja Levitt, 2004). Immunoglobuliinide superperekonnas sisaldab pikk esimene intron reguleerivaid elemente, üht või mitut enhanseri ja vaigistajat. Esimeses intronis esinev reguleeriv mehhanism tagab kõrge neuraalse ja madala mitteneuraalse ekspressioonitaseme (Kallunki jt, 1995, 1997, 1998; Edelman ja Jones, 1998). Järjestusest ilmneb kolme C2 tüüpi immunoglobuliini domeeni esinemine (Pimenta ja Levitt, 2004). Esimene immunoglobuliin domeen näib olevat vajalik neuriitide välja kasvuks ja teine immunoglobuliin domeen neuriitide inhibitsiooniks. Lisaks võib kolmanda immunoglobuliini domeeni roll olla siduda täiendavaid partnermolekule inhibitsiooni või induktsiooni esile kutsumisel (Eagleson jt, 2003).

METOODIKA

Inimese koeproovid

Inimese koeproovid eraldati *post-mortem* vastava ala spetsialisti poolt. Proovide kogumine ja töötlemine toimus Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee otsuse 223/T-4 alusel. Vastava uurimustöö eesmärk on iseloomustada IgLON geeniperekonna ekspressioonitaset inimajus.

RNA eraldamine ja cDNA süntees

Rakuline RNA eraldati ajuosade homogeniseerimisel. Homogeniseerimisel kasutati Trizol[®] reagenti (Invitrogen, USA) ning tootja juhiseid. RNA kontsentratsioonid määrati NanoDrop ND-1000 spektrofotomeetril (NanoDrop Technologies). cDNA sünteesil kasutati heksameerseid oligonukleotiide (Applied Biosystems) ja SuperScript[™] III pöördtranskriptaasi (Invitrogen, USA) vastavalt tootja juhistele.

Kvantitatiivne reaalaja-PCR

LSAMP eksonite 1a ja 1b kvantitateerimisel kasutati universaalset sondi ja universaalset reverse praimerit. 1a ja 1b *forward* praimerite asetus tagab 124 bp amplikoni tekke. *LSAMP* transkriptide ekspressiooni tase mõõdeti FAM-märgistatud MGB-sondi kasutades ja standardiseeriti koduhoidja geeni HPRT VIC-TAMRA sondi suhtes (Raud jt, 2009). Kõik reaktsioonid viidi läbi TaqMan[®] geeniekspressiooni segus 10X PCR Buffer [200 mM Tris-HCl (pH 8,4), 500 mM KCl] ja TaqMan[®] Universal PCR Master Mix (Applied Biosystems) reagenti kasutades. Kvantitatiivne reaalaja-PCR teostati ABI Prism 7900HT Sequence Detection System (Applied Biosystems) ja ABI Prism 7900 SDS 2.4.2 tarkvara vahendusel. Reaktsiooni maht oli 10 µl ja igast proovist (1a, 1b ja HPRT) villiti neli kordust. Andmed analüüsiti ja teisendati 2^{-ACT} kujule (Livak ja Schmittgen, 2001).

Andmete statistiline analüüs

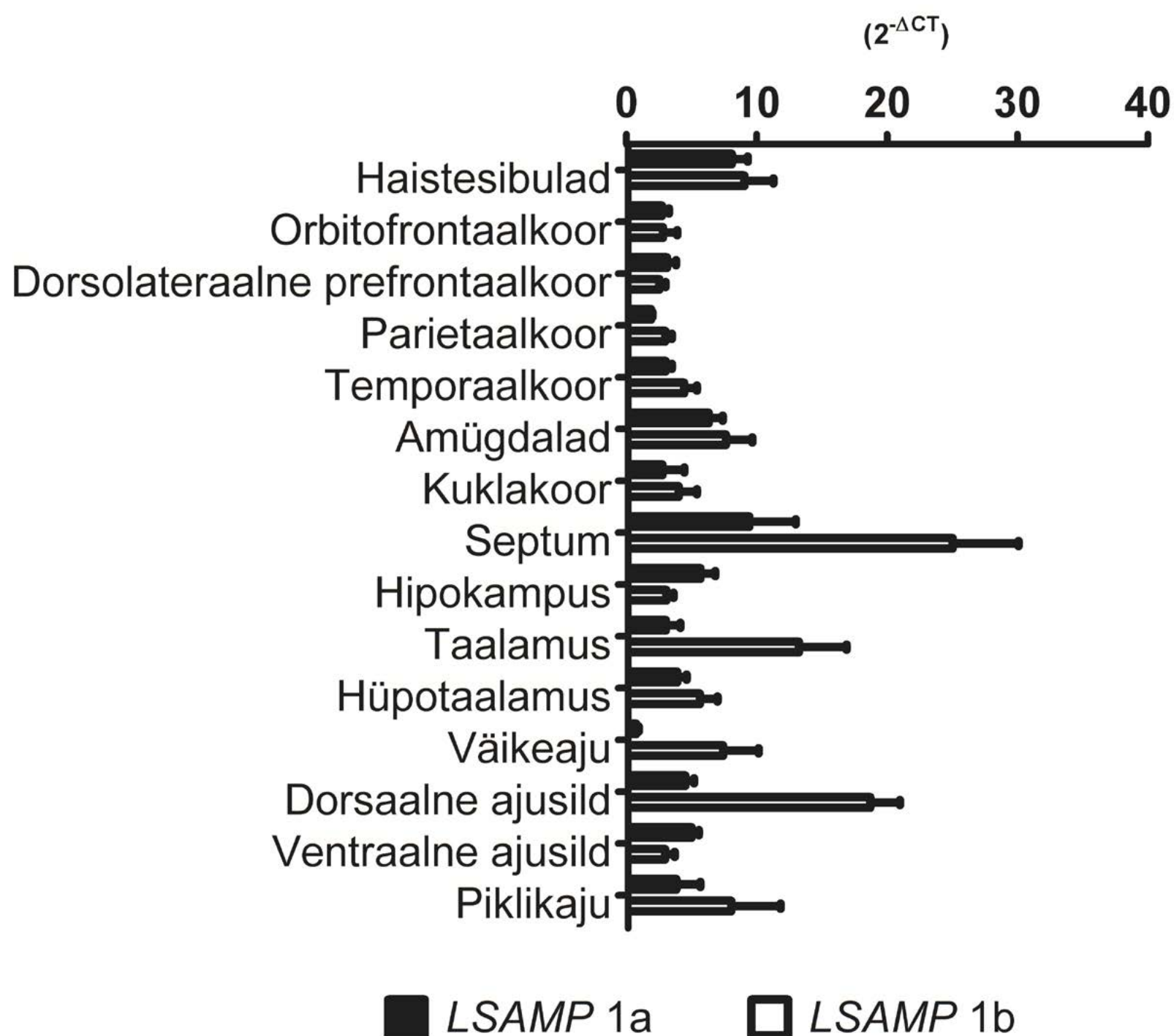
Reaalaja-PCRi andmete statistiline analüüs viidi läbi paardumata Studenti T-testiga. Tulemused väljendati keskmiste väärtustena koos keskväärtuse standardveaga. Graafikud loodi GraphPad Prism 5 tarkvara vahendusel.

Autor teostas kõik tööd koe prepareerimisest kuni andmete analüüsini.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

LSAMP geeni ekspressioon inimese ajus

Käesolev töö käsitleb süstemaatiliselt inimese *LSAMP* geeni neuraalsete kudede 1a ja 1b promootorite ekspressiooni. Ekspressiooniandmed on esitatud $2^{-\Delta CT}$ kujul koos keskväärtuse standardveaga joonisel 2. Inimese ajus esineb kahe *LSAMP* promootori ekspressioon kõigis eraldatud ajuosades. Ekspressioon esineb haistesibulas 8,1 1a ja 9,05 1b, orbitofrontaalses koores 2,72 1a ja 2,81 1b, dorsolateraalses prefrontaalkoores 3,12 1a ja 2,54 1b, parietaalkoores 1,89 1a ja 2,98 1b, temporaalkoores 3,01a ja 4,44 1b, amügdalas 6,31 1a ja 7,63 1b, kuklakoores 2,78 1a ja 4,03 1b, septumis 9,44 1a ja 25,02 1b, hipokampus 5,68 1a ja 3,08 1b, taalamuses 3,03 1a ja 13,24 1b, anterioorses hüpotaalamuses 3,92 1a ja 5,64 1b, väikeajus 0,75 1a ja 7,42 1b, dorsaalses ajusillas 4,52 1a ja 18,71 1b, ventraalses ajusillas 5,01 1a ja 2,97 1b, piklikajus 3,85 1a ja 8,06 1b promootorilt.



JOONIS 2. *LSAMP* promootorite ekspressioon inimese neuraalsetes kudedes. Ekspressioon on esitatud $2^{-\Delta CT}$ kujul koos standardveaga. Dorsolateraalne prefrontaalkoor, hipokampus ($n=7$); amügdala, septum, väikeaju ($n=5$); orbitofrontaalkoor, temporaalkoor ($n=4$); haistesibulad, parietaalkoor, kuklakoore, taalamus ($n=3$); anterioorne hüpotaalamus, piklikaju ($n=2$); dorsaalne ja ventraalne ajusild ($n=1$).

Analüüs

Üldiselt esineb *LSAMP* geeni kõrge ekspressioon inimese aju koorealades ning aju koorealustes alades nagu haistesibulas, amügdalas, septumis, taalamuses ja dorsaalses ajusillas. Inimajus esinevad märkimisväärsed kõikumised eri ajuosade vahel. Kõrgeim üldekspressioon (1a+1b) 34,46 esineb inimese septumis, kus 1b promootori aktiivsus on 2,65 korda suurem. Dorsaalse ja ventraalse ajusilla üldekspressioonis erineb 2,91 korda, kuigi struktuurid asuvad anatomsiliselt lähes-tikku. Inimesel kõigub promootorite kasutus rohkem kui hiirel ja seda eriti 1b promootori korral. Inimese väikeajus on 1b promootor 9,83 korda aktiivsem kui 1a. Hiire väikeajus on 1b promootor 3,3 korda aktiivsem, kuigi üldiselt domineerib hiirel 1a promootori ekspressioon. Hiire ja inimese väikeajus on 1b promootori ekspressioonitrend sarnane, kuid on inimesel ligi 3 korda aktiivsem. Erinevalt hiirest domineerib inimesel üldiselt 1b promootori aktiivsus. *LSAMP* geeni erinev ekspressioonimuster viitab ka inimese ja hiire regulatoorse süsteemi eripäradele. Kõrge ekspressioon koondub limbilise süsteemiga seotud alade ümber ning on eriti kõrge amügdala tuumades ja limbilise süsteemi tsentris.

Hipokampus on oluline õppimisvõimes ja mälu kujunemises. Hipokampus võimaldab autobiograafilistes minevikusündmustes orienteerumist, nende sündmuste esile toomist ja võrdlust (Paz jt, 2010; Naya ja Suzuki, 2011). *Lsamp* ja *OBCAM* geeni üleekspressioon indutseerib hiire hipokampuse neuronites dendriitidel sünapside teket. *Lsamp*-defitsiitse hiire korral on näidatud muutusi hipokampuse sünaptilises ülekandes ja plastilisuses (Hashimoto jt, 2009; Qiu jt, 2010). Inimesel esineb hipokampuses mõõdukas *LSAMP* ekspressioon. *LSAMP* valgu üleekspressioon tõstab *in vitro* hipokampuse rakukultuuris sünaptogeneesi taset. *LSAMP* ekspressioon võib mõjutada hipokampuse toimimist läbi sünaptogeneesi regulatsiooni.

Keskkonna muutused põhjustavad esmalt hipokampuse ja järgnevalt amügdala aktivatsiooni ning osalevad käitumusliku vastuse kujunemises (Fudge jt, 2012). Amügdala on oluline emotsioonide protsessimisel ja sotsiaalse käitumise kujunemisel ning on tihedas kontaktis hipokampusega. Amügdala on tihedalt seotud ka temporaalsagara anterioorse osaga, mida seostatakse sotsiaalse kognitsiooniga (Patterson jt, 2007). Amügdalat on eriti seostatud ärevuskäitumise ja hirmu kujunemisega. Närilise mudelis näidatud ärevuse alanemine viitab amügdala funktsionaalsuse häirumisele. *Lsamp* puudulike hiirte võimetus mõista

sotsiaalsed hierarhiad võib tuleneda nende ajuosade vaheliste ühenduste häirumisest.

Kõrgemad sotsiaalsed kognitiivsed võimed avarduvad eri ajuosade hipokampus, amügdala, anterioorse temporaalsagara ja orbitofrontaalkoore koostöös. LSAMP ekspressiooni puudumine põhjustab hiire mudelis sotsiaalse ebapädevuse, mis võib olla tingitud nende ajuosade omavahelise koostöö häirumisest. Märkimisväärsete kõrvalekallete puudumine Lsamp-/- hiire aju anatomsilises struktuuris viitab olulisele rollile pigem peenstruktuuride moodustumises (Innos jt, 2011). LSAMP võimalik funktsioon peitub neuronite peenstruktuuride moodustumisel sotsiaalse kognitsiooni ja emotsioonide kujunemisega seotud ajuosades neuronite vahelises adhesioonis.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Ayoubi TA, Van De Ven WJ. 1996. Regulation of gene expression by alternative promoters. *FASEB J*, 10(4): 453-460.
- Behan AT, Byrne C, Dunn MJ, Cagney G, Cotter DR. 2009. Proteomic analysis of mem-brane microdomain-associated proteins in the dorsolateral prefrontal cortex in schizophrenia and bipolar disorder reveals alterations in LAMP, STXBP1 and BASP1 protein expression. *Mol Psychiatry*, 14: 601–613.
- Chen S, Gil O, Ren YQ, Zanazzi G, Salzer JL, Hillman DE. (2001). Neurotrimin expression during cerebellar development suggests roles in axon fasciculation and synaptogenesis. *J Neurocytol*, 30: 927–937.
- Eagleson KL, Pimenta AF, Burns MM, Fairfull LD, Cornuet PK, Zhang L, Levitt P. (2003). Distinct domains of the limbic system-associated membrane protein (LAMP) mediate discrete effects on neurite outgrowth. *Mol Cell Neurosci*, 24(3): 725-740.
- Edelman GM, Jones FS. (1998). Gene regulation of cell adhesion: a key step in neural morphogenesis. *Brain Res Brain Res Rev*, 26(2-3): 337-352.
- Fudge LJ, deCampo MD, Becoats TK. (2012). Revisiting the hippocampal-amygdala pathway in primates: association with immature-appearing neurons. *Neuroscience*, 212: 104–119.
- Gil DO, Zanazzi G, Struyk FA, Salzer LJ. (1998). Neurotrimin mediates bifunctional effects on neurite outgrowth via homophilic and heterophilic interactions. *The Journal of Neuroscience*, 18(22): 9312–9325.
- Gil OD, Zhang L, Chen S, Ren Y, Pimenta A, Zanazzi G, Hillman D, Levitt P, Salzer JL. (2002). Complementary expression and heterophilic interactions between IgLON family members Neurotrimin and LAMP. *J Neurobiol*, 51: 190-204.
- Gustavsson A, Svensson M, Jacobi F, Allgulander C, Alonso J, jt 2011. Cost of disorders of the brain in Europe. *European Neuropsychopharmacology* 21: 718–779.
- Hashimoto T, Maekawa S, Miyata S. (2009). IgLON cell adhesion molecules regulate synaptogenesis in hippocampal neurons. *Cell Biochem Funct*, 27(7): 496-498.
- Horton HL, Levitt P. (1988). A unique membrane protein is expressed on early developing limbic system axons and cortical targets. *J Neurosci*, 8(12): 4653–4661.
- Hynes RO. (1999). Cell adhesion: old and new questions. *Trends Cell Biol*, 9(12): 33-37.

Innos J, Philips MA, Leidmaa E, Heinla I, Raud S, Reemann P, Plaas M, Nurk K, Kurrikoff K, Matto V, Visnapuu T, Mardi P, Kõks S, Vasar E. (2012). Lower anxiety and a decrease in agonistic behaviour in Lsamp-deficient mice. *Behav Brain Res* 217(1): 21-31.

Innos J, Philips MA, Leidmaa E, Heinla I, Raud S, Reemann P, Plaas M, Nurk K, Kurrikoff K, Matto V, Visnapuu T, Mardi P, Kõks S, Vasar E. (2011). Lower anxiety and a decrease in agonistic behaviour in Lsamp-deficient mice. *Behav Brain Res*, 217(1): 21-31.

Kallunki P, Edelman GM, Jones FS. (1997). Tissue-specific expression of the L1 cell adhesion molecule is modulated by the neural restrictive silencer element. *J Cell Biol*, 138(6): 1343-1354.

Kallunki P, Edelman GM, Jones FS. (1998). The neural restrictive silencer element can act as both a repressor and enhancer of L1 cell adhesion molecule gene expression during postnatal development. *Proc Natl Acad Sci USA*, 95(6): 3233-3238.

Kallunki P, Jenkinson S, Edelman GM, Jones FS. (1995). Silencer elements modulate the expression of the gene for the neuron-glia cell adhesion molecule, Ng-CAM. *J Biol Chem*, 270(36): 21291-21298.

Koido K, Janno S, Traks T, Parksepp M, Ljubajev Ü, Veiksaar P, Must A, Shlik J, Vasar V, Vasar E. (2014). Associations between polymorphisms of LSAMP gene and schizophrenia. *Psychiatry Res*, 30;215(3): 797-798.

Koido K, Traks T, Balõtshev R, Eller T, Must A, Koks S, Maron E, Tõru I, Shlik J, Vasar V, Vasar E. 2012. Associations between LSAMP gene polymorphisms and major depressive disorder and panic disorder. *Transl Psychiatry*, 14;2: e152.

Lander ES, Linton LM, Birren B, Nusbaum C, Zody MC, Baldwin J, Devon K, Dewar K, Doyle M, FitzHugh W jt. 2001. Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature*, 409: 860-921.

Livak KJ, Schmittgen TD. 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2(-Delta Delta C(T)) Method. *Methods*, 25(4): 402-408.

Lodge AP, Howard MR, McNamee CJ, Moss DJ. 2000. Co-localisation, heterophilic interactions and regulated expression of IgLON family proteins in the chick nervous system. *Mol Brain Res* 82: 84-94.

Mann F, Zhukareva V, Pimenta A, Levitt P, Bolz J. 1998. Membrane associated molecules guide limbic and non-limbic thalamocortical projections. *J Neuroscience*, 18: 9409-9419.

Marg A, Sirim P, Spaltmann F, Plagge A, Kauselmann G, Buck F, Rathjen FG, Brummendorf T. 1999. Neurotractin, a novel neurite outgrowth-promoting Ig-like protein that interacts with CEPU-1 and LAMP. *The Journal of Cell Biology*, 145: 865-876.

Minhas HM, Pescosolido MF, Schwede M, Piasecka J, Gaitanis J, Tantravahi U, Morrow EM. 2013. An unbalanced translocation involving loss of 10q26.2 and gain of 11q25 in a pedigree with autism spectrum disorder and cerebellar juvenile pilocytic astrocytoma. *Am J Med Genet A*, A(4): 787-791.

Must A, Tasa G, Lang A, Vasar E, Köks S, Maron E, Väli M. 2008. Association of limbic system-associated membrane protein (LSAMP) to male completed suicide. *Medical Genetics*, 9:34.

Naya Y, Suzuki WA. 2011. Integrating what and when across the primate medial temporal lobe. *Science*, 333: 773–776.

O'Donovan MC, Craddock N, Norton N, Williams H, Peirce T, Moskvina V, Nikolov I, Hamshere M, Carroll L jt. 2008. Identification of loci associated with schizophrenia by genome-wide association and follow-up. *Nat Genet*, 40(9):1053-1055.

Pan Y, Wang KS, Aragam N. 2011. NTM and NR3C2 polymorphisms influencing intelligence: Family-based association studies. *Prog Neuro-psychopharmacol Biol Psychiatry*, 35: 154–160.

Panichareon B, Nakayama K, Thurakitwannakarn W, Iwamoto S, Sukhumsirichart W. 2012. OPCML gene as a schizophrenia susceptibility locus in Thai population. *J Mol Neurosci*, 46: 373–377.

Paz R, Gelbard-Sagiv H, Mukamel R, Harel M, Malach R, Fried I. 2010. A neural substrate in the human hippocampus for linking successive events. *Proc Natl Acad Sci USA*, 107: 6046–6051.

Patterson K, Nestor JP, Rogers TT. 2007. Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain. *Nature Reviews Neuroscience* 8: 976-987.

Pimenta AF, Levitt P. 2004. Characterization of the genomic structure of the mouse limbic system-associated membrane protein (Lsamp) gene. *Genomics*, 83(5): 790-801.

Qiu S, Champagne DL, Peters M, Catania EH, Weeber EJ, Levitt P, Pimenta AF. 2010. Loss of limbic system-associated membrane protein leads to reduced hippocampal mineralocorticoid receptor expression, impaired synaptic

plasticity, and spatial memory deficit. *Biol. Psychiatry*, 68(2):197-204.

Raud S, Sütt S, Luuk H, Plaas M, Innos J, Kõks S, Vasar E. 2009. Relation between increased anxiety and reduced expression of alpha1 and alpha2 subunits of GABA(A) receptors in *Wfs1*-deficient mice. *Neurosci Lett*, 460(2): 138-142.

Reed J, McNamee C, Rackstraw S, Jenkins J, Moss D. 2004. Diglons are heterodimeric proteins composed of IgLON subunits, and Diglon-CO inhibits neurite outgrowth from cerebellar granule cells. *Journal of Cell Science*, 117: 3961-3973.

Spaltmann F, Brümmendorf T. 1996. CEPU-1, a novel immunoglobulin superfamily molecule, is expressed by developing cerebellar Purkinje cells. *The Journal of Neuroscience*, 16(5): 1770-1779.

Zacco A, Cooper V, Chantler PD, Fisher-Hyland S, Horton HL, Levitt P. 1990. Isolation, biochemical characterization and ultrastructural analysis of the limbic system associated membrane protein (LAMP), a protein expressed by neurons comprising functional neural circuits. *J Neurosci*, 10: 73-90.

Zhukareva V, Levitt P. 1995. The limbic system-associated membrane protein (LAMP) selectively mediates interactions with specific central neuron populations. *Development*, 121: 1161-1172.



**OSAKESI, VÄIKSEMAD KUI 2,5 MIKROMEETRIT,
PEETAKSE TERVISELE OHTLIKUMATEKS, KUNA JÕUA-
VAD KAUGEMALE INIMESE ORGANISMI.**

Mihkel Pindus

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Uuringud on näidanud seost õhusaaste ja tervisemõjude vahel, kuid vähesed on võrrelnud erinevat tüüpi saasteallikaid. Kuigi Eesti on üks puhtama õhuga riike maailmas ja meie õhusaaste tasemed on enamasti allpool piirväärtusi, ilmneb ka siinsete saastetasemete juures negatiivne mõju inimese tervisele. Õhusaaste allikaid on palju. Käesolevas artiklis käsitletakse neist fossiilseid kütuseid kasutavat maanteetransporti ja olmekütmist. Tervisemõjude seisukohast on olulisemad sealt pärinevad osakesed (ingl. k. *particulate matter*, *PM*). Osakesi on võimalik jaotada nende suuruse järgi. Tervisemõjude uuringutes ja ka Eesti seadusandluses on palju tähelepanu pööratud just peentele osakestele (väiksemad kui 10 mikromeetrit; PM_{10}) ja eriti peentele osakestele (väiksemad kui 2,5 mikromeetrit; $PM_{2,5}$). Osakesi, väiksemad kui 10 mikromeetrit, peetakse tervisele ohtlikumateks, kuna jõuavad kaugemale inimese organismi. Kuna tänapäevane maanteetransport ja olmekütmine on allikad, mida on inimene enda elumugavuse tarbeks loonud, siis saab ta enda tervist ja ümbritseva keskkonda ka ise mõjutada. Võimalusi, kuidas õhusaastet vähendada on mitmeid – alustades mootorsõidukite vähendatud kasutamisest ja nende asendamisest alternatiivsete transpordivahenditega ning lõpetades efektiivsemate kütteseadmete muretsemisega. Põhimõtteliselt on see meie enda otsus, kas läheme tööle sõiduauto või jalgrattaga ning kas kütame oma maja puidu või maasoojuspumbaga (kasutades rohelist energiat). Kuigi me ei märka, et meie õhus on osakesed madala sisaldusega, võivad need hilisemas elus meie tervist siiski mõjutada.

SISUKOKKUVÕTE

Taust ja töö eesmärk: osakesi satub Eesti linnades välisõhku kõige enam just olmekütmisest ja maanteetranspordist. Ilmastikuolud põhjustavad mõnel juhul peente osakeste kontsentratsioonide tõusu. Aastatega on Eesti linnades suurenenud sõidukite arv ja sellega ka emissioonid. Mitmed uuringud, mõned Eestis, on näidanud seost osakeste ja tervisemõjude vahel. Kuna erinevatest allikatest pärinevad osakesed on oma omadustelt ja keemiliselt koostiselt erinevad, siis võib eeldada, et neil on ka erinev toksilisus ja nad mõjutavad inimeste tervist erinevalt. Käesoleva töö eesmärgiks seati: uurida olmekütmisest ja maanteetranspordist (v.a gaasi kasutavad ja elektrimootoriga sõidukid) pärinevate osakeste seost hingamisteede ja südamehaigustega Tartu linnas (üks 7-st *RHINE* Põhja-

maade uuringukeskusest) „Hingamisteed ja tervis II ja III“ (ingl. k *RHINE II & III*) küsimustikele vastajate seas.

Meetodid: andmed elanike tervisemõjude kohta saadi postiküsitlustest („Hingamisteed ja tervis II ja III“), mis viidi läbi Tartus aastatel 2000/2001 ja 2011/2012. Elanike aadressidele omistati koordinaadid ArcGIS programmis ja seoti vastajatele modelleeritud osakeste (eriti peened osakesed $PM_{2.5}$ olmekütmisest ja peened osakesed PM_{10} maanteetranspordist) 2000. ja 2011. aasta kontsentratsioonidega. Seoseid tervisekaebuste ja osakeste sisalduste vahel uuriti mitmese logistilise regressioonanalüüsiga programmis Stata.

Tulemused: keskmine ahiküttest tekkiv $PM_{2.5}$ ekspositsioon vastajatele mõlemal uuringuaastal oli ligikaudu $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Liiklusest tekkiv keskmine PM_{10} ekspositsioon 2000. aastal oli $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja 2011. aastal $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Maksimaalsed PM_{10} saastetasemed mootorsõidukite transpordist Tartu linnas vähenesid 2000–2011 $18,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ –lt $13,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ –ni. 2011. a olid kõrvaltänavatel aga PM_{10} kontsentratsioonid suurenenud.

Statistiliselt oluline seos ($p < 0,01$) oli olmekütmisest tekkivate $PM_{2.5}$ ja raskustunde rinnus vahel; šansside suhe 1,55 (95% UP 1,16–2,08) 2000. aastal. Tugev seos ($p < 0,01$) oli 2011. aastal liiklusest pärit PM_{10} ja südamehaiguste vahel; šansside suhe 1,55 (95% UP 1,14–2,10).

Kokkuvõte: tulemused näitasid, et ahiküttest ja mootorsõidukite transpordist pärit osakesed põhjustavad erinevaid terviseprobleeme. 2000. a elasid küsimustikele vastajad rohkem kesklinnas ahiküttega piirkonnas; seetõttu ilmnes ka seos olmekütmisest pärit osakeste ja raskustunde rinnus vahel. Mootorsõidukitest tekkivate osakeste kontsentratsioon põhitänavatel vähenes 2011. aastal, kuid samas oli märgata olulist suurenemist kõrvaltänavatel. See võis olla põhjuseks, miks ilmnes 2011. aastal vastajatel suurem risk haigestuda südamehaigustesse.

SISSEJUHATUS

Olmekütmine on tähtis osakeste (ingl. k. *particulate matter*) allikas Põhja-Euroopa riikides (Forsberg *et al.*, 2005). Puidu ja biomassi põletamisel tekib kokkupuude sealt lenduvate osakestega (Yttri *et al.*, 2009). Tartus ca 30% peredest kütavad oma eluruumi puiduga (Kaasik *et al.*, 2007). Osakeste kontsentratsioonid on

kõrgemad talvel, kui olmekütmine on intensiivsem (Saarikoski *et al.*, 2008). Mõiste olmekütmine alla kuuluvad mitmed väikesemõõdulised kütteseadmed nagu ahjud, pliigid ja katlad ning mis kasutavad puitu, biomassi, turvast ja sütt soojusenergia saamiseks. Ebapiisava õhu juurdevooluta tekivad orgaanilised saasteained, peened osakesed (PM_{10}), tahm ja mitmed teised (Kocbach Bølling *et al.*, 2009).

Oluline saasteainete allikas on ka liiklus. Fossiilsete kütuste kasutamise tagajärjel tekib maanteetranspordist välisõhku lämmastikoksiide (NO_x), vääveldioksiidi (SO_2), osakesi (PM) ja tahma (Brunekreef *et al.*, 2009). Liiklusest pärit peened osakesed (PM_{10}) võivad moodustada umbes 13% kogu saasteainete massist linna-keskkonnas (Orru *et al.*, 2010). Eestis on alates 1990-ndatest vähenenud autode keskmine vanus ja tänu katalüsaatoritega sõidukitele on saasteainete (eeskätt lämmastikdioksiidide) emissioonid vähenenud. Sõidukite arvu suurenemine pole aga saastetasemeid märkimisväärselt vähendanud (Orru *et al.*, 2008).

Erinevad uuringud on näidanud, et osakesed on seotud suremusega südame-veresoonkonna haigustesse nii lühi- kui pikaajalisel kokkupuutel (Pope & Dockery, 2006; Rückerl *et al.*, 2011).

Tervisemõju uuringud on kasutanud inimeste osakestega kokkupuute hindamisel kas nende kogumassi (ingl. k. *Total particle mass*) või kindlat fraktsiooni ruumalaühiku õhu kohta (näiteks $PM_{2.5}$, $\mu g/m^3$). Osakeste päritolu määrab nende koostise (Kelly & Fussell, 2012). Seni on veel vähe uuringuid, mis seostavad puidu põletamisest tekkivaid osakesi tervisekaebustega ja veelgi vähem neid, mis võrdlevad erinevatest allikatest pärit osakeste toimet (Ito *et al.*, 2006; Ostro *et al.*, 2011).

Pikaajalist mõju liiklusest tekkivale tahmale on seostatud juba ammu tervisekaebustega ja ka kardiovaskulaarsete haigustega (Brunekreef *et al.*, 2009). On leitud kindlad markerid nagu C-reaktiivne valk, mida on kasutatud seostamiseks südamehaigustega ja maanteetranspordist tekkivate osakestega (Hennig *et al.*, 2014). Isegi madalatel kontsentratsioonidel võivad need põhjustada südamehaigusi (Cesaroni *et al.*, 2014).

Oluline maanteetranspordist tekkiva õhusaaste indikaator on ka elamine tiheda liiklusega tänava ääres ja uuringud on näidanud suuremat risk hingamisteede ja südamehaiguste tekkeks (Nuvolone *et al.*, 2011; Orru *et al.*, 2011; Pindus *et al.*, 2013).

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida olmekütmisest ja maanteetranspordist (v.a gaasi kasutavad ja elektrimootoriga sõidukid) pärinevate osakeste seost hingamisteede ja südamehaigustega Tartu linnas „Hingamisteed ja tervis II ja III“ küsimustikele vastajate seas.

METOODIKA

Andmed

Antud uurimistöös kasutati läbilõikelise postküsimustiku „Hingamisteed ja tervis II ja III“ kõigi seitsme keskuse kontrollitud koondandmebaasi (läbiviidud Tartus aastatel 2000/2001 ja 2011/2012). Sealt eraldati andmed Tartu keskuse kohta ja neid kasutati käesolevas artiklis.

2011/2012 aastal saadeti küsimustik neile, kes olid vastanud küsimustikule 2000/2001 aastal. Esimesele küsimustikule vastas 1704, kellest 1528 inimesele oli võimalik modelleerida osakeste (fraktsioonis $<2,5 \mu\text{m}$ ja $<10 \mu\text{m}$) kontsentratsioonid. Teisele küsimustikule vastajatest oli võimalik modelleerida osakeste sisaldused 840 inimesele. Keskmise vanus esimesel korral oli 36 aastat ja 56,2% vastajatest olid naised ning teisel korral 49 aastat ja 58,1% vastajatest olid naised. 2000/2001 aastal esines vastajatel köha 40,9%-l (kõige kõrgem levimus), raskustunnet rinnus 16,9%-l ja südamehaigusi 12,1%-l.

2011/2012 uuringus esines köha 45,7%-l (kõige kõrgem levimus), raskustunnet rinnus 18,6%-l ja südamehaigusi 13,5%-l. Hüpertooniatõve esinemine oli samuti väga sage, 22,0%, mis on ca 10% suurem võrreldes esimese uuringuga. Küsimustikest valiti välja küsimused selliste tervisekaebuste kohta nagu hingeldus, köha, allergiline riniit, astma, raskustunne rinnus, õhupuudus, südamehaigused ja hüpertooniatõbi.

Õhusaaste mõju hindamine ja sidumine elanike asukohaga

Selleks, et eristada erinevatest allikatest pärit osakesi, kasutati õhusaaste hajuvusmudelit AirViro, mis oli eelnevalt valideeritud tuginedes Tartu õhusaaste mõõtmisandmetele. Aasta keskmised kontsentratsioonid arvutati 200x200 mee-

trises võrgustikus. Kohtküttest pärit osakesi modelleeriti fraktsioonis $<2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\text{PM}_{2.5}$). Liikluse puhul valiti $<10,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{10}); seda põhjusel, et antud fraktsioonis sisaldub ka teetolm (jämedateralised peened osakesed $2,5-10,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\text{PM}_{2.5-10}$)). Teetolm moodustab maanteetranspordist pärit osakeste massist olulise osa.

GIS programmi ArcGIS kasutati selleks, et kogu Tartu linnale modelleeritud osakeste kontsentratsioonide kaardilt omistada punktidele (küsimustikele vastajate kodused aadressid) osakeste kontsentratsioonid.

Statistiline analüüs

Osakeste ja isiklikult vastatud tervisekaebuste vahelist seost uuriti statistilises programmis Stata mitme logistilise regressioonanalüüsi abil. Et vähendada teiste tegurite mõju, kohandati mudel soole, vanusele, kehamassindeksile, haridusele ja suitsetamisele. Elanikele omistatud osakeste kontsentratsioonide põhjal arvutati kvartiilide vahemiku (esimene vs kolmas kvartiil) väärtused ning seda kasutati lõpliku šansside suhte arvutamisel. Selline arvutus tehti selleks, et leida seda, kui kvartiilide vahemiku võrra suureneb personaalne kontsentratsioon, siis kui palju suureneb šansside suhe (tõenäosus haigestuda).

Šansside suhe (*odds ratio, OR*) – näitaja, millega võrreldakse šansse kahes populatsioonis (eksponeeritudel ja mitteeksponeeritudel).

Töö autor osales 2011/2012 aasta küsimustiku läbiviimisel ja andmete kogumisel. Õhusaaste modelleerimisi autor ei teostanud, kuid töötles neid andmeid hiljem GIS programmis. Autor teostas iseseisvalt statistilise analüüsi kasutades kontrollitud keskusteülest andmebaasi.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

Keskmine aastane kohtküttest tekkivate ülipeente osakeste ($\text{PM}_{2.5}$) kontsentratsioon vastajatel mõlemal uuringu aastal oli ligikaudu $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Liiklusest pärit peente osakeste keskmine kontsentratsioon esimesele uuringule vastajatel oli $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja teises uuringule vastajatel $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Üleüldised maksimumkontsentratsioonid Tartus 2000 vs 2011 olid ahiküttel $4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (kasutati 2011 ja 2000

samu modelleerimise andmeid) ja 13,8/15,5 $\mu\text{g}/\text{m}_3$ 2000/2001 tulemuste põhjal võib järelda, et kuna elanikud olid sellel aastal koondunud rohkem kesklinna piirkonda, kus domineeris olmekütmine, siis 55%-l vastajatest ilmnes suurem risk kokkupuutel osakestega tunda rinnus raskustunnet (Tabel 1). Esimene märgatav reaktsioon inimestel kokkupuutes kõrge õhusaastega on tavaliselt köhimine. Sealt edasi tekivad juba tõsisemad tervisekaebused. Sellise haiguse nagu raskustunne rinnus tekkimine eeldab pikaaegset kokkupuudet kas siis kõrge või madala saastetasemega. Seega oli antud tulemus mõnevõrra oodatav.

Liikluse puhul eeldatud seost südamehaigustega ei leitud ja tuginedes õhusaaste modelleerimisandmetele, siis suuremad kontsentratsioonid olid põhitänavate kohal; valdav enamus vastajate elukohti asusid magistraalidest kaugemal.

	Olmekütmine, $PM_{2.5}$	Liiklus, PM_{10}
Vilinat rinnus	1,22 (0,94–1,59)	1,08 (0,93–1,26)
Köha	*1,23 (1,04–1,47)	1,06 (0,96–1,18)
Allergiline riniit	1,14 (0,90–1,43)	1,03 (0,88–1,19)
Astma	1,51 (0,83–2,74)	0,73 (0,45–1,17)
Raskustunne rinnus	1,04 (0,83–1,30)	0,99 (0,86–1,14)
Õhupuudus	1,04 (0,79–1,36)	1,12 (0,96–1,30)
Südamehaigused	0,98 (0,75–1,27)	1,12 (0,96–1,30)
Hüpertooniatõbi	1,07 (0,82–1,41)	1,05 (0,89–1,23)

Logistiline regressioon kohandati soole, vanusele, kehamassiindeksile, suitsetamisele (praegune suitsetaja, endine suitsetaja <10 aastat tagasi ja mittedsuitsetaja ≥ 10 aastat tagasi) ja passiivsele suitsetamisele kodus. * $p < 0,05$

TABEL 1. Šanss haigestuda hingamisteede ja südamehaigustesse kokkupuutel osakestega 2000. aastal.

2000/2001 tulemuste põhjal ilmnes statistiliselt oluline seos olmekütmisest päri-
nevate ülipeente osakeste ja köha vahel (Tabel 1). Samas kui 2011/2012 aastal
see seos statistiliselt oluliseks ei jäänud (Tabel 2). Niisamuti ei ilmnenud seoseid
teiste hingamisteede kaebustega. Põhjuseks võiks siin olla olmekütmise osakaa-
lu teatav vähenemine, osa küttekollete muutumine põlemise seisukohast efek-
tiivsemaks ja vähem saastavaks, kui ka inimeste kolimine vähem saastavamatesse
piirkondadesse (kui sul on köha, kolida ära ahiküttega piirkonnast).

2011/2012 tulemuste põhjal leiti statistiliselt oluline seos osakeste ja südame-
haigustega (50% suurem risk haigestuda) (Tabel 2). Samas 2000/2001. aastal sel-
list seost ei ilmnenud (Tabel 1). Tuginedes õhusaaste modelleerimisandmetele,
olid 2011. aastal liiklusest pärit osakeste sisaldused välisõhus veidi suuremad
võrreldes 2000. aastaga. 2011. aastal suurenes osadel põhitänavatel ja kõr-
valtänavatel liikluskoormus ja seeläbi olid ka kõrgemad saastetasemed. Suurem

	Olmekütmine, $PM_{2.5}$	Liiklus, PM_{10}
Vilinat rinnus	1,26 (0,82–1,93)	1,00 (0,72–1,37)
Köha	1,08 (0,79–1,47)	1,05 (0,83–1,34)
Allergiline riniit	0,78 (0,50–1,21)	1,15 (0,81–1,62)
Astma	0,84 (0,40–1,75)	0,90 (0,48–1,68)
Raskustunne	1,09 (0,75–1,61)	1,16 (0,87–1,54)
Õhupuudus	1,14 (0,75–1,75)	1,23 (0,90–1,69)
Südamehaigused	1,27 (0,82–1,97)	*1,50 (1,10–2,06)
Hüpertooniatõbi	1,02 (0,69–1,51)	1,08 (0,80–1,45)

Logistiline regressioon kohandati soole, vanusele, kehamassiindeksile,
suitsetamisele (praegune suitsetaja, endine suitsetaja <10 aastat tagasi ja
mittesuitsetaja ≥ 10 aastat tagasi), passiivsele suitsetamisele kodus
ja haridusele. *p<0,05

**TABEL 2. Šanss haigestuda hingamisteede ja südamehaigustesse kokkupuutel osakestega
2011. aastal.**

oli nii sõidukite arvu kui ka õhusaaste sisaldused äärelinnas. Liiklusest tulenevate osakeste mõju südamehaigustele on näidanud Tartus ka varasemalt (Orru et al., 2009) ja teistes riikides läbiviidud uuringutes (Hoek et al., 2013).

Kuigi seos erinevatest allikatest pärinevate osakeste erineva tervisemõju kohta on nõrk (seosed ilmnesid vaid ühel uuringuaastal, mitte aga teisel) – andis antud töö teatava indikatsiooni, et olmekütmisest pärinevad osakesed võiksid olla seotud enam hingamisteede kaebustega nagu köha ja liiklusest pärinevad osakesed südamehaigustega. Põhjuseks võiks olla nende osakeste erinevad keemilised omadused: on arvatud, et olmekütmise osakesed on hüdrofiilsemad ning neid peetakse ülemistes hingamisteedes mõnevõrra rohkem kinni (hingamisteede ärritus ja köha) ning hüdrofoobsemad liiklusest pärinevad osakesed jõuavad sügavale hingamisteedesse (kopsu alveoolidesse) ja sealt kaudu vereringesse.

KASUTATUD KIRJANDUS

Artiklid

Brunekreef B, Beelen R, Hoek G, Schouten L, Bausch-Goldbohm S, Fischer P, Armstrong B, Hughes E, Jerrett M, van den Brandt P. 2009. Effects of Long-Term Exposure to Traffic-Related Air Pollution on Respiratory and Cardiovascular Mortality in the Netherlands: The NLCS-AIR Study. *Res. Rep. Health Eff. Inst.* 139: 5–71; discussion 73–89.

Cesaroni G, Forastiere F, Stafoggia M, Andersen ZJ, Badaloni C, Beelen R, Caracciolo B, de Faire U, Erbel R, Eriksen KT, et al. 2014. Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ* 348:f7412.

Forsberg B, Hansson HC, Johansson C, Areskoug H, Persson K, Järholm BG. 2005. Comparative health impact assessment of local and regional particulate air pollutants in Scandinavia. *AMBIO* 34(1): 11–19.

Hennig F, Fuks K, Moebus S, Weinmayr G, Memmesheimer M, Jakobs H, Bröcker-Preuss M, Führer-Sakel D, Möhlenkamp S, Erbel R, et al. 2014. Association between source-specific particulate matter air pollution and hs-CRP: local traffic and industrial emissions. *Environ Health Perspect* 122(7): 703-710.

Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, Peters A, Ostro B, Brunekreef B, Kaufman JD. 2013. Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. *Environ Health* 12(1).

Ito K, Christensen WF, Eatough DJ, Henry RC, Kim E, Laden F, Lall R, Larson TV, Neas L, Hopke PK, et al. 2006. PM source apportionment and health effects: 2. An investigation of intermethod variability in associations between source-apportioned fine particle mass and daily mortality in Washington, DC. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 16(4): 300–310.

Kaasik M, Orru H, Tekkel E, Vals P 2007. Situation and tendencies in air quality in a north European medium-sized town. In Sokhi R, Neophytou M. Abstracts of the 6th International Conference on Urban Air Quality. 27–29 March Larnaca. 212.

Kelly FJ, Fussell JC. 2012. Size, source and chemical composition as determinants of toxicity attributable to ambient particulate matter. *Atmos Environ* 60: 504–526.

Kocbach Bølling A, Pagels J, Yttri KE, Barregard L, Sallsten G, Schwarze PE, Boman C. 2009. Health effects of residential wood smoke particles: the importance of combustion conditions and physicochemical particle properties. *Part Fibre Toxicol* 6(29).

Nuvolone D, Della Maggiore R, Maio S, Fresco R, Baldacci S, Carrozzi L, Pistelli F, Viegi G. 2011. Geographical information system and environmental epidemiology: a cross-sectional spatial analysis of the effects of traffic-related air pollution on population respiratory health. *Environ. Health* 10: 12.

Orru H, Jogi R, Kaasik M, Forsberg B. 2009. Chronic Traffic-Induced PM Exposure and Self-Reported Respiratory and Cardiovascular Health in the RHINE Tartu Cohort. *Int J Environ Res Public Health* 6(11): 2740–2751.

Orru H, Kaasik M, Antov D, Forsberg B. 2008. Evolution of traffic flows and traffic-induced air pollution due to structural changes and development during 1993–2006 in Tartu (Estonia). *Balt. J. Road Bridge Eng.* 3(4): 206–212.

Orru H, Kimmel V, Kikas U, Soon A, Künzli N, Schins RPF, Borm PJA, Forsberg B. 2010. Elemental composition and oxidative properties of PM_{2.5} in Estonia in relation to origin of air masses – results from the ECRHS II in Tartu. *Sci. Total Environ.* 408(7): 1515–1522.

Orru H, Maasikmets M, Lai T, Tamm T, Kaasik M, Kimmel V, Orru K, Merisalu E, Forsberg B. 2011. Health impacts of particulate matter in five major Estonian towns: main sources of exposure and local differences. *Air Qual. Atmos. Health* 4(3–4): 247–258.

Ostro B, Tobias A, Querol X, Alastuey A, Amato F, Pey J, Perez N, Sunyer J. 2011. The effects of particulate matter sources on daily mortality: a case-crossover study of Barcelona, Spain. *Environ Health Perspect* 119(12): 1781–1787.

Pindus M, Orru H. 2013. Proximity of busy road increases the prevalence of heart disease – results from RHINE Tartu cohort. *Environ Health Persp*, special issue on ISEE-ISES-ISEAQ conference abstracts.

Pope CA, Dockery DW. 2006. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air & Waste Manage Assoc* 56(6): 709–742.

Rückerl R, Schneider A, Breitner S, Cyrys J, Peters A. 2011. Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhal Toxicol* 23(10): 555–592.

Saarikoski S, Sillanpaa MK, Saarnio KM, Hillamo RE, Pennanen AS, Salonen RO. 2008. Impact of Biomass Combustion on Urban Fine Particulate Matter in Central and Northern Europe. *Water Air Soil Pollut* 191(1–4): 265–277.

Yttri KE, Dye C, Braathen OA, Simpson D, Steinnes E. 2009. Carbonaceous aerosols in Norwegian urban areas. *Atmos Chem Phys* 9(6): 2007–2020.

Veebilehed

Välisõhus saastatuse taseme piir- ja sihtväärtused, saasteaine sisalduse muud piirnormid ning nende saavutamise tähtajad. (2011). – Riigi Teataja I, 12.07.2011, 3.



**STRESSI MÕJU DOPAMIINI TASEMELE
NAALDUVA TUUMA KESTAS KÕRGE
JA MADALA POSITIIVSE
AFEKTIIVSUSEGA ROTTIDEL**

Kai Tiitsaar

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Depressioon on raske haigus, mida iseloomustab alanenud meeleolu, huvi ja elurõõmu kadumine ning energia vähenemine (WHO, 1992). Haigus on pikaajaline ning korduvate episoodidega, olles suureks koormaks nii inimesele ja tema lähedastele kui kogu ühiskonnale. Depressiooni haigestumus on kogu maailmas kõrge ning seda eriti arenenud riikides, kusjuures haiguskoormus aasta-aastalt üha suureneb: tervisekaole kohandatud eluaastate järgi on depressioon Ameerikas ja Euroopas viimase aja kõige koormavam haigus (Üstün et al., 2004, Gustavsson et al., 2011). Samas ei ole praegused ravimeetodid efektiivsed, sest olemasolevaid ravimeid kasutades terveneb vaid 50% patsientidest (Warden et al., 2007). On selge, et sellised ühiskonnas toimuvad arengud ei ole jätkusuutlikud ning inimeste tervise hoidmiseks tuleb depressiooniga jõulisemalt võidelda ja otsida selleks uusi lähenemisviise. Depressiooni neurobioloogiliste alusmehhanismide uurimine aitab mõista haiguse teket ja kulgu ning otsida paremaid võimalusi ennetuseks; samuti uusi ravimisihtmärke, mis aitaks sellest kiiremini ja efektiivsemalt võitu saada. Uudne lähenemine on aga uurida mehhanisme, mis haiguse eest kaitset pakuvad.

SISUKOKKUVÕTE

Longituuduuringud näitavad, et inimestel annab kõrgem positiivne afektiivsus kaitse depressiooni eest ning varasemad uuringud on näidanud, et ka rotid erinevad üksteisest oma emotsionaalsuse poolest. Noored rotid teevad müramist meenutava kõdistimulatsiooni peale 50 kHz häälightsusi, mida seostatakse hüvede ja positiivsete emotsioonidega. Neid häälightsusi saab kasutada individuaalsete erinevuste hindamiseks rottide emotsionaalsuses ning selle alusel loodud kõrge (HC) ja madala (LC) positiivse afektiivsusega grupid erinevad stressitundlikkuse poolest, kusjuures LC grupp on stressi mõjudele vastuvõtlikum. Selle eripära neurobioloogiliste aluste lähemaks uurimiseks mõõdeti naalduva tuuma kestas, mis on oluline ajupiirkond hüvede töötlemisel, rakuväliseid dopamiini tasemeid. Võrreldi stressi mõju HC ja LC loomade dopamiini baastasemetele ning virgatsaine vabanemisele, mis toimus vastusena K^+ -ioonide põhjustatud depolarisatsioonile. Stress vähendas oluliselt LC loomade dopamiini baastaset ning depolarisatsiooni järgselt ilmnes stressi ja emotsionaalsuse interaktsioon, kus stressi mõju erineva afektiivsusega

loomadele oli vastupidine. Seega kõrge ja madala positiivse afektiivsusega loomadel on naalduva tuuma kesta rakuväline dopamiini tase erinevalt reguleeritud ning sellel võib olla oma roll nende loomade erineval stressitundlikkusel.

SISSEJUHATUS

Depressiooni olulisteks põhjusteks on ühelt poolt eelsoodumus ja teisalt stress (Kendler et al., 1999) ning seetõttu kasutatakse depressiooni loomkatsemudelitel puhul erinevaid stressirežiime (Anisman & Matheson, 2005). Üks meetoditest on krooniline varieeruv stress (CVS, chronic variable stress): protseduur, mille jooksul esitatakse loomale mõne nädala vältel igapäevaselt erinevaid mõõdukalt ebameeldivaid stressoreid, imiteerides sel moel inimeste igapäevase stressi mõju. Kuigi režiimid võivad stressorite valiku ja kestuse poolest erineda, on üldine põhimõte kõigil sama: oluline on stressorite varieeruvus ja ennustamatus (Muscat & Willner, 1992). CVS-i peamiseks tulemiks on anhedoonia – depressiooni üks tuumsümptomeid, mis avaldub vähenenud saharoosieelistuses ning on antidepressantide manustamisel pöörduv (Willner, 2005). Tavaliselt ilmneb ka teisi depressioonile viitavaid muutuseid, nagu vähenenud seksuaalne ja uudistav käitumine, vähenenud tundlikkus hüvedele, kaalulangus, unehäired ning vähenenud sugemine (Willner, 2005) ja seega saab looma seisundi hindamiseks kasutada mitut käitumuslikku ilmingut. Lisaks käitumuslikule depressioonile ilmnevad CVS-i tulemusena mitmed neurobioloogilised muutused, mis langevad kokku kliinilise depressiooni leidudega (Hill et al., 2012). Sellest tulenevalt on CVS sobilik meetod depressiooni neurobioloogiliste mehhanismide uurimiseks, hoolimata sellest, et käitumuslik tulem võib katseti varieeruda.

Positiivne afekt rottidel

Kuna depressiooni kujunemisel on lisaks stressile oluline ka haavatavus, siis tuleb seda loommudelil arvesse võtta. Teisalt saab stressi toimele vastupidavamate loomade abil selgitada depressiooni tekke eest kaitsvaid mehhanisme. Üheks niisuguseks omaduseks on positiivne afekt: longituuduuringud näitavad, et inimestel annab kõrgem positiivne afektiivsus kaitse depressiooni ja ärevushäirete eest ning hea üldise tervise, rahulolu suhetega ning pikema eluea

(Lyubomirsky et al., 2005). Rottide positiivset emotsionaalsust on võimalik uurida 50 kHz hääliitsuste ehk kudinate abil, kuna neid ja inimeste positiivset afekti kutsuvad esile sarnased stiimulid ja neil on homoloogilised neuroanatomilised ja -keemilised alused (Burgdorf et al., 2011). Kudinaid kutsuvad esile näiteks müramine, paaritumine ja erinevad psühhoaktiivsed ained (Burgdorf & Panksepp, 2006). Ebameeldivad stiimulid, nagu ere valgus, kiskjate lõhnad, sotsiaalne allutamine, frustratsioon ja elektrišokk vähendavad hedoonilisi ultrahelihääliitsusi ning samal ajal suurendavad 22 kHz ehk stressihääliitsuste hulka (Panksepp & Burgdorf, 2000).

Kõdistamine, mis olemuselt on rotile müramist meenutav turja, selja ja kõhu manuaalne stimuleerimine, on looma jaoks meeldiv ning selle nimel on nad nõus õppima kangile vajutama ja labürinte läbima. Esile toodud kudinate hulk korreleerub stimulatsiooni meeldivusega (Panksepp & Burgdorf, 2000; Burgdorf & Panksepp, 2001), kinnitades veelgi enam, et kudinat mitte ainult ei näita positiivset afekti, vaid ka selle kogemuse intensiivsust või subjektiivset meeldivust. Schwarting et al. (2007) leidsid, et kudisemine on küll indiviidi varieeruv ning sõltub situatsioonist, kuid on ühe looma puhul suhteliselt stabiilne ning võib olla seadumuslik ja geneetilist päritolu omadus. Pärilikkust kinnitab ka asjaolu, et loomi on võimalik aretada nelja põlvkonna jooksul palju- ja vähekudisevateks liinideks (Panksepp & Burgdorf, 2000).

Stressi mõju kõrge ja madala positiivse afektiivsusega loomadele

Üksikmajutuses elava noorlooma igapäevasel kõdistamisel kujuneb kahe nädala jooksul välja talle iseloomulik reageerimise viis, mis on püsiv ka täiskasvanueas (Mällo et al., 2007b). 50 kHz hääliitsuste stabiilsus ja küllalt suur hulk võimaldab selle alusel loomi madala ja kõrge positiivse afektiivsusega gruppidesse jaotada, vastavalt LC (low-chirping) ja HC (high-chirping) ning selliselt tekkinud gruppide vahel ilmnevad olulised erinevused käitumises ja stressitundlikkuses, kusjuures kõige haavatavamad on LC isased rotid (Mällo et al., 2009). Neil ilmneb stressi mõjul HC loomadest varasem kaaluibe vähenemine, suureneb 22 kHz hääliitsuste hulk kõdistimulatsioonile, väheneb sahharoosilahuse eelistamine ning suureneb immobiilsus sundujumiskatses; isaste LC rottide suurem stressitundlikkus avaldub ka aju metaboolses aktiivsuses: tsütokroomi c oksüdaasi aktiivsus

tõusis mandelkehas, hipokampuses ning eesmistes taalamuse tuumades (Mällo et al., 2009). Lisaks on Raudkivi et al. (2012) leidnud, et pärast stressi on LC isaste loomade kortikosterooni tase veres oluliselt tõusnud, samas kui HC loomadel see eriti ei muutunud. Seega on LC loomad stressi mõjule vastuvõtlikumad samas kui HC rotid on resilentsed. Järelikult on HC/LC mudel sobilik uurimaks, kuidas kõrgem positiivne afektiivsus depressiooni eest kaitseb.

Naalduva tuuma kest

Naalduv tuum on osa mesolimbilisest süsteemist, mis saab dopamiinergilise sisendi keskaju neuronite rühmadest A8–A10. Erinevate uurimistulemuste põhjal on leitud, et just naalduva tuuma kesta dopamiinergiline aktiivsus on oluline positiivse afekti tekitamiseks ja selle säilitamiseks (Alcaro et al., 2007). Stressi tagajärjel toimuvaid muutusi naalduvas tuumas on seostatud depressiooniga ning selle kohta on tõendeid nii inimestelt kui loomadelt. Arvatakse, et depressiooniga kaasnev vähenenud motivatsioon ja huvi naudingute vastu tuleneb mesolimbilise dopamiinisüsteemi funktsioneerimise häirest (Chau et al., 2004; Nutt et al., 2006). Samuti on leitud, et antidepressantide manustamisel on muutused naalduvas tuumas, sh dopamiinisüsteemis osaliselt pööratavad, mistõttu on põhjust oletada, et need on depressiooni patofüsioloogias olulised (Shirayama & Chaki, 2006). Seega, naalduva tuuma dopamiinil on stressile reageerimisel oluline roll, kuid ei ole teada, kas krooniline stress avaldab sama-sugust mõju erineva emotsionaalsusega rottidele.

Arvestades naalduva tuuma olulist rolli positiivses emotsionaalsuses ja stressile reageerimises ning HC/LC loomade erinevat stressitundlikkust, võib oletada, et kõrge ja madala positiivse afektiivsusega rottidel on naalduva tuuma dopamiini tasemed erinevalt reguleeritud ning stressi mõju ei ole neile ühesugune. Töö eesmärk on selgitada, millised muutused toimuvad isaste HC ja LC loomade naalduva tuuma kesta dopamiini vabanemises kroonilise muutliku stressi toimetel.

METOODIKA

Katsesse võeti 56 isast kohapeal kasvatatud Wistari liini noorloomade, kes võõrutati 21 päeva vanusena ning majutati üksikult. Nende eluruum oli kontrollitud valguse (valge aeg 08:00–20:00) ja temperatuuriga (19–21 °C) vivaarium; joogivesi ning söök olid vabalt kättesaadavad. Kõdistamine algas võõrutamisele järgneval päeval ning kestis 14 päeva, iga päev üks 2-minutiline sessioon. Kõdistamise protseduuri viidi läbi sarnaselt varasema katsega (Mällo et al., 2007b). Looma poolt esile toodud häälitsused salvestati ning analüüsiti programmiga Avisoft SASLab Pro. Selle abil koostati spektrogramm ning automaatskoorimise abil loeti spektrogrammilt kokku stimulatsiooni ajal (st neli 15 s pikkust lõiku) esile kutsutud häälitsused, müra kustutati manuaalselt. 50 kHz häälitsusteks loeti helid, mis olid kõrgema sagedusega kui 38 kHz; stressihäälitsusi loomad ei teinud. Rotid jagati mediaani alusel kahte gruppi vastavalt 12.–14. päeval esile toodud 50 kHz häälitsuste keskmisele arvule.

Kolm nädalat pärast kõdistamise lõppu majutati loomad nelja kaupa. Kui loomad said 11 nädala vanuseks, algas 3 nädalat kestev stressirežiim, mille jooksul toimus kolm kaalumist. Iga päev esitati üks stressor, kokku oli kuus lühikest ning viis pikka erinevat stressorit, millest igaüks esines maksimaalselt üks kord nädalas, lühikesed ja pikad stressorid esitati vaheldumisi. Stressorite esitamine toimus valgel ajal (va pikad stressorid). Stressorid olid valitud sarnaselt varasema katsega (Mällo et al., 2009). Et loomi mikrodialüüsi eel võimalikult vähe mõjutada, ei tehtud käitumiskatseid.

Järgmisel päeval tehti operatsioon mikrodialüüsi sondi paigaldamiseks. Loomad anesteseeriti ketamiini ja medetomidini kombineeritud lahusega (vastavalt 45 mg/kg ja 0,3 mg/kg, kõhuõonesiseselt). Operatsioon toimus Kopfi stereotaktilise raami abil ja 20° nurga all suunati sond vasaku ajupoolkera naalduva tuuma kesta (AP: 1,7 mm, ML: -2 mm, DV: -8,0 mm (Paxinos & Watson, 2007)). Isevalmistatud Y-kujuliste sondide pikkus oli 8,0 mm ja aktiivmembraani pikkus 1,5 mm, sondide valmistamine ja kinnitamine toimus sarnaselt varasema tööga (Raudkivi et al., 2012). Operatsioonijärgselt manustati haava servadesse infiltratsiooni teel 1% lidokaiini ja pandi rotid üksikpuuridesse taastuma. Sondide valmistamise ja operatsiooni eest vastutas kaasautor.

Operatsioonile järgneval päeval toimus ärkvel ja puuris vabalt liikuvatel loomadel mikrodialüüsikatse. Loom ühendati mikrodialüüsi süsteemi ning alustati vooluta-

mist Ringeri lahusega kiirusel 1,5 $\mu\text{L}/\text{min}$. Pärast süsteemi stabiliseerumist alustati proovide kogumist (igaüht 20 min) jahutusega (4 °C) kollektoritesse. Esimesed 4 proovi võeti baastasemete määramiseks. Järgmiseks voolutati sondi tund aega 50 mM KCl lahusega (proovid 5-7) ning pärast seda voolutati uuesti Ringeri lahusega ning koguti proovid 8-12. KCl põhjustab närvierutust imiteerides depolarisatsiooni ja seda kasutati dopamiini vabastamiseks. Depolarisatsiooni tekitamiseks sobilik kontsentratsioon on valitud varasemate tööde järgi (Kersanté et al., 2013). Kohe pärast kogumist jagati dialüsaat (30 μl) kaheks; 22,5 μl dopamiini proovi hulka lisati koheselt 6,5 μl (0,02 nM) äädihkapet monoamiinide lagunemise ärahoidmiseks. Proovid säilitati edasise töötluseni -80 °C juures. Pärast katse lõppu määrati sondi täpne asukoht ning HPLC süsteemi abil mõõdeti dopamiini sisaldus dialüsaatides sarnaselt varasema katsega (Mällo et al., 2007a). Lisaks arvutati piigialused pindalad kogu vabanenud dopamiini hulga võrdlemiseks. Tulemuste analüüsi kaasati vaid korrektse sondi asetusega katseloomad, keda oli 32. Mikrodialüüsi süsteemi ülesseadmise, toimimise ja hilisema dialüsaatide analüüsi eest hoolitses kaasautor.

Kehakaalu ning mikrodialüüsi andmete analüüsimiseks kasutati kahefaktorilist kordusmõõtmistega ANOVAt, piigi pindalade võrdlemiseks 2-faktorilist ANOVAt. Kus võimalik, kasutati *post hoc* testina Fisheri PLSD testi. Statistilise olulisuse nivooks võeti 0,05. Analüüsist on välja jäetud 4 looma, kuna nende mõõtmistulemused kolmes proovis olid teistest väärtustest oluliselt suuremad (keskmisest üle kolme standardhälbe kõrgemad). Artikli autori ülesandeks oli katse planeerimine, loomade kōdistamine, kōdihäälitsuste lugemine, stressirežiimi läbiviimine, assisteerimine mikrodialüüsi katse juures, sondi lokaliseerimise määramine, tulemuste analüüs ja tõlgendamine.

Katseloa väljastas Põllumajandusministeeriumi loomkatseprojekti loakomisjon (katseluba nr 7.2-11/10).

TULEMUSED JA ANALÜÜS

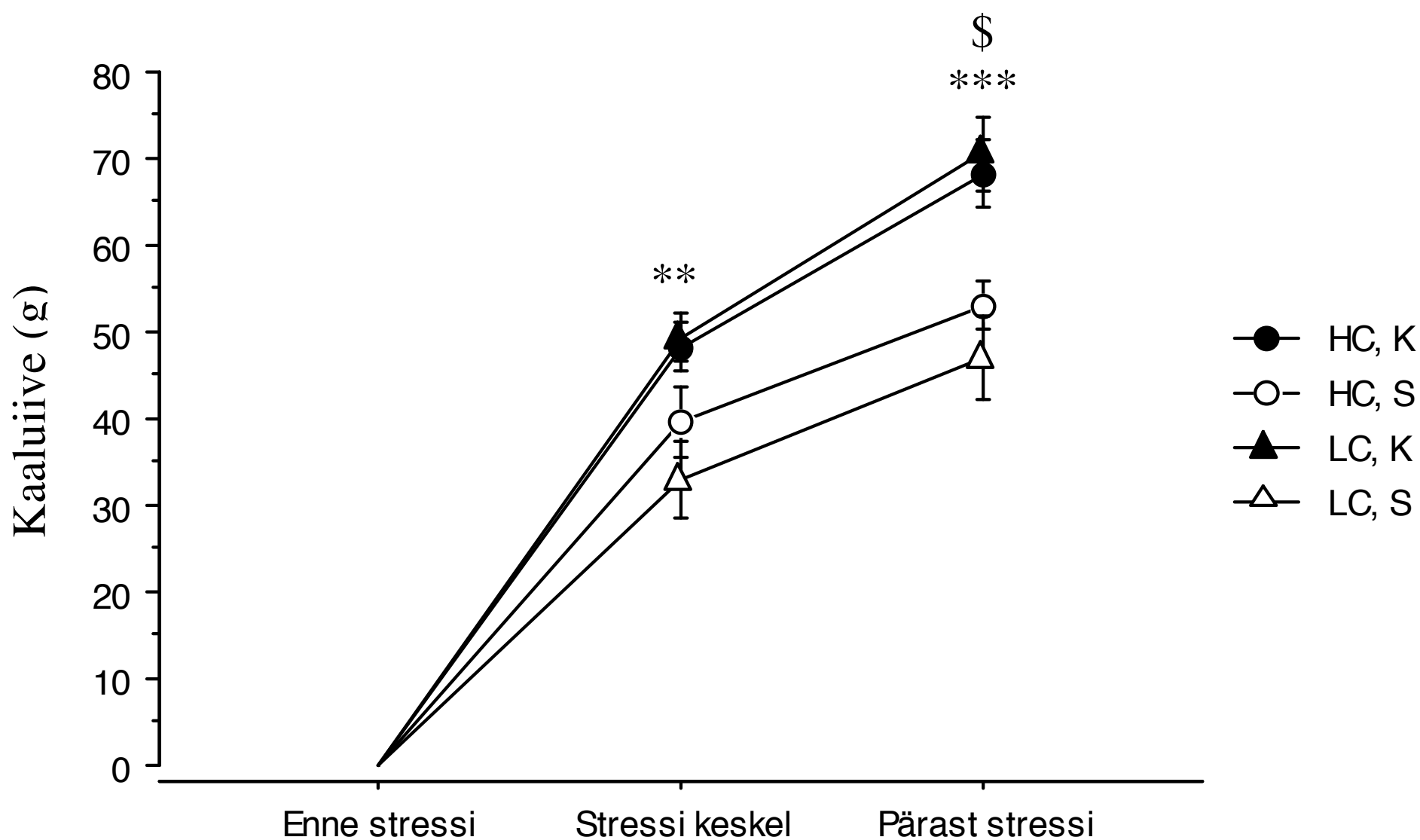
Kehakaalumuutused

Stress vähendas oluliselt kaaluiivet (Joonis 1) nii HC kui LC grupis (stressi ja kordusmõõtmiste interaktsioon $F(2,60) = 17,5; p < 0,001$). *Post hoc* test näitas, et LC grupis avaldus stressi mõju varem ning erinevus kontrollgrupist ilmnes juba stressirežiimi keskel ($p < 0,01$).

Kaaluiibe vähenemine stressi toimetel kinnitab stressirežiimi efektiivsust (Harro et al., 2001). Stressi efekti varasem ilmumine ja märgatavam mõju LC grupis on kooskõlas eelnevate leidudega samas mudelis. Nimelt leidsid ka Raudkivi et al. (2012) ning Mällo et al. (2009), et LC grupil on stressi korral võrreldes HC loomadega väiksem kaalukasv. See näitab, et HC ja LC loomad olid erineva stressitundlikkusega ka käesolevas uurimuses.

Dopamiini vabanemine

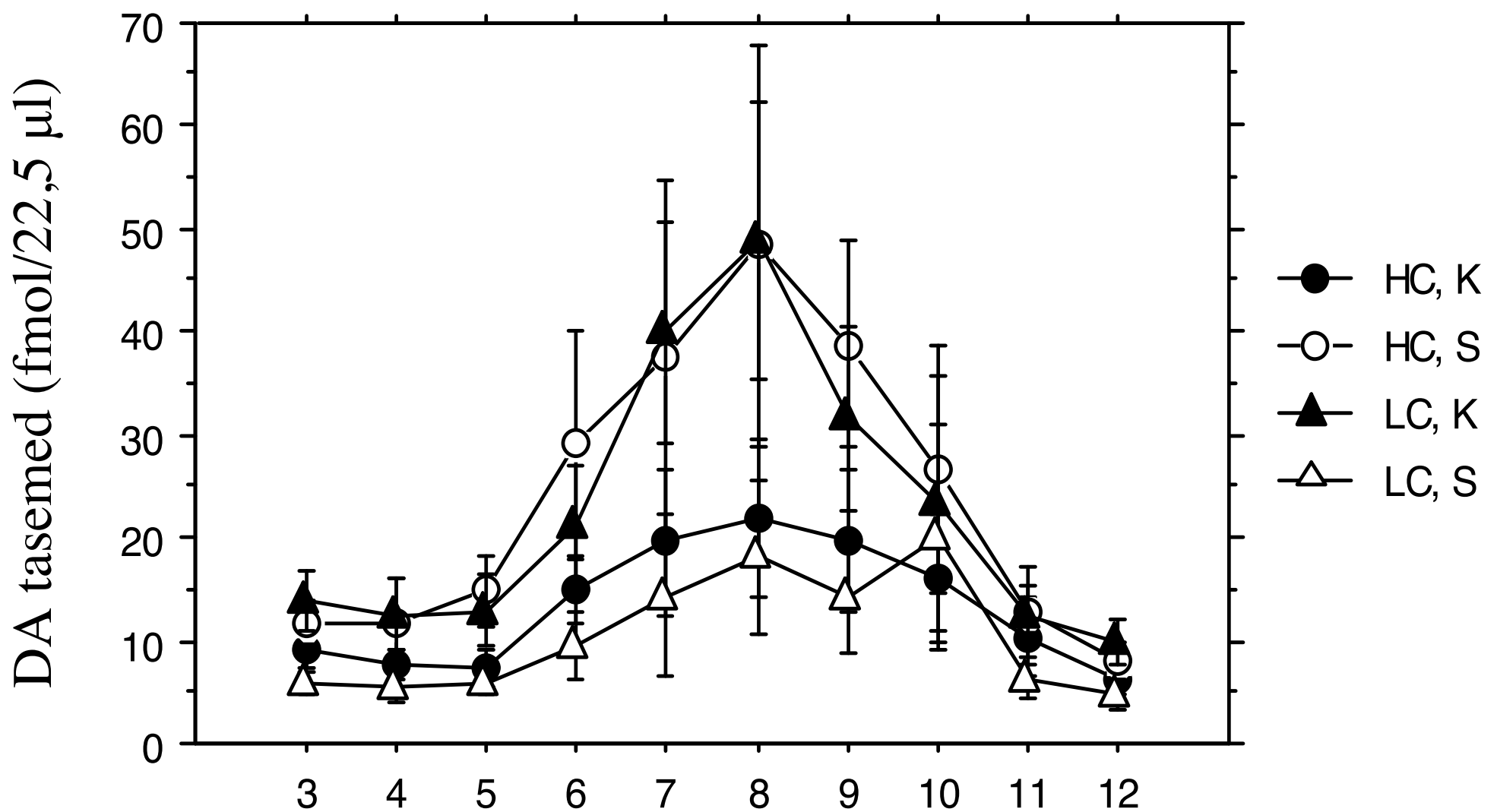
Dopamiini baastasemeks on proovide 2-4 keskmine. Baastasemed olid gruppide kaupa järgmised (keskmine \pm SEM): HC kontrollidel ($n=8$) $9,03 \pm 1,95$ fmol/22,5 μ l, LC kontrollidel ($n=8$) $15,56 \pm 3,25$ fmol/22,5 μ l, HC stressiloomadel ($n=8$) $12,79 \pm 3,00$ fmol/22,5 μ l ning LC stressiloomadel ($n=6$) $6,07 \pm 0,91$ fmol/22,5 μ l. Dopamiini baastasemed on katsegruppides oluliselt erinevad (stressi ja afektiivsuse interaktsioon [$F(1,26) = 6,30; p < 0,05$]). LC kontrollloomade baastase on HC kontrolliga võrreldes veidi kõrgem ($p = 0,08$), kuid stressi mõjul see oluliselt väheneb (LC stress vs LC kontroll $p < 0,05$), samas kui HC loomade dopamiini baastase märgatavalt ei muutu ($p = 0,3$).



JOONIS 1. Kaaluiive stressirežiimi jooksul, keskmine \pm SEM. LC stress vs LC kontroll: ** $p < 0,01$; * $p < 0,001$ ja HC stress vs HC kontroll: \$ $p < 0,05$**

Ka varasemalt on leitud, et kroonilise stressi tagajärjel vähenevad rakuvälised dopamiini baastasemed, kusjuures nende muutustega kaasnevad ka depressioonilaadse käitumise ilmingud (Gambarana et al., 1999; Mangiavacchi et al., 2001; Scheggi et al., 2002). Kuna varasemast on teada, et LC loomadel kujuneb stressi järel välja depressioonilaadne käitumine ning HC loomadel mitte (Mällo et al., 2009), siis võib arvata, et tegemist on depressiooni patofüsioloogia seisukohast olulise muutusega. Asjaolu, et kõrgem positiivne afekt ka dopamiini baastaseme languse ära hoiab, on uus teadmine ja viitab resilientsusel neurofüsioloogilisel tasandil.

Depolarisatsioonil on dopamiini tasemetes näha olulised muutused (Joonis 2). Proovide 3-12 puhul ilmnes interaktsioon (kordusmõõtmised \times stress \times afektiivsus [$F(9,234) = 1,98$; $p < 0,05$]). KCl manustamisele järgnenud piikide pindalade ehk kogu vabanenud neurotransmitteri hulkade võrdlemisel saab sama tulemuse: ka siin on oluline mõju stressi ja kudisemise interaktsioonil $F(1,26) = 4,24$; $p < 0,05$. Dopamiini vabanemisele on stressi mõju HC ja LC loomadel erisuunaline: HC grupis suureneb ning LC grupis väheneb.



JOONIS 2. Ekstratsellulaarse dopamiini tasemed, keskmised \pm SEM. KCl manustamine proovide 5-7 ajal.

Stressi mõjul vähenenud dopamiini vabanemine on oodatav. Pärast kroonilist stressi ei mõju amfetamiin enam LC loomadele positiivset afekti esile kutsuvalt: erinevalt stressigrupi HC loomadest ei too nad amfetamiini manustamisel enam esile 50 kHz häämitsusi (Vares, 2013). Pärast kroonilist stressi on täheldatud ka kokaiini manustamisest tingitud dopamiini vähenenud vabanemist (Mangiavacchi et al., 2001; Scheggi et al., 2002). Seega aitavad praegused tulemused seletada LC loomade käitumises ilmnenud eripärasid.

Dopamiini vähene vabanemine depolarisatsiooni mõjul HC kontroll-loomadest ning suurenenud vabanemine stressi toimetel näib esmapilgul seniseid teadmisi arvestades paradoksaalne. Kuigi HC kontroll-loomade depolarisatsioonist tingitud dopamiini vabanemine on sarnasel tasemel LC stressiloomade omaga, ei esine neil käitumuslikult samu puudujääke (Mällo et al., 2009). See tähendab, et käitumusliku erinevuse põhjus ei ole ainult dopamiini vabanemises. Võimalik, et HC loomadest on suurem dopamiinireseptorite hulk või kõrgem affiinsus ning selle kontrollimiseks tuleks teha edasisi analüüse. Need võiks tuua selgust ka HC loomade resilientsuse põhjustesse.

Stressi mõju kõrge ja madala positiivse afektiivsusega loomadele on erinev, mis väljendub nii käitumises kui ka erinevustes naalduva tuuma kesta dopamiini baastasemetes ja dopamiini stimuleeritud vabanemises, ning viitab stressi tugevamale mõjule madalama positiivse afektiivsusega loomadel. Vajab edasist uurimist, kuidas stress mõjutab dopamiini tagasihaaret ja retseptorite hulka, et seletada praeguste tulemuste ilmnemise tagamaid, eriti aga sarnasusi dopamiini vabanemises nende gruppide vahel, mis on käitumuslikult täiesti erinevad.

Praeguse töö tulemused näitavad selgelt individuaalsete erinevuste tähtsust patoloogia kujunemisel: erineva emotsionaalsusega loomad reageerivad samadele tingimustele käitumuslikult ja aju tasandil väga erinevalt. Positiivses afektiivsuses peituva potentsiaali uurimine loomudelite abil võiks tulevikus luua paremad võimalused depressiooni ennetamiseks ja raviks.

TÄNUSÕNAD

Siinkohal soovin avaldada tänu oma juhendajale Jaanus Harrole, kelle toel kogu töö võimalikuks sai. Samuti tänan Kadri Kõivu vastutusrikka ja täpsust nõudva töö – sondide opereerimise eest ning Karita Raudkivi, kes hoolitses keeruka mikrodialüüsi süsteemi toimimise ja proovide analüüsi eest.

KASUTATUD KIRJANDUS

Alcaro A, Huber R, Panksepp J. 2007. Behavioral functions of the mesolimbic dopaminergic system: An affective neuroethological perspective. *Brain Research Reviews* 56: 283-321.

Anisman H, Matheson K. 2005. Stress, depression, and anhedonia: Caveats concerning animal models. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 29: 525–546.

Burgdorf J, Panksepp J, Moskal JR. 2011. Frequency-modulated 50 kHz ultrasonic vocalizations: a tool for uncovering the molecular substrates of positive affect. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 35: 1831-1836.

Burgdorf J, Panksepp J. 2006. The neurobiology of positive emotions. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 30: 173-187.

Chau DT, Roth RM, Green AI. 2004. The neural circuitry of reward and its relevance to psychiatric disorders. *Current Psychiatry Reports*, 6: 391-399.

Gambarana C, Masi F, Tagliamonte A, Scheggi S, Ghiglieri O, De Montis MG. 1999. A chronic stress which impairs reactivity in rats also decreases dopaminergic transmission in the nucleus accumbens: a microdialysis study. *Journal of Neurochemistry* 72: 2039-2046.

Gustavsson A, Svensson M, Jacobi F, Allgulander C, Alonso J, Beghi E, ... Olesen, J. 2011. Cost of disorders of the brain in Europe 2010. *Eur Neuropsychopharmacology* 2110: 718-779.

Harro J, Tõnissaar M, Eller M, Kask A, Oreland L. 2001. Chronic variable stress and partial 5-HT denervation by parachloroamphetamine treatment in the rat: effects on behavior and monoamine neurochemistry. *Brain Research* 899: 227-239.

Hill MN, Hellems KGC, Verm P, Gorzalka BB, Weinberg J. 2012. Neurobiology of chronic mild stress: parallels to major depression. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 36: 2085-2117.

Kendler KS, Karkowski LM, Prescott CA. 1999. Casual relationship between stressful life events and the onset of major depression. *American Journal of Psychiatry* 156: 837-841.

Kersante F, Rowley SCS, Pavlov I, Gutierrez-Mecinas M, Semyanov A, Reul JM, ... Linthorst ACE. 2013. A functional role for both gamma-aminobutyric acid (GABA) transporter-1 and GABA transporter-3 in the modulation of extracellular

GABA and GABAergic tonic conductances in the rat hippocampus. *Journal of Physiology* 591: 2429-2441.

Lyubomirsky S, King L, Diener E. 2005. The benefits of frequent positive affect: does happiness lead to success? *Psychological Bulletin*, 131: 803-855.

Mällo T, Alttoa A, Kõiv K, Tõnissaar M, Eller M, Harro J. 2007a. Rats with persistently low or high exploratory activity: behaviour in tests of anxiety and depression, and extracellular levels of dopamine. *Behavioural Brain Research*, 177: 269-81.

Mällo T, Matrov D, Herm L, Kõiv K, Eller M, Rincken A, Harro J. 2007b. Tickling-induced 50-kHz ultrasonic vocalization is individually stable and predicts behaviour in tests of anxiety and depression in rats. *Behavioural Brain Research* 184: 57-71.

Mällo T, Matrov D, Kõiv K, Harro J. 2009. Effect of chronic stress on behavior and cerebral oxidative metabolism in rats with high or low positive affect. *Neuroscience*, 164: 963-974.

Mangiavacchi S, Masi F, Scheggi S, Leggio B, De Montis MG, Gambarana C. 2001. Long-term behavioral and neurochemical effects of chronic stress exposure in rats. *Journal of Neurochemistry* 79: 1113-1121.

Mora F, Segovia G, Del Arco A, de Blas M, Garrido P. 2012. Stress, neurotransmitters, corticosterone and body-brain integration. *Brain Research* 1476: 71-85.

Muscat R, Willner P. 1992. Suppression of sucrose drinking by chronic mild unpredictable stress: A methodological analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 16: 507-517.

Nutt, D, Demyttenaere K, Janka Z, Aarre T, Bourin M, Canonico PL, Carrasco JL, Stahl S. 2007. The other face of depression, reduced positive affect: the role of catecholamines in causation and cure. *Journal of Psychopharmacology* 21: 461-471.

Panksepp J, Burgdorf J. 2000. 50k-Hz chirping (laughter) in response to conditioned and unconditioned tickle-induced reward in rats: effects of social housing and genetic variables. *Behavioral Brain Research* 115: 25-38.

Paxinos G, Watson C. 2007. *The Rat Brain in Stereotaxic Coordinates*. London: Academic Press.

Raudkivi K, Mällo T, Harro J. 2012. Effect of chronic variable stress on corticosterone levels and hippocampal extracellular 5-HT in rats with persistent differences in positive affectivity. *Acta Neuropsychiatrica*, 24: 208-214.

Scheggi S, Leggio B, Masi F, Grappi S, Gambarana C, Nanni G, Rauggi R, De Montis MG. 2002. Selective modifications in the nucleus accumbens of dopamine synaptic transmission in rats exposed to chronic stress. *Journal of Neurochemistry* 83: 895-903.

Üstün TB, Ayuso-Mateos IL, Chatterji S, Mathers C, Murray CI. 2004. Global burden of depressive disorders in the year 2000. *British Journal of Psychiatry* 184: 386-392.

Vares M. 2013. Amfetamiini ja kroonilise muutliku stressi mõju 50-kilohertsistele ultrahelihäälitsustele erineva positiivse afektiivsusega rottidel. Seminaritöö. Psühholoogia instituut: Tartu Ülikool.

Warden D, Rush AJ, Trivedi MH, Fava M, Wisniewski SR. 2007. The STAR*D Project results: a comprehensive review of findings. *Current Psychiatry Reports* 9: 449-459.

Willner P. 2005. Chronic mild stress (CMS) revisited: consistency and behavioural-neurobiological concordance in the effects of CMS. *Neuropsychobiology* 52: 90-110.

World Health Organisation. 1992. The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: clinical descriptions and diagnostic guidelines. Geneva: WHO.



**SELECTED
SUMMARIES**

Analysis of domestic electricity consumption

Kaija Vill

The aim of this paper was to study and analyse electrical energy consumption of a household. The object of analysis was an ordinary two-room 44 m² apartment with four inhabitants. During the one-week study, active and apparent power consumption of eight group of electrical appliances were recorded, including total consumption. In addition to active energy, power factor and standby energy were calculated. Based on measured and calculated data, the total electrical energy saving potential of the household was estimated.

According to collected data, the biggest consumers of electricity are oven, washing machine and refrigerator. Lighting accounts for approximately 28% of total consumption during autumn and winter as days are short that time. Hence, most power can be saved by replacing traditional incandescent bulbs with compact fluorescent or LED lamps. Average power factor of the household in daytime was 0.67. At night, the power factor is much lower due to lower demand and mainly reactive loads. Also, the standby energy of the household was estimated. Compared to figures published in (Niitsoo, 2012), the phantom load of studied apartment was more than seven times smaller, accounting for nearly 4% of total electricity consumption.

Total electricity saving potential of studied household is relatively small, mainly because of low demand and not-shiftable loads. However, approximately 10% of annual electricity consumption can easily be economised.

How to teach and learn, what does argument into academic context mean?

Sven Anderson

In the article “How to teach and learn, what does argument into academic context mean?” I clarify the most common and problematical issue with the word “argument”. In the article, I show how differently we use and understand the word “argument”, and how it depends on the discipline how we use the word itself. That means that in schools and universities teachers and pupils don’t know what academic writing in essence is. Teachers use lots of examples to teach and pupils try to understand it as if it is a guessing game. This means that the outcome through this sort of teaching method can only be probabilistically mediocre or good. To solve this kind of problem, I come up with the idea to look critically at basic educational and philosophical materials. Then mind-map the basic terms and usages in one single graphic. And give out a simplified rhyme about the argument’s content: Assumption, Example, Relation, and Conclusion (or acronym AERC). Finally, I wrote a short description about every part of the argument content and why this is needed.

Post-mined peatland re-use decision making using Multi-Criteria Decision Analysis

Kadi Padur

The main aim of the paper is to develop criteria system to support sustainable development, which considers environmental, social and economic aspects and opinions of the potential stakeholders, to choose most appropriate re-use alternative of a post-mined peatland.

First of all, it is needed to consider restrictive criterias concerning specific area and its characteristics, which certain values restrict successfulness of some usage alternatives. These criterias are used in created decision tree. This helps to find out which re-use alternatives are possible to use on a specific post-mined peatland. Re-use alternatives are: restoration of peatland, berry cultivation, bio-energy crop cultivation, afforestation and creation of water-bodies. In case of two or more possible alternatives, next step would be comparison of possible alternatives. For comparison of possible alternatives and for deciding the optimal re-use of post-mined peatland, the criterias and their weights were developed in co-operation with stakeholders were developed. Criterias were shown as value tree, where first were broader criteria groups like post-mined peatland characteristics, ecosystem services, social and economic aspects.

Impact of small producers on power quality in distribution grids

Rasmus Armas

Distributed generation is gaining more popularity and the number of small power generation plants is increasing. Distributed generation has a potential for energy savings but can also have an effect on power quality in distribution grids. The effect can be both positive and negative.

The aim of this paper was to firstly give an overview of the possible effects and secondly carry out a measurement campaign to analyze the actual effects of distributed generation in Elektrilevi OÜ distribution grid. The measurements were done at 11 different distributed generation units during a period of 44 weeks. Based on the measurement results the effects of distributed generators assessed, focusing on supply voltage deviations, voltage harmonics, flicker, voltage events, long term effects and seasonal changes.

Based on the measurements results the overall voltage quality was decent. During the measurements there were 6 weekly periods when the limits of EN 50160 were exceeded. For all 6 weeks the parameter exceeding the limits was flicker but based on the measurement results there was no correlation between the distributed generators output and flicker levels. Overall the results indicate that distributed generators have not had a visible negative effect on power quality in Elektrilevi OÜ distribution grid.

The effect of static magnetic field on heart rate variability

Tarmo Koppel

The aim of this study was to investigate the effect of weak static magnetic field on human heart rate variability (HRV). So far the scientific literature has mainly studied the health effects of strong magnetic fields, such as those present in some industrial or medical applications. The HRV is a temporal variation of the heartbeats which has a proven reliability in assessing the condition of the autonomic nervous system. By autonomic nervous system one can however also assess if and when the organism falls into stress. The test conducted in this study prescribed exposing the subject to a magnetic field (150 μ T) for a few minutes. During the blind test the subjects heart rate was recorded and possible reaction of the sympathetic and parasympathetic nervous system analyzed. The results showed, that the third of the sample had a parasympathetic nervous system reaction and 22% had a sympathetic nervous system reaction – towards worse in most cases. At the same time clear sensory perception of the magnetic field was generally not reported by the affected subjects.

Phytomass on revegetated milled peatfields and on plots with different bryophyte species and their mixtures used for dispersal material

Anna Helena Purre

The paper's main aim was to compare successfulness of revegetation based on phytomass and phytomass structure on three experimental sites in Northern Estonia. Viru, Ohtu and Seli experimental sites were revegetated in 2005-2008 using North American approach of peatland restoration. Different dispersion material was used for sewing in these experimental sites (including: *Sphagnum magellanicum*, *Sphagnum angustifolium*, *Sphagnum fuscum* and mixture of *Sphagnum rubellum* and *S. fuscum*). Phytomass samples were collected using destructive methods and dried plants were weighed for biomass. The peat mineral content was measured using loss-on-ignition method.

Revegetation was most successful on Viru experimental site, where plants characterizing natural bogs were present and bryophyte biomass (bryomass) and *Sphagnum* sp. biomass was higher than in Ohtu and Viru sites. In Ohtu and Viru sites vascular plant biomass was higher (mainly shrubs in Seli, shrubs and herbs in Ohtu) than in Viru site. Differences in phytomass between sites may have been the result of different peat mineral content and water level. Peat mineral content varied significantly between sites, being highest in Ohtu and lowest in Viru. Impact of dispersed bryophyte species and their mixture was low. More significant differences occurred on plots with same dispersed bryophyte species between

Science teaching according to Estonian stakeholders' evaluation

Tormi Kotkas

There is an on-going debate about what and how should be taught in science classes. Although it has been stated, that Europe needs people, who are able to solve problems at work, the education system is making small steps toward developing these skills (OECD, 2013; OECD 2014). In order to make changes in science teaching PROFILES project was brought to life (Bolte, Schulte, 2013). As a part of that project Delphi questionnaire was conducted involving stakeholders opinions about Estonian situation in Science education and in this article the results were analysed. According to the results it can be said that Estonian stakeholders valued the aspects stated in the Estonian national curriculum and in European documents, but unfortunately they were not established on the level stakeholders were expecting. When stakeholder groups were compared, then it showed that there were differences in stakeholders opinions.

The price of vegetative propagation: when clonal plants cannot import assimilates from connected ramets.

Juta Lopp

Clonal propagation is investment for parental plants. How quickly plants spread depends on the length of connection between parental plant and siblings, so must the price of vegetative propagation also depend on species. The longer connections enable clonal plants to spread quickly and more readily escape from stressful microsites, but the short connections, by contrast, may enable to tolerate more stressful conditions and contribute to fast occupation of suitable patches. The aim of our study was to find out does the use of synthetic mulches cause increasing seed production of rhizomatous weed plants and how costly is it for clonal plants to produce off-springs when parental plant cannot use assimilates from daughter ramets. We conducted an experiment where the half of plants of *Elymus repens* (long rhizomes) and *Alopecurus pratensis* (short rhizomes) were planted through the cover laid on the soil (fertile and unfertile soil) and half of plants directly to the soil. Covered plants of *Alopecurus pratensis* flowered and produced more seeds in fertile and in unfertile soils, but there was no difference between covered and uncovered treatment on total plant biomass. *Elymus repens* as a plant with long rhizomes reacted differently and the soil fertility played bigger part in it. In fertile soils plant total biomass was lower in covered treatment and in unfertile soils the total length of rhizomes was longer and also those plants had more seeds. We can conclude that using cover on soil causes changes in plants biomass allocation and plants can start to produce more seeds, which could be useful to escape from a stressful environment, but it depends on plant species. Covered plants of *Elymus repens* suffered because of lack of assimilates from offspring in fertile soils and in even worse conditions (low soil fertility) plants produced longer rhizomes and more seeds, which both could be useful to escape from stressful environment. We conclude that it is costly for plants to produce siblings with pure maternal investment, but the reaction depends on availability of resources and on plant species.

The sustainability of cognitive function

Taavi Vanaveski

Human society loses immense amount of cognitive computing power due to different neuropsychological disorders. These disorders could be prevented or cured, but our current understanding of the brain stops us from doing so. Limbic system-associated membrane protein (LSAMP) is a neural cell adhesion molecule involved in neurogenesis and synaptogenesis. The amino acid sequence of LSAMP is highly conserved among species. There is, for example, a 99% sequence identity between human and rodent LSAMP, which indicates strong phylogenetic conservation of the protein structure and associated function. Lsamp deficiency in rodent model has been associated with decreased anxiety and altered social behavior that leads to decline of fitness. In humans LSAMP single nucleotide polymorphisms have been associated with schizophrenia, depression and male completed suicide. The current work revealed a broad expression pattern of LSAMP 1a and 1b transcripts in the human brain. The quantitative real time-PCR expression was detected in all neural tissue samples. The study revealed also different activity patterns of LSAMP 1a and 1b promoters. Expression is highest in brain areas responsible for social cognition and formation of emotions.

Particles from local heating and traffic cause health complaints among residents in Tartu in year 2000 and 2011

Mihkel Pindus

Background and aims: in Estonian cities particulate matters (PM) in outdoor air comes mostly from local heating and road traffic. Occasionally weather conditions and higher vehicular traffic numbers cause to increase PM concentrations. Several studies, some in Estonia, have reported relation with particles and health problems. As PM from various sources differs from chemical composition and toxicity; different health problems will occur. The aim of this work was to study particles (PM_{2.5} from local heating and PM₁₀ from road traffic) relation with respiratory and cardiac diseases in RHINE II & III questionnaire respondents in Tartu city.

Methods: data about health problems were obtained from RHINE II (conducted in Tartu 2000/2001) and RHINE III (conducted in Tartu 2011/2012) postal questionnaire. Respondents addresses were geocoded and linked with modelled PM_{2.5} (from local heating) and PM₁₀ (from traffic) values in ArcGIS. Relations with particles and health problems were studied with multiple logistic regression analysis in Stata.

Results: mean PM_{2.5} exposure from local heating in both study years were about 2.3 µg/m³. In year 2000 mean exposure from traffic PM₁₀ was 0.9 µg/m³ and in 2011 3.3 µg/m³. Maximum concentrations of PM₁₀ were decreased in 2000–2011 in Tartu from 18.3 µg/m³ to 13.8 µg/m³. Some increase were in year 2011 in side streets.

Statistically significant relation ($p < 0.01$) in year 2000 was between PM_{2.5} from local heating and chest tightness (odds ratio 1.55; 95% CI 1.16–2.08). Meanwhile strong relation ($p < 0.01$) in 2011 was between PM₁₀ from traffic and cardiac diseases (odds ratio 1.55; 95% CI 1.14–2.10).

In conclusion: results showed that particles from local heating and road traffic can cause different health problems. In year 2000, more people lived in local heating area, thus relation with PM_{2.5} and chest tightness appeared. Road traffic was decreased by year 2011 in main roads, but increased in side streets. That may be one reason for increasing risk of cardiac diseases in respondents in that year.

The effect of stress on the levels of dopamine in the nucleus accumbens shell of rats with high and low positive affect

Kai Tiitsaar

Longitudinal studies in humans show that high positive affect confers resilience to depression and previous research has shown that rats also differ in their emotionality. In rats, 50-kHz ultrasonic vocalisations (USV) in response to tickling have been associated with reward and positive affective states. These USVs can be used as a measure of inter-individual differences in positive affect and groups of high- (HC) and low-chirping (LC) rats have different response to stress with the LC animals being more sensitive. To examine the neurobiological basis of this, extracellular dopamine (DA) levels in nucleus accumbens shell were examined in HC/LC animals after three weeks of chronic variable stress. Baseline measurements of DA were compared as well as the response to K⁺-induced depolarisation. DA baseline levels were greatly reduced by stress in the LC group and an interaction of stress and emotionality appeared in response to depolarisation where stress had opposite effects on HC/LC groups. Results show that shell DA levels are differently regulated in animals with high and low positive affect and give insight to mechanisms underlying their different susceptibility to stress.

Suurtoetajad:



Toetajad:



Korraldavad organisatsioonid:



