

Tallinna Tehnikaülikool

Mäeinstituut



Meidi Metsaroos, 132732 AAGM

Magistritöö ID: 2534

**HARKU, ÜLEMISTE JA KAHALA
JÄRVEMUDA KUJUNEMINE JA SELLE
KASUTAMISE VÕIMALUSED**

Juhendaja: Mall Orru (Dotsent, Rakendusgeoloogia õppetooli hoidja)

Tallinn 2015

SISUKORD

Summary.....	6
Sissejuhatus	7
1. Metoodika.....	8
1.1 Harku järv	8
1.2 Ülemiste järv.....	12
1.3 Kahala järv.....	14
2. Eelnevad uuringud.....	16
2.1 Järvede vee kvaliteedinäitajad	19
3. Järvede kirjeldus	23
3.1 Harku järve kirjeldus	23
3.2 Ülemiste järve kirjeldus	23
3.3 Kahala järve kirjeldus	24
4. Järvemuda kujunemine	26
4.1 Harku järvemuda.....	27
4.2 Ülemiste järvemuda.....	30
4.2 Kahala järvemuda	32
5. Järvedest muda eemaldamise võimalused	35
5.1 Harku, Ülemiste, Kahala järvesetete eemaldamine	42
6. Järvemuda kasutamine.....	47
6.1 Järvemuda võrdlus ravimuda ja kasvusubstraatide omadustega.....	48
7. Diskussioon	52
Kokkuvõte	56
Kasutatud allikad	58
Lisad	61

Joonised

Joonis 1. 2015. a Harku järvele planeeritud puuraugud ja 1976. a järve uuring	9
Joonis 2. 2015. a märtsis Harku järvel rajatud puuraugud	10
Joonis 3. Jääpuuriga jäässe ava tegemine ja veetaseme määramine (Foto: A. Nõmmik) ...	11
Joonis 4. Harku järvemuda paksuse määramine (Foto: A. Nõmmik)	11
Joonis 5. Ülemiste järvele rajatud puuraugud	13
Joonis 6. Kahala järvele rajatud puuraugud.....	15
Joonis 7. Harku järv 2015. a veebruaris (Foto: M. Metsaroos).....	23
Joonis 8. Ülemiste järv 2015. a aprillis (Foto: M. Metsaroos)	24
Joonis 9. Kahala järv 2015. a märtsis (Foto: M. Metsaroos).....	25
Joonis 10. Harku pruun järvemuda proovipunktis 11P, lamamiks hall aleuriit (Foto: M. Metsaroos)	28
Joonis 11. 2015. a ja 1976. a Harku järvemuda paksuste võrdlus üksteisele kõige lähemal olevates puuraukudes.....	29
Joonis 12. Ülemiste tumehall järvemuda punktis 1pa, lamamiks liiv (Foto: M. Metsaroos)	30
Joonis 13. 2015. a ja 1976. a Kahala järvemuda paksuste võrdlus teineteisele kõige lähemal paiknevates puuraukudes	31
Joonis 14. Kahala pruun ja roheline järvemuda punktis 10` (Foto: M. Metsaroos).....	33
Joonis 15. 2015. a ja 1976. a Kahala järvemuda paksuste võrdlus teineteisele kõige lähemal paiknevates puuraukudes	33
Joonis 16. Järvemuda eemaldamiseks sobilik pump mikseritega Dragflow HY 300A [10]	36
Joonis 17. Geokoti ehk Geo Tube-tehnoloogia. Täitmine, vee eemaldamine, tihendamine [29]	37
Joonis 18. Geokottide kasutamine kaitsevalli vahel [29]	37
Joonis 19. DESET tehnoloogia [36]	39
Joonis 20. Veetõkketammi tehnoloogia [14].....	39
Joonis 21. Viljandi järve setetest puhastamine 2014. a [43]	41
Joonis 22. Viljandi järvemuda tahendamiseks kasutatud settetiik [43].....	41
Joonis 23. Harku järvemuda töötlemiseks sobilikud maa-alad	45

Tabelid

Tabel 1. Harku supelranna veeseire andmed	20
---	----

Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused

Tabel 2. Ülemiste järve veeseire andmed	20
Tabel 3. Kahala järve veeseire andmed	21
Tabel 4. Harku järve 2015. a muda paksuste tulemused ja võrdlus 1976. a tulemustega ...	28
Tabel 5. Ülemiste järve 2015. a muda paksuste tulemused ja võrdlus 1976. a tulemustega	30
Tabel 6. Kahala järve 2015. a muda paksuste tulemused ja võrdlus 1976. a tulemustega..	33
Tabel 7. Erinevate järve- ja ravimudade võrdlus.....	49
Tabel 8. Muda orgaanilise osa koostise võrdlus.....	50
Tabel 9. Järvemuda omaduste võrdlus kasvusubstraatidega	50
Tabel 10. Maismaa seisuveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid füüsikalise-keemiliste kvaliteedinäitajate alusel [18].....	52
Tabel 11. Harku, Ülemiste ja Kahala järve ökoloogilised seisundiklassid	52

Lisad

LISA 1 Ülemiste veepuhastusjaama ja Kuusalu vallavalitsuse kiri toetamiseks lõputööd....	62
--	----

SUMMARY

The topic of this thesis is „Formation of lake mud at Harku, Ülemiste, Kahala and its possible use“. The specific task was to value Harku, Ülemiste and Kahala lake mud thickness (m), properties (color, consistency) and resources. Thesis author planned and organized lake mud measuring exploration and as well brought out last researches results to compare them with new collected data. This work analyzes lake mud deposition speed, mining and using possibilities. Also, the author suggests which methods and technologies would be effective to remove or process the lake mud of Harku, Ülemist and Kahala.

SISSEJUHATUS

Käesolev magistritöö on koostatud teemal „Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja selle kasutamise võimalused“. Töö eesmärgiks oli määrata Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda paksus (m), omadused (värvus, konsistents) ja teostada varude täiendav uuring. Analüüsida järvemuda ladestumise kiirust, kaevandamise ja kasutamise võimalusi.

Magistritöös analüüsiti eelnevate uurimustööde tulemusi, eelkõige Rein Sinisalu uuringuid 1976. a „Ülemiste, Harku ja Kahala järvede sapropeelide eeluuring põllumajanduse ja ravi tarbeks“ ja 2013. a „Kahala järve põhjasetete leviku ja paksuse kaardistamine, setete kirjeldamine ja mahu arvutamine“. 2015. a kevadel planeeris ja korraldas magistritöö autor uuritavatel järvedel välitöid, kus määrati järvemuda paksus ja visuaalselt muda iseloom. Eelnevate uuringute ja uute kogutud andmete põhjal tuli analüüsida järvemuda ladestumise kiirust.

Magistritöös võrreldi erinevaid järvemuda kaevandamise ning kasutamise võimalusi nii Eestis kui ka mujal maailmas. Magistritöö autor analüüsis järvemuda kaevandamise viise ja pakkus välja, milliste tehnoloogiatega saaks Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda eemaldada ning töödelda. Järvemuda koostist ja omadusi võrreldi ravimuda ning kasvusubstraatidega, et teha kindlaks kas järvemuda annaks kasutada neis valdkondades.

Tööst saadav teave on abiks keskkonnaspetsialistidele ja järvemuda kasutajatele, teadusartiklite koostamisel. Käesolev lõputöö on seotud Merle Otsmaa doktoritööga „Järvemuda genees, keemiline koostis ja kasutusala“ ning turbauuringutega – kaevandamine, keskkonnamõju, vesi (mi.ttu.ee/turvas). Magistritöös esitatud informatsioon on kasulik Tallinna Haabersti linnaosale, sest Harku järv on selle piirkonna elanikele puhke- ja ujumiskohaks ja sellepärast on tähtis järve keskkonnaseisundit uurida. Ülemiste veepuhastusjaama juhi Riho Sobi arvates on magistritöö tulemused ning soovitused vajalikud ja abiks Ülemiste järve seisukorra uueks kaardistamiseks. Samuti võiks antud magistritöö olla abiks muda eemaldamise tehnoloogia valiku tegemisel (LISA 1).

Autor tänab koostöö ja nõuannete eest magistritöö juhendajat Mall Orrut, geotehnoloog-mäeinsener Heli Milvekut, integraator Alvar Nõmmikut, projekteerimisbürood Maa ja Vesi AS-i, Ülemiste veepuhastusjaama, Kuusalu vallavalitsust.

1. METOODIKA

Magistritöö metoodika koosneb kahest osast:

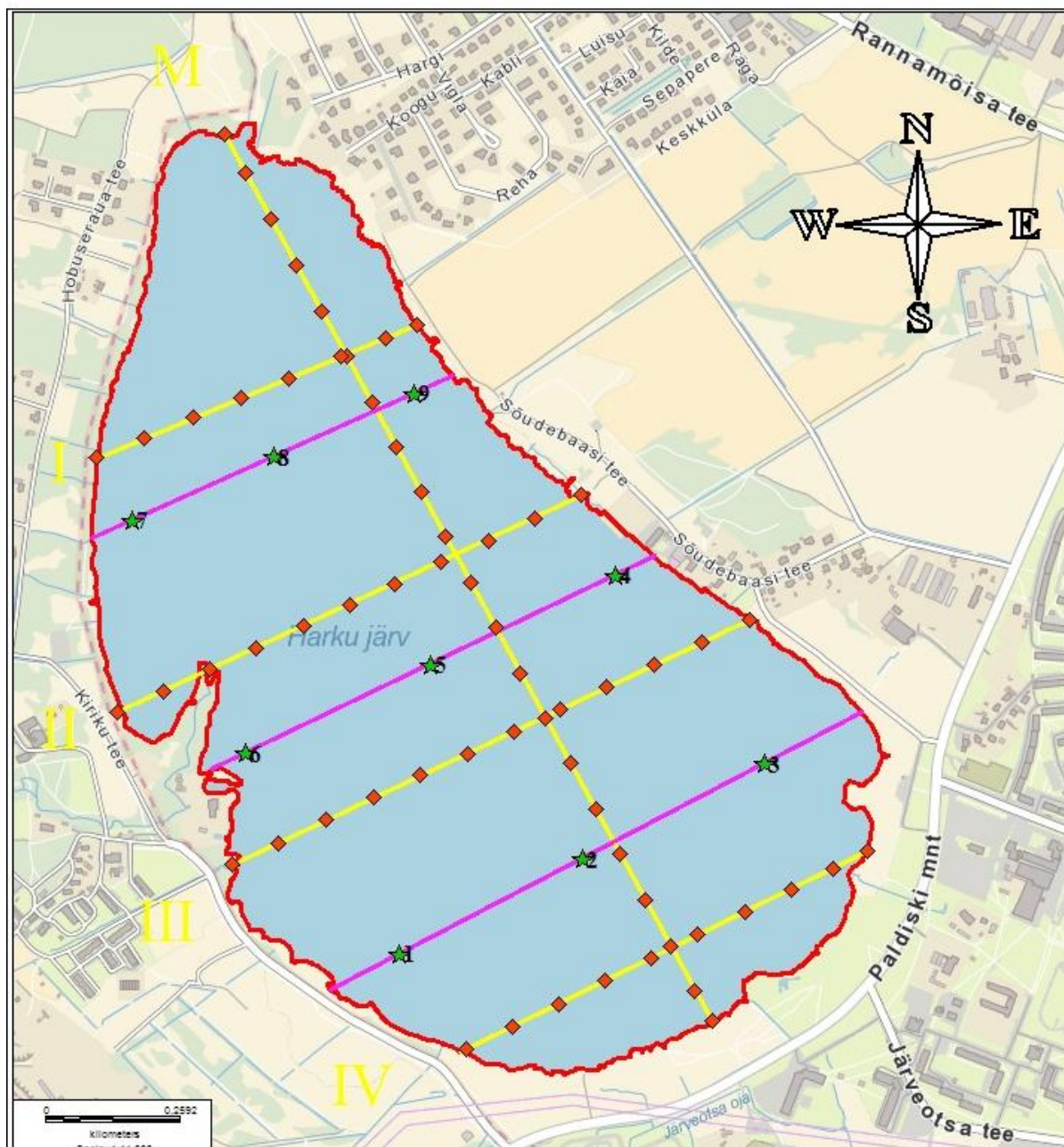
- 1) Eelnevate uuringute analüüs
- 2) Välitööd Harku, Ülemiste ja Kahala järvel

Esimene pool tööst on teoreetilisem ja teine osa praktilisem, mille moodustab välitööde planeerimine, organiseerimine ja läbiviimine. Magistritöö koostati kogu uuritud materjali ning välitööde käigus kogutud andmestiku alusel.

Välitöödel otsiti looduses planeeritud puuraukude asukohad üles tarkvara *Polaris Navigation GPS*-ga ja iga punkti juures määrati tarkvara *Map Coordinates* abil veel kord seisupunkti koordinaadid. Kõikidel järvedel planeeriti puuraugud ühtlase võrguna. Uuringutööde käigus tehti kindlaks järve veekihi ja põhjasete paksused ning mineraalse lamami iseloom. Veetaseme määramiseks kasutati 30 m pikkust mõõdulinti ja jää puurimiseks kasutati tavalist kalamehe jääpuuri. Puuraugud rajati käsipuuri komplektiga TBG-66. Puuraugud rajati 0,5 meetrise intervalliga. Järvemuda paksus määrati kogu lasundi ulatuses. Järvemudast võeti proovid polüetüleenkottidesse, mille koostis määrati visuaalselt (värvus, konsistents, mineraalosakeste sisaldus). Magistritöö autor planeeris ja juhtis välitöid ning Mall Orru ja Alvar Nõmmik olid abilisteks Harku ja Kahala järvel. Ülemiste järvel teostas magistritöö autor uuringut Ülemiste veepuhastusjaama töötaja abiga, kes sõitis paadiga planeeritud punktile võimalikult lähedale.

1.1 Harku järv

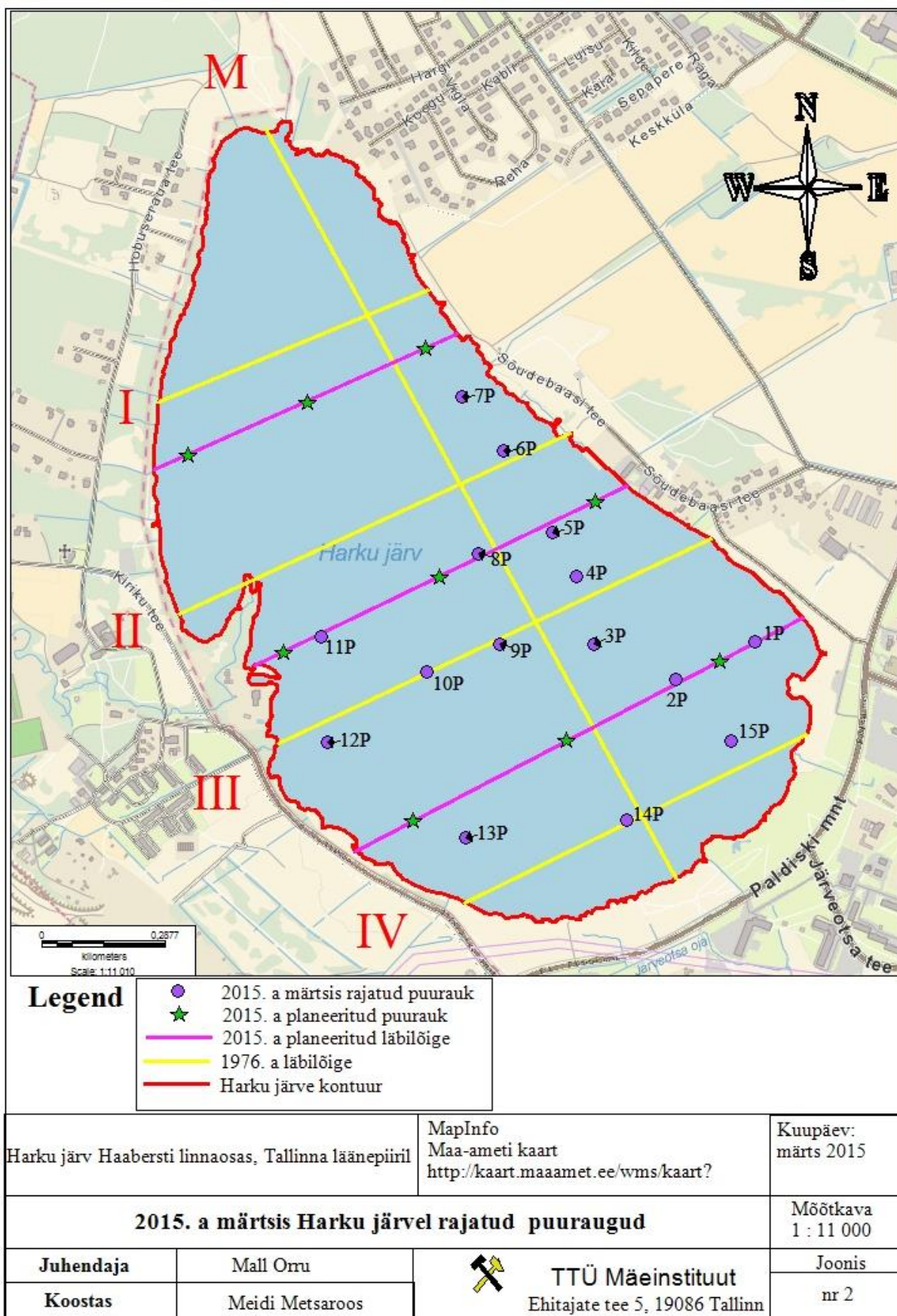
Magistritöö autor planeeris Harku järvel puuraukude tegemiseks 3 ristiprofiili (Joonis 1; 2534_Harku_jarv.wor) vahemaaga 460–480 m. Ühel profiilil on puuraukude vahekauguseks 400 m. 7.03.2015. a otsiti Harku järvel planeeritud koordinaatide asukohti tarkvara *Polaris Navigation GPS* abil. Kuivõrd jää oli liiga nõrk, siis tööd ei saanud läbi viia planeeringu alusel. Järvel olles mõõdeti järvemuda paksusi neis kohtades, kus jää kandis (Joonis 2; 2534_Harku_jarv.wor). Jää paksus oli enamus kohtades alla 10 cm (keskmiselt 8,7 cm), mis on ohtlik sellel liikumiseks.



Legend	
	1976. a rajatud puurauk
	2015. a planeeritud puurauk
	2015. a planeeritud läbilõige
	1976. a läbilõige
	Harku järve kontuur

Harku järv Haabersti linnaosas, Tallinna läänepiiril		MapInfo Maa-ameti kaart http://kaart.maaamet.ee/wms/kaart?	Kuupäev: Jaanuar 2015
2015. a Harku järvel planeeritud puuraugud ja 1976. a järve uuring			Möötkava 1 : 11 000
Juhendaja	Mall Oru	TTÜ Mäeinstituut Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Joonis
Koostas	Meidi Metsaroos		nr 1

Joonis 1. 2015. a Harku järvele planeeritud puuraugud ja 1976. a järve uuring



Joonis 2. 2015. a märtsis Harku järvel rajatud puuraugud

Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused

Kokku sai mõõdetud 15 puurauku (1P–15P), kuigi alguses planeeriti neid ainult 9. Puuraugu rajamiseks tuli kõigepealt jääpuuriga puurida jäässe ava. Seejärel lasi magistristöo autor möödulindil vabalt mudani langeda ja määras veetaseme (Joonis 3). Käsipuuri komplektiga hakati puurauku mõõtma 0,5 meetrise intervalliga kuni lamamini. Kirjeldatud meetodi abil määrati kõigis puuraukudes järvemuda paksus (Joonis 4) ning kohapeal kirjeldati lamamit.



Joonis 3. Jääpuuriga jäässe ava tegemine ja veetaseme määramine (Foto: A. Nõmmik)



Joonis 4. Harku järvemuda paksuse määramine (Foto: A. Nõmmik)

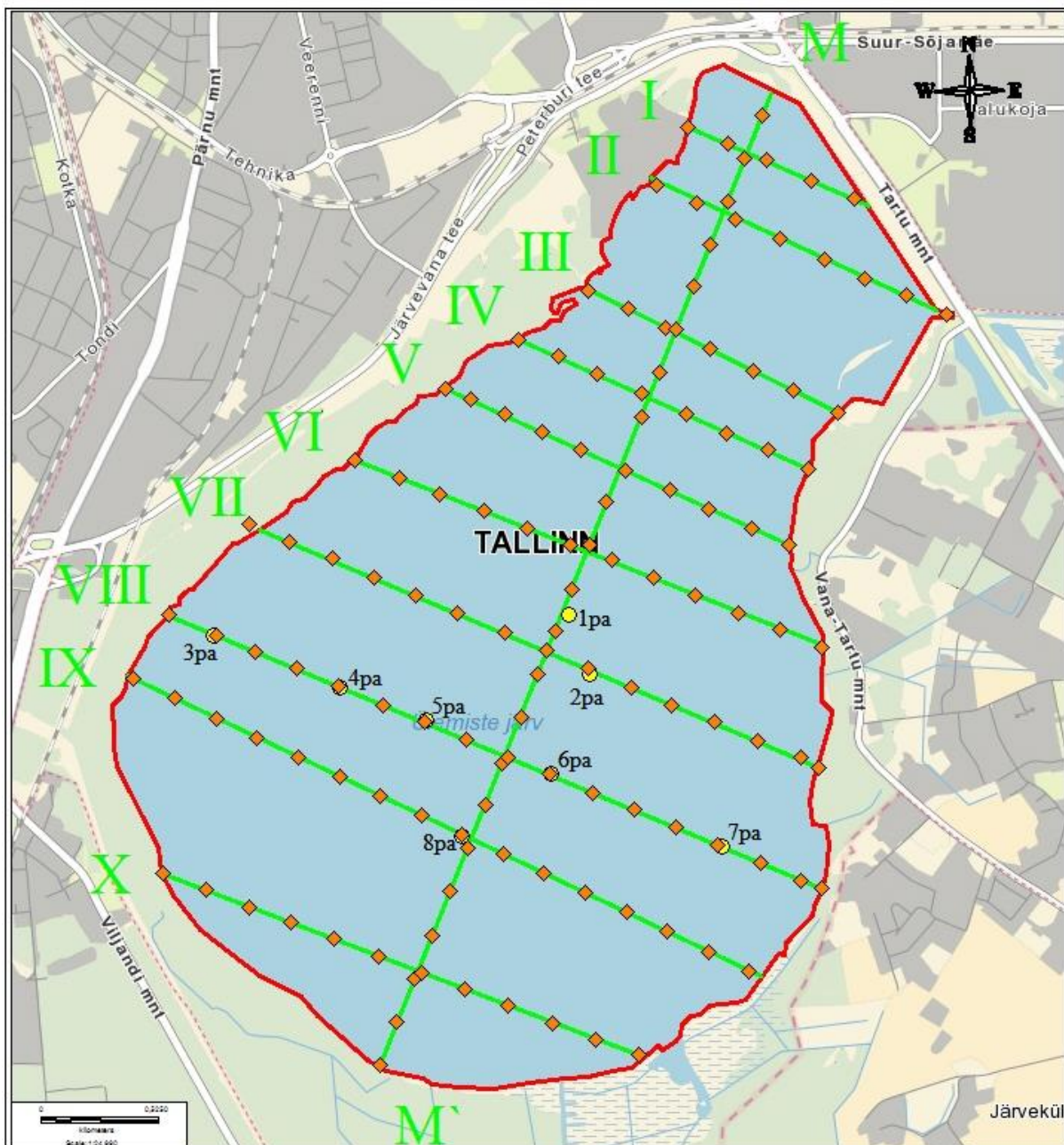
Märtsis 2015. a mõõdetud tulemuste ja eelnevalt tehtud uuringute alusel teostas magistristöo autor põhjaliku analüüsi muda ladestumise kiiruse ja varu suuruse kohta Harku järves. Kogutud andmete põhjal analüüsiti Harku järvemuda kaevandamise ning selle kasutamise võimalusi.

1.2 Ülemiste järv

2015. a veebruaris planeeris magistritöö autor Ülemiste järvele kaksteist puurauku (2534_Ulemiste_2015_veebruaris_planeeritud_puuraugud.TAB). Aprillis planeeriti puurangu asukohad ümber, sest veepuhastusjaam oli huvitatud järve keskosas olevatest järvemuda paksuste andmetest. Järve keskel on veetaseme sügavus suurim ja seal peaks kõige paremini olema märgatav, et kas järves on toimunud muutusi 39 aasta jooksul või mitte. Mõõtmiseks valiti kaheksa puurauku, millest viis asuvad 1976. a läbilõike joone VIII peal (Joonis 5; 2534_Ulemiste_jarv.wor). Kolm punkti (1pa, 2pa, 8pa) on paigutatud vana uuringu magistraallõike lähedusse ja asuvad järve keskosas.

Mõõdistamise viis läbi magistritöö autor 15.04.2015. a veepuhastusjaama paadiga ja selle asutuse poolt määratud abilisega. Paadiga mõõtmispunkti jõudes mõõtis magistritöö autor veekihi paksuse samamoodi mõõdulindiga nagu Harku järvel. Käsipuuri komplektiga mõõdeti ühte puurauku 0,5–meetrise intervalliga kuni jõuti lamamini.

Aprillis mõõdetud tulemuste ja eelnevalt tehtud uuringute alusel teostas magistritöö autor põhjaliku analüüsi muda ladestumise kiiruse ja varu suuruse kohta Ülemiste järves. Kogutud andmete põhjal analüüsiti Ülemiste järvemuda kaevandamise ning selle kasutamise võimalusi.



Legend

	2015. a rajatud puurauk		Ülemiste järve kontuur
	1976. a rajatud puurauk		1976. a läbilõige

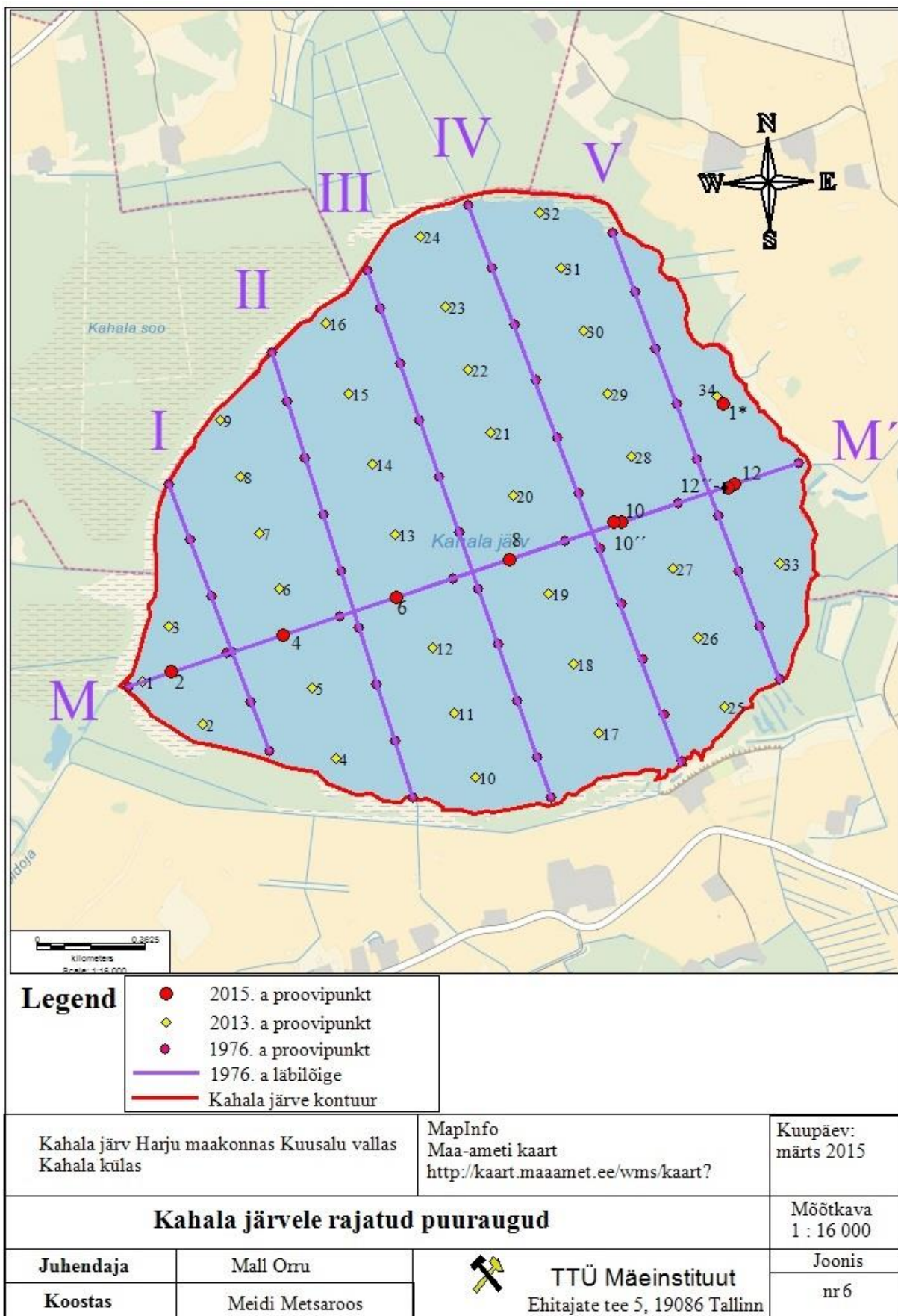
Ülemiste järv Harju maakonnas Tallinna linnas		MapInfo Maa-ameti kaart http://kaart.maaamet.ee/wms/kaart?	Kuupäev: aprill 2015
Ülemiste järvele rajatud puuraukud			Mõõtkava 1 : 25 000
Juhendaja	Mall Orru	 TTÜ Mäeinstituut Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Joonis
Koostas	Meidi Metsaroos		nr 5

Joonis 5. Ülemiste järvele rajatud puuraukud

1.3 Kahala järv

2015. a veebruaris planeeris magistritöö autor mõõdistamise punktid Kahala järvel. Arvestades kahte eelnevat uuringut sooviti rajada magistraalläbilõike peale 6 uut puurauku 1976. a mõõdetud sondeerimispuuraukude vahele (Joonis 6; 2534_Kahala_jarv.wor). Puuraukude vahemaaks võeti 400 m. Mõõdistamine toimus 8.03.2015. a ja sellel ajal oli jää paksus Kahala järvel alla 10 cm (keskmiselt 7,8 cm). Planeeritud kuuest puuraugust oli võimalik mõõta vaid kahte (10'' ja 12) ja lisaks mõõdeti puurauk nr 1* (Joonis 6), et järvemuda paremini kirjeldada. Ülejäänud puurauke ei olnud õhukese jää tõttu võimalik rajada.

Märtsis mõõdetud tulemuste ja eelnevalt tehtud uuringute alusel teostas magistritöö autor analüüsi muda ladestumise kiiruse kohta Kahala järves. Analüüsiks ülejäänud vajalikud andmed sai magistritöö autor 2013. a R. Sinisalu poolt koostatud Kahala järvemuda uuringu aruandest [40]. Kogutud informatsiooni põhjal analüüsib magistritöö autor Kahala järvemuda kaevandamise ning selle kasutamise võimalusi.



Joonis 6. Kahala järvele rajatud puuraugud

2. EELNEVAD UURINGUD

1976. a teostati Harku järves esimene ja seni viimane suur järvemuda uuring. Järve pindalaks oli sellel ajahetkel 165,2 ha, mis oli umbes 3 ha suurem kui 2015 aastal. Keskmiseks järve sügavuseks annab 1976. a aruanne 1,74 m. Harku järve setete alumist osa määratleti tumedate rohekashallide ja rohekaspruunide toonidega (paksus 0,3–0,6 m). Setete ülemist osa kirjeldatakse kui helepruuni tombulist järvemuda (paksus 0,8–1,2 m). Järvemuda paksus varu arvutamisel oli 0,94 meetrit ja muda üldvarudeks 1,26 miljonit m³ ehk ligikaudu 632,5 tuh tonni (muda esines 134,58 hektari suurusel alal). Järvesetete lamamiks on savikad aleuriidid (liiva ja savi vahepealsed setted) ja aleuriitsed savid asenduvad teatud piirkondades liivaga. [39]

1976. a Harku järvemuda uuringus planeeriti uuringuvõrk viie läbilõikega (Joonis 1). Järve pikimast levikusuunaliselt kulgevast magistraalset ja temaga risti asetsevatest profiilidest, mille vahekaugused olid teineteisest 425–450 m. Sondeerimispuuraukude vahekaugused ühel profiilil võeti Harku järvel 100 m. Puurauke rajati veebruaris-märtsis järve jäält 0,5–meetrise sondeerimispuuriga. [39]

1976. a võeti Harku järvest muda proove agrokeemiliste (põllumajanduslike), balneoloogiliste (raviotstarbeliste), sanitaar-bakterioloogiliste (hügieeniliste näitajate) ja palünoloogilisteks (õietolmu analüüsi) uuringuteks. Üritati Läti NSV järvemuda-uurijate poolt väljatöötatud järvemuda klassifikatsiooni järgi pakkuda järvemuda kasutamise suunad. Sellel ajal ei olnud Eestis välja töötatud standardeid ravimuda ja järvemuda kohta. [39]

1976. a määrati agrokeemiliste uuringute käigus Harku järvemudas lahustuvaid aineid 8,43%, humitselluloosi 13,95%, bituumeneid 15,11%, humiinhappeid 19,88%, tselluloosi 1,01%, lahustumatut jääki 32,42%. Ühendid Harku järvemudas 1976. a andmete alusel on järgmised: R₂O₃ 4,39–8,56%, MgO 0,98–2,43%, CaO 2,36–3,71%, SO₃ 0,86–1,94%, P₂O₅ 0,14–0,28%. Mikroelemendid: Mn 142,6–354,6 mg/kg, Cu 5,4–16,7 mg/kg, CO 2,5–8,1 mg/kg, karotiin 9,0–24,3 mg/kg. Lämmastiku hulk järvemuda orgaanilises osas moodustub 3,04–6,37%. [39]

Harku järve järvemuda määrati 1976. a happeliseks (pH umbes 4,2). Karbonaate ei esinenud ja magneesiumi ning kaltsiumi ioone oli selles vähe. Lämmastiku üldhulgas oli taimedele kergesti omastatavat lämmastiku ühendeid 31–75%. Samuti Cu ja Mn on Harku mudas suhteliselt palju ja see on pindalaliselt ühtlaselt jaotunud. [39]

Balneoloogiliste uuringutega määrati 1976. a Harku järvemuda erikaal 1,05–1,07 g/cm³. Soojusmahtuvuseks saadi 0,90–0,94 kal.g/kraadi kohta. Orgaanilise aine sisalduseks saadi 34,50–62,04%, mis sügavuse suurenedes vähenes. Järvemuda vastab oma füüsikaliskemilistelt näitajatelt ravimudale esitatavatele nõuetele. [39]

1976. a Ülemiste järvemuda uuringus planeeriti uuringuvõrk üheteistkümne läbilõikega. Järve pikimast levikusuunaliselt kulgevast magistraalist (põhja-lõunasuunaline) ja kümnest temaga ristiasetsevatest profiilidest (lääne-idasuunalised), mille vahekaugused üksteisest olid 425–450 m (Joonis 5). Sondeerimispuuraukude vahekaugused ühel profiilil võeti Ülemiste järvel 200 m. Puuraukude rajamiseks järve jääle kasutati 0,5 m sondeerimispuuri. Mõõdistamised viidi läbi 1976. a veebruaris ja märtsis. [39]

Keskmine Ülemiste järvemuda paksus saadi 1976. a 640,9 ha suurusel alal 2,16 meetrit. Muda varud nii suure levikuala kohta on $2,16 \text{ m} \times 6409000 \text{ m}^2 = 13,84 \text{ miljonit m}^3$ ehk 5537,4 tuh tonni. Samal aastal määrati agrokeemiliste uuringute käigus Ülemiste järvemudas veeslahustuvaid aineid 1,36–3,23%, humitselluloosi 4,61–10,60%, bituumeneid 1,67–9,45%, humiinhappeid 2,33–22,79%, tselluloosi 0,15–1,11%, lahustumatut jääki 15,97–25,57%. Ühendid Ülemiste järvemudas 1976. a andmete alusel olid järgmised: R₂O₃ 3,16–7,57%, MgO 0,35–2,43%, CaO 2,71–33,16%, SO₃ 0,26–6,08%, P₂O₅ 0,10–0,44%, CO₂ 2,28–22,19%, N 1,19–3,28%. Mikroelemendid: Mn 164,6–473,0 mg/kg, Cu 4,1–17,6 mg/kg, CO 1,6–7,3 mg/kg, B 4,9–7,3 mg/kg, Zn 6,9–14,3 mg/kg, karotiin 26,1 mg/kg. Lämmastiku hulk järvemuda orgaanilises osas moodustub 3,04–6,37%. [39]

Ülemiste järvemuda määrati 1976. a happesuse alusel neutraalseks (pH umbes 7,0, kohati nõrgalt aluseline pH 7,1–7,5). Järves on suur kaaliumi ja magneesiumi ionide sisaldus (196,8–435,0 mg-ekv/100 g). Hüdrolüüsiva lämmastiku hulk on 22,7–55,9%. Cu ja Mn on kogu Ülemiste järvemudas keskmiselt vastavalt 0,17–0,64 mg/kg ja 4,5–21,0 mg/kg. [39]

1976. a balneoloogiliste uuringute alusel on Ülemiste järvemuda erikaal 0,93–1,08 g/cm³. Soojusmahtuvuseks saadi 0,92–0,96 cal.g/kraadi kohta ja orgaanilise aine sisaldus jäi vahemikku 19,10–55-35%. Järvemuda vastab oma füüsikaliskemilistelt näitajatelt ravimudale esitatavatele nõuetele. [39]

1999. aastal teostati Tallinna Ülemiste järve mudast puhastamise riskide hindamine. Selle käigus võeti mudast proove ja määrati sette paksused 200x200 m alal Veepuhastusjaama

vahetus läheduses. 9 proovipunkti keskmiseks muda paksuseks saadi 1,8 m. Ülemiste järvemuda pH määrati 8,3 ja muda on seega mõõdetud piirkonnas aluseline. Mõõdetud elementide keskmised väärtused Ülemiste järvemudas: Cl 6,00 mg/l, SO₄ 51,17 mg/l, NH₄-N 7,44 mg/l, NO₂-N 2,62 mg/l, P_{üld} 0,09 mg/l (3,27 mg/kg), N_{üld} 186,93 mg/kg, Cu 10,00 mg/kg, Mn 384,50 mg/kg, Zn 66,83 mg/kg, Fe 16,02 mg/kg. Vähesel määral leidub ka ühendeid nagu As, Pb, Cd, Cr, Ni ning Hg. [30]

1976. a teostati Kahala järves esimene järvemuda uuring. Järve pindalaks määrati sellel ajahetkel 345,91 ha. Järve keskmine sügavus 1976. a aruande järgi on 1,15 m. Varu arvutamisel oli järvemuda keskmine paksus 2,52 meetrit ja muda üldvarudeks 14,38 miljonit m³ ehk 4313,2 tuh tonni (muda esines 570,53 ha suurusel alal). See arvutus hõlmas muda varusid ka järve ümbruses asuva turbalasundi all. Järve piires arvutati keskmiseks muda paksuseks 3,47 m ja varuks 11,54 miljonit m³. [39]

1976. a Kahala järvemuda uuringus planeeriti uuringuvõrk seitsme läbilõikega (Joonis 6). Järve pikimast levikusuunaliselt kulgevast magistraalist (lääne-idasuunaline) ja kuuest temaga ristiasetsevatest profiilidest (lõuna-põhjasuunalised), mille vahekaugused üksteisest olid 425–450 m. Sondeerimispuuraukude vahekaugused ühel profiilil võeti Kahala järvel 200 m. 59 sondeerimispuurauku rajati 1976. a veebruaris ja märtsis järve jäält 0,5–meetrise sondeerimispuuriga. [39]

2013. a kaardistas OÜ Eesti Geoloogiakeskus uuesti Kahala järve põhjasetete leviku ja arvutas järvemuda mahu. Uuringu käigus rajati 34 sondeerimispuurauku, kus vahekaugus puuraukude vahel oli 200–250 m. Puuraukude asukohad planeeriti sellise arvestusega, et need paikneksid ühtlase võrguna 1976. a rajatud sondeerimispuuraukude vahel (Joonis 6). Puuraugud rajati käsipuuriga, mille tööosa pikkuseks oli 1 m. [40]

1976. a määrati agrookeemiliste uuringute käigus Kahala järvemudas vees lahustuvaid aineid 5,29%, humitselluloosi 13,37%, bituumeneid 9,45%, humiinhappeid 12,96%, tselluloosi 0,46%, lahustumatut jääki 19,57% orgaanilise aine sisaldus 23,52–48,37%. Ühendid Kahala järvemudas 1976. a andmete alusel on järgmised: R₂O₃ on 2,72–8%, MgO 0,35–0,62%, CaO 0,45–0,86%, SO₃ 1,11–1,46%, P₂O₅ 0,13–0,44%. Mikroelemendid: Mn 165,5–461,8 mg/kg, Cu 8,6–24,6 mg/kg, CO 1,7–7,0 mg/kg, karotiin 15,5–73,6 mg/kg. Lämmastiku hulk järvemuda orgaanilises osas moodustub 3,08–4,64%. [39]

Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused

Kahala järve järvemuda määrati 1976. a nõrgalt happeliseks (pH 6,5). Karbonaate ei esinenud ja magneesiumi ning kaltsiumi ioone oli selles vähe. Lämmastiku üldhulgas oli taimedele kergesti omastatavat lämmastiku ühendeid 17,3–52,1%. Cu ja Mn on Kahala mudas suhteliselt ühe palju 7,8–8,5 mg/kg. [39]

Balneoloogiliste uuringutega määrati 1976. a Kahala järvemuda erikaal 0,92–1,05 g/cm³. Soojusmahtuvuseks saadi 0,95–0,97 cal g/kraadi kohta. Sanitaar-bakterioloogilised ja mikrobioloogilised määrangud andsid positiivse tulemuse. Võrreldes Haapsalu lahe ravimudaga on Kahala järvemuda küllaltki sarnaste omadustega ja seda võiks kasutada raviotstarbeks. [39]

Laboratoorsete analüüside käigus on määratud 2014. a Kahala settekihtidest kuivaine (3,53%), orgaanilise aine (57–72%), karbonaatide (kaltsiumkarbonaate 4–20%) ja terrigeense aine sisaldus (22–32%) [33]. 2014. a määratud orgaanilise aine sisaldus on võrreldes 1976. a suurenenud 23,63% võrra.

2.1 Järvede vee kvaliteedinäitajad

Järvemuda uuringud ja muda teke on tihedalt seotud vee kvaliteediga ja seetõttu peale järvemuda põhjalikku uuringut on Harku järves regulaarselt kontrollitud vee omadusi. Vee kvaliteedinäitajaid (näiteks lämmastiku ja fosfori sisaldust) suurendab järvemudast eralduvad toitained [8]. Seetõttu analüüsis magistritöö autor, kuidas on aastate jooksul järvedes erinevad vee kvaliteedinäitajad muutunud.

Harku järve seisund on ökoloogiliselt halb (vee kvaliteedinäitajad on piinormide suhtes liiga kõrged [19]), sest aastakümnete jooksul on järve kandunud reostus [34]. Peamiseks reostusallikaks Harku järvele on olnud laskemoonaladude jääkreostus, Harku vangla heitvesi [24], hajaasutusest pärinev heitvesi, intensiivistunud autotransport Paldiski maanteel ning veemotospordi harrastamine järvel [16].

Harku järve vee kvaliteedi kohta pärinevad andmed (Tabel 1; 2534_Harku_jarv.xls) 1968. aastast [34] ning viimased vee kvaliteedi seired toimusid aastatel 2012–2014, kus töö teostajateks olid AS Tallinna Vesi ning Tallinna Tehnikaülikooli Keskkonnatehnika instituut [3].

Tabel 1. Harku supelranna veeseire andmed

Näitaja	Ühik	1968-1982	1988-1992	1993-1998	1999-2009	2010-2014
Lahustunud O ₂	mg/l	-	11,20	11,70	12,00	11,30
ammoonium NH ₄	mg/l	0,95	0,50	0,14	0,08	0,17
Elektrijuhtivus	uS/cm (25°)	-	-	-	424,00	416,70
pH	-	7,98	8,70	8,63	8,69	8,58
N _{üld}	mg N/l	-	1,22	1,94	2,04	2,29
P _{üld}	mg P/l	-	0,31	0,16	0,22	0,13
Bioloogiline hapnikutarve (BHT ₇)	mgO/l	-	8,00	7,20	10,00	5,47
Kloriid	mg/l	29,90	29,20	19,90	27,80	23,33
Keemiline hapnikutarve (KHT)	mg/l	15,90	19,80	19,30	27,60	18,88
Fe	mg/l	0,34	0,25	0,32	0,36	0,29
Hõljuvained	mg/l	9,00	45,00	34,00	53,00	31,00

Tabel 1 järgi on ammooniumi sisaldus (eraldub orgaanilise aine lagunemisel) Harku järves langenud alates 1968. aastast, kuid viimase viie aasta jooksul on jälle veidi selle sisaldus tõusnud. Üldfosfori (planktoni kasvu soodustav ühend) sisaldus Harku järves on langenud, kuid üldlämmastiku (väikeste vetikate kasvu tõstev element) sisaldus hoopis tõusnud. Suurem muutus on toimunud ka järve vee pH-ga, mis on ajapikku aluselisemaks muutunud. Hapnikutarve (BHT₇ – vajaliku hapniku hulk orgaanilise aine bioloogiliseks lagunemiseks 7 päeva jooksul) on aastate vältel kõikunud, kuid kõik teised näitajad on suhteliselt stabiilsed olnud.

Enamus Tallinna elanikkonnast saab oma joogivee tänu Ülemiste veepuhastusjaamale, sest nimetatud ettevõtte puhastab Ülemiste järve vett. Seetõttu on Ülemiste järve vee kvaliteedi andmeid mõõdetud regulaarselt. Magistritöö autor koostas ülevaatliku tabeli (Tabel 2; 2534_Ulemiste_jarv.xls), mis näitab, kuidas on viimastel aastatel Ülemiste järve vee seisund muutunud.

Tabel 2. Ülemiste järve veeseire andmed

Näitaja	Ühik	1980-1981	2001-2008	2013	2014
Lahustunud O ₂	mg/l	-	12,00	10,70	11,10
Ammoonium NH ₄	mg/l	-	0,02	0,09	0,02
Elektrijuhtivus	uS/cm	-	414,00	353,00	363,00
pH	-	8,02	8,38	8,11	8,30

Näitaja	Ühik	1980-1981	2001-2008	2013	2014
N üld	mg N/l	1,36	1,50	1,43	1,13
P üld	mg P/l	0,02	0,04	0,04	0,04
Bioloogiline hapnikutarve	mgO/l	-	1,90	2,50	1,60
Kloriid Cl	mg/l	-	11,20	9,10	9,15
Keemiline hapnikutarve	mg/l	26,63	37,40	29,80	30,40
Fe	mg/l	-	0,06	110,00	67,80
Hõljuvained	mg/l	6,89	-	5,25	10,60
Fosfaat PO ₄	mg/l	0,06	0,01	0,01	0,01
Nitraat NO ₃	mg/l	5,17	3,00	2,30	1,70
Nitritit NO ₂	mg/l	-	0,01	0,02	0,01
Sulfaat SO ₄	mg/l	-	46,00	24,00	31,30

Kuivõrd Ülemiste järves üritatakse vee kvaliteeti hoida stabiilsena, siis on näha ka vee seire andmetest läbi aastate, et näidud on aja jooksul suhteliselt vähe muutunud. Tabel 2 alusel võib märgata üldlämmastiku, nitraadi ja bioloogilise hapnikutarbe väärtuste langust. Raua sisaldus on tõusnud ja pH on samuti veidi suurenenud.

Olulised hüdrokeemilis-füüsikalised ühendid või tegurid on näiteks setetes olev aastakümnete jooksul talletunud orgaanilise aine kogus ja veekihti talve jooksul kogunevad mitmesugused redutseeritud anorgaanilised ühendid (väävelvesinik, metaan), mis tarbivad kiiresti suures hulgas hapnikku [25]. Liiga suur hapnikutarve võib tekitada madala järve puhul, nagu selleks on Kahala järv, hapniku puudusesse jäämist. Elusorganismid (eelkõige kalad) võivad hukkuda liiga vähese hapnikusisalduse tõttu ja tekib juurde veelgi rohkem orgaanilist ainet järvemuda kujunemiseks.

Järvest muda eemaldamiseks on vaja tunda igakülgset kogu järve ökosüsteemi ja erinevate ainete liikuvust. Käesoleval ajal planeeritakse Kahala järvest muda eemaldamist ja magistritöö autor koostas koondtabeli (Tabel 3; 2534_Kahala_jarv.xls) olulistest mõõdetud vee omadustest lähiaastatel.

Tabel 3. Kahala järve veeseire andmed

Näitaja	Ühik	2008	2012-2014
Lahustunud O ₂	mg/l	40,00	14,00
pH	-	8,90	8,80
N üld	mg N/l	1,15	3,85
P üld	mg P/l	0,019	0,110

Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused

Näitaja	Ühik	2008	2012-2014
Fosfaate	mgP/l	0,003	0,030
Ammoonium NH ₄	mgN/l	0,057	0,630
Nitraate NO ₃	mgN/l	0,015	0,160
Nitritit	mgN/l	-	0,007
Kloriidid	mg/l	4,60	-
Sulfaadid SO ₄	mg/l	9,10	-
Elektrijuhtivus	uS/cm (25)	-	30,81
Keemiline hapnikutarve(KHT)	mg/l	-	-
Bioloogiline hapnikutarve(BHT ₇)	mgO ₂ /l	-	4,48

Varasemalt on Limnoloogiakeskus uurinud Kahala järves mitmete erinevate aastate (vahemikus 1953–2014) jooksul elustikku ja vee kvaliteedinäitajaid [33]. Kahala kohta on vee kvaliteedi andmeid siiski vähe võrreldes Ülemiste ja Harku järvedega. Tabel 3 alusel võib väita, et viimase kuue aasta jooksul on järve pH olnud suhteliselt kõrge. Üldlämmastiku ja –fosfori sisaldus (soodustab planktoni arengut) on väga väikese aja jooksul tõusnud. Ammooniumi (tekib orgaanilise aine lagunemisel) sisaldus on samuti 2012–2014. a andmete järgi palju suurem praegu kui 2008. aastal. Kahala järves soovitab magistritöö autor teostada regulaarselt vee seiret nii järvesetete puhastamise ajal kui ka mitmeid aastaid pärast muda eemaldamist, et saaks parema ülevaate vees toimunud muutustest.

3. JÄRVEDE KIRJELDUS

3.1 Harku järve kirjeldus

Harku järv asub Harjumaal Tallinna linnas Haabersti linnaosas. Tegemist on Lääne-Eesti vesikonda ja Harju alamvesikonda kuuluva loodusliku järvega, mida iseloomustatakse Keskkonnaregistri avaliku teenuse andmetel kui keskmise karedusega kihistumata eutroofset (rohketoitelist) järve [20]. Harku järve pindala on 162 ha ja keskmine sügavus 1,6 m (maksimaalne sügavus 2,5 m) [20]. Järve kallastel kasvab suuremaid puid ja ainult supleranna piirkonnas puuduvad kõrkjad (pilliroog) (Joonis 7). Kogu järve piirkonnas on arenenud rohkelt vetikaid.



Joonis 7. Harku järv 2015. a veebruaris (Foto: M. Metsaroos)

Järve valgala pindalaks Keskkonnainfo registri andmete järgi [20] on 47,2 km². Harku järve suubuvad Harku (põhiline toiteallikas), Järveotsa oja ja Iisaku soon (oja). Järv on lähteks Tiskre oja (ainus väljavooluallikas) [20]. Maa-ameti geoportaali andmetel asub Harku järvele lähim looduskaitseala (Nõmme-Mustamäe maastikukaitseala) ligikaudu 2,6 km kaugusel. Järve kasutatakse avalikult ujumispaigana, kalapüügi kohana ja veespordi harrastamiseks (sõudebaas). Peaaegu igal suvel vahavad seal toksilised sinivetikad ja inimesed peavad arvestama vetikate poolt põhjustatud ohtudega.

3.2 Ülemiste järve kirjeldus

Ülemiste järv asub Harju maakonnas Tallinna linnas Kesklinna linnaosas. Tegemist on Lääne-Eesti vesikonda ja Harju alamvesikonda kuuluva loodusliku järvega, mida iseloomustatakse Keskkonnaregistri avaliku teenuse [22] andmetel kui keskmise karedusega kihistumata eutroofset (rohketoitelist) järve. Ülemiste järve pindala on ligikaudu 940 ha ja keskmine sügavus 2,5 m (maksimaalne sügavus 5 m) [22]. Järve

kallastel kasvab hästi hõre ja kidur taimestik, mis ei kasva kogu kalda piirkonnas (Joonis 8). Võrreldes Harku järve kallastega on Ülemiste järve kallastel kõrkjaid vähem, nad on peenemad ja madalamad. Välitöö ajal oli vetikaid näha vaid kaldaäärsetel aladel.



Joonis 8. Ülemiste järv 2015. a aprillis (Foto: M. Metsaroos)

Juurdevool järve toimub Vaskjala-Ülemiste kanali kaudu Pirita jõest. Sinna suubub ka Kurna oja. Vesi suunatakse järvest välja läbi truupregulaatori [22]. Maa-ameti andmetel on Ülemiste järve edela kaldal III kategooria kaitsealused liigid (käoheel, neuvaip, kahelehine) ja 400 m kaugusel järve lõuna poolsest kaldast elab kaitsealune roo-loorkull. Ülemiste järv ei ole inimestele avalikult kasutatav. Seda piirab ümberringi ehitatud võrkaed. Ülemiste järv on Tallinna joogi- ja tarbevee allikas ja seetõttu teostatakse seal regulaarselt veega seotud uuringuid.

3.3 Kahala järve kirjeldus

Kahala järv asub Harju maakonnas Kuusalu valla piirkonnas Kahala külas Lahemaa rahvusparki territooriumil. Tegemist on Lääne-Eesti vesikonda ja Harju alamvesikonda kuuluva loodusliku järvega, mida iseloomustatakse Keskkonnaregistri avaliku teenuse andmetel [21] kui keskmise karedusega kihistumata mikstroofset (segatoiteline) järve. Kahala järve pindala on ligikaudu 345 ha ja keskmine sügavus 0,9 m. [21] Kahala järves on veetase väga madal ja veevahetus suhteliselt nõrk. Kallastel on tihe suurtaimestik (pilliroog) (Joonis 9) ja järve kogu veepinda katavad tihedalt vetikad, mis on kidurad ja pooleldi lagunened. Järv on avalikult kasutatav kalameestele ja loodusvaatlejatele.



Joonis 9. Kahala järv 2015. a märtsis (Foto: M. Metsaroos)

Kahala järve suubuvad Oldoja oja ning ümbritsevate põllumaade kuivenduskraavid ja aluspõhjakiivimeist väljuvad allikad [40]. Järv on lähte kohaks Loo ojale, mis on ainus väljavooluallikas [21]. Kahala järv ja sealne elustik on aja jooksul palju muutunud. Praeguse seisuga järvepeegel kahaneb märgatavalt ning järve nõgu täitub täielikult setetega. Talviti on järv tihti hapniku puuduses ja seetõttu hukkub palju kalu. Tegemist on tähtsa elupaigana looduskaitse all olevatele liikidele (merikotkas, hiireviu, käöpõll) ja seetõttu tegeletakse järve mudast puhastamise programmi välja töötamisega. Kahe eelneva järvega võrreldes tundus Kahala järve seisund käesoleva magistritöö autorile visuaalsel vaatlusel kõige kehvem.

4. JÄRVEMUDA KUJUNEMINE

Eesti mudad on tekkelt settemudad, mis ladestuvad seisva veega veekogus. Järvemudaks nimetatakse klastilisest (purdsest), orgaanilisest või karbonaatsest ainest koosnevat magevee setendit, milles on orgaanilist ainet vähemalt 35% kuivaine massist [17]. Järvemuda võib olla nii hõljuv mass kui ka esineda kinni kasvanud järves turbakihi all või vanades järvenõgudes mõnevõrra tihenendud kihina. [42]

Mudast eralduvaid toitaineid määratakse veekihis leiduvate erinevate ainete sisalduse muutuse alusel [35]. Eutrofeerumise (liigtoiteainete sisalduse) tagajärjel hakkab järves vohama fütoplankton ja/või kõrgem veetaimestik. Mida rohkem on taimestikku ja erinevat orgaanilist materjali järves lagunemiseks, seda kiiremini ning rohkem peaks tekkima muda. Seejärel veekogu vananeb ja hakkab kinni kasvama. Tegemist on loomuliku loodusliku protsessiga, mida inimtegevus võib kiirendada. [7]

Veekogus on väga olulised biogeenid (fosfori ja lämmastiku ühendid, mille allikaks on uhtveed ning lagunevad organismid), millest oleneb vee-elustiku hulk, liigiline koosseis ja produktiivsus (biomassi muutus ajas). Mida rohkem on biogeene, seda enam leidub järvedes vetikaid ja suurtaimi. Seetõttu kasutatakse veekogude klassifitseerimisel toitainete kontsentratsioone (peamiselt fosfori ja lämmastiku). Järvede klasse on moodustatud neli: vähe-, kesk-, rohke- ja liigtoitelised järved. [8]

Oligotroofsetes ehk vähetoitelistes järvedes on toitainete sisaldus ja ka mineraalainete sisaldus väga väike. Seega on bioproduktioonil (orgaanilise aine tekkel) biogeenidest alati puudus. Elustik on sellistes järvedes väikese biomassiga ning orgaanilise aine tootmine ja selle akumulatsioon (kuhjumine) järve põhja toimub väga aeglaselt. Planktonorganismide on vähe, vesi hea läbipaistvusega, hapnikuoludega probleeme ei ole. Need järved on väga tundlikud inimõjule, neis pole peaaegu üldse muda ja orgaanilist materjali selle juurde tekkimiseks on vähe. [8]

Mesotroofsetes ehk kesktoitelistes järvedes on suur liigirikkus elustikus ja palju biomassi. Gaasirežiim on sellistes järvedes veel hea [8]. Mesotroofsetes järvedes on olemas head tingimused muda tekkeks, aga ka sellistes järvedes ei ole veel välja kujunenud paksu mudakihti järve põhjas.

Eutroofsed ehk rohketoitelised järved on sageli madalad ja nende nõgu on juba täitunud suuresti järvemudaga. Neis on rikkalikult toitaineid ning on tänu sellele märgatavalt

produktiivsemad. Talvel võivad hapnikuolud olla halvad ja järve põhja koguneb süsihappegaasi, metaani ja väävelvesinikku. Järvesetetes on ajajooksul kuhjunud toitained ja nende vabanemine ei lase järve seisundil paraneda. [8]

Hüpertroofsetes ehk liigtoitelistes järvedes on toitainete üleküllus. Suure vetika- või taimemassi tõttu ei jõua valgus sügavamatesse kihtidesse. Gaasirežiim on aastaringselt halb, talviti ja suviti võib järves vee-elustikule eluks vajaliku hapniku puudu jääda. Tihti moodustuvad üheliigilised kooslused. Sellistes järvedes on ladestunud aja jooksul palju muda ja kinnikasvamise oht on suur. [8]

Järvemuda puhul on oluline kirjeldada värvust, konsistentsi, keskmist paksust, üldist kogust ja keemilist koostist. Selle alusel saab järvemudale määrata kasutusalasid. Vajalik on hinnata muda levikut ja jaotust kogu järve piirkonnas, osakeste suurust, tihedust ning teisi võimalikke tegureid [35]. Oluline oleks ka teada kui kiiresti muda järves juurde tekib, et hinnata setete eemaldamise efektiivsust. Seepärast on magistritöö autor kogunud võimalikke vanemaid ja uusi andmeid järvemuda paksuste kohta ning analüüsinud ka seda aspekti.

Ülemiste, Harku ja Kahala puhul on tegemist eutroofse iseloomuga järvedega ja neis on juba tekkinud suurel hulgal järvemuda. Alljärgnevalt (peatükkides 4.1, 4.2 ja 4.3) on magistritöö autor kokku koondanud Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kohta ülevaatliku informatsiooni 2015. a käesoleva magistritöö autori poolt välitöödel kogutud andmete põhjal.

4.1 Harku järvemuda

2015. a läbiviidud setete paksuste määramisel kirjeldas magistritöö autor mudakihti. Järvemuda on mõõtmispunktides tumehalli ja pruuni värvusega kogu settekihi ulatuses (Joonis 10). Mõnes proovis võis täheldada tumedat rohelist tooni ülemises sette osas. Supelranna poolses osas oli mudas tunda liivateri, mis on ilmselt liivasest rannast pärit. Kaugemal supelrannast muutus muda pigem pasta taoliseks, milles puudusid liivaterad. Ülemine settekiht oli tunduvalt vesisem, alumine muutus tahkemaks ja tihedamaks kogu mõõdistatud järve ulatuses. Järvesetete lamamiks oli üldiselt vähese savi sisaldusega aleuriit, mis oli heledama halli tooniga kui Harku järves leiduval mudal. Järve ida osas (sõudebaasi lähedal) oli lamamiks punase tooniga savi ja liiva segu. Lamamis domineeris siiski aleuriidi taoline moodustis.

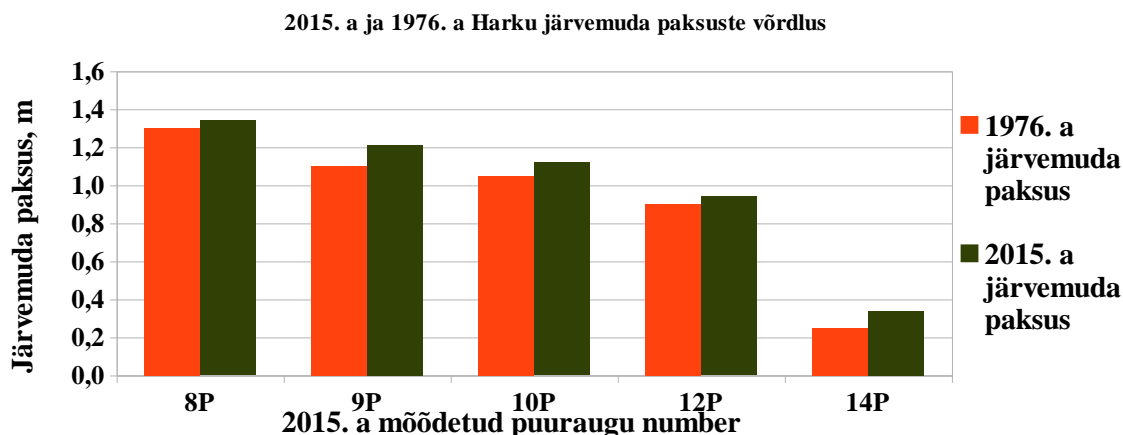


Joonis 10. Harku pruun järvemuda proovipunktis 11P, lamamiks hall aleuriit (Foto: M. Metsaroos)

Peale muda visuaalse kirjeldamise määras magistritöö autor 2015. a märtsis Harku järvesette paksuseid ja võrdles neid 1976. a tehtud uuringu [39] tulemustega (Tabel 4; 2534_Harku_jarv.xls). Mõõdetud 2015. a puuraugud paiknevad 9–40 m (8P; 9P; 10P; 14P), 51–108 m (3P; 4P; 6P; 7P; 12P; 15P) ja 140–250 meetrit (1P; 2P; 5P; 11P; 13P) eemal omavahel võrreldud 1976. a puuraukudest. Kõige usaldusväärsemad tulemused annavad teineteisele lähemal asuvad puuraugud (Joonis 11; 2534_Harku_jarv.xls).

Tabel 4. Harku järve 2015. a muda paksuste tulemused ja võrdlus 1976. a tulemustega

Puuraugu nr	Puuraugu pikkus veepinnalt, m	Järvemuda paksus, m		Läbilõige/Puuraugu nr	Puuraugu pikkus veepinnalt, m	Muda juurde teke, m
2015. a		1976. a				39 aasta jooksul
1P	2,20	0,40	0,35	IV – 10	0,60	0,05
2P	2,84	0,88	0,65	M - 16	2,75	0,23
3P	2,63	0,83	1,05	M – 14	3,00	-0,22
4P	2,80	0,85	1,10	III – 8	3,00	-0,25
5P	2,80	0,70	1,10	III - 8	3,00	-0,40
6P	3,25	1,09	0,65	II – 9	2,80	0,44
7P	3,10	0,76	0,70	I – 6	3,20	0,06
8P	3,34	1,34	1,30	M – 11	3,00	0,04
9P	3,20	1,21	1,10	III – 6	3,00	0,11
10P	3,20	1,12	1,05	III – 4	3,00	0,07
11P	3,27	1,00	0,95	III – 3	3,00	0,05
12P	2,64	0,94	0,90	III – 1	2,50	0,04
13P	2,33	0,33	0,20	IV - 2	2,00	0,13
14P	2,15	0,34	0,25	IV - 5	2,30	0,09
15P	2,26	0,28	0,10	IV – 8	2,40	0,18
					Keskmine	0,12



Joonis 11. 2015. a ja 1976. a Harku järvemuda paksuste võrdlus üksteisele kõige lähemal olevates puuraukudes

Tabel 4 järgi on muda juurdeteke puuraukude 3P, 4P ja 5P võrdluses negatiivne. See võib tuleneda sellest, et 2015. a tehtud puuraukude sügavused on väiksemad kui 1976. a puuraukude omad millega on neid võrreldud. See tähendab, et lamam asub neis kohtades kõrgemal ja kuna muda jaotub ühtlase kihina tavaliselt järve põhjas, siis mõõdetud kohtades võibki olla hoopis muda kiht väiksem ehk negatiivne 1976. a tulemuste suhtes. Puurauk 5P annab erinevuseks lausa 40 cm, aga 1976. a võrreldav puurauk asub peaaegu 200 m eemal ja seetõttu ei anna tulemus piisavalt ülevaatlikku tulemust ning seda ei arvestata keskmise mudakihi juurdetekkimise arvutuses.

Muda juurde tekkimist arvutas magistritöö autor aritmeetilise keskmisena, jättes välja 1P, 2P, 3P, 4P, 5P, 7P, 11P, 13P ja 15P puuraugu tulemused, sest need asusid võrreldavatest puuraukudest üle 60 m kaugusel. Keskmise muda juurdeteke on olnud 0,13 m 39 aasta jooksul. Nelja usaldusväärsema (vahekaugus 9–40 m) puuraugu võrdlus annab muda juurdetekke keskmiseks paksuseks 0,08 m 39 aasta kohta. Muda tekke kiirus on seega Harku järves umbes 2,1 (80mm/39 a) kuni 3,3 (130mm/39 a) mm/aastas.

2015. aastaks on Harku järves keskmine mudakihi paksus 1976. a uuringu [39] ja magistritöö autori poolt mõõdetud tulemuste alusel 1,05 m (2534_Harku_jarv.xls). Muda täiendatud varu 134,58 ha levikuala kohta on $1,05 \text{ m} \times 1345800 \text{ m}^2 = 1,41 \text{ miljonit m}^3$, mis teeb ligikaudu $1,41 \text{ miljonit m}^3 - 1,26 \text{ miljonit m}^3 = 0,15 \text{ miljonit m}^3$ rohkem muda kui seda oli 1976. a.

4.2 Ülemiste järvemuda

2015. a läbiviidud setete paksuste määramisel Ülemiste järvel kirjeldas magistritöö autor sealset mudakihti. Ülemiste järvemuda on erineva värvi ja konsistentsiga. Järvemuda oli mõõtmispunktides enamasti tumehall (Joonis 12), kohati lausa must või tumeroheline. Mõnes puuraugus oli näha ka tumepruuni muda. Seda, et Ülemiste järvemuda oli väga erinevate toonidega ja tihedusega kinnitab ka 1976. a uuring [39]. Ülemine settekiht oli vesisem, sügavamale jõudes muutus muda tahkemaks ja tihedamaks. Järvemuda meenutas üldiselt pasta–taolist segu kogu puuraugu ulatuses ja sisaldas kohati taimejäänuseid. Järvesetete lamamiks mõõdetud punktides oli liiv (mitmes punktis leidis liivas väikeseid valgeid teokarpe), aleruiidi sarnane materjal, lubjakivi ja turvas.



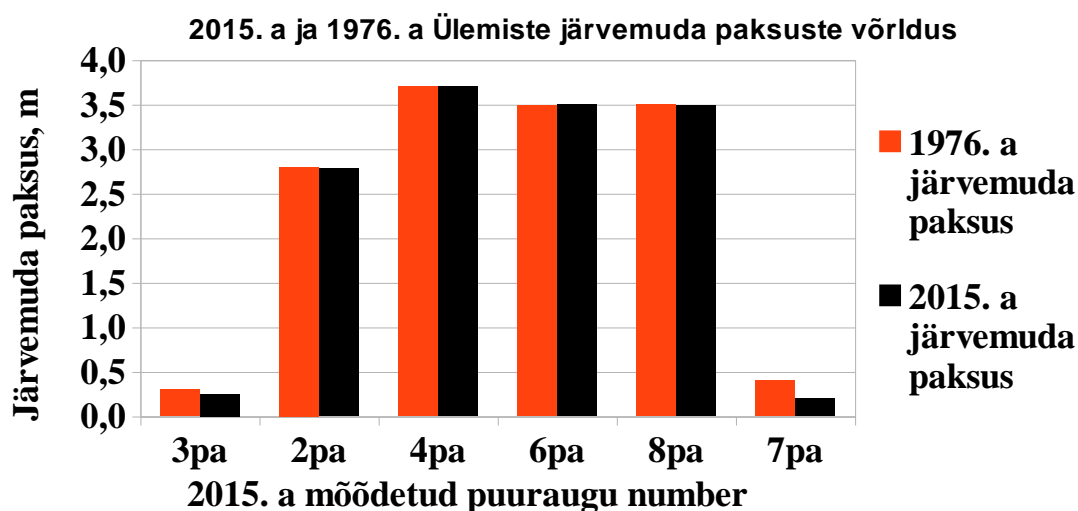
Joonis 12. Ülemiste tumehall järvemuda punktis 1pa, lamamiks liiv (Foto: M. Metsaroos)

Peale muda visuaalse kirjeldamise määras magistritöö autor 2015. a aprillis Ülemiste järvesetete paksuseid ja võrdles neid 1976. a tehtud uuringu [39] tulemustega (Tabel 5; 2534_Ulemiste_jarv.xls). 2015. a mõõdetud puuraugud paiknevad 3–27 m (2pa kuni 8pa) ja 97 meetrit (1pa) eemal omavahel võrreldud 1976. a puuraukudest. Kõige usaldusväärsemad tulemused annavad teineteisele lähemal paiknevad puuraugud (Joonis 13; 2534_Ulemiste_jarv.xls).

Tabel 5. Ülemiste järve 2015. a muda paksuste tulemused ja võrdlus 1976. a tulemustega

Puuraugu nr	Puuraugu pikkus veepinnalt, m	Järvemuda paksus, m		Puuraugu nr/ Läbilõige	Puuraugu pikkus veepinnalt, m	Muda juurde teke, m
2015. a		1976. a				39 aasta jooksul
1pa	4,80	1,10	2,15	13 - M	5,90	-1,05
2pa	6,90	2,78	2,80	8 – VII	6,80	-0,02
3pa	2,75	0,25	0,30	1 – VIII	2,70	-0,05
4pa	7,10	3,70	3,70	4 – VIII	6,70	0,00
5pa	6,70	3,40	3,80	6 – VIII	7,00	-0,40
6pa	7,53	3,50	3,49	9 – VIII	7,35	0,01
7pa	4,20	0,20	0,40	13 – VIII	4,00	-0,20

Puuraugu nr	Puuraugu pikkus veepinnalt, m	Järvemuda paksus, m		Puuraugu nr/ Läbilõige	Puuraugu pikkus veepinnalt, m	Muda juurde teke, m
8pa	7,46	3,49	3,50	8 – IX	7,15	-0,01
					Keskmine	-0,05



Joonis 13. 2015. a ja 1976. a Kahala järvemuda paksuste võrdlus teineteisele kõige lähemal paiknevates puuraukudes

Tabel 5 järgi võib järeldada, et muda juurde teke oli enamasti puuraukudes negatiivne. See võis tuleneda sellest, et puuraukude sügavused olid 2015. a väiksemad või veetasemed suuremad kui 1976. a puuraukudes, millega on neid võrreldi. Puuraukude 2pa, 3pa, 4pa, 6pa, 7pa ja 8pa tulemused võrreldes 1976. a olid muda paksused väga väikese erinevusega. Saadud tulemusi võiks lugeda samaväärseteks ja muutust muda juurde tekkimisel polnud märgata.

Puurauk 1pa asus 1976. a võrdluspunktiks valitud 13-M-st umbes 97 m kaugusel, mis oli lähim võimalik punkt 1pa-le. Tulemused erinesid 1,05 m võrra ning kaugust arvestades ei olnud need kaks punkti omavahel võrreldavad. Puurauk 5pa andis puuraugu 6-VIII võrdluses erinevuseks 0,4 m. Antud tulemused olid liiga erinevad. Kuigi kogu veekihi paksus oli peaaegu sama mõlemas punktis (3,2-3,3 m), siis puuraugus 5pa asus lamam tunduvalt kõrgemal. Puuraugu sügavuste erinevus oli nende kahe punkti puhul 0,4 m. Punkt 5pa ja 1pa ei andnud adekvaatset tulemust ja seetõttu jäid nad keskmise muda paksuse juurde tekkimise arvutusest välja.

Muda paksuse suurenemist 39 aasta jooksul arvutas magistritöö autor aritmeetilise keskmisena. Muda juurdeteke oli Ülemiste järves olnud ligikaudu -0,05 m 39 aasta jooksul, mis tähendab, et antud mõõdistamistulemused ei täheldanud muda juurde tekkimist vaid hoopis muda tihenemist 0,05 m võrra. Järvemuda tihenemise kiirus oleks sellisel juhul umbes 1,3 mm/aastas (50mm/39 a) Ülemiste järve tingimustes. Järvemuda varu ei olnud Ülemiste järve keskosas suurenenud, sest magistritöö raames mõõdetud muda paksuste analüüsil ei olnud muda juurde tulnud.

Muda oli kõigis puuraukudes tihedam ja vähem vesisem kui näiteks Harku järves. Aja jooksul võis Ülemiste järve muda olla tõesti tihenunud ja seetõttu võisid mõõdistustulemused olla isegi õiged. Järves ei olnud palju orgaanilist materjali, mis oleks saanud laguneda ja tekitada muda juurde. Seega Ülemiste järves oli muda juuretekke kiirus nullilähedane, kuigi teatud koguses peaks seda siiski juurde tekkima. Ülevaatliskuma tulemuse saamiseks oleks mõistlik muda paksusi neis samades punktides ja võib-olla veel uute puuraukudega uuesti mõõta jää pealt.

Kindlasti tasuks läbi viia üle kogu järve põhjalikum uuring, sest 1976. a Sinisalu koostatud aruande [39] järgi katab järvemuda Ülemiste järve nõgu vaid umbes 70% kogu selle alast. Võimalik, et muda oli juurde tekkinud kaldaäärsetes piirkondades, kus esines ka kõrkjaid ja vetikaid. Magistritööga seotud mõõdistused ei hõlmanud selliseid piirkondi, aga võimalusel võiks ka neid alasid mõõdistada.

4.2 Kahala järvemuda

2015. a läbiviidud järvemuda paksuste määramisel Kahala järvel kirjeldas magistritöö autor sealset mudakihti. Kahala järvemuda oli kahe värvuse ja konsistentsiga (Joonis 14). Järvemuda oli mõõtmispunktides pruuni ja punaka tooniga terve settekihi ulatuses kaldaäärses piirkonnas. Kaldast eemale liikudes asus pruuni kihi all tumepruun ning roheline värviga mudakiht, mida leidis tunduvalt õhema kihina kui ülemist pruuni muda. Ülemine settekiht oli vesisem, sügavamale jõudes muutus muda tahkemaks ja tihedamaks. Järvemudas oli tunda taimejäänuste tükke, aga muidu meenutas see tahkemat pastataolist segu. Järvesetete lamamiks mõõdetud punktides oli helehalli värviga savi ja liiva segu. Kaldaäärses alas oli lamamiks liiv ja kruus. 1976. a [39] ja 2013. a [40] aruannetes toodi välja, et järvesetete lamamiks olid veel ka kruusasegust liiva, aleuriiti, savist aleriiti või ainult savi.

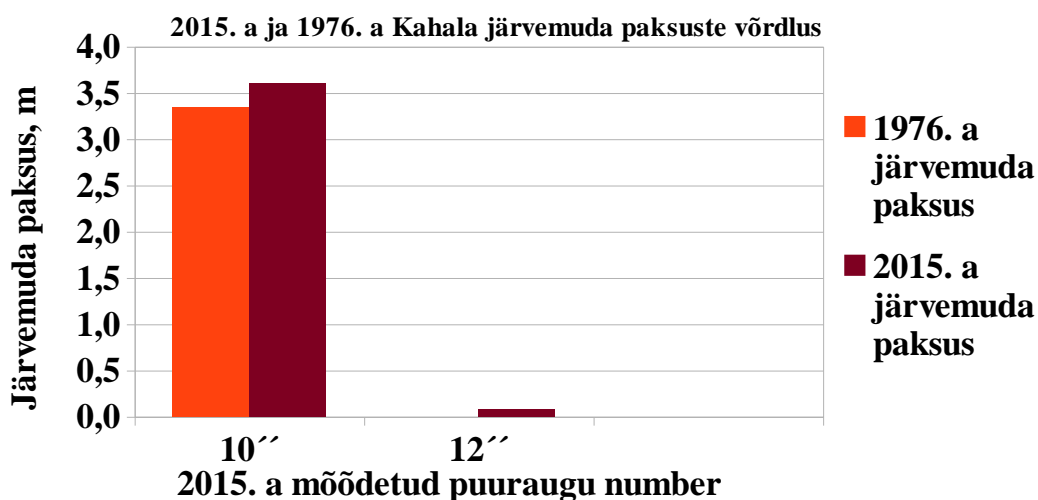


Joonis 14. Kahala pruun ja roheline järvemuda punktis 10'' (Foto: M. Metsaroos)

Peale muda visuaalse kirjeldamise määras magistritöö autor 2015. a märtsis Kahala järvemuda paksuseid ja võrdles neid 1976. a tehtud uuringu [39] tulemustega (Tabel 6; Joonis 15; 2534_Kahala_jarv.xls). Mõõdetud 2015. a puuraugud paiknesid 25–26 m (10''; 12'') ja 156 meetrit (1*) eemal omavahel võrreldud 1976. a puuraukudest.

Tabel 6. Kahala järve 2015. a muda paksuste tulemused ja võrdlus 1976. a tulemustega

Puuraugu nr	Puuraugu pikkus veepinnalt, m	Järvemuda paksus, m	Läbilõige/Puuraugu nr	Puuraugu pikkus veepinnalt, m	Muda juurde teke, m	
2015. a		1976. a			39 aasta jooksul	
10''	4,75	3,60	3,35	M – 10	4,75	0,25
12''	1,88	0,08	0,00	M – 12	1,5	0,08
1*	3,63	2,64	1,45	V – 5	2,5	1,19
					Keskmine	0,17



Joonis 15. 2015. a ja 1976. a Kahala järvemuda paksuste võrdlus teineteisele kõige lähemal paiknevates puuraukudes

Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused

Kahala järvel mõõtis magistritöö autor 2015. a kolm puurauku (Tabel 6). 1* asus 1976. a mõõtepunkti V-5 suhtes 156 m eemal ja järvemuda paksuste erinevus oli üle ühe meetri. Seda puurauku ei arvestada magistritöö autor keskmise muda juurde tekkimise kiiruse arvutamisel, sest 1976. a puurauk asus liiga kaugel. Muda tekkekiirus oli Kahala järves kahe puurauku andmete analüüsi tulemusena umbes 4,4 mm/aastas (170 mm/39 a).

2013. a järvemuda uuringu käigus määratud põhjasetete keskmiseks paksuseks oli 3,72 m ja üldvarudeks järve piires $3,72 \text{ m} \times 3\,459\,000 \text{ m}^2 = 12,87 \text{ miljoniit m}^3$ [40]. 37 aastaga oli Kahala järves muda kiht paksenenud $3,72 \text{ m} - 3,47 \text{ m} = 0,25 \text{ m}$. Muda tekkekiirus oli Kahala järves muda paksuste muutuste alusel umbes 6,8 mm/aastas (250 mm/37 a). Järvemuda täiendatud varu levikuala kohta (345,9 ha) oli suurenenud 37 aasta jooksul $12,87 \text{ mln m}^3 - 11,54 \text{ mln m}^3 = 1,33 \text{ miljoniit m}^3$.

5. JÄRVEDEST MUDA EEMALDAMISE VÕIMALUSED

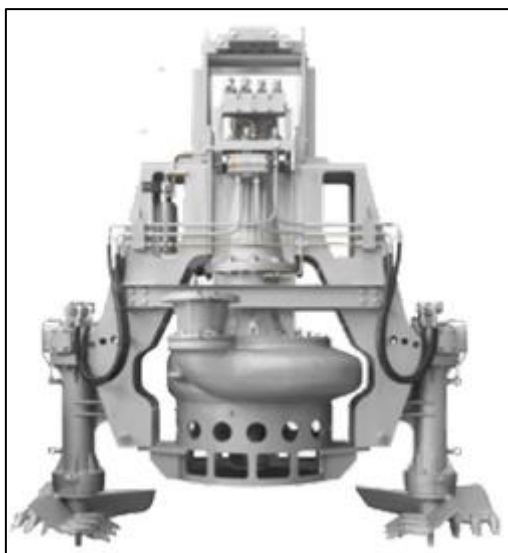
Järvede tervendamisteks (sh muda eemaldamiseks) peab teadma järve kohta kõiki võimalikke andmeid: morfomeetriat, hüdroloogiat, vee omadusi, elustiku koosseisu ja rühmade arvukust, setete paksust ja jaotust, setete kvaliteeti ja järve aineringluse välis- ning sisebilanssi. [33]

Setet saab eemaldada peamiselt kahel suuremal võimalusel: 1) vastavast järveosast või kogu järvest juhitakse vesi ära ning seejärel eemaldatakse sete või 2) sete eemaldatakse veekihi alt [8]. Tavaliselt on vee ärajuhtimine võimalik väikeste ja eriti paisjärvede puhul, seega levinuim muda eemaldamine vee alt. Lisaks on veetaseme alandamine suurema negatiivse mõjuga terve järve elustikule ja süsteemile. [33]

Juba 1970. aastal oli teada mitmeid erinevaid hüdraulilise lahendusega süvendamise seadmeid. Oli välja töötatud juhised inseneride vaatenurgast kuidas valida õiget süvendamise meetodit. Järvesetete eemaldamisel arvestati eelkõige süvendamise sügavuse määramist, pumba võimsusi ja materjali liigutamise vahemaid. Kasutusel olid mitmed erineva disainiga süvendajad. Levinuimad olid haaravad, tavalised ja spetsiaalselt disainitud kopad, mis pidid avaldama veekvaliteedile minimaalset mõju setete kaevandamisel. [35]

1974. aastatel kasutati juba põhiliselt hüdraulilist sette eemaldamist (sette pumpamine), sest sellel oli mitmeid eeliseid tavalise kopaga süvendamise ees. Selline süsteem oli pideva töörežiimiga, mis aitas eemaldada rohkem materjali lühema ajaga. Kaevandamisel segunes sette- ja veekiht vähem, mis aitas ära hoida suurema vee hägustumise. Lisaks oli selline eemaldamine tunduvalt keskkonnasõbralikum kui ekskavaatoriga eemaldamine. [35]

Tänapäeval on hüdraulilisi pumpi järjest edasi arendatud. Käesoleval ajal on populaarsed sette eemaldamiseks mikseritega pumbad (Joonis 16). Selliste mikserite abil tõstetakse pinnas pumbale lähemale ja välditakse ummistusi taimestiku olemasolul järves. Neid pumpi saab kinnitada ujuvale pontoonile. Montaaž on välja mõeldud võimalikult lihtne ning seetõttu on seadet võimalik ühelt objektilt teisele kiirelt liigutada. [10] Samuti on arendatud pinnasepumpade aluseid, mida on lihtne tervenisti autotranspordiga kohale toimetada erinevatesse paikadesse [6].



Joonis 16. Järvemuda eemaldamiseks sobilik pump mikseritega Dragflow HY 300A [10]

Järjest rohkem võetakse kasutusele uusi mehhanisme ja täiustunud tehnoloogiaid järvemuda eemaldamiseks, selle käitlemiseks ja kahjulike ainete leviku takistamiseks mudast veekihti. Käesoleval ajal piiratakse peaaegu alati järvemuda eemaldamisel süvenduspiirkond pontoonidele kinnitatud ja järve põhja ulatuva kilega, et takistada toitainerikka vee ning kaevamisel üleskeerutatava heljumi kandumist järve teistesse piirkondadesse. Kasutatakse erinevaid muda eemaldamise viise näiteks separeerimist, pinnasepumba kasutamist settetiikide rajamisega või koos geokottidega. [28]

Muda kaevandamine järvedest ei ole eriti suur probleem, aga selle hilisem kasutamine on tihti tekitanud mitmeid erinevaid küsimusi. Õhu käes kuivab järvemuda kõvaks koorikuks, mis hiljem ei taha hästi põldudele laotatuna veega lahustuda [23]. Seniajani on järvemuda selliste omaduste vastu kasutatud külmutustsükli. Näiteks settetiigis saab lasta väikese veekihi all järvemudal talvel täielikult läbi külmuda. Järvemuda molekulaarstruktuur muutub sedasi, et muda enam ei paaku (tahku). Kevadel saab järvemuda põldudele vedada või eelnevalt veel segada turba, sõnniku, põlevkivituha või muu väetisega. [41]

Üheks töötlemise võimaluseks koos järvemuda talvise külmutamisega on kasutada setteid ehk settetiike, kuhu järvemuda transporditakse torustikku abil pinnasepumbaga. Soome spetsialistid soovitavad arvestada vähemalt 3 m³ settebasseini mahtu 1 m³ kohta [26]. Sette tahenemise kiirendamiseks võib varustada settid drenaažiga [28]. Selleks on vaja maaomanikelt (tavaliselt mitmelt erinevalt) luba nende väljaehitamiseks. Setitustiikide ehitus ja muda talvituma jätmine on töömahukas ning aeganõudev protsess. Süsteem ise on

lihtne ja suhteliselt odav, aga paljude järvede ääres ei ole piisavalt ruumi selliste tiikide rajamiseks või pole piisavalt külma talve, mis muda külmutaks.

Järvemuda paremaks läbi külmutamiseks on välja töötatud geokotid või geotuubid ehk *Geo Tube*-tehnoloogia (Joonis 17). Järvemuda pumbatakse tahendamiseks suurtesse vett läbilaskvatesse sünteeskangast geokottidesse. Vesi nõrgub geokotist välja (sealhulgas taimetoitained, osaliselt raskemetalle, naftasaadusi) ja selle sisse jäävad tahked osised. Sette tahenemise protsessi kiirendamiseks võib lisada pinnasepumbast tulevale pulbile (muda ja vee segu) enne geokotti jõudmist looduslikku polümeeri, mis soodustab vee eraldumist. Tahenemine on geokotis oluliselt kiirem kui settetiikides, sest eralduv vesi juhitakse kohe settest eemale ja järvemuda saab hakata kuivama. [28]



Joonis 17. Geokoti ehk *Geo Tube*-tehnoloogia. Täitmine, vee eemaldamine, tihendamine [29]

Geokotte (Joonis 18) on kasutatud juba tuhandete järvede puhastamisel muda tahendamise tehnoloogiana. Soomlased on proovinud seda tehnoloogiat Gallträski järvemuda eemaldamisel. Sette tahendamiseks läks selle projekti puhul vaja kuut geokotti (9 m lai ja 25 m pikk), kus igasse kotti mahtus 300 m³ setet [8].



Joonis 18. Geokottide kasutamine kaitsevalli vahel [29]

Järvemuda töötlemisel separeerimise tehnoloogiaga kasutatakse tsentrifugaaljõu põhimõtet. Tahked osakesed on raskemad kui vesi ja need kogunevad kiiresti pöörleva separaatori välisseina, kust see veest eraldatuna separaatorist välja juhitakse. Pinnasepumpa kasutatakse järvemuda pumpamiseks settekihi alt, et lisavett pumpa ei satuks. Separeerimiseks on vaja pulpi (vee ja muda segu) lahjendada täiendava vee lisamisega, hiljem saab kasutada selleks järvemudast eraldatud ning järve tagasijuhtimiseks mõeldud vett. Järve tagasijuhtiva vee hulk seetõttu kahaneb. Ei ole võimalik hoiustada suuri mahte laos ja toodangut tuleb pidevalt ära vedada. [28] Kõigist muda eemaldamise võimalustest on see kõige suurema energiakuluga ja aeganõudvam süsteemi väljaehitamise poolest.

Separeerimisele sarnane muda töötlemistehnoloogia on desintegraator ehk löökveski. Mitmete mudaproovide katsetamise järel on selgunud, et järvemuda pulpi (vee ja muda segu) töötlemisel desintegraatoris lõhustatakse järvemuda rakustruktuur analoogselt talvise läbikülmetamisega. Pärast desintegraatoritöötlust ei tahene järvemuda enam kõvaks, vaid see jääb püsima hapra massina, mis pärast kuivamist muutub tolmuks. [41]

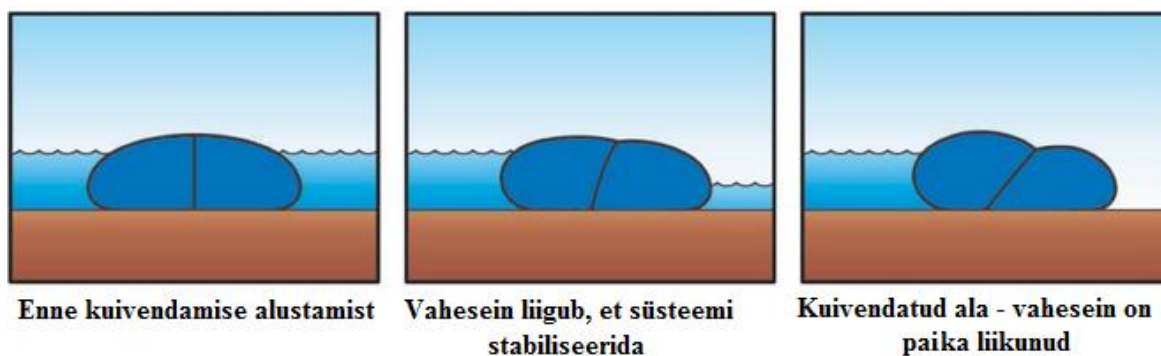
Järvemuda struktuuri lõhkumine toimub desintegraatoris kiirete, üksteisele järgnevate löökide toimel. Seadmes liigub töödeldav aine kettakujuliste, sõrmjate või labakujuliste löökelementidega varustatud tööorganite vahel. Materjal liigub seadmes keskelt väljapoole muutudes samal ajal järjest peenemaks. Töökambri väljumisel suunatakse peenestatud aine mahutisse ning jahvatusprotsessis osalenud õhk liigub tolmuärastussüsteemi. [5]

Lisaks on välja arenendatud huvitav muda eemaldamise ning töötlemise tehnoloogia kompleks nimega DESET (Dewatering Sediment Technology – veevaba muda tehnoloogia). DESET tehnoloogia sarnaneb sõelumise ja desintegraatori koos kasutamise põhimõttel. Seda seadet on lihtne järvekaldal üles seada lühi- kui ka pikaajaliseks kasutamiseks (Joonis 19). Tegemist on standariseeritud jalgadele kinnituva ja konteineritesse mahutatud varustusega. Seadmesse juhitakse järve põhjast materjal hüdraulilise või mehaanilise süvendamise teel. DESET tehnoloogiaga eemaldatakse kõige pealt pulbist (muda ja vee segust) jämedateralisem muda fraktsioon. Seejärel eemaldatakse vesi ja alles jääb kuiv materjal. Kogu protsess on ülesehitatud pidevale töörežiimile toetudes, mis tagab kõrge tootlikkuse. Puhastatud vesi suunatakse tagasi järve. [36]



Joonis 19. DESET tehnoloogia [36]

Madalamates järvedes teatud piirkonna (eriti kaldaäärsete alade) setete eemaldamiseks saab kasutada veetõkkesüsteemi (Joonis 20). Pärast tammi paigaldamist saab puhastatavalt alalt vee ära pumbata ning kui sete on tahenenud, eemaldatakse see koos taimestikuga ja puhastatud alale laotatakse liiva, juhul kui soovitakse rajada järve äärde ujumiseks randa [13]. Sellist võimalust pakuti välja näiteks Viljandi järve supelranna korrastamiseks.



Joonis 20. Veetõkkesüsteemi tehnoloogia [14]

Veetõkkesüsteemi ehitamise eeliseks on kuiva keskkonna loomine, mistõttu on väljakaevatav muda kohe valmis transportimiseks lõpladestusalale. Järvemudasse ladestunud ained ei vabane ega segune järve veekihiga. Suureks puuduseks võib nimetada tammi alt lekkeohtu eriti kui see asetatakse mudasele pinnasele. Tegemist on üsna kalli ja keerulise tehnoloogiaga võrreldes settetiikide rajamisega. [13]

Järvemuda ei saa mõnikord üleni järvest eemaldada. Juhul kui siiski soovitakse süvendust teostada teatud muda kihini, siis üks võimalik lahendus oleks kasutada liiva, kruusa või kive ja katta liigseid toiteaineid eraldav mudakiht kinni pärast süvendustöid. Selleks kaetakse järve põhi 15–30 cm paksuse materjali kihiga. Keerulisemate süsteemide puhul saab kasutada ka geotekstiilseid matte või riidet ning muid sobilikke materjale. Selline

katmise süsteem aitab tekitada muda ja vee vahele füüsilist barjääri. Setted ei saa eraldada toitaineid vette ega kanduda teistesse piirkondadesse. [11]

Sellist katmist saaks kasutatakse kõige paremini ilmselt järvede randade korrastamiseks, kus inimesed käivad ujumas. Järvemuda katmise tehnoloogia on suhteliselt odav ja kiiresti teostatav. Negatiivseks pooleks on sellise katmise puhul, et veetase ei tohi liiga madal olla tööde teostamise piirkonnas. Harku, Ülemiste ja Kahala järve põhja katmiseks pole eelnevalt kirjeldatud süsteem majanduslikult mõistlik, sest tegemist on suurte järvedega.

Alljärgnevalt toob magistritöö autor näiteid, millisi lahendusi ja süsteeme on Eestis järvemuda eemaldamiseks kasutatud. Mitut veekogu on süvendatud amfiibekskavaatoriga BigFloat 16.36, millel on peale tavalise kopa ka imurkopp. Selle kopa freesid hakivad veetaimed peeneks ning kopaga ühendatud pump liigutab nii muda kui ka vee settetiiki. Imurkopp segab setet vähem kui tavakopp ning seetõttu taimetoitaineid satub minimaalselt veekihti. [8]

Arbi järve (6 ha suurune) puhastamisel ekskavaator tõstis õõtsikut (taimedest kamar vee pinnal) ja sette kaldale. Teine ekskavaator laadis materjali geotekstiilile rajatud ajutist teed mööda liikuvale kallurile, mis ladestamisalale liikus.

Laguja järvemuda eemaldamisel kasutati veekogu kaldal nõrutus- ning kompostimisväljakut. Need väljakud rajati veetihedatena, mis isoleeriti savikanga või kilega ning ümber rajati pinnasvallid. [27]

Laheperas taheti eemaldada 96 ha suurusest veekogust 3,5 miljonit m³ järvemuda, aastas 200 000 m³. Järvekaldale rajati 35 ha suurusele alale 16 settit mahuga 2–2,5 m³ 1 m³ kohta. Selleks projektiks hangiti isegi pinnasepump, aga töid ei rahastatud enam ja järvemuda eemaldamine jäi pooleli. [8] See on Eestis läbi aegade mahukaim järvemuda eemaldamise projekt.

Palju tähelepanu pälvis 2014. a Viljandi järve ranna puhastus, kus eemaldati 2910 m² alalt umbes 4000 m³ muda ning liiva segu. Sette eemaldamiseks kasutati ujuvekskavaatorit ning pumpa (Joonis 21). Kaldaäärset ala puhastati ekskavaatoriga, mis tõstis materjali veoautole. Piisava sügavuse juures sai pumba üleni vee alla paigutada ning kasutati ka setete pumpamist. Settetiigi madalama ääre ette rajati kahe meetri kõrgune vall (Joonis 22). Järvest pumbatud muda ning liiva segul lasti settetiigis taheneda. [1]



Joonis 21. Viljandi järve setetest puhastamine 2014. a [43]



Joonis 22. Viljandi järvemuda tahendamiseks kasutatud settetiik [43]

Kuigi on välja töötatud ning järgi proovitud mitmeid erinevaid järvemuda eemaldamise ning töötlemise tehnoloogiaid, siis endiselt paljud järve puhastamise projektid ei õnnestu. Tavaliselt on probleemiks rahaline maksumus ja tööd jäävad pooleli või teostatud muda eemaldamine ei anna soovitud tulemust erinevatel põhjustel. Ebaõnnestumised võivad olla tingitud andmete vähesusest, valest planeerimisest või tehnoloogia kasutamisest. Järvemuda eemaldamine tuleks ette võtta tõesti ainult siis, kui muud võimalust ei ole. Selle läbiviimiseks tuleb koguda mitmeid aastaid erinevat informatsiooni ning arvestama peab, et puhastamine mõjub kergemalt järvele, mis ei ole väga kriitilises seisundis.

Ainult järvemuda eemaldamine ei pruugi parandada üldist järve seisundit. Enamasti väidetakse, et järvesetete eemaldamiseks on sobilikumad väiksed järved, kus on suure orgaanilise aine sisaldusega muda [35]. Efektivsema tulemuse saavutamiseks tuleks enne setete eemaldamist takistada reovete järve sattumist, korrastada kaldaid taimestikust, suurendada sisse- või väljavoolu hulka järves. Iga järv on täiesti unikaalne ja eriline ning

konkreetset nõuannet, mida setete eemaldamisel täpselt tähele peaks panema on raske leida. Parima tulemuse saavutamiseks tuleks läheneda järve korrastamisele komplekse süsteemiga ja pöörata tähelepanu konkreetse järvemuda eemaldamise koha eripäradele.

5.1 Harku, Ülemiste, Kahala järvesetete eemaldamine

Kõige rohkem on praegu informatsiooni Kahala järvemuda eemaldamise kohta, sest seda järve üritatakse hakata lähiajal korrastama. Järve seisund on väga kriitilises olukorras ja kuna tegemist on tähtsa loodusobjektiga, siis järvemuda eemaldamine on vältimatu protsess. Hetkel on käimas Kahala järve tervendamise insenertehnilise tegevuskava keskkonnamõju hindamise programmi eelnõu. Üritatakse määrata ja paika panna, mida on vaja keskkonnamõju hindamisel analüüsida seoses välja pakutud setete eemaldamise tehnoloogiatega.

Esimeses tervendamise etapis nähakse ette Oldoja suudme piirkonnast 100 000 m³ sette eemaldamist (aastas 50 000 m³). Järve tervendamise projektis on analüüsitud 3 erinevat tehnoloogiat järvemuda kaevandamiseks ja järeltöötlemiseks. Muda ammutamiseks kasutatakse kõigi versioonide puhul pinnasepumpa (Watermaster Classic IV tootlikkuse 15–250 m³/h; maksimaalne ammutussügavus 8,1 m) ja torustikku pulbi (vee ja muda segu) transportimiseks töötlemiskohta. [28]

Muda töötlemise tehnoloogiatest on analüüsitud Kahala järve tervendamise projekti puhul settebasseinide rajamist, geotuubide kasutamist ja tsentrifugaaljõu toimele separeerimist. Tööpiirkond kavatakse eraldada järves geotekstiilist ekraaniga, et vältida vee segunemist ülejäänud järveveega. Geotuubide ja settebasseinide kasutamisel tuleb arvestada, et on vaja suuri alasid, kuhu ehitada setteväljakuid. Setetest eraldatud vee tagasi juhtimisel järve kontrollitakse selle fosforisisaldus ja vajadusel lisatakse koagulanti (näiteks alumiiniumsulfaati), mis aitab vähendada selle sisaldus vees. [28]

Kahala järve tervendamise tegevuskava analüüsides on näha, et muda geotuubides käitlemiseks läheb vaja 4,7 ha vähem maa-ala kui seda teha settebasseinides. Geotuubide setteväljaku saaks rajada järve kaldale ning muda ammutamise kohale ligemale, mis vähendaks pulbi transportimise vahemaad märgatavalt. Väljapakutud separeerimise tehnoloogia puhul on vaja samuti rajada peale separeerimiseks mõeldud hoone veel kogumistank ning järeltöötlusbassein. Kõige keerulisem ja kallim tehnoloogia on selle projekti alusel nimetatud geotuubid. Täpsema informatsiooni koos jooniste ning

skeemidega kavandatava setete eemaldamise kohta leiab Kahala järve insenertehnilise tegevuskava aruandest. [28]

Magistritöö autor uuris Kahala järvemuda eemaldamise insenertehnilise kava koostajatelt täpsustavaid andmeid tehnoloogia kasutamise kohta. Separeerimist, geotuubide ja settebasseinide kasutamist analüüsi seetõttu, et need tehnoloogiad on enamkasutatavad suurtelt pindadelt muda käitlemiseks järve veepinda alandamata. Nende tehnoloogiate kõrval kaalutleti veel ka separeerimisele sarnase süsteemi kasutamist, kus muda ammutatakse pumbaga mudakihi alumistest kihtidest, suhteliselt kuivalt ja enne realiseerimist segatakse turbaga. Projekterija mainis, et sellise tehnoloogia kohta on vähe teavet ning hinnanguliselt võiks maksuvus olla sama nagu separeerimisel.

Planeeringus kasutatav Watermaster pinnasepump on Eestis olemas ettevõttel Saarte Liinid [2], mis on varem osalenud erinevates setete eemaldamise projektides. Seega ei ole vaja seda seadet spetsiaalselt Eestisse tellida Kahala järvemuda eemaldamiseks. Magistritöö autor uuris, miks geotuubide kasutamine on projekti alusel nii kallis võrreldes separeerimise tehnoloogiaga. Põhiliseks argumendiks on geotuubide ühekordne kasutamine ja firma Tencate vastava ala spetsialistide konsultatsiooni ning mujal maailmas teostatud tööde alusel väljakujunenud hinnanguline maksumus. Geotuubide tehnoloogia on suhteliselt uus ja ei ole näiteid Eestis kasutamise kohta.

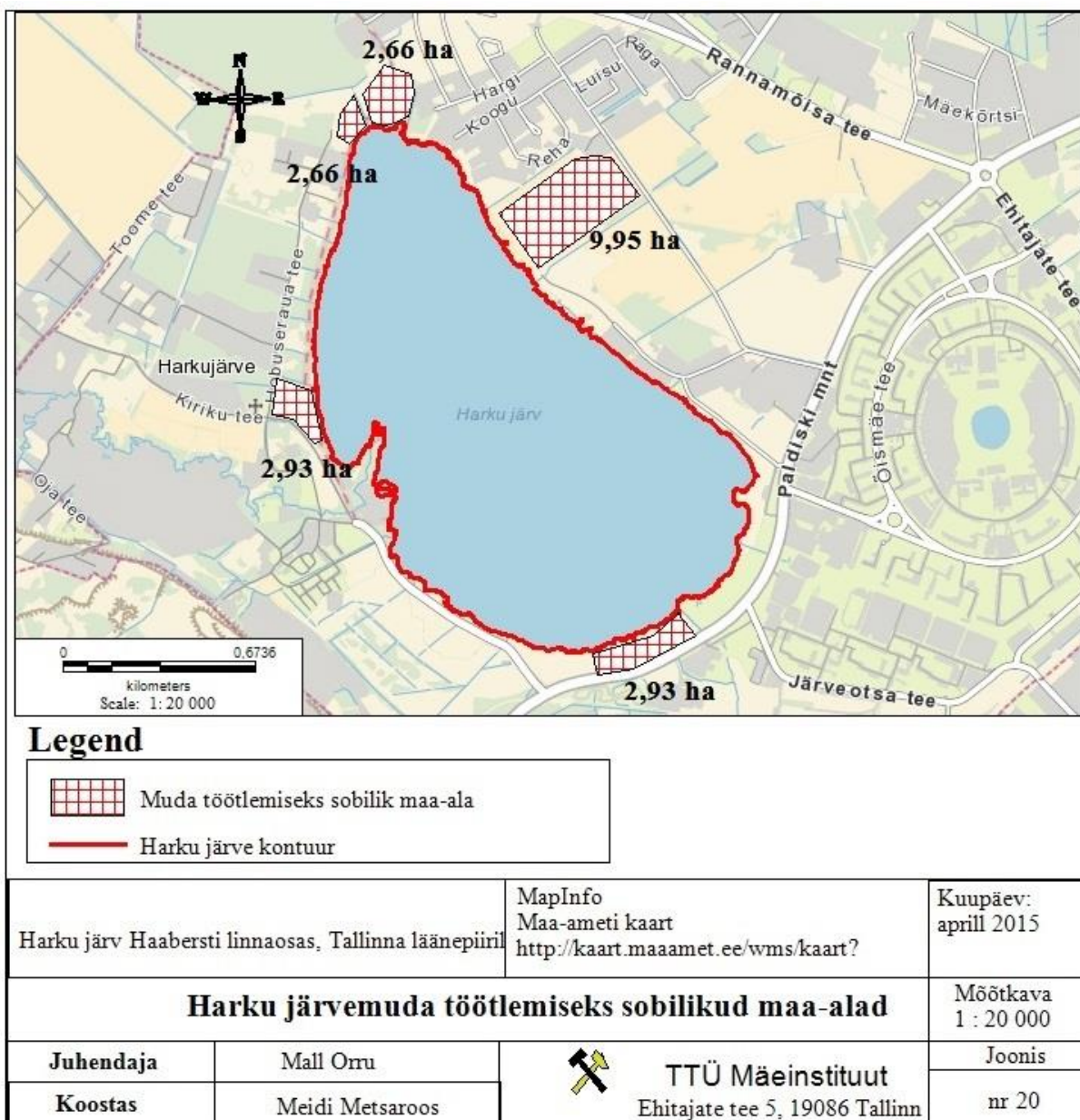
Harku järvesetete eemaldamist on mainitud mitmetest keskkonnastrateegia aruannetes, aga selle teostamata jätmise põhjusteks tuuakse välja mitmeid aspekte – hõljuv muda, pole maad muda nõrutamiseks, kallis ning tehniliselt keeruline [15]. Harku järve puhul on näha, et aastate möödudes muutub vee kvaliteet halvemaks (Tabel 1) ja praegu juba on igal pool järves palju veetaimi kasvamas ning kaldaäärsed alad on tihedalt täis kõrkjaid. Olukord võrreldes Kahala järvega on siiski tunduvalt parem, sest veekihi paksus pole veel nii kriitiline ning veetaimi kasvab ka vähem. Lõputöö käigus analüüsitud muda juurdetekke kiirus on Harkus samuti aeglasem kui Kahala järves.

Sellegipoolest on mõeldud Harku järves setete eemaldamise peale. Tegelikult ei tohiks jätta järvemuda eemaldamist viimasele hetkele ja oodata kuniks järve ökoloogiline seisund on juba kriitiliseks muutunud. Aina rohkem kasvab seal veetaimi, mis on heaks orgaanilise aine allikaks muda tekkimiseks. Suviti on probleemiks veeõitsengud ning sinivetikad ja kui veetase peaks vähenema, siis võib järves tekkida periooditi (näiteks talvel) hapniku puudus. Kuigi järvemuda eemaldamine on keeruline ja aeganõudev protsess ja kindlasti

Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused

kallis, siis annab iga järve puhul välja mõelda sellele hea projekt, mis sobiks kõigile järve korrastamisest huvitatud osapooltele.

Harku järve puhul ei tohiks probleemi tekitada maa puudus muda nõrutamiseks või töötlemiseks. Kasutades separeerimist või samuti DESET tehnoloogiale sarnast meetodit, siis ei olegi selleks vaja väga suurt pinda (1500 m^2 ehk 0,15 ha). Võttes aluseks Kahala järvemuda eemaldamise tehnoloogiad, siis $50\,000 \text{ m}^3$ muda nõrutamiseks vajalik pind erinevate tehnoloogiate puhul on 1,5 kuni 7,5 hektarit [38]. Harku järve ümbruses on tegelikult piisavalt kohti, kus järvemuda edasiseks töötamiseks pumbata (Joonis 23; 2534_Harku_muda_tootlemiseks_maa-ala.TAB). Ainus probleem võib tekkida maaomanike nõusoleku saamisega. Maaomanikud võiksid arvestada, et tegemist on ajutise tegevusega.



Joonis 23. Harku järvemuda töötlemiseks sobilikud maa-alad

Ülemiste järvemuda eemaldamise vastu on huvi tundnud Ülemiste Veepuhastusjaam. 1999. a lasti Saksa ettevõttel hinnata muda eemaldamise riske [30]. Selle firma poolt koostatud aruande järgi tuleks aastas eemaldada 100 000 m³ järvemuda. Saksa ettevõtte pakub välja sette eemaldamiseks oma lõikurpeaga pumpa bagger Müsing 10⁰⁰, mis on spetsiaalselt disainitud pinnaveesäilituse piirkondades kasutamiseks. See masin töötab taimsel kütusel ning hüdrauliliste õlide vette sattumise risk seega puudub.

Muda töötlemiseks pakutakse välja kaldast 150 m kaugusel olevaid poldrite (allpool merepinda olevad tammistatud maa-alade) piirkonda. Neid alasid on varem kasutatud enne 1976. a Ülemiste järvemuda väljapumpamiseks, kuid poldreid tuleks enne kasutamist

puhastada. Praegu on nad endiselt osaliselt mudaga täidetud ja osa on taimestikuga kaetud. Poldrite hinnanguline pindala on 80 000 m² ehk 8 ha. Täiendavaid ladestamise ja töötlemise piirkondi on järve kaguosas. [30]

Nii Harku kui ka Ülemiste järvest saaks muda eemaldada sarnaselt Kahala järvemuda eemaldamise planeeringule. Kasutada saab pinnasepumpa Watermaster Classic IV, sest selle tootlikkus on piisavalt suur ja ammutamise sügavus on maksimaalselt 8,1 m, mis sobib isegi Ülemiste järvemuda eemaldamiseks. Pinnasepump võiks Ülemiste järvemuda eemaldamisel töötada taimsel kütusel, et ei oleks ohtu hüdrauliliste õlide lekkeks, aga selle peaks spetsiaalselt Eestisse tellima. Järvemuda töötlemise tehnoloogiaks sobib samuti kõigi järvede puhul separeerimine või settetiikide rajamine. Settiike on Eestis ennegi kasutatud ja see on järgi proovitud odav järvemuda töötlemise tehnoloogia. Sobiliku töötlemise maa-ala leidmine oleks siiski settetiikide rajamisel suur probleem. Efektivsem oleks kasutada järvemuda töötlemiseks DESET tehnoloogiat, aga selle kasutusele võtmiseks tuleks teha enne majanduslik analüüs. Seda tehnoloogia–kompleksi oleks sellisel juhul mõistlik kasutada Eestis mitmete järvede puhastamiseks.

6. JÄRVEMUDA KASUTAMINE

Mudal on ainulaadne koostis ja omadused ning seetõttu on järvemudale suudetud leida väheseid kasutusalasid. Toiteainetesisaldus on järvemudas väike, aga vitamiinide sisaldus on siiski piisav, et seda kasutada näiteks loomade või lindude söödas [42]. Järvemuda jaotatakse Eestis kasutusala järgi põlluväetiseks, lisasöödaks ja raviotstarbeliseks mudaks [17]. Järvemuda võib veel kasutada prügila katmiseks [12], ehitusalaselt (betooni täitematerjaliks, soojusisolatsioon ja akustilise materjalina), keraamikas (vormimise seguna), keemilistes töötlusprotsessides (toorainena), kuivsoodana (graanulitena), väetisena (pinnase neutraliseerimiseks, granuleeritud orgaanilise-mineraalse väetisena) ja näiteks iluraviks (näomaskid, tselluliidi raviks). [4]

Kõige enam pakutakse välja järvemuda või järve setete tarvitamist põllumajanduslikel eesmärkidel või kasutamist loomade sööda koostisosana [31]. Uudsemaid, huvitavaid ja innovatiivsemaid lahendusi järvemuda kasutamiseks pole seni veel suudetud ka näiteks Eestis kasutusele võtta. Ravimudana on järvemuda kasutamine tunduvalt keerulisem, sest siis peab sellel olema vajalik koostis ning puhtus. Eestis on tuntuimad raviomadustega järvemudad Värskas [44] ja Ermistus [9]. Nendes järvemudades on palju erinevaid mikroelemente, orgaanilisi happeid ning leidub teisi bioaktiivseid aineid. Järvemudas ei tohiks olla patogeenseid (haigust tekitavaid) baktereid või koostisosi ning radioaktiivset reostust. [9]

1976. a Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda uuringu andmete järgi sobiks kasutatada neis järvedes leiduvat järvemuda põllumajanduses kui ka raviotstarbeks. Vaadeldavate järvede muda oli 1976. a vähe risustunud, suure orgaanilise aine sisaldusega ja soojusmahtuvusega. Järvemuda kasutamise sobivust raviotstarbel võrreldi Haapsalu lahe muda omadustega, kus ilmnes küllaltki suur ühtelangevus. Haapsalu lahe muda omaduste võrdluse analüüsil järeldati, et Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda oleks võimalik kasutada ka raviotstarbeks. [39]

Põllumajanduslikult soovitati 1976. a kasutada Ülemiste järve setteid suure tuhasuse, liiva ja lubjarikka sisalduse tõttu happeliste muldade lupjamisel koos nende samalaadse väetava mõjuga ainetega. Järvemuda loomasöödaks tarvitamise katsed näitasid samuti positiivset tulemust ja seetõttu soovitati seda kasutada mineraal-vitamiinse lisasööda (järvemuda jahu) tootmiseks. Korraliku põhisoöda olemasolul võib järvemuda lisasöödaks kasutamise efekt jääda väikeseks. Järvemuda kasutamisel väetisena kehtib samalaadne reegel – mida

kehvemas seisukorras muld, seda suuremaid muutusi ning tulemusi annab järvemuda kasutamine. [39]

Kahala järvemuda kasutusalaadeks on pakutud täpsemaid juhiseid ja nõuandeid. Seda võiks kasutada kompleksväetiste tootmisel näiteks segatakse kokku järvemuda erinevate koostisosadega (järvemuda+mineraalväetised või järvemuda+virts). Samuti on välja pakutud Kahala järvemuda lisandiks kasutamist orgaanilis-mineraalsete granuleeritud väetiste või bioloogiliselt aktiivsete preparaatide (amiinohapete) tootmisel. [39]

Harku järvemuda iseloomustab kõrge lämmastiku ja humiinhapete sisaldus ning happeline reaktsioon. Selle järvemuda kasutamine väetisena vajab põldude samaaegset lupjamist. Sarnaselt Kahala järvemudale võiks ka Harku järvemuda kasutada biokeemiliste ainete ja granuleeritud väetiste tootmiseks. [39]

Uuemate andmete järgi planeeritakse praegu Kahala järve kaevandatavat setet kasutada põllumajanduses väetisena [38] ja ka Ülemiste järvest eemaldatavat setet on samuti soovitatud kasutada põllumajanduslikel eesmärkidel uuemate järvemuda omaduste uuringute alusel [30]. Harku järvemuda kohta pole uuemaid uuringuid tehtud ning ei ole värskemaid arvamusi kus seda kasutada võiks.

Järvemuda kasutamine väetisena ei pruugi eriti tasuv olla, kui seda kavatsetakse pärast järvest eemaldamist põldudele laotada. Talunikud tahaksid saada järvest eemaldatud muda tasuta ja sellise juhul ei tasuks kaevandamine ennast ära. Tuleks mõelda kuidas järvemuda annaks muuta atraktiivsemaks tooteks, mida ollakse nõus ostma. Üks selline võimalus oleks järvemuda granuleerimine ja siis selle kasutamine väetisena.

6.1 Järvemuda võrdlus ravimuda ja kasvusubstraatide omadustega

Iga muda ei pruugi enda omaduste poolest sobida raviprotseduurides kasutamiseks. Peale teatud füüsikalise-keemiliste näitajate peab ravimuda veesisaldus olema küllaltki suur, umbes 37%. Muda headuse määrab ka sobiv tihedus, nihketugevus, soojusmahtuvus, orgaaniliste ühendite olemasolu (humiinhapped), raskemetallide normikohane sisaldus ja patogeensete (haigust tekitavate) bakterite puudumine. Oluline on ka mudas sisalduvate osakeste suurus, sest mida peenem ning ühtlasem on koostis, seda mõnusam on patsiendil näiteks mudavanne võtta. [37]

Tabel 7. Erinevate järve- ja ravimudade võrdlus

Muda omadus	Erikaal/tihedus	Nihketugevus	Soojusmahtuvus	Osakesed >0,25 mm	Üldine pH	Orgaanilist ainet kuivaine kohta	Tuhasus kuivaine kohta	Muda lahuse pH
Ühik	g/cm ³	dyn/cm ²	cal g/kraadi	%	-	%	%	-
Haapsalu laht, ravimuda 505 a 1976. a	1,17	3060	0,78	0,55	7,7	-	-	7,9
Käina laht, ravimuda	1,20	970 – 3600	0,61	-	7,1	5 – 7	-	-
Väraska järvemuda	1,06	1000-5494	0,85	1,45	3,0 – 6,2	50	-	-
Harku järvemuda 1976. a	1,06	980 – 3322	0,92	0,12 – 0,48	4,2	34 – 62	18 – 55	7,2
Ülemiste järvemuda 1967. a	1,01	1200 – 4600	0,94	0,16 – 3,76	7,3	19 – 55	44 – 75	7,4
Ülemiste järvemuda 1999. a	-	-	-	-	8,3	-	-	-
Kahala järvemuda 1976. a	0,99	1308 – 3910	0,96	0,09 – 1,68	6,5	23 - 48	83 – 90	7,3

Magistritöö autor koondas kokku 1976. a Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda uuringu [39] tulemused, mida võrreldi Haapsalu lahe ravimuda omadustega (Tabel 7; 2534_Muda_omadused_kasutusosalad.xls). Lisaks on välja toodud veel Käina lahe ravimuda ning Väraska järvemuda andmed. Kui enamus näitajatest on suhteliselt sarnased, siis näiteks Harku järve pH on väga madal (ainult 4,6) võrreldes ülejäänud mudade happelisusega (> 6,5). Soojusmahtuvused on võrreldes Käina ja Haapsalu ravimudaga Harkus, Ülemistes ning Kahalas tunduvalt suuremad (lausa 0,3 cal g/kraadi võrra). Osakesed >0,25 mm sisaldus on kõige parem Harku järves (kuni 0,48%).

Magistritöö autor võrdles visuaalselt erinevaid järvemudasid ning koostis oli Harku järvemudas tõesti kõigi puuraukude ulatuses ühtlaselt pasta-taoline ja ainult ranna piirkonnas oli selles tunda liivateri. Ülemiste ja Kahala järvemudas oli silmaga näha teokarpe ja näppude vahel oli tunda mitmetes puuraukudes tahkemaid osakesi. Sellised

tahked osakesed järvemudas võivad muuta inimestele järvemuda kasutamise ravimudana ebameeldivaks, kui neid ei eemaldata.

Tabel 8. Muda orgaanilise osa koostise võrdlus

Orgaanilise osa koostise analüüs	Vees lahustuvaid aineid	Bituume- neid	Humiinhapped	Hemitsellu- loos	Tselluloos	Lahustuma- tu jääk
	%	%	%	%	%	%
Värskas järvemuda	5,5	6,4	42,9	7,1	0,5	24
Harku järvemuda	8,43	15,11	19,88	13,95	1,01	32,42
Ülemiste järvemuda	2,3	5,6	12,56	7,61	0,63	20,77
Kahala järvemuda	5,29	9,45	12,96	13,37	0,46	19,57

Muda orgaanilise osa koostise võrdlusest (Tabel 8; 2534_Muda_omadused_kasutusosalad.xls) on näha, et bituumenite sisaldus Harku järvemudas on teistest tunduvalt suurem. Humiinhappeid on kõige rohkem Värskas järvemudas ning tselluloosi sisaldused on üsna erinevad kõigi analüüsitavate järvemudade puhul. Teised näitajad on võrdlemisi sarnased erinevates järvemudades.

Erinevates kasvu-, lille-, toataimede-, maitserohelisemullas märgitakse peamiselt lämmastiku (N), fosfori (P) ja kaaliumi (K) sisaldust. Need ained on kergesti reutiliseeruvad toiteelemendid ehk sellised esmajärgulised makroelemendid (põhielemendid) mida taim nälja korral on võimeline vanematest kudedest üle viima noorematesse kudedesse. Viljaka kasvusubstraadi optimaalne toitainete sisaldus võiks olla mg/1000g mulla kohta järgmine: pH 5,5-7,0; P 20-50; K 150-400; Ca 1000-3000; Mg 150-400; B 1,0-1,5; Cu 3-10; Mn 25-200; Mo 0,05-0,2. [32]

Tabel 9. Järvemuda omaduste võrdlus kasvusubstraatidega

	Lämmastik (N)	Fosfor (P; P ₂ O ₅)	Kaalium (K; K ₂ O)	ph
Toode/Muda	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	-
Substral® toalillede muld	≥ 200	≥ 20	≥ 60	5,5-6,5
Harku järvemuda 1976. a	-	50,9 – 84,0	48,0 – 69,0	4,2
Ülemiste järvemuda 1976. a	-	49,4 – 84,0	152,0 – 186,0	7,3
Kahala järvemuda 1976. a	-	32,4 – 70,1	10,2 – 32,2	6,5

Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused

	Lämmastik (N)	Fosfor (P; P ₂ O ₅)	Kaalium (K; K ₂ O)	ph
Toode/Muda	mg/l	mg/l	mg/l	-
Compo lillemuld	300	360	420	5,7
Compo külvi-, maitsetaimemuld	150	150	210	5,5
Ülemiste järvemuda 1999. a	186,93	0,09	-	8,3
% mg/1 kg –st kuivainest	%	%	%	-
Õhkuiva järvemuda koostis	1,4	0,1	0,2	-
Harku järvemuda 1976. a	3,04-6,37	0,14-0,28	-	4,2
Ülemiste järvemuda 1976. a	1,19-3,28	0,10-0,44	-	7,3
Kahala järvemuda 1976. a	3,08-4,64	0,13-0,44	-	6,5

Magistritöö autor võrdles erinevate firmade poolt välja pakutud kasvusubstraatide koostist Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda omaga (Tabel 9; 2534_Muda_omadused_kasutusosalad.xls). Kõige ülevaatlikum on Luua Metsanduskooli poolt välja pakutud õhkuivas ehk järvemuda kuivaines leiduvate elementide sisaldused [32], mis väljendavad minimaalseid ainete koguseid, et järvemuda saaks kasutada väetisena. 1976. a protsendid on arvestatud milligrammidena ühe kilogrammi kuivaine kogusest.

1976. a aruandes pole ainult kaaliumi sisaldus antud protsentides, aga milligrammide järgi 100 g kohta on selle sisaldused piisavad võrreldes toalilledes jaoks kasutatava mullaga. Kahalas võiks olla natukene kõrgem kaaliumi sisaldus. Ülemiste järvemudal on pH suhteliselt kõrge ja märgata on selle tõusu analüüsid 1976. a ning 1999. a tulemusi. Harku, Ülemiste ja Kahala järvemudas on võrreldes kasvusubstraatidega piisavalt vajalikke makroelemente ja nende järvede järvemuda saaks kasutada mulla väetamiseks või kasvumulla tootmise koostisosana. Järvemuda efektiivsemaks kasutamiseks väetisena võiks seda granuleerida või segada erinevates vahekordades turbaga. Granuleeritud väetis on kõigist järvemuda kasutusosaladest kõige keskkonnasäästlikum. Sademeveed ei kannu graanuleid põllult nii kergesti ära ja mineraalained lahustuvad ümbritsevasse pinnasesse järk-järgult.

7. DISKUSSIOON

Maismaa seisuveekogumi ökoloogilise seisundiklassi leidmiseks määratakse füüsikaliskemilistest näitajatest pH, üldfosforisisaldus ja üldlämmastiku sisaldus (Tabel 10; 2534_Okoloogilised_seisundiklassid.xls) [18]. Harku, Ülemiste ja Kahala on tüüp II järved [19] ja neile kehtivad kindlad füüsikaliskemiliste kvaliteedinäitajate piirväärtused (Tabel 10).

Tabel 10. Maismaa seisuveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid füüsikaliskemiliste kvaliteedinäitajate alusel [18]

Tüüp II	Ühik	Väga hea	Hea	Kesine	Halb	Väga halb
pH	-	7 – 8	>8–8,3	>8,3–8,8	>8,8–9 või 6–<7	<6 või >9
Fosforisisaldus (P _{üld})	mg/l	<0,03	0,03–0,06	>0,06–0,08	>0,08–0,1	>0,1
Lämmastikuisaldus (N _{üld})	mg/l	<0,5	0,5–1,0	>1,0–1,5	>1,5–2,0	>2,0

Magistritöö autor kogus erinevate aruannete alusel kokku kõigi kolme järve peamised vee kvaliteedinäitajad. Võrreldes viimaste aastate vee näitajate aritmeetilisi keskmisi ökoloogilise seisundiklassi piirväärtustega saab määrata, mis seisundis on hetkel need vaatluse all olevad järved (Tabel 11; 2534_Okoloogilised_seisundiklassid.xls). Kõigis järvedes oli suur üldlämmastiku sisaldus. Üldfosfori hulk viitas väga halvale ökoloogilisele seisundiklassile Harku ja Kahala järve puhul. Ainult Ülemiste üldfosfori sisaldus oli heal tasemel. Antud järvedes võiks ka pH tase olla natukene madalam, et saavutada hea seisundiklass.

Tabel 11. Harku, Ülemiste ja Kahala järve ökoloogilised seisundiklassid

Järv	Ühik	pH	P(üld)	N(üld)	Ökoloogiline seisundiklass
Harku	mg/l	8,58	0,13	2,29	Väga halb
Ülemiste	mg/l	8,30	0,04	1,13	Kesine
Kahala	mg/l	8,80	0,11	3,85	Väga halb

Lämmastik ja fosfor võivad sattuda veekogusse mitmetel erinevatel viisidel näiteks kallastelt põldudel kasutatav väetise tõttu, sissevoolavatest jõgedest, reovete järve juhtimise teel, sademetega. Sageli ka põhjamudast, kuhu need ained on aastakümnete jooksul kogunenud [37]. Seda arvestades tuleks järvedest setete eemaldamisel olla eriti ettevaatlik. Järvemudast eralduv fosfor ja lämmastik ei tohiks kanduda ülejäänud järve osadesse muda eemaldamise kohast. Praegune ökoloogiline seisund on kõigi järvede puhul niigi juba väga halb või kesine üldfosfori, üldlämmastiku ja pH näitajate alusel.

Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused

Vee kvaliteedinäitajaid analüüsidest võib märgata, et järvedes, kus on vesi halvima kvaliteediga, on praeguse seisuga kõige rohkem muda tekkinud. Magistritöö raames selgus, et kolme analüüsitud järve puhul on Kahalas järvesetete kiht kõige paksem (keskmine järvesette paksus Kahala – 3,72 m; Ülemiste – 2,16 m; Harku – 1,05 m), vee kvaliteet halvim (pH, P_{üld} ja N_{üld} kõige kehvemas seisundiklassis võrreldes teiste järvedega) ning muda tekib aastas juurde samuti kõige kiiremini (Kahala – 6,8 mm/a; Harku – 2,6 mm/a, Ülemistel – ei täheldatud muda juurde tekkimist).

Peale vee kvaliteedinäitajate on järvemudas erinevate ainete ja elementide sisaldused aja jooksul muutunud. Magistritöö raames võrreldi järvemuda koostist kasvumulla ja teiste raviomadustega mudade koostisega. Ilmnes, et Ülemiste järvemuda pH on suurenenud (muutunud aluselisemaks) võrreldes 1976. a ning 1999. a tulemusi. See võib tähendada, et ka teised näitajad on võib-olla aja jooksul muutunud. Järvedest muda eemaldamisel tuleks teha uued võrreldavad keemilise koostise analüüsid, et kindlaks määrata järvemudas toimunud muutused. Kasutusala valikul on samuti oluline teada muda keemilist koostist, et näiteks õigesti pinnast väetada peab eelnevalt olema kindlaks tehtud mullas leiduvate elementide ning väetises olevate komponentide kogused.

Ülemiste järvel ei olnud näha vetikaid neis piirkondades, kus 2015. a mõõdistamisi läbi viidi (visuaalselt kõige paremas seisundis) ja vee kvaliteedinäitajad olid samuti kõige paremad võrreldes teise kahe järvega. Muda ülemine kiht Ülemiste järve puuraukudes oli võrreldes Harku ja Kahalaga suhteliselt pasta-taoline ja ei olnud nii vesine. Seetõttu võis oodata, et järvemuda juurde tekkimine on seal kõige aeglasem või praktiliselt puudub sellise aja jooksul.

Magistritöö autor teostas Ülemiste järvemuda uuringut paadi pealt. Sellise mõõdistamise probleemiks on paadi ebastabiilsus ja paadiga on raske peatuda täpselt planeeritud punktil. Paadi pealt mõõdistamine on lisaks ka aeganõudvam, sest liikumiseks on vähe ruumi ja pole kuskile käsipuuri komplekti täies pikkuses panna. Tuli komplekti vahelülidest rohkem lahti ja uuesti kokku panna kui Harku või Kahala järvemuda paksuse määramisel. Peab olema ettevaatlik, et vette ei kukuks. Seetõttu ei ole soovitatav teostada muda paksuste või proovide võtmist paadilt vaid seda tuleks teha kindlasti jää pealt.

Harku järve puhul on näha, et muda võib hakata aastate jooksul kiiremini juurde tekkima. Järves leidub palju kohti, kus põhjast kasvavad vetikad ning suvised veeõitsengud loovad soodsad tingimused orgaanilise aine tekkimiseks, mis hiljem saab lagunema hakata

järvemudaks. Kallastel kasvab järjest rohkem suuri rohtaimi (kõrkjad), mis on samuti heaks orgaanilise aine allikaks. Harku vee kvaliteedinäitajad sarnanevad kõige enam Kahala järve omadega ja kui neid paremaks ei suudeta muuta siis tuleks arvestada järvesetete eemaldamise planeerimisega, sest vaadeldes Kahala olukorda siis on lastud olulise tähtsusega veekogu seisundil liiga kriitiliseks muutuda. Kahala näite alusel võib samuti öelda, et järvesetete eemaldamiseni jõudmiseks tuleb läbida pikk ja põhjalik eeltöö, millega võiks alustada varakult.

Seonduvalt Harku järvega oleks oluline uurida näiteks järve põhja ja eriti lääne ala. Magistritöö autor täheldas, et põhja/lääne järve osa oli ilma jääta mõõdistamise ajal, kuigi mingist piirist alates oli Harku järvel järjest tugevam jää peal suundudes selle lõuna ossa. Maa-ameti kaarti uurides asuvad just järve põhja ning lääne osas elumajad ja järve suubuvad seal mitmed pisikesed kraavid. Harku oja suubub samuti järve läänest, mis kannab sinna veega erinevaid aineid ja hõljumit. Veeringlus on ilmselt suurem mõõdistamata jäänud piirkonnas ja seetõttu oleks vaja sealset järve osa uurida, sest seal võivad toimuda suurimad ja kiiremad muutused erinevate näitajate ka järvemuda paksuse juurde tekkimise suhtes.

Tavaliselt kasutatakse järvede tervendamisel settebasseinide tehnoloogiat, kuid teadusliku poole pealt oleks huvitav, kui proovitakse uusi meetodeid. Praegu ei leia Eestist ühtegi head dokumenteeritud projekti, kus oleks kasutatud näiteks geotuubide tehnoloogiat setete töötlemiseks. Seetõttu võiks näiteks Kahala järve puhul katsetada uut tehnoloogiat, sest selle kohta saaks koguda ainulaadseid andmeid järve tervendamise tehnoloogia arendamise jaoks. Kahala järvele võiks sobida DESET PG03 [36] või sellele sarnane seade, sest välja pakutud seade suudab vastu võtta materjali $180 \text{ m}^3/\text{h}$ (võrdluseks separeerimise tehnoloogia tootlikkus kahe seadme puhul $26 \text{ m}^3/\text{h}$ [38]). DESET tehnoloogia tootlikkus on sama suur nagu Kahala järve tervendamiseks plaaneeritud pinnaspumba jõudlus ($180 \text{ m}^3/\text{h}$).

Tehnoloogia plussideks on kompaktsus ja mobiilsus. Seadme jaoks vajaliku tööpinna suurus on 1500 m^2 (0,15 ha), mis on võrreldes kõigi teiste välja pakutud tehnoloogiatega väga väike maa-ala (settebasseinidele vajalik pind 7,5 ha, geotuubidele 4 ha, separeerimiseks 1,5 ha). DESET tehnoloogia kasutamisel on ilmselt vaja siiski materjali ladustamiseks veel lisaks teatud suurusega maapinda. Tunnis suudab selle tehnoloogia kasutamisega toota 50 tonni materjali (muda), mida võib koheselt ära vedada ning

kasutama hakata. Sellisel tehnoloogial on palju eeliseid, aga negatiivne pool on tema kallidus ning kogu süsteemi juhib patenteeritud tarkvara. DESET või sellele sarnase tehnoloogia kasutusele võtmist võiks kindlasti analüüsida, kui ühte ja sama seadet kasutaks Eestis mitmete järvede tervendamisel.

Eestis pole eriti palju läbi viidud suuri järvemuda eemaldamise projekte ja suureks takistuseks on olnud probleem, kus kaevandatud muda kasutada. Niisama põldudel väetisena kasutamisel ei taheta järvemuda eest maksta ja see ei oleks nii efektiivne väetis. Sademeveed või isegi tuul võivad kanda järvemuda ning selles olevaid mineraalaineid põldudelt kiiresti ära. Järvemuda tuleks muuta atraktiivsemaks tooteks näiteks seda granuleerides ja seejärel väetisena kasutades. Selle eest oleksid võib-olla talunikud nõus maksma, sest muda on töödeldud ja selline väetis oleks keskkonnasõbralikum. Kõige parem oleks muidugi leida järvemudale veelgi unikaalsem või huvitavam kasutusala, kus saaks järvemuda suuremates kogustes kasutada.

KOKKUVÕTE

Magistritöö raames täienes ülevaade järvemuda paksustest ning kogustest uuritavates järvedes. Harku järves oli järvemuda keskmine paksus 1,06 m ja varusid ligikaudu 1,43 miljonit m³. Ülemiste järves oli muda keskmine paksus 2,16 m ja järvemuda varusid oli umbes 13,84 miljonit m³. Kahala järvemuda oli keskmiselt 3,72 m ning varude suurus oli hinnanguliselt 12,87 miljonit m³.

Järvemuda keskmiste paksuste suurenemise alusel hindas magistritöö autor muda ladestumise kiirust. Harku järves võib muda juurde tekkida aastas maksimaalselt 3,1 mm ja Kahala järves 6,8 mm. Ülemiste järves ei olnud mõõdistatud puuraukude alusel 39 aasta jooksul muda juurde tulnud, seega ladestumiskiirus oli aastas nulli-lähedane. Ülemiste järves oli toimunud järvemuda tihenemine umbes 50 mm 39 aasta jooksul. Ladestumise kiirust mõjutab järve veekvaliteet, taimestiku rohkus (vetikad, pilliroog), sisse- ja väljavoolu hulk ning kas järve seisundit üritatakse parandada (näiteks reovete sissevoolamise takistamine).

Järvemuda kaevandamise võimalusi on väga palju. Üldiselt eelistatakse ja parim muda kaevandamise viisiks oleks hüdraulilise ehitusega pinnasepump. Selline süsteem on pideva töörežiimiga, mis aitab eemaldada rohkem materjali lühema ajaga. Kaevandamisel seguneb sette- ja veekiht vähem, mis takistab vee hägustumist. Lisaks on selline eemaldamine tunduvalt keskkonnasõbralikum kui tavalise ekskavaatori ja kopaga eemaldamine.

Põhilisteks muda töötlemise viisidena kasutatakse järgmisi tehnoloogiaid: settetiigid, geotuubid, separeerimine, löökveski, DESET (veevaba muda tehnoloogia) või sellega sarnane süsteem. Praegu soovitakse Kahala järvemuda eemaldada pinnasepumba ja muda töötlemiseks plaanitakse rajada settetiigid. Settetiikide ja pinnasepumba süsteemi annaks kasutada ka Harku ja Ülemiste järve puhul.

Tuleks analüüsida ka DESET või sellele sarnase tehnoloogia kasutusele võtmist kui ühte ja sama seadet saaks Eestis mitmete järvede puhastamisel kasutada. Sellise süsteemiga ei peaks materjali jätma talvituma vaid saaks seda kohe kasutama hakata pärast järvest eemaldamist. Mudas olnud vesi puhastatakse ja juhatakse järve tagasi. DESET või sellega sarnane süsteem aitaks vähendada ajakulu järvesetete eemaldamiseks. Muda töötlemiseks vajalik maapind oleks väiksem ja seadme mobiilsus muudab järve igast küljest puhastamise palju lihtsamaks.

Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused

Järvemuda jaotatakse Eestis kasutusala järgi põlluväetiseks, lisaöödaks ja raviotstarbeliseks mudaks. Veel saaks muda kasutada prügila katmiseks, kaevandustes tagasitäitmiseks, ehitusalaselt, keemilistes töötlusprotsessides ja näiteks iluraviks (näomaskid, tselluliidi raviks). Harku järvemuda on raviotstarbel kasutamiseks liiga happeline ning Ülemiste, Kahala järvemudas leidub tahkeid osakesi näiteks liiva, teokarpe ja taimejäänuseid, mis võivad selle kasutamise inimestele ebamugavaks muuta. Soojusmahtuvus ja teised näitajad on raviotstarbeliseks kasutamiseks head, aga raviotstarbel ei soovitaks nende järvede järvemuda siiski kasutada.

Parema tulemuse andis kasvusubstraatide võrdlus, sest selle alusel võiks kõiki järvemudasid kasutada väetamiseks või näiteks turbamulla segude valmistamise koostisosana. Järvemuda efektiivsemaks kasutamiseks väetisena tuleks seda granuleerida või segada erinevates vahekordades turbaga. Rõhutada tuleks granuleeritud väetise keskkonnasõbralikkust, sest sademeveed ei kanna graanuleid põllult nii kergesti ära ja mineraalained lahustuvad ümbritsevasse pinnasesse järk-järgult. Setete eemaldamine järvedest ja kasutamine väetisena aitab muuta järvede eluiga pikemaks ning parandada veekogude üldist seisundit.

KASUTATUD ALLIKAD

- 1 Aotäht, A. 2014. Järvemuda pumpamine sünnitas ajutise veesilma.
<http://www.sakala.ajaleht.ee/2946497/jarvemuda-pumpamine-sunnitas-ajutise-veesilma> (20.05.2015)
- 2 AS Saarte Liinid. Süvendustööd. Kuressaare. www.saarteliinid.ee/watermaster
- 3 AS Tallinna Vesi, Tallinna Tehnikaülikooli Keskkonnatehnika instituut. 2013. Harku järve vee kvaliteedi seire 2012-2014 vahearuanne. Tallinn
- 4 Burlakovs, J. Klavins, M. Stankevica, K. Vincevica-Gaile, Z. 2014. Environmental and economic aspects of small freshwater lake sustainable use: lake Pilvelis example. Latvia
- 5 Desintegraator Tootmise OÜ. Desintegraatorid. Tallinn.
<http://desi.ee/index.php/tooted/desintegraatorid> (20.05.2015)
- 6 Dredging Today. 2015. Quick dredge technology from ECTMarine.
<http://www.dredgingtoday.com/2015/02/25/quick-dredge-technology-from-ectmarine/> (20.05.2015)
- 7 Eesti Maaülikool, Limnoloogiakeskus. 2005. Järvede majandamine ja taastamine Eestis. Tartu
- 8 Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituudi limnoloogiakeskus. 2011. Järvede tervendamine. Tartu
- 9 Ermistu Puhkeküla. Järvemuda. Pärnumaa.
<http://www.ermistu.ee/puhkekula/jarvemuda/> (20.05.2015)
- 10 Euroflo. 2015. Extreme duty range HY300-HY400. <http://euroflo.com/products/hy-300a> (20.05.2015)
- 11 Great Lakes Mud. Capping. Chicago. <http://www.greatlakesmud.org/capping.html> (20.05.2015)
- 12 Green, A. 2014. Lake sediment could be used for highway projects. Island
<http://www.sanduskyregister.com/article/lake-erie/5789711> (20.05.2015)
- 13 Hiimäe, O. 2012. Viljandi järve supelrandade põhjasetetest puhastamise eelprojektiga kavandatud tegevustega kaasnevate mõjude keskkonnamõju hindamine. Tallinn
- 14 Hydrological Solutions. 2015. How do the water filled barriers work. USA.
<http://www.hydrologicalsolutions.com/engineering-qa/> (20.05.2015)
- 15 Ideon, T. 2009. Haabersti linnaosa üldplaneering keskkonnamõju strateegiline hindamine. Tallinn

- 16 Keskkonnaamet. 2014. Veeteemaline õpimapp. Tallinn.
http://www.keskkonnaamet.ee/public/Veeteemaline_õpimapp_veebi.pdf (20.05.2015)
- 17 Keskkonnaminister. 2005. Määrus nr 29 "Nõuded maavaravarude kategooriatele ja maavaradele ning maavaravarude kasutusala nimistu"
- 18 Keskkonnaminister. 2009. Määrus nr 44 "Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord".
- 19 Keskkonnaminister. 2010. Määrus nr 44 lisa 2 "Pinnaveekogumid Lääne-Eesti vesikonnas".
- 20 Keskkonnaregistri avalik teenus. Harku järv.
http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main?reg_kood=VEE2001300&mount=view#HTTPIWnQ0mIJndqgV6MhZeLHLSSIopdBS4 (20.05.2015)
- 21 Keskkonnaregistri avalik teenus. Kahala järv.
<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main#HTTPZ3eUDfgwW7JBXekX7YDJfEibf2JLTc> (20.05.2015)
- 22 Keskkonnaregistri avalik teenus. Ülemiste järv.
<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main#HTTPbv0pBO9poXM76I4xn32SHtoJTI T8or> (20.05.2015)
- 23 Knõsh, I. 2004. Turvas, sapropeel ja tervisemuda. Tallinn.
http://www.ene.ttu.ee/maeinstituut/loput/Knysh_referaat%20turbast.pdf (20.05.2015)
- 24 Kohv, K. 2007. Harku valla rohevõrgustiku tuumalade ja koridoride uuring. Tartu
- 25 Kõiv, T. Ott, I. Nõges, P. Tuvikene, A. 2011. Veekogude ummuksile jäämine hüdrobioloogia seisukohast.
- 26 Lakso, E. Ulvi, T. 2005. Järvien kunnostus. Suomen ympäristökeskus. Helsinki
- 27 Maves Töö AS. 2001. Laguja õlijärve likvideerimine – projekteerimistingimuste (lähteülesande) koostamine. Tartu
- 28 Metsur, M. 2015. Kahala järve tervendamise insenertehnilise tegevuskava keskkonnamõju hindamise programmi eelnõu. Tallinn
- 29 MPI.Environmental remediation - geotube®. USA.
<http://www.mpiinc.info/environmentalgeotube.html> (20.05.2015)
- 30 MUT Müsing Umweltschutz GmbH & Co. 1999. Tallinna Ülemiste järve mudast puhastamise riskide hindamine. Saksamaa

- 31 Mäeinstituut. 2009. Eesti maavarad. Tallinn.
<http://maavarad.blogspot.com/2009/09/eesti-maavarad.html> (20.05.2015)
- 32 Otsus, A. 2004. Väetamisõpetus. Luua Metsanduskool
- 33 Ott, I. 2014. Limnoloogilised uuringud Kahala järve tervendamiseks. Tartu
- 34 OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus. 2009. Harku järve vee kvaliteedi seire. Tallinn.
<http://www.tallinn.ee/est/g2914s57839> (20.05.2015)
- 35 Peterson, S. A. 1981. Sediment removal as a lake restoration technique. Oregon
- 36 Progroup Sediment Removal. Technological unit DESET PG03. Slovakkia
http://www.progroup.sk/2/de_set-pg03 (20.05.2015)
- 37 Põldsaar, K. Uppin, M. 2014. Eesti maapõue tervistavad rikkused: ravimuda ja mineraalvesi. Eesti Loodus, oktoober, 18-24.
- 38 Raadla, K. 2014. Kahala järve tervendamise insenertehniline tegevuskava I etapi eelprojekt. Tallinn
- 39 Sinisalu, R. 1976. Ülemiste, Harku ja Kahala järvede sapropeelide eeluuring põllumajanduse ja ravi tarbeks. Keila
- 40 Sinisalu, R. 2013. Kahala Järve põhjasetete leviku ja paksuse kaardistamine, setete kirjeldamine ja mahu arvutamine. Tallinn
- 41 Säask, V. 2011-2014. Sapropeeli rahvamajanduslikust kasutamisest.
<http://www.valter.saask.ee/sapropeel.html> (20.05.2015)
- 42 Tartu Ülikool, Geoloogiamuuseum. 2011. Järvemuda ja meremuda.
<http://www.ut.ee/BGGM/maavara/meremuda.html> (20.05.2015)
- 43 Väre, H. 2014. Vaata taevast, kuidas Viljandi järve puhastatakse.
<http://www.sakala.ajaleht.ee/2940253/vaata-taevast-kuidas-viljandi-jarve-puhastatakse> (20.05.2015)
- 44 Väraska sanatoorium & veekeskus. Ravimuda. Põlvamaa.
<http://www.spavarska.ee/Ravimuda> (20.05.2015)

LISAD

Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused

LISA 1 Ülemiste veepuhastusjaama ja Kuusalu vallavalitsuse kiri toetamaks lõputööd

Kirjavahetus Ülemiste veepuhastusjaama juhiga

Tere,

Olen Tallinna Tehnikaülikooli tudeng ja teen Mäeinstituudis magistri lõputööd teemal "Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused", juhendajaks on Mäeinstituudi dotsent Mall Orru. Seoses lõputööga olen analüüsinud Ülemiste järvemuda paksuste muutuseid (1976. a ja 2013. a Ülemiste järvemuda uuringute põhjal), tekke kiirust, kaevandamise ning kasutamise võimalusi.

Sooviksin saada vabas vormis kirjutatud arvamust, et kas muda uuringud Ülemiste järves on olulised ja mida veel peaks uurima või mis andmeid oleks vaja koguda. Võib avaldada arvamust ka konkreetselt minu lõputöö mõttekuse ja vajalikkuse üle. Lisan selle arvamuse enda lõputöö juurde.

Lugupidamisega,

Meidi Metsaroos

04.05.2015

Arvan, et selle uuringu tulemus ja soovitused on meile vajalikud. Ilmselt on millalgi vaja läbi viia põhjalikum uuring kaardistamiseks kogu järve seisukorda. Uuringute põhjal näeksin lähitulevikus ka meeeldi muda väljapumpamise võimaluse ette. See on aga teadagi vaja hästi ära põhjendada, sest maksumus on suht kõrge, kas majanduslikult tasub ära. Mida see annab veekvaliteedi osas, millised parameetrid võiksid muutuda/paraneda. Kas on mõttekas muda osaline eemaldamine või tuleb ette võtta suuremas mahus väljapumpamine, oluline on ka mudaeemaldamise tehnoloogia. Lõpuks võib osutada vajalikuks ka keskkonnamõjude hinnang jne.

Lugupidamisega,

Riho Sobi

Ülemiste veepuhastusjaama juht

Riho.Sobi@tvesi.ee

5031810

04.05.2015

Kirjavahetus Kuusalu Vallavalitsuse keskkonnaspetsialistiga

Tere,

Olen Tallinna Tehnikaülikooli tudeng ja teen Mäeinstituudis magistri lõputööd teemal "Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused",

Harku, Ülemiste ja Kahala järvemuda kujunemine ja kasutamise võimalused

juhendajaks on Mäeinstituudi dotsent Mall Orru. Seoses lõputööga olen analüüsinud Kahala järvemuda paksuste muutuseid (1976. a ja 2013. a Kahala järvemuda uuringute põhjal), tekke kiirust, kaevandamise ning kasutamise võimalusi.

Palun vabas vormis kirjutatud arvamust, et kas järvemuda uuringud Kahala järves olid vajalikud. Kas Kahala järves oleks võinud juba varem hakata planeerima järvesetete eemaldamist? Võib avaldada arvamust ka konkreetselt minu lõputöö mõttekuse ja vajalikkuse üle ning kas tunnete huvi lõputöös käsitletud teemade üle. Oodatud on igasugused mõtted ja ideed seosises järvemudaga ning selle uuringutega. Lisaksin selle arvamuse enda lõputöö juurde.

Lugupidamisega,

Meidi Metsaroos

15.05.2015

Tere,

KIK toel said tehtud uuringud teoks, kuna oli huvitatud isik, kellel oli huvi ning idee järvesetet turustama hakata ning seetõttu oli valmis rahaliselt ka panustama. Suure tõenäosusega poleks seda projekti algatatud ilma rahastajata. Praegu ei ole sette väljutamiseni veel jõutud ning kas selleni üldse jõutakse ei ole teada. Sest keskkonnamõjude hindamise programmi ei ole Keskkonnaamet veel heaks kiitnud. Probleemiks oli maa-alade leidmine, või õigemini kokkulepete sõlmimine maaomanikega, kelle maa-alasid võiks tulevikus muda ammutamiseks kasutada (setitamine, geotuubid). Keskkonnaameti jaoks on see probleem, sest kaaluda tuleb vaid reaalseid alternatiive.

Isegi kui KMH algatatakse, ei ole teada, selle tulemused. Nii, et reaalsest sette eemaldamisest on tegelikult veel vara rääkida. Praegu on kõik uuringute tasemel. Aga kindlasti on juba tehtud uuringud vajalikud, et teada saada kui palju on olukord aastatega muutunud. Samuti on oluline KMH, et hinnata riske ning mõju ümbritsevale.

Lugupidamisega,

Mailis Virve

Keskkonnaspetsialist, Kuusalu Vallavalitsus

mailis.virve@kuusalu.ee

6066391

25.05.2015