

Keskkonna Investeeringute Keskuse projekt – “Otepää  
Looduspargi Kääriku ja Pülme järve seisundi parandamine”

# KÄÄRIKU JÄRVE LÕUNAPOOLSE OSA SETETE LASUND JA OMADUSED

Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut



*Atko Heinsalu, Jüri Vassiljev ja Siim Veski*



Tallinn 2003

## SISSEJUHATUS

Kääriku järv asub Otepääst 8 km edela pool Otepää looduspargi Kääriku sihtkaitsevööndis (joonis 1, foto 1). Kuna Käärikul asub Tartu Ülikooli Spordi- ja Puhkekeskus, piirkond on tuntud oma kauni looduse, heade sportimisvõimaluste ja köitvate matkaradade poolest omab Kääriku järv oma asendi tõttu suurt rekreatsioonilist väärtust. Kääriku järv on toiteainete sisalduselt rohketoimeline. Kuigi järve seisundit on peetud rahuldavaks algatas Otepää looduspargi administratsioon Keskkonna Investeeringute Keskuse finantsabil projekti “Otepää looduspargi Kääriku ja Pülme järve seisundi parandamine”, mille eesmärgiks on puhkeotstarbeliselt ja looduskaitseks väärtuslike Kääriku ning Pülme järve ökoloogilise seisundi parandamine, Kääriku järve äärse kalakudeala taastamine ning rekreatsioonivõimaluste parandamine Kääriku – Pülme puhkepiirkonnas. Selle projekti raames sõlmiti Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituudiga leping, mille raames kohustus täitja läbi viima Kääriku järve lõunapoolse osa veesügavuse ja järvesetete lasundi kaardistamise, määrama setete iseloomu ja omadused, kaardistama “Kekkonen’i sauna” ja Kääriku järve äärse pumpla vahelise kaldaõõtsiku paksuse ja ulatuse ning andma eksperthinnangu järvemuda kvaliteedile ja järve seisundi parandamiseks kavandavatele tegevustele.



Foto 1. Kääriku järv lõunapoolne osa 17. aprillil 2003. aastal.



Joonis 1. Kääriku järve asukoht

## Metoodika

Puurimistödel kasutati setete sondeerimiseks, kaardistamiseks ja kirjeldamiseks meetripikkuse puurkannuga turbapuuri ning duralumiiniumist puurimisvardaid. Järve põhjasetete lasund puuriti läbi kuni kontaktini mineraalse põhjaga. Juhul kui settelasundi paksus oli 6 meetrist paksem, puurimine katkestati. Veēsügavus mõõdeti mõõtlindi otsas oleva raskuse abil. Aluskaart koostati Eesti Maaameti aerofoto alusel, millele kanti sondeerimispuuraukude ja veēsügavuse mõõtmispunktide asukohad. Järve lõunaosas puuriti 6 geoloogilist profiili, kusjuures profiilide vaheline kaugus oli 50 m ja sondeerimispuuraukude vaheline kaugus 50 m (joonis 2). Lisaks puuriti järve läänekalda lähedusse mõned puuraukud. Ühtekokku puuriti järves 45 puurauku. Veēsügavus järves mõõdeti profiilidel iga 25 meetri tagant, ühtekokku 80 punktis. Järvest läände ja edelasse jääval väikesel õõtsiksool mõõdistati turba paksus 4 punktis.

Järvesetete pindmisest püdelast kihist võtsime 10 cm paksused proovid Willneri proovivõtjaga (foto 2). Ülejäänud setteläbilõike keemilise koostise määramiseks võtsime proovid 1 meetri pikkuse turbapuuriga.



Foto 2. Pindmise lendmuda proovi võtmine Willneri proovivõtjaga

Järvesetete kuivaine sisaldus määrati setteproovi kuivatamisel termostaadis 24 tunni jooksul 105 °C juures. Setete orgaanilise aine sisaldus määrati kuivatatud proovide tuhastamisel muhvelahjus 4 tundi jooksul 550 °C juures. Karbonaatide sisaldus määrati tuhastatud proovide edasisel põletamisel muhvelahjus 2 tundi jooksul 900 °C juures. Setete mineraalne sisaldus saadi kui 100% lahutati setete orgaanilise aine ja  $\text{CaCO}_3$  sisaldus. Vastavad analüüsid tehti 43 erinevast setteproovist. Setete fosfori sisaldus määrati Eesti Keskkonnauuringute Keskuse Rapla filiaalis kolorimeetriliselt, peale seda kui kuivatatud setteproov lahustati kontsentreeritud  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Fosforimäärangud tehti 10 erinevast setteproovist. Raskmetallide määramiseks järvesetete proovid kuivatati, seejärel peenestati ja segati kuulveskis ning pressiti tablettideks. Seejuures ei olnud vaja kasutada sideainet või liimi, sest kõik proovid sisaldasid piisavalt orgaanilist ainet, mis pressimisel sidus materjali tugevaks tabletki. Kasutades hõbeanoodiga röntgentoru mõõdeti XRF spektromeetriga VRA30 elemendi analüütilise tipu ja fooni suhe. Kalibreerimine teostati olemasolevate kivimietalonide baasil. Ühtekokku analüüsiti 18 erinevat keemilist elementi 25 setteproovist.

Põhjasetete varude arvutus põhineb digitaalselt geoloogiliselt kaardilt eriilmeliste setete lasundi pindala ja lasundi paksuste mõõtmisel arvuti tarkavara poolt. Joonistel on kasutatud Eesti põhikaardi koordinaatsüsteemi. Geoloogiliste tööde tulemuste väljajoonistamiseks ja interpreteerimiseks kasutati mitmesuguseid arvutitarkvarasid.

## PÕHJASETTED

Kääriku järv koosneb kahest osast, mille lõunapoolses sapis teostasime põhjasetete uuringud 8,2 ha suurusel alal. Andmestik Kääriku järve lõunaosa veesügavuse, põhjasetete leviku, lasumistingimuste ja paksuste kohta ning geoloogilised läbilõiked on esitatud joonistel 3–16.

Kääriku järv paikneb maaliliste moreenkuplite vahel. Veekogu loodenurka on ehitatud Soome endise presidendi Urho Kaleva Kekkonen'i nimeline saun ja siia on rajatud liivarand. Järve lõunaosas on saun ning ujula koos hüppetorniga. Järve lõunapoolse osa edelaosa kaldad on soostunud lodu. Kirjanduse andmetel on järve veetaseme absoluutkõrgus merepinnast 126,8 m. Välitööd tegime 17. aprillil 2003. a., mõõtmisperioodil oli järve jääkatte pind "Kekkonen'i sauna" paadisilla järvepoolse otsa ülemisest servast 95 cm allpool. Uuritud järveosas muutub vesi keskosa suunas sügavamaks, kümnekonna meetri kaugusel rannast on veesügavus juba üle 2 meetri. Järvenõo keskel ulatus veesügavus 4,15 meetrini (joonis 11). Järve lõunapoolse osa kirdenurk on veetaimestikuga täis kasvamas ning seetõttu on siin ka veesügavus madalam. Uuritud ala veemaht on ligikaudu 217 500 m<sup>3</sup> ja keskmine sügavus 2,5 meetrit.

Kääriku järve uuritud lõunapoolse osa põhilised morfomeetrilised andmed:

Kõrgus merepinnast, m	126,8***
Pindala, m <sup>2</sup>	82 800
Keskmine veesügavus, m	2,5
Suurim veesügavus, m	4,15

\*\*\* (Mäemets, 1977) järgi

Järve geoloogilise kaardistamise tulemused näitasid, et järve põhja katab õhukene umbes 10–50 cm paksune lendmuda kiht (joonis 12). Kaldavööndis, kus veesügavus on väike, kujutab lendmuda endast väga püdelat rohekashalli lubjarikast muda, milles esineb ohtralt limuste kodusid ja detriiti, kohati koosnebki lendmuda peamiselt purustatud karpide tükkidest (fotod 3 ja 4). Järvenõo keskel, esineb lendmuda pruuni püdelat järvemudana. Kuna tehniliselt on sondeerimispuurimisega võimatu eraldada lendmuda kihti



põhjataimestikust ja pilliroo juurestikust ning risoomidest, siis lendmuda suuremad paksused idakalda piirkonnas ongi seotud peamiselt veetaimede juurestikuga (joonis 12). Läänekalda lähistel katavad lendmuda sageli paksu vaibana määndvetikad. See on lubjarikastele madalatele järvedele iseloomulik nähtus. Järve geoloogiline kaardistamine näitab, et lendmuda paksus (keskmiselt 15 cm) ei ole suur ning seega viimastel aastakümnetel pole inimtegevus järve märkimisväärselt mõjutanud.

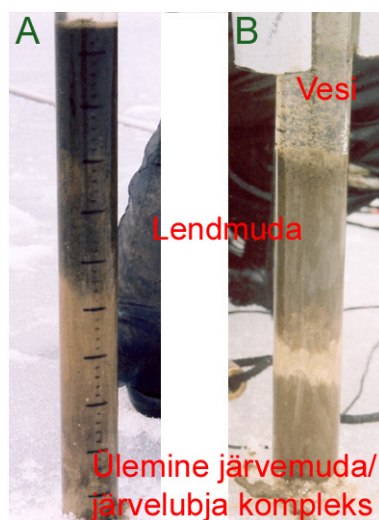


Foto 3. Kääriku järve lendmuda. A: järve keskosas; B: kaldavööndis.



Foto 4. Karbidetriidiga lendmuda puuraugus 69.

Lendmuda kihi lamamiks on Kääriku järve uuritud alal järvesetete kompleks, mida me tinglikult nimetasime ülemiseks järvemuda/järvelubja lasundiks. Tegemist on väga eriilmeliste setetega (foto 5). Siin vahelduvad pruunid orgaanilise aine rikkad järvemudakihid, erineva karbonaatse aine sisaldusega beeži kuni kollase värvusega lubjaka järvemuda, lubimuda või järvelubja kihtidega. Ülemise järvemuda/järvelubja lasundi paksus on varieeruv, ulatudes 0,5–2,4 meetrini. Suurima paksusega on see lasund uuritud järveosa edela ja lõunaosas (joonis 13).



Foto 5. Kääriku järve ülemine järvemuda/järvelubja settekompleks.



Foto 6. Kääriku järve alumine järvemuda.

Ülemise järvemuda/järvelubja kompleksi lamamiks on järvemuda kiht, mille paksus ulatub vähemalt 5,5 meetrini (joonis 14). Tegemist on tumepruuni või helepruuni orgaanikarikka peamiselt vetikate jäänustest koosneva mudaga, kohati on ohtralt ka veetaimede jäänuseid (foto 6). Järvekalda lähedal on alumise järvemuda lasundi paksus väike, järve lääne- ja edelaosas ei suutnud me olemasolevate vahenditega kogu järvemuda lasundit läbi puurida ning nende järvesetete kogupaksus jäi väljaselgitamata (joonis 14).

Alumise järvemuda kihi lamamiks on Kääriku järves turvas, paiguti aga orgaanilist ainet sisaldav liiv või aleuriit. Järve lõuna- või lääneosas on järvemuda all turvast isegi 0,8 m paksuselt (joonis 15; foto 7). Turba olemasolu näitab, et Kääriku järvenõgu on olnud aastatuhandeid tagasi kuiv ja seal laius siis soo. Tõenäoliselt on järvenõgu termokarstilise tekkega. Enamjaolt moodustab järvenõo mineraalse põhja halli või violetse värvusega moreen (foto 7).



Foto 7. Kääriku järvenõo mineraalse põhja moodustab moreen, mille peal lasub turvas.

Järve lääne- ja edelakaldal laiub lodu, mis on tekkinud osaliselt järve kinnikasvamisel, aga peamiselt kaldaõõtsikuna. Turba paksus ulatus siin 3,8 meetrini (joonis 15) ning mineraalpõhjaks oli moreen. Soo- ja järvesetete lasund näitab, et järvenõo reljeef läänekaldal on väga järsk, sest näiteks puuraugus 78, mis on kaldajoonest 13 m kaugusel, lasub moreen 5,5 m sügavusel veepinnast. Geoloogilistest läbilõiketest selgub (joonised 3–10), et kohati on järvenõo reljeef vägagi muutlik.

## SETTELASUNDI VARUD

Lendmuda arvutuslik maht Kääriku järve lõunaosas on u. 10 000–12 000 m<sup>3</sup>. Ülemise järvemuda/järvelubja lasundi mahuks uuritud alal on ühtekokku 134 000 m<sup>3</sup> ning alumise järvemuda lasundi mahuks uuritud alal on vähemalt 220 000 m<sup>3</sup>. Lisaks on järvemuda ja järvelubja kihtide all umbes 6 000 m<sup>3</sup> orgaanilist ainet sisaldavat liiva/aleuriiti ning 25 000 m<sup>3</sup> turvast. Arvestuslikult ulatub järvesetete kogus Kääriku järve uuritud osas **400 000 m<sup>3</sup>** ning järvesetete suurim paksus ulatub vähemalt **7,6 meetrini** (joonis 16). Järvesetete lasundi suurimad paksused on uuritud ala lääneosas puuraugu 47 ümbruses ja kaguosas puuraugu 62 ümbruses. Kääriku algse järvenõo lõunaosa reljeefis eristub põhjalõunasuunaline kõrgem künnis, siin on järvesetete kogupaksus alla 4 meetri.

Lisaks arvutasime järvesetete mahud plaanitava ujumisranna piires – Kekkonen'i saunast kuni järve edelanurgani, umbes 25 m laiusel ja 5 200 m<sup>2</sup> suurusel alal (joonis 2). Selle ala veemaht on 9 900 m<sup>3</sup>, lendmuda maht vastavalt 1 400 m<sup>3</sup>, järvemuda ja järvelubja kogumaht 26 500 m<sup>3</sup> ning setete üldmaht ulatub 35 000 m<sup>3</sup>.

Plaanitava ujumisranna piiresse jääva lodu piires (vaata joonis 2), mille pindala on 1,3 ha on arvestuslikult ligikaudu 15 000 m<sup>3</sup> turvast.



## KÄÄRIKU JÄRVE SETETE OMADUSED

Kääriku järve setted on kolloidse struktuuriga järvemuda, mis sisaldab orgaanilist ainet, biokeemilise tekkega karbonaatset ainet ning järve valglalt sissekantud peenpurdset mineraalset materjali. Orgaaniline aine produtseeritakse veekogus planktoni, veetaimede ja põhjaorganismide jäänustest või osaliselt kantakse sisse ka valglalt. Karbonaatne aines sadestub kaltsiidikristallidena põhjaallikate sissevoolu ümbruses ning sadestub põhjataimestikule mitmesuguste biokeemiliste protsesside tagajärjel, suur osa karbonaatidest pärineb põhjaloomastikust.

Uuritud setetele on iseloomulikuks tunnuseks väga kõrge veesisaldus ja väga väike **kuivaine** sisaldus, mille tagajärjel on just pindmised mudasetted väga püdelad. Pindmises lendmuda kihis kõigub kuivaine sisaldus 2,4–12,2% vahel (Tabel 1). Tänu orgaanilise aine kolloidsele struktuurile on järvemuda võimeline endaga siduma suurel hulgal vett, seega mida suurem on orgaanilise aine hulk järvesetetes, seda suurem on selle veesisaldus, ulatudes Kääriku järve lendmudas 97,5%. Pindalaliselt selgub, et lendmuda on kõige püdelam just järve lääneosas, samas on kuivaine sisaldus suurim järve idaosas ja eriti just kaguosas ujula ümbruses (joonis 17). Ülemise järvemuda/järvelubja settekompleksist võeti proovid eraldi nii järvemuda kui ka järvelubja kihtidest. Järvemuda on settelasundi selles osas veel väga suure veesisaldusega 5–9,5% (Tabel 1) ning samuti nagu lendmuda puhul on kuivaine sisaldused suuremad järve idaosas (joonis 18). Järvelubja kihid sisaldavad rohkem kuivainet 14–19,6% ja pindalaliselt on järvelubi suurima kuivaine sisaldusega järve keskosas (joonis 19). Kääriku järve lõunaosa puuraugu 78 setteläbilõike kuivaine sisaldusest selgub, et see on otseses sõltuvuses sette orgaanilise aine ja karbonaatse aine sisaldusest (joonis 20). Setteläbilõike alumine järvemuda on mõningasel määral kokku surutud, selle tõttu ületab kuivaine sisaldus 10% piiri.

**Orgaanilise aine** hulk järvesetetes sõltub paljudest teguritest: järve primaarproduktioon, veekogu troofsus, valglalt allohtoonse orgaanilist päritolu materjali ja mineraalaine sissekanne veekogusse, autigeensete mineraalide moodustumine järves, orgaanilise aine lagunemine vees ja setetes jmt. Orgaanilise aine hulk Kääriku järve lõunaosa põhjasetetes kõigub suurtes piirides (tabel 1). Pindmises lendmuda kihis on orgaanilise aine sisaldus 22–57% vahemikus sõltuvalt settetüübist ning suurimad orgaanilise aine kogused esinevad järve lääneosas ning järve kaguosas jäävas suurema veesügavusega alal (joonis 21). Ülemise järvemuda/järvelubja settekompleksi järvemuda kihtides moodustab orgaanilise aine üle poole kuivainest ja ulatub

81,6%. Samas on pindalaliselt suurimad orgaanilise aine sisaldused järve lääneosas.

**Tabel 1.** Kääriku järvesetetest määratud veesisaldus, kuivaine, orgaanilise aine, karbonaatide ja mineraalne sisaldus protsentides ning üld- ja kuivtihedus. Analüüsitud settevahemik on antud sügavusena veepinnast, pindmiste setete proov oli 10 cm paksune.

Puur- auk	Sette- vahemik, cm	Sete	Kuiv- aine, %	Vee- sisaldus, %	Orgaani- line aine, %	CaCO <sub>3</sub> , %	Mineraal- aine, %	Üld- tihedus, g/cm <sup>3</sup>	Kuiv- tihedus, g/cm <sup>3</sup>
6	pind	järvelubi	4,504	95,496	42,861	44,753	12,386	1,016	0,046
14	pind	järvelubi	6,097	93,903	30,792	61,982	7,227	1,027	0,063
25	pind	lubjakas järvemuda	3,001	96,999	55,625	16,705	27,669	1,008	0,030
40	pind	lubjakas järvemuda	3,223	96,777	56,788	17,705	25,507	1,009	0,033
44	pind	lubimuda	5,180	94,820	44,417	39,476	16,107	1,018	0,053
69	pind	järvelubi	12,226	87,774	22,525	64,142	13,334	1,062	0,130
77	pind	lubjakas järvemuda	2,474	97,526	54,299	17,776	27,925	1,007	0,025
6	500-530	järvelubi	15,795	84,205	21,856	68,974	9,170	1,083	0,172
14	420-450	järvelubi	18,041	81,959	19,770	75,307	4,923	1,098	0,198
25	500-550	järvelubi	13,997	86,003	25,648	63,682	10,669	1,068	0,150
40	460-500	järvelubi	14,023	85,977	22,797	67,427	9,776	1,071	0,150
44	350-400	järvelubi	19,615	80,385	15,945	79,867	4,188	1,113	0,218
6	530-560	järvemuda	8,122	91,878	55,234	6,769	37,996	1,023	0,083
14	450-500	järvemuda	9,560	90,440	58,550	7,262	34,188	1,025	0,098
25	455-500	järvemuda	4,980	95,020	77,850	6,612	15,538	1,007	0,050
40	500-550	järvemuda	6,541	93,459	59,365	5,729	34,906	1,017	0,066
44	400-450	järvemuda	5,785	94,215	81,621	5,639	12,740	1,007	0,058
69	350-400	järvemuda	8,595	91,405	52,441	20,642	26,917	1,026	0,088
78	165-170	järvelubi	10,197	89,803	28,291	59,043	12,666	1,047	0,107
78	170-175	järvelubi	11,758	88,242	27,570	57,032	15,398	1,055	0,124
78	180-185	järvelubi	8,788	91,212	33,215	51,368	15,417	1,037	0,091
78	190-195	järvelubi	9,205	90,795	32,385	57,981	9,633	1,040	0,096
78	200-210	järvelubi	10,572	89,428	28,520	63,784	7,696	1,049	0,111
78	210-215	järvelubi	9,408	90,592	35,390	54,830	9,780	1,039	0,098
78	220-225	lubimuda	7,124	92,876	46,825	45,298	7,877	1,024	0,073
78	230-235	lubimuda	5,921	94,079	61,406	30,898	7,696	1,014	0,060
78	240-245	järvelubi	11,749	88,251	29,338	64,574	6,088	1,054	0,124
78	245-250	lubjakas järvemuda	6,461	93,539	64,092	24,878	11,029	1,014	0,066
78	260-270	järvemuda	4,488	95,512	86,970	3,496	9,534	1,004	0,045
78	280-290	lubjakas järvemuda	4,643	95,357	81,609	13,656	4,735	1,005	0,047
78	300-310	järvemuda	4,976	95,024	82,178	3,830	13,991	1,005	0,050
78	320-330	järvemuda	5,680	94,320	69,418	7,388	23,194	1,011	0,057
78	340-350	järvelubi	10,322	89,678	28,722	61,985	9,293	1,047	0,108
78	360-370	järvelubi	13,299	86,701	25,120	58,586	16,294	1,065	0,142
78	380-390	järvelubi	11,803	88,197	33,751	49,691	16,558	1,051	0,124
78	400-410	lubjakas järvemuda	9,570	90,430	46,562	20,350	33,087	1,032	0,099
78	420-430	järvemuda	9,390	90,610	56,880	4,390	38,730	1,026	0,096
78	440-450	järvemuda	8,392	91,608	65,313	5,239	29,447	1,018	0,085
78	460-470	järvemuda	10,352	89,648	58,958	4,872	36,171	1,027	0,106
78	480-490	järvemuda	9,701	90,299	63,242	6,698	30,060	1,022	0,099
78	500-510	järvemuda	12,004	87,996	60,174	5,840	33,987	1,030	0,124
78	520-530	lubjakas järvemuda	10,016	89,984	62,412	20,264	17,324	1,024	0,103
78	540-550	turvas	5,914	94,086	91,047	4,825	4,128	1,003	0,059

(joonis 22). Ülemistes lubjarikastes setetes on orgaanilist ainet 15 ja 25% vahel ning suurimad orgaanilise aine sisaldused esinevad samuti järve lääneosas, samas kui madalamad väärtused jäävad järvenõo keskossa (joonis 23). Kääriku järve lõunaosa puuraugu 78 setteläbilõike orgaanilise aine sisaldus on ülemise järvemuda kihtides kuni 87% ja alumise järvemuda kihtides väiksem 56–65%. Järvesetete all olevas turbas on koguni 91% orgaanilist ainet (joonis 20).

**Karbonaatse aine ( $\text{CaCO}_3$ )** sisaldus varieerub Kääriku järve põhjasetetes suurtes piirides. Lendmudas on kaltsiumkarbonaadi sisaldus 18–64% vahemikus. Lendmuda on  $\text{CaCO}_3$  rikkam järve idaosas, tõenäoliselt leidub just siin rohkem põhjaallikaid (joonis 24). Ülemise järvemuda/järvelubja settekompleksi järvemuda kihtides on  $\text{CaCO}_3$  suhteliselt vähe, valdavalt 5–7%.  $\text{CaCO}_3$  on ülemises järvemudas kõige enam järvenõo edela- ja kaguosas (joonis 25). Ülemise järvemuda/järvelubja settekompleksi lubjarikastes kihtides moodustab karbonaatne aine üle poole kuivainest ja ulatub 80%. Pindalaliselt on kõige enam lupja järvenõo keskel (joonis 26). Kääriku järve lõunaosa puuraugu 78 setteläbilõikes on lubjarikkad setted vahemikus 165–240 cm ja 340–390 cm (joonis 20). Sellisest lubisetete heterogeensusest järeldub, et Kääriku järv on oma aastatuhandete pikkuses arengus elanud üle korduvaid veetaseme kõikumisi.

**Fosfor** on enamjaolt järvede primaarproduksiooni limiteerivaks toiteaineks. Inimtegevuse mõjul kiirenenud järvede eutrofeerumine tuleneb eelkõige fosfori väliskoormuse suurenemisest. Põhjasetteil on oluline roll järve fosforiringes. Setted võivad kas fosforit siduda või vabastada tagasi järvevette, mõjutades toitainete hulka järves ja seega ka veekogu seisundit. Kääriku järve lõunaosa lendmuda üldfosfori sisaldus on väga varieeruv 0,6–2,3 mg/g (tabel 2; joonis 27). Fosfori pindalaline jaotus lendmudas näitab, et see toiteelement on kuhjunud just järvenõo keskosasse, kus fosforit on üle 2 mg/g ning see on seotud peamiselt põhjasetete orgaanilise ainega. Fosfori jaotus järvesetete vertikaalläbilõikes puuraugu 78 näitel näitab samasugust seaduspära – järvemudas on võrreldes järvelubjaga fosfori sisaldus suurem. Siiski on põhjasetete pindmine kiht järves kohati fosforirikkam, mis näitab, et Kääriku küla koos Tartu Ülikooli spordikompleksiga on järve viimastel aastakümnetel reostanud. Põhjasetete pindmises 10 cm paksuses lendmuda kihis on akumulunud keskmiselt 5,6 g P m<sup>2</sup>. **Seega kogu järve ulatuses 10 cm pinnakihi kokku 0,46 tonni fosforit.** Tänu suuremale kuivaine sisaldusele sisaldavad alumised järvemuda kihid (10 cm paksuses vahemikus kuni 10 g P m<sup>2</sup>) isegi enam fosforit (tabel 2).

**Tabel 2.** Kääriku järvesetete kuivaine, orgaanilise aine, karbonaatide (protsentides), fosfori ja raua sisaldus (mg/g kuivaine kohta). Analüüsitud settevahemik on antud sügavusena veepinnast, pindmiste setete proov oli 10 cm paksune. Viimases veerus on esitatud fosfori sisaldus 10 cm paksuses settekihis m<sup>2</sup>.

Puur- auk	Sette- vahemik, cm	Sete	Kuiv- aine, %	Orgaaniline aine, %	CaCO <sub>3</sub> , %	P mg/g	Fe mg/g	Fe:P	P g/m <sup>2</sup>
6	pind	järvelubi	4,50	42,86	44,75	0,72	6,58	9,1	3,29
25	pind	lubjakas järvemuda	3,00	55,63	16,71	2,30	15,97	6,9	6,96
40	pind	lubjakas järvemuda	3,22	56,78	17,71	2,10	12,97	6,2	6,83
69	pind	järvelubi	12,23	22,52	64,14	0,63	7,90	12,5	8,18
77	pind	lubjakas järvemuda	2,47	54,29	17,78	1,03	15,03	14,6	2,57
78	210–220	järvelubi	9,41	35,39	54,83	0,75	4,00	5,3	8,32
78	260–270	järvemuda	4,49	86,97	3,50	0,88	3,23	3,7	3,96
78	340–350	järvelubi	10,32	28,72	61,99	0,38	3,10	8,2	4,11
78	420–430	järvemuda	9,39	56,88	4,39	0,81	16,43	20,3	7,80
78	480–490	järvemuda	9,70	63,24	6,70	1,03	16,29	15,8	10,22

Fosfori sisereostuse olemasolu kindlakstegemine Kääriku järves vajaks eriuuringuid. Kuna Kääriku järve lendmuda on lubjarikas, siis on tõenäoline, et vetikate poolt fotosünteesiks tarbitava CO<sub>2</sub> vähenemine järvevees ja sellega kaasnev pH tõus suvekuudel on üheks CaCO<sub>3</sub> põhjasetetes väljasadestumise põhjuseks (Heinsalu, 1993). Koos CaCO<sub>3</sub>-ga akumuleerub järvesetetes ka fosfor. Samas võib langeda põhjasetetes bakterite elutegevuse tagajärjel mõnevõrra pH ja selle tagajärjel kaasneda mõningane CaCO<sub>3</sub> ja temaga seotud fosfori lahustumine vette. Biokeemilise tekkega kaltsiidiga seotud fosfor allub kergesti ka desorptsioonile, kui ortofosfaadi kontsentratsioonide erinevus vee ja sette piiril on suur. Kuna fosfor on akumuleerunud just järve keskele, siis võib fosfori vabanemine vette toimuda ka talvel kui järv peaks ummuksile jääma või kui järvevee ja setete piirpinnale moodustub anaeroobne keskkond. Kääriku järvega küllalt sarnaste Prossa ja Kaiavere järvede setetega tehtud laboratorsete eksperimentaalkatsed näitasid, et Kaiavere järve setetest vabanes anaeroobses keskkonnas 49% fosforist setetest vette ja hapnikurikas keskkonnas 26%. Prossa järve setetega oli samalaadse eksperimendi tulemused veidi erinevad: anaeroobses keskkonnas vabanes 38% fosforist setetest vette ja aeroobses keskkonnas 42% (Kisand, 2001). Seega eksisteerib Kääriku järve puhul võimalus, et järve lõunaosas võib hakata ringlema sette ja järvevee vahel umbes 1/3 fosforist ehk ligikaudu 0,15 tonni.

Põhjasetete **raua** sisaldusel on oluline osa vee ja sette piiril toimuvatele protsessidele. Sõltuvalt setete redokspotentsiaalst ja pH-st on rauaühendite rikkad järvesetted võimelised endaga siduma suurtes kogustes fosforit. Kääriku järve setted ei ole raurikkad, lendmuda kihis on Fe 5,3–16 mg/g

(Tabel 3) ja lendmuda rauasisaldus on suurem järvenõo lääneosas (joonis 28).

**Tabel 3.** Raskmetallide ja haruldaste keemiliste elementide sisaldus Kääriku järvesetetes.

	Sette	As	Br	Cr	Mn	Mo	Nb	Ni	Pb	Rb	Se	Sr	Th	U	V	Y	Zn	Zr	Fe
Puur	vahe-	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/	mg/
auk	mik	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	g
<b>6</b>	pind	<5	28	<20	180	<3	<3	<10	<10	<3	<5	80	<5	<5	<20	<3	50	21	6.6
<b>14</b>	pind	<5	32	<20	341	<3	<3	<10	15	<3	<5	81	<5	<5	<20	<3	43	18	5.3
<b>25</b>	pind	8	38	27	333	<3	4	<10	<b>57</b>	25	<5	44	<5	<5	25	8	<b>173</b>	60	16.0
<b>40</b>	pind	9	39	30	330	<3	4	<10	35	21	<5	39	<5	<5	<20	6	77	52	13.0
<b>44</b>	pind	<5	35	<20	667	4	4	<10	23	11	<5	72	<5	<5	<20	4	81	39	11.6
<b>69</b>	pind	7	24	<20	198	<3	<3	<10	23	6	<5	82	<5	<5	<20	<3	78	27	7.9
<b>77</b>	pind	6	43	26	202	<3	5	<10	<b>36</b>	25	<5	58	<5	<5	22	7	<b>113</b>	67	15.0
järvemuda																			
<b>6</b>	530-560	8	47	53	288	<3	7	18	<10	49	<5	43	6	<5	46	16	64	101	25.9
<b>14</b>	450-500	7	40	54	219	<3	5	12	<10	43	<5	49	<5	<5	45	16	69	95	18.5
<b>25</b>	455-500	<5	44	38	152	<3	<3	<10	<10	8	<5	21	<5	<5	<20	6	79	32	12.4
<b>40</b>	500-550	<5	44	36	182	<3	5	<10	<10	33	<5	33	<5	<5	36	13	59	77	19.0
<b>44</b>	400-450	7	50	39	145	<3	3	<10	<10	11	<5	18	<5	<5	<20	5	33	36	7.3
<b>69</b>	350-400	6	38	37	158	<3	3	<10	<10	22	<5	40	<5	<5	20	8	38	75	12.7
järvelubi																			
<b>6</b>	500-530	11	58	31	254	<3	4	15	<10	24	<5	57	<5	<5	39	11	81	73	20.4
<b>14</b>	420-450	<5	30	<20	93	<3	<3	<10	<10	<3	<5	81	<5	<5	<20	3	17	19	4.1
<b>25</b>	500-550	11	26	<20	147	<3	<3	<10	<10	6	<5	78	<5	<5	<20	4	33	28	7.9
<b>40</b>	460-500	7	31	<20	151	<3	<3	<10	<10	5	<5	78	<5	<5	<20	4	30	29	7.4
<b>44</b>	350-400	<5	24	<20	108	<3	<3	<10	<10	<3	<5	87	<5	<5	<20	<3	20	13	2.4
Puurauk 78																			
<b>78</b>	160-170	<5	21	<20	158	<3	<3	<10	26	7	<5	78	<5	<5	<20	<3	68	28	6.5
<b>78</b>	200-210	<5	13	<20	205	<3	<3	<10	<10	<3	<5	78	<5	<5	<20	<3	31	17	4.0
<b>78</b>	260-270	7	55	<20	<20	<3	4	<10	10	7	<5	18	<5	<5	<20	<3	51	25	3.2
<b>78</b>	330-345	6	30	<20	77	<3	<3	<10	<10	<3	<5	85	<5	<5	<20	<3	17	13	3.1
<b>78</b>	420-430	7	30	39	120	<3	7	<10	<10	38	<5	46	6	<5	26	16	52	118	16.4
<b>78</b>	470-480	<5	32	27	126	<3	5	<10	<10	34	<5	42	<5	<5	32	14	61	95	16.3
<b>78</b>	540-550	<5	20	<20	<20	9	<3	<10	<10	<3	<5	17	<5	<5	<20	<3	6	10	5.0

Madalate eutroofsete järvede põhjasetete raua ja fosfori suhe korreleerub hästi fosfori võimaliku sisekoormusega ning raua ja fosfori suhte puhul <15 on võimalik fosfori kandumine setetest vette (Jensen jt. 1992). Kääriku järve lõunapoolses osas on lendmuda Fe:P 6–15 (Tabel 2), mis näitab et on olemas eeltingimused, et setted ei suuda enam takistada fosfori tagasipöördumist vette. Setete vertikaalläbilõige näitab, et raud on eelkõige seotud orgaanilise aine rikka järvemudaga (kuni 26 mg/g) ning järvelubjas on rauda tunduvalt vähem, kohati vaid 2,4 mg/g.

Intensiivne majandustegevus järve valgjal võib kaasa tuua suuremate koguste toksiliste ainete, sealhulgas ka **raskmetallide** ja teiste haruldaste elementide kuhjumise setetesse. Kuigi tavaliselt seotakse põhjasetetesse



akumuleerunud raskmetallid järvemudaga, võib teatud tingimustel (bakterite elutegevus, difusioon jm.) kaasneda raskmetallide vabanemine setetest tagasi vette ning nad satuvad veeorganismide toiteahela lõppetapina kaladesse ja nii ka inimese toidulauale. Kui Kääriku järve tervendamiseks rakendada põhjasetete ärastamist, on oluline teada, kui suurtes kogustes sisaldavad nad toksilisi raskmetalle, et määrata väljapumbatud järvemuda ökoloogiliselt optimaalne kasutamiskiis. Enamik raskmetalle on inimesele, loomadele ja taimedele eluks vajalikud mikroelemendid, suuremates kogustes võivad nad aga olla organismile väga mürgised.

**Tabel 4.** Ohtlike ainete piirnormid pinnastes Eestis ja Euroopa Liidus. Euroopa Liidu normid on soovituslikud ja vastavad normid on alles väljatöötamisel.

	Eesti*	Euroopa Liit**
	Pinnas, mg/kg	Pinnas, mg/kg
<b>RASKMETALLID</b>		
Elavhõbe (Hg)	2	1–1.5
Kaadmium (Cd)	5	1–3
Vask (Cu)	150	50–140
Plii (Pb)	300	50–300
Tsink (Zn)	500	150–300
Nikkel (Ni)	150	30–75
Molübdeen (Mo)	20	
Seleen (Se)	5	
Vanaadium (V)	300	
Uraan (U)	50	
<b>MUUD ANORGAANILISED ÜHENDID</b>		
Arseen (As)	30	

\*Ohtlike ainete piirnormid ..., 1999

\*\*<http://europa.eu.int/comm/environment/waste/sludge/workshoponharmonizationa.pdf>

Kääriku järve põhjasettes ei esine raskmetallide ja teiste haruldaste elementide kõrgeenenud anomaaliaid (Tabel 3). Radioaktiivsete elementide sisaldused nagu uraan ja toorium on selgelt alla analüüsimeetodi tundlikkuse piiri. Sama võib väita ka arseeni, niobiumi, molübdeeni ja seleeni kohta. Lendmuda pindmises kihis on siiski täheldatav plii ja tsingi sisalduse suurenemine võrreldes sügavamal paiknevate setetega, Zn puhul kuni 173 mg/kg ja Pb 57 mg/kg. Need sisaldused jäävad aga allapoole Eestis pinnastele kehtestatud ohtlike ainete piirnormidele (Tabel 4). Plii suurenenud sisaldused esinevad peamiselt järve lääneosas kalda läheduses (joonis 29), millest järeldub, et plii allikaks võivad olla autode heitegaasid. Samalaadne on Zn levik pindmises lendmuda kihis (joonis 30), väga võimalik, et selle elemendi suurenenud sisaldused pärinevad Kääriku küla poolt tekitatud reostusest. Samuti suureneb mangaani sisaldus lendmudas, küündides 670 mg/kg. Samal ajal on alumistes järvemuda kihtides Mn väärtused vahemikus 100–200 mg/kg. Mn pindalaline levik pinnasetetes näitab, et suurimad sisaldused on järve lõunaosa keskel ning sisaldused vähenevad kontsentriliselt kalda suunas

(joonis 31). Grupp elemente nagu tsirkoon, ütrium, rubiidium, nikkel, kroom ja vanaadium on ilmselt seotud sissekantud silikaatsete mineraalidega ja iseäranis saviosakestega. Järvelubi on mikroelementide suhtes vaesem kui järvemuda, tõenäoliselt on karbonaatidega seotud strontsium.

## **HINNANG KÄÄRIKU JÄRVE SEISUNDI PARANDAMISEKS KAVANDATAVATELE TEGEVUSTELE**

Projekti “Otepää looduspargi Kääriku ja Pülme järve seisundi parandamine”, põhieesmärkideks on:

1. Puhkeotstarbeliselt ja looduskaitseks väärtuslike Kääriku ning Pülme järve ökoloogilise seisundi parandamine;
2. Kääriku järve äärsel kalakudeala taastamine;
3. Rekreatsioonivõimaluste parandamine Kääriku puhkepiirkonnas.

Projekti eesmärkide täitmiseks nähakse Kääriku järve puhul põhiliste meetmetena veekogu puhastamist veetaimedest – järved veetaimed niidetakse ja koristatakse, kalda- ja kalakudealade ning ujumiskohtade korrastamiseks hõrendatakse kasvavat võsa ja eemaldatakse väheväärtuslikud puud; ujumiskohtadest pumbatakse välja muda ja setitatakse järve kaldaaladele; ujumiskohtade põhi kaetakse geotekstiili ja liivaga; ning järvekaldad tasandatakse.

Alljärgnevalt esitame hinnangu Kääriku järves ja kaldavööndis planeeritavale tegevusele juhtuvalt meie poolt läbi viidud järve- ja soosetete uuringute tulemustele. Kahjuks polnud aruande kirjutamise hetkel meil kasutada andmestikku Kääriku järve limnoloogilise seisundi ja projekti raames rakendatavate tehnoloogiate kohta, mille tõttu mõningad meie seisukohad on rohkem teoreetilised.

Järve seisund sõltub selle valglast, seega järvevee kvaliteet peegeldab valglast toimuvaid looduslike protsesse aga ka inimtegevuse mõju. Et järve seisundi parandamine saaks olla edukas, on eeltingimuseks valglast paiknevatele heitveeallikatele korralike puhastusseadmete paigaldamine või reovee järvest kõrvalejuhtimine ning põllumajandusliku hajureostuse mõju vähendamine. Kääriku järve puhul on vastavad eeltingimused täidetud.

Kääriku järv on rohketoimeline. Kõige radikaalsemaks teeks järvede tervendamisel on ülemise toiteainetega reostunud settekihi ärastamine väljapumpamise teel. Selline meetod on aga väga kallis, tehnoloogiliselt keeruline ja nõuab mitmete keskkonnameetme järgimist. Eelkõige tuleks muda ärastamine kõne alla siis kui järvemuda fosfor põhjustab veekogu pöördumatut reostamist või kui järv on muutunud kinnikasvamise tõttu liiga madalaks.

Kääriku järve lõunaosa setteuringud näitasid, et põhjasetete pindmisse lendmuda kihti on akumulunud märkimisväärne kogus toiteaineid (10 cm kihis kuni 0,5 tonni fosforit). Samas puudub senini tõestus, et see fosfor oleks hakanud settest järvevette tagasi pöörduma. Samuti on Kääriku järv on piisavalt sügav, et muda väljapumpamine oleks terve järve ulatuses vajalik.

Kuigi projekti eesmärgiks on välja kuulutatud järve ökoloogilise seisundi tervendamine on ilmselge, et planeeritavate töödega tahetakse eelkõige Käärikul saavutada puhkevõimaluste parandamist suveperioodil. Rekreatsiooniliste vajaduste rahuldamise eesmärgil on ette nähtud Kääriku järve läänekaldal ujumisranna laiendamine. Selleks, et ujumiskoht oleks kaetud liivapõhjaga planeeritakse osaliselt kaldavööndis eemaldada veetaimestik ja muda, katta see geotekstiiliga ning seejärel liivaga.

Siinkohal juhiksime tähelepanu mõningatele asjaoludele, mida nende tööde käigus tuleks arvesse võtta. Kevadel läbi viidud setteuringute käigus ilmnes, et järve kaldavööndis on lendmuda kohati kaetud tiheda ja paksu peamiselt mändvetikate vaibaga. Veetaimestiku eemaldamisel tuleks silmas pidada mitut asjaolu. Põhimõtteliselt on põhjataimestiku eemaldamine niitmise teel väheefektiivne tehnoloogia. Põhjataimestiku nagu mändvetikad saab eemaldada muda väljapumpamise teel. Siin tuleks silmas pidada, et võimaluse korral tuleks vältida põhjataimestiku juurte massilist tükeldumist ning väljarebitud taimemass tuleb hoolega kokku koguda. Nimelt on palju veetaimed võimelised juurte tükkidest väga kiiresti paljunema ning kiiresti taasasustama veetaimestikust puhastatud alad (Nybom jt., 1990). Eemaldatud taimemassile tuleb leida rakendus ning nende ladustamine vahetult järvekaldale pole soovitatav. Põhjataimestiku väljapumpamisel on järvevee kvaliteedi seisukohalt omad negatiivsed tagajärjed: järvevesi muutub sogaseks, põhjataimestiku väljarebitusel ümbersetitatakse muda ja selle tagajärjel satub veekogu aineringsse märkimisväärne kogus toitaineid.

Kuna järve põhjataimestik vajab oma elutegevuseks valgust võiks kaaluda ka taimestiku eemaldamisest loobumist ning hävitada veesisene taimestik geotekstiili kattega (Olem & Flock, 1990). Probleemiks saab olema surnud taimede hilisema lagunemise käigus tekkiva gaaside eraldumine. Samuti toimub järvesetetes gaaside moodustumine. Seega peaks geotekstiil olema gaase läbilaskvast materjalist. Veetaimestikku võiks hävitada ka mürkkemikaalidega (Cooke jt., 1986), kuid Kääriku järve kui olulise puhkemajandusliku veekogu puhul pole see lubatav.

Kääriku järve lääneosa kaldavööndist muda väljapumpamise eesmärk on samuti seotud ujumisranna laiendamisega. Meile ei ole teada, missugust tehnoloogiat on kavas rakendada, seetõttu on keeruline anda konkreetseid soovitusi. Igal juhul tuleb silmas pidada, et järvemuda on väga püdel, järve

lääneosas on kuivainet mudas alla 10%. Seetõttu on väga suur võimalus, et suur osa väljapumbatavast mudast suspenseerub ja settib juba järve sügavamates osades. Sellega võib kaasneda suure koguse fütoplanktonile omastatava fosfori sattumine järvevette, samuti vee läbipaistvuse vähenemine, seega on olemas võimalus, et tööde hooletul planeerimisel saavutatakse vastupidine tulemus – järve ökoloogilise seisundi parandamise asemel toimub veekogu seisundi halvenemine. Seega peaks pumpamistehnoloogia olema selline, mis välistaks eemaldatava järvemuda segunemise järveveega ja võimaldaks ärastada teatud paksusega mudalasundit. Samuti tuleks hoolikalt planeerida järvest väljapumbatava muda ladustamist järve kaldale. Ladustamise käigus vabaneb järvemudast sette poorivesi, mis sisaldab eriti ohtralt toitaineid. Kui see vabanenud vesi sattub järve, kaasneb sellega tõenäoliselt järve troofsuse muutus halvemuse suunas.

Järvest väljapumbatud mudale tuleb leida rakendus. Kääriku järvemuda ei sisaldanud märkimisväärses koguses ohtlikke raskmetalle, seega on kõige perspektiivsem rakendus muda kasutamine ümbruskonna haljastustöödel. Mitmed katsed on näidanud, et järvemudal on positiivne mõju muldade viljakusele. Arvesse tuleks siiski võtta asjaolu, et vahetult veekogust väljapumbatud järvemudas esineb osa sette rauast kahevalentsete ühenditena ja viimased võivad olla mõningal määral taimedele toksilised. Siiski Kääriku järve põhjasetted polnud eriti rauarikkad. Kui Kääriku ümbruses on olemas sobiv koht muda ajutiseks ladustamiseks, siis on soovitatav enne muda kasutamist põllumaadel või haljastuses lasta tal talvel läbi külmuda. Lähikülmunud järvemuda vabaneb kergesti üleliigsest veest, kuivab kiiresti ja muutub kobedaks. Selle tagajärjel oksüdeerub ka järvemuda koostises olevad redutseerunud rauaühendid ja laheneb võimalik probleem muda toksilisusest taimedele.

Probleem tekib ka järve edelaosas paikneva lodu turba väljakaevamisel. Seda turvast ei saa ladustada järve kaldale ning väljakaevatud turbale tuleks leida mingisugune rakendus. Samas võiks turvast kasutada koos ärastatud järvemudaga ümbruskonna haljastustöödel.

## KASUTATUD KIRJANDUS

Cooke, G.D., Welch, E.B., Peterson, S.A. & Newroth, P.R. 1986. Lake and Reservoir Restoration. Butterworth Publishers, 388 lk.

Heinsalu, A. 1993. Harku järve eutrofeerumise kujunemine, põhjasetete reostus, fosfori sisekoormus ja järve tervendamise võimalused. Dissertationes Geologicae Universitatis Tartuensis, Väitekiri geoloogiamagistri kraadi taotlemiseks Tartu Ülikooli Geoloogia Instituudi Fondis, 84 lk.

Jensen, H. S., Kristensen, P., Jeppesen, E. & Skytthe, A. 1992. Iron:phosphorus ratio in surface sediments as an indicator of phosphate release from aerobic sediments in shallow lakes. *Hydrobiologia* 235/236, 731–734.

Kisand, A. 2001. Settefosfori vormid, nende jaotumise seaduspärasused ning vabanemine kolmes eutroofses järves. Tartu Ülikooli Zooloogia ja Hüdrobioloogia Instituudi Hüdrobioloogia Õppetooli magistritöö. 22 lk.

Mäemets, A. Eesti NSV järved ja nende kaitse. Tallinn, Valgus, 263 lk.

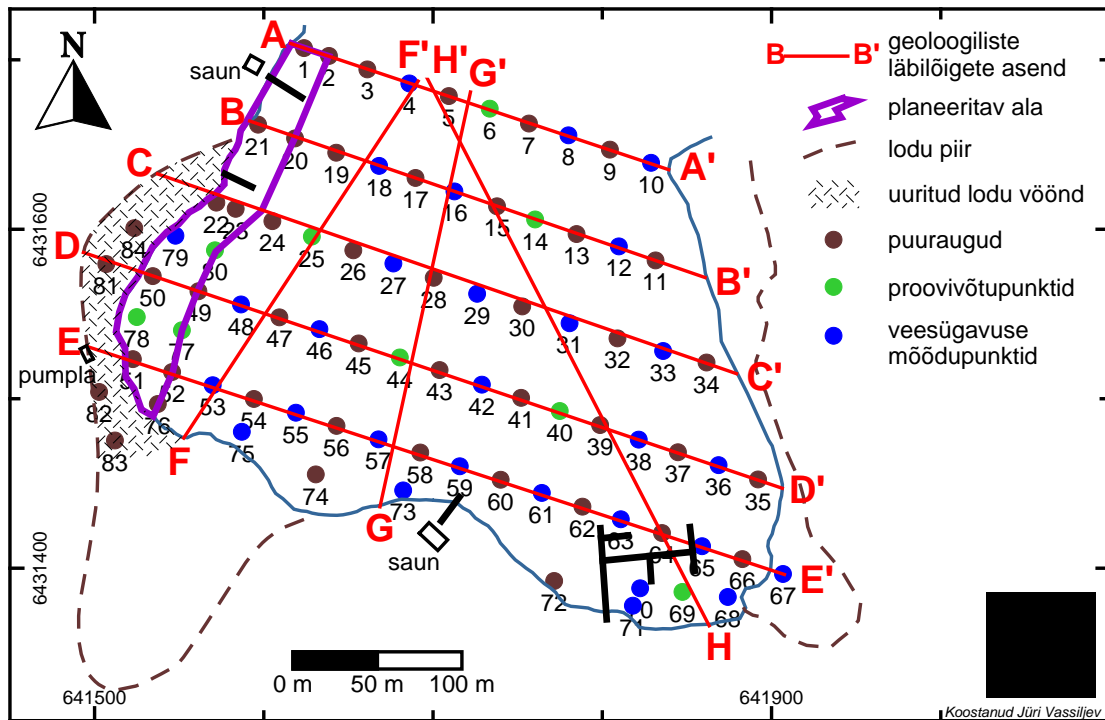
Nybm, C., Hellsten, S. & Hiltunen, P. 1990. Liiallisen kasvillisuuden vähentäminen. Rmt: Ilmavirta, V. (toim.), Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki, Yliopistopaino, 374–409.

Ohtlikke ainete piirnormid pinnases ja põhjavees 1999. Keskkonnaministri 16. Juuni 1999. a. määrus nr. 58, RTL, 105, 1319.

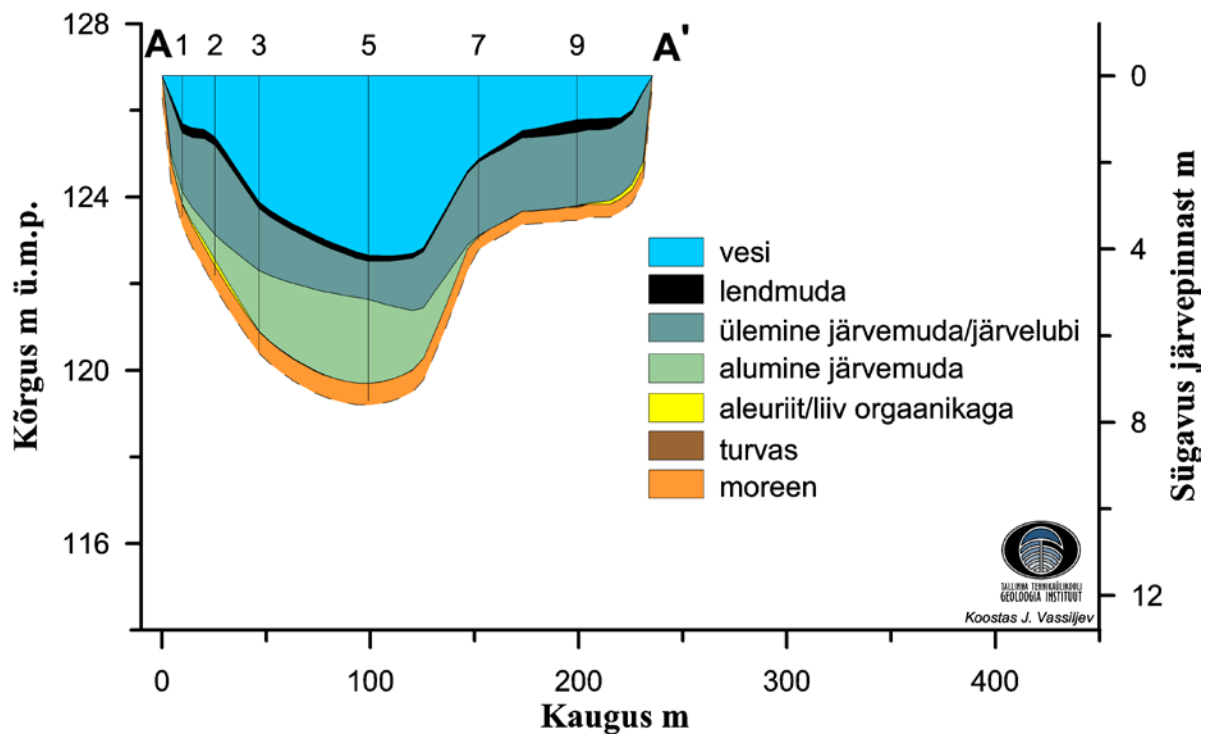
Olem, H. & Flock, G. (toim.) 1990. Lake and Reservoir Restoration Guidance Manual. 2<sup>nd</sup> edition. EPA 440/4-90-006. 326 lk.

<http://europa.eu.int/comm/environment/waste/sludge/workshoponharmonization.pdf>

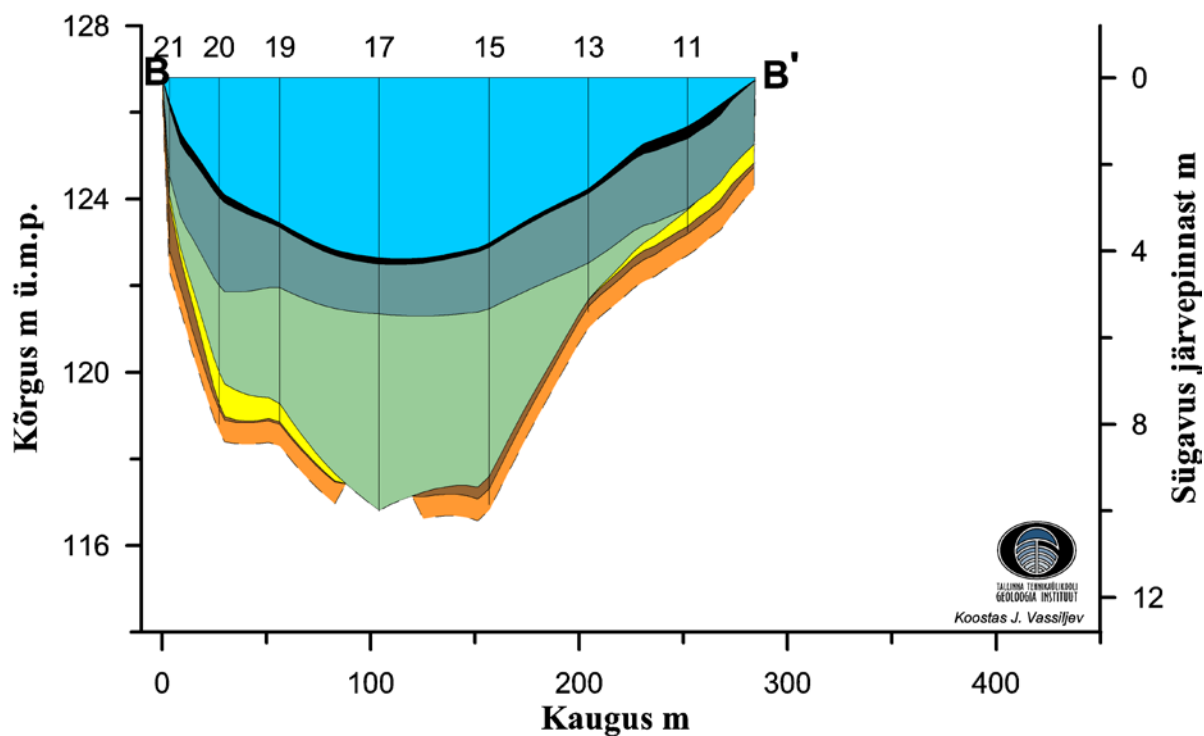




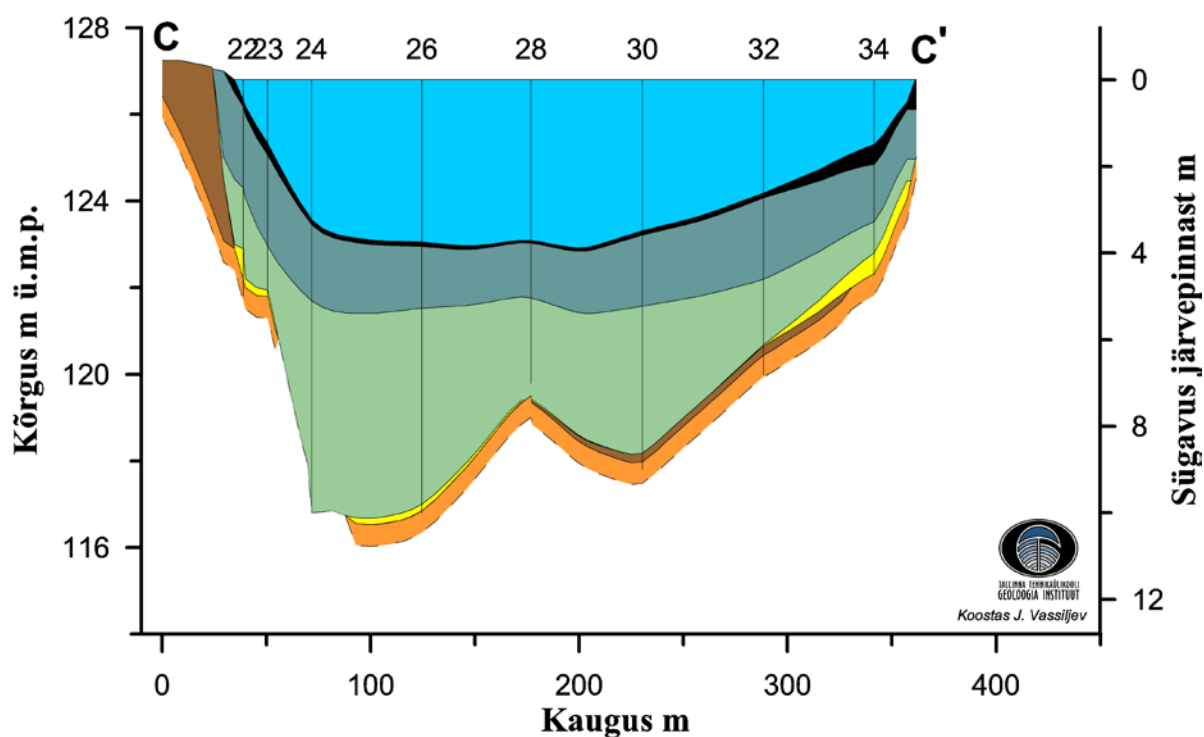
**Joonis 2.** Kääriku järve lõunaosa veesügavuse mõõtmispunktide, puuraukude, proovivõtupunktide ja geoloogiliste läbilõigete asend. Lilla joonega on tähistatud planeeritava ujumisranna vöönd, mille kohta on eraldi arvatatud järvesetete varud. Viirutusega on märgitud järve läänekaldal olev lodu vöönd, kus uurisime turba paksust.



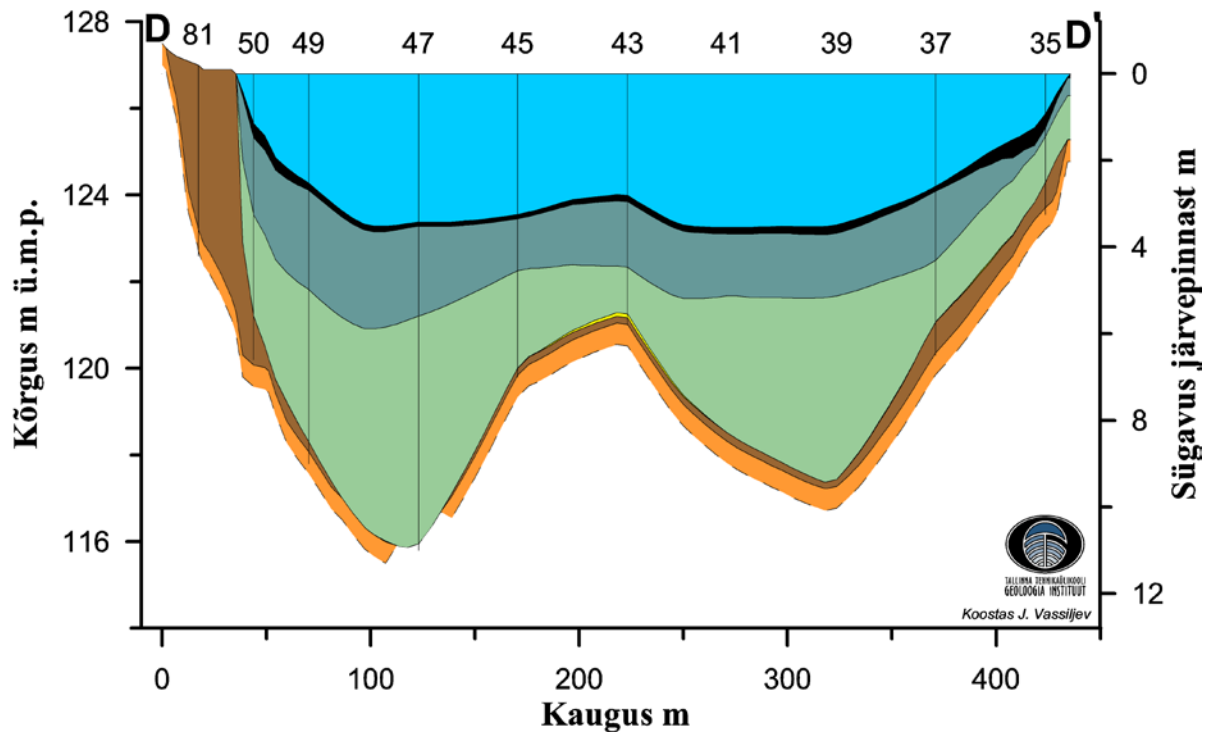
**Joonis 3.** Kääriku järve lõunaosa põhjasetete geoloogiline läbilõige A–A'. Läbilõike asend vaata jooniselt 2.



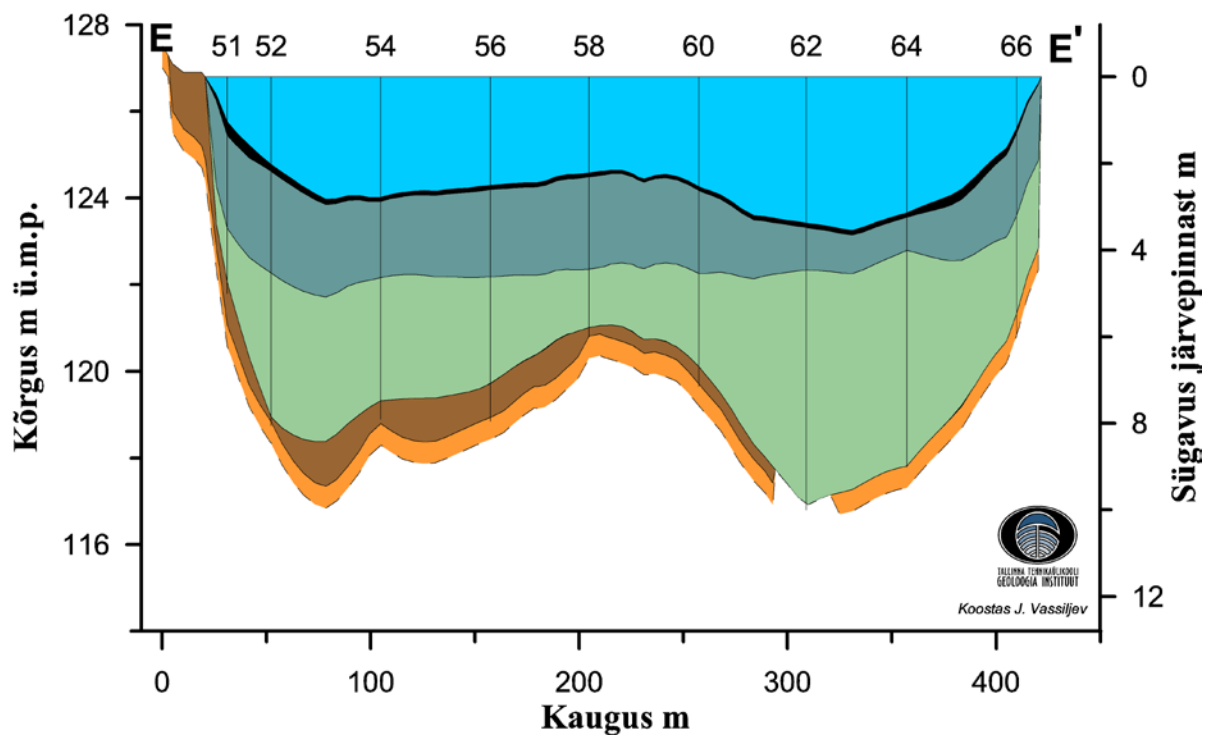
**Joonis 4.** Kääriku järve lõunaosa põhjasetete geoloogiline läbilõige B–B'. Läbilõike asend vaata jooniselt 2. Legend on joonisel 3.



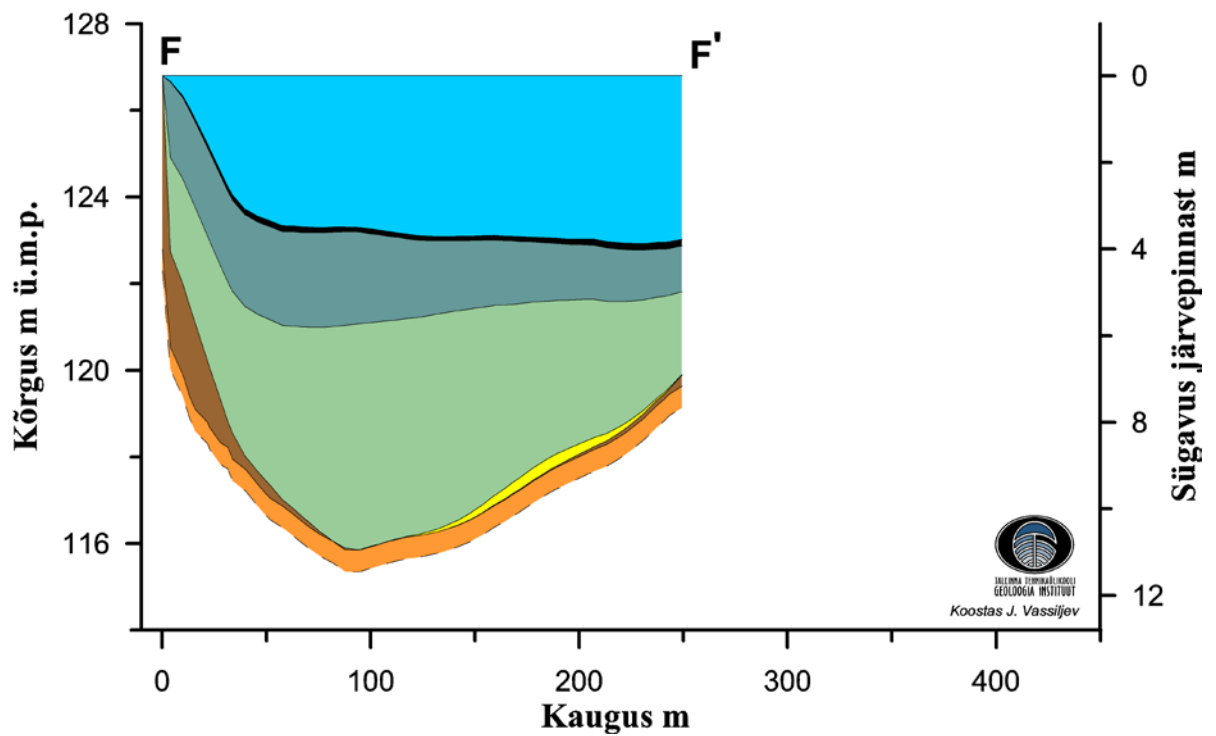
**Joonis 5.** Kääriku järve lõunaosa põhjasetete geoloogiline läbilõige C–C'. Läbilõike asend vaata jooniselt 2. Legend on joonisel 3.



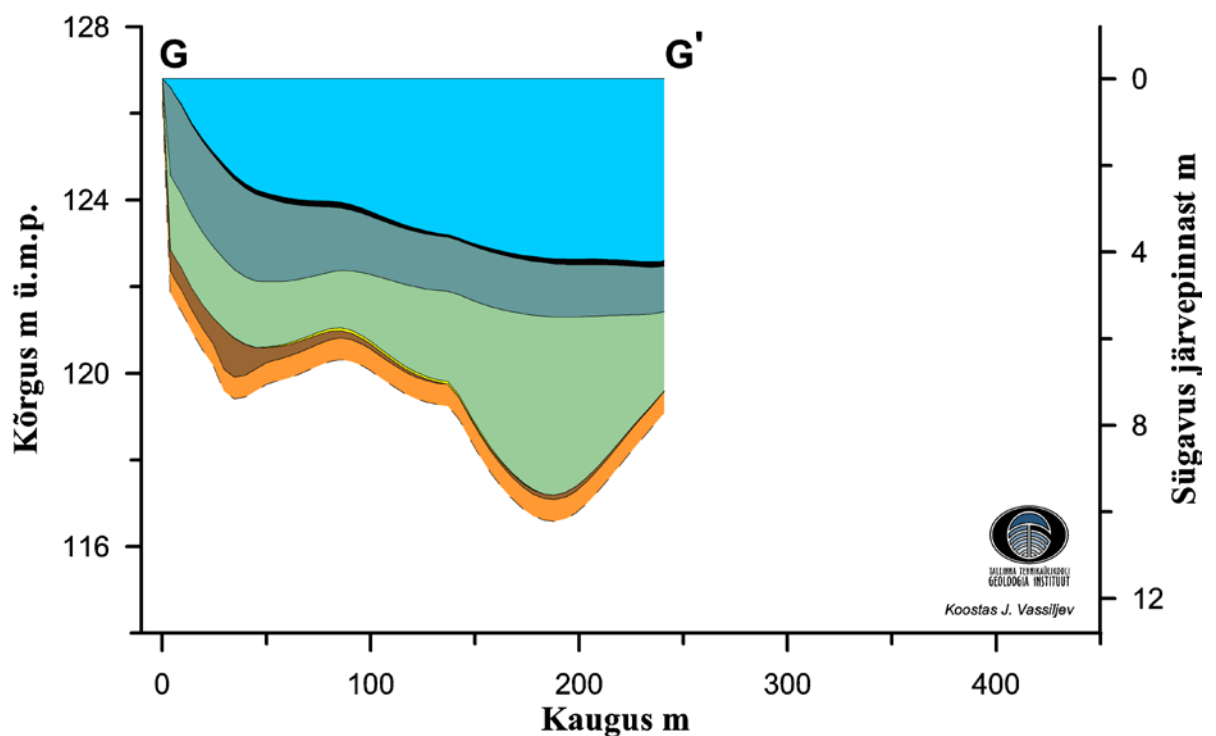
**Joonis 6.** Kääriku järve lõunaosa põhjasetete geoloogiline läbilõige D–D'. Läbilõike asend vaata jooniselt 2. Legend on jooniselt 3.



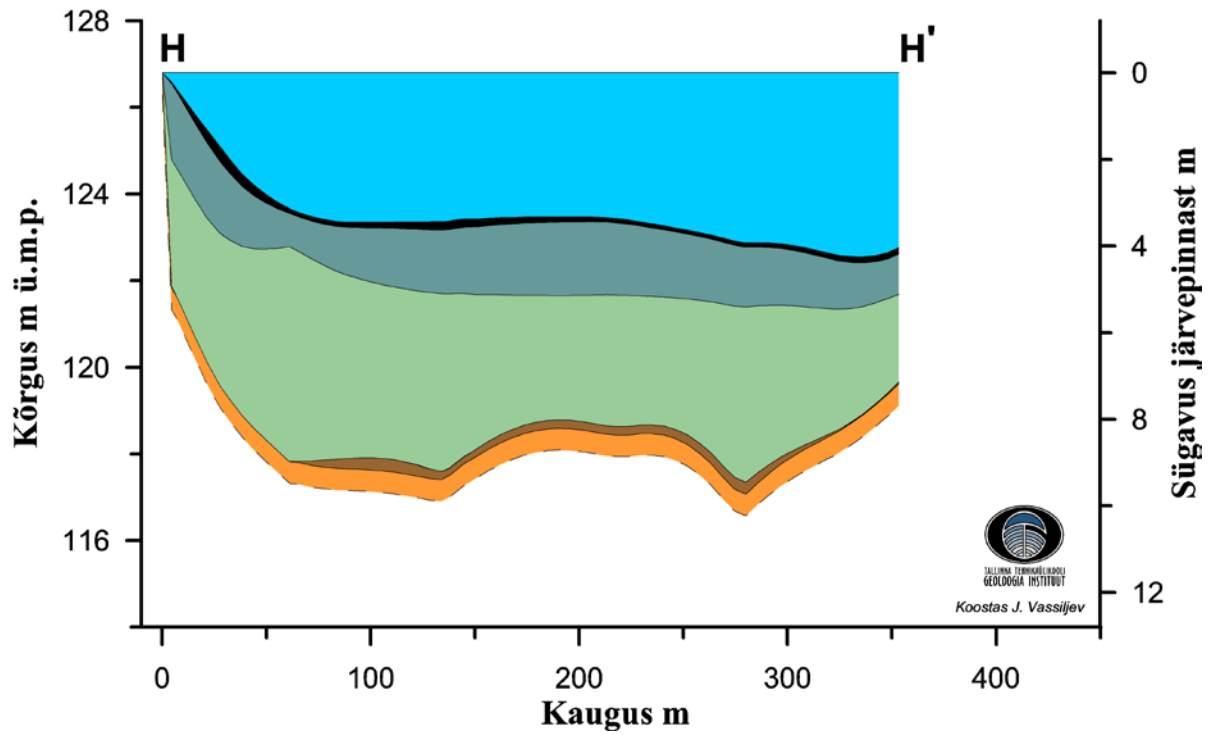
**Joonis 7.** Kääriku järve lõunaosa põhjasetete geoloogiline läbilõige E–E'. Läbilõike asend vaata jooniselt 2. Legend on jooniselt 3.



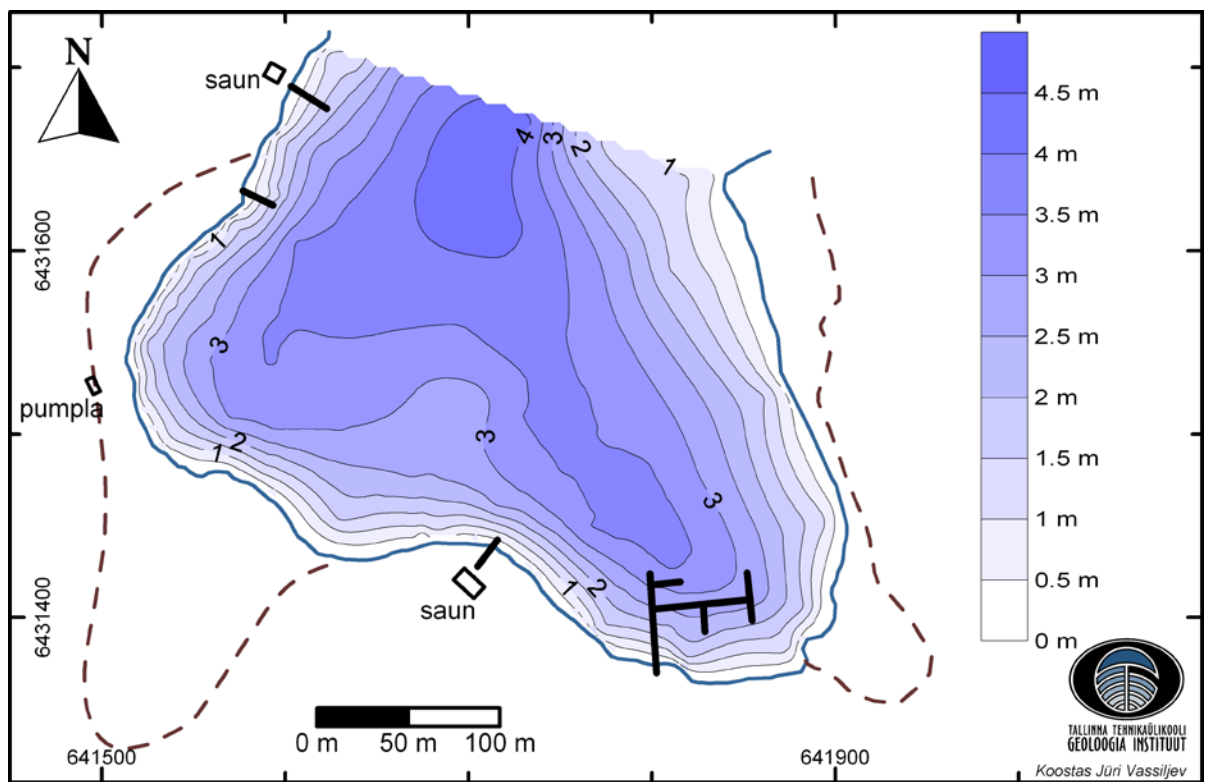
**Joonis 8.** Käariku järve lõunaosa põhjasetete geoloogiline läbilõige F–F'. Läbilõike asend vaata jooniselt 2. Legend on joonisel 3.



**Joonis 9.** Käariku järve lõunaosa põhjasetete geoloogiline läbilõige G–G'. Läbilõike asend vaata jooniselt 2. Legend on joonisel 3.

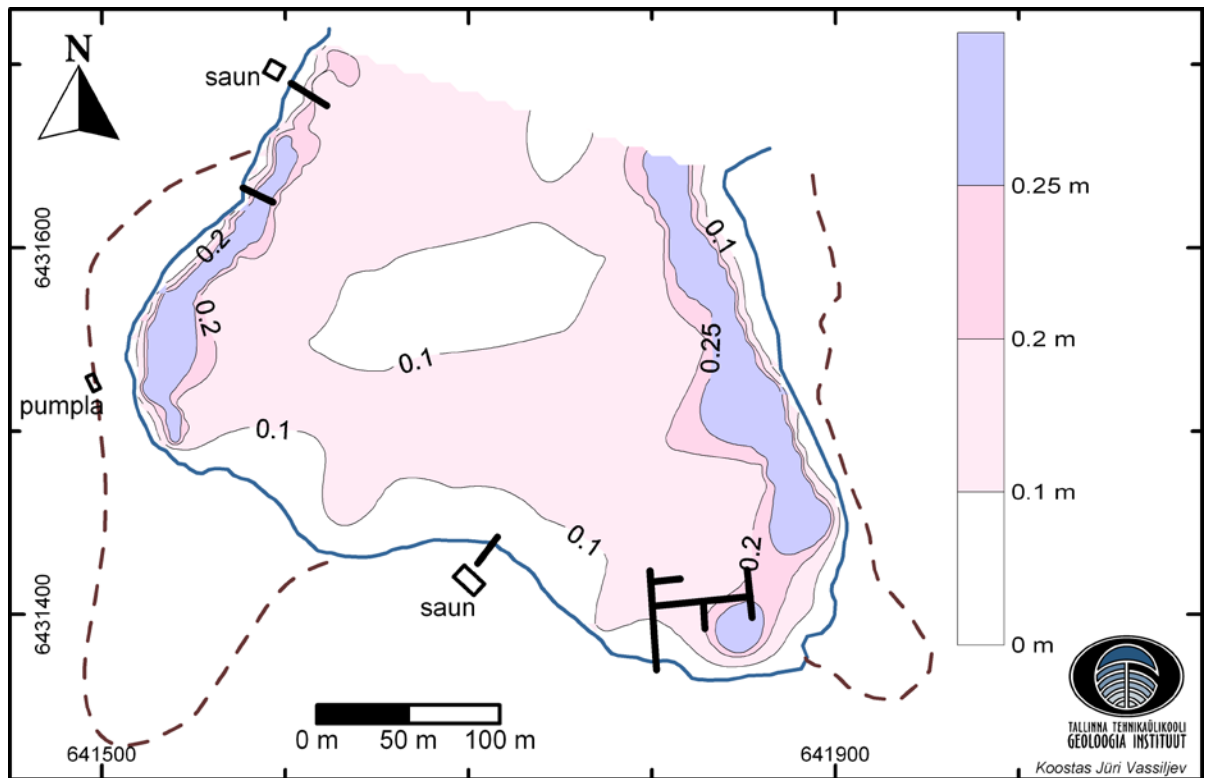


**Joonis 10.** Kääriku järve lõunaosa põhjasetete geoloogiline läbilõige H–H'. Läbilõike asend vaata jooniselt 2. Legend on jooniselt 3.

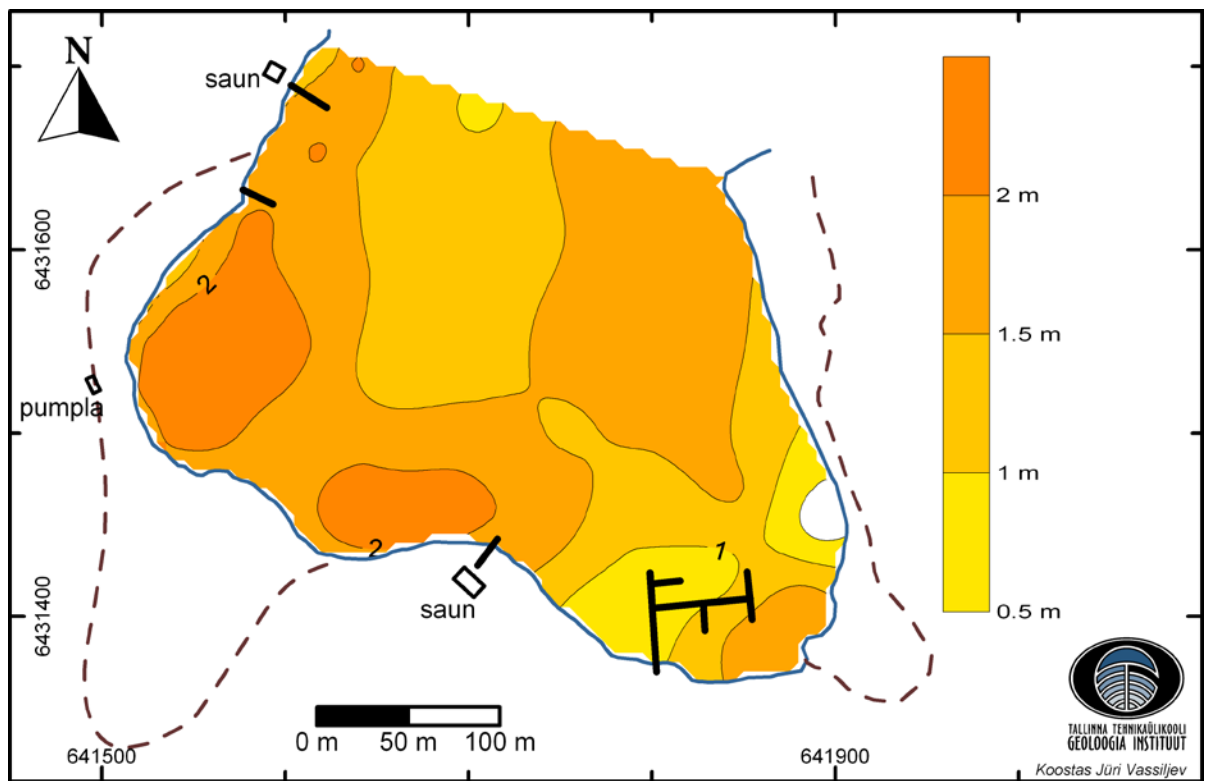


**Joonis 11.** Kääriku järve lõunaosa veesügavus.

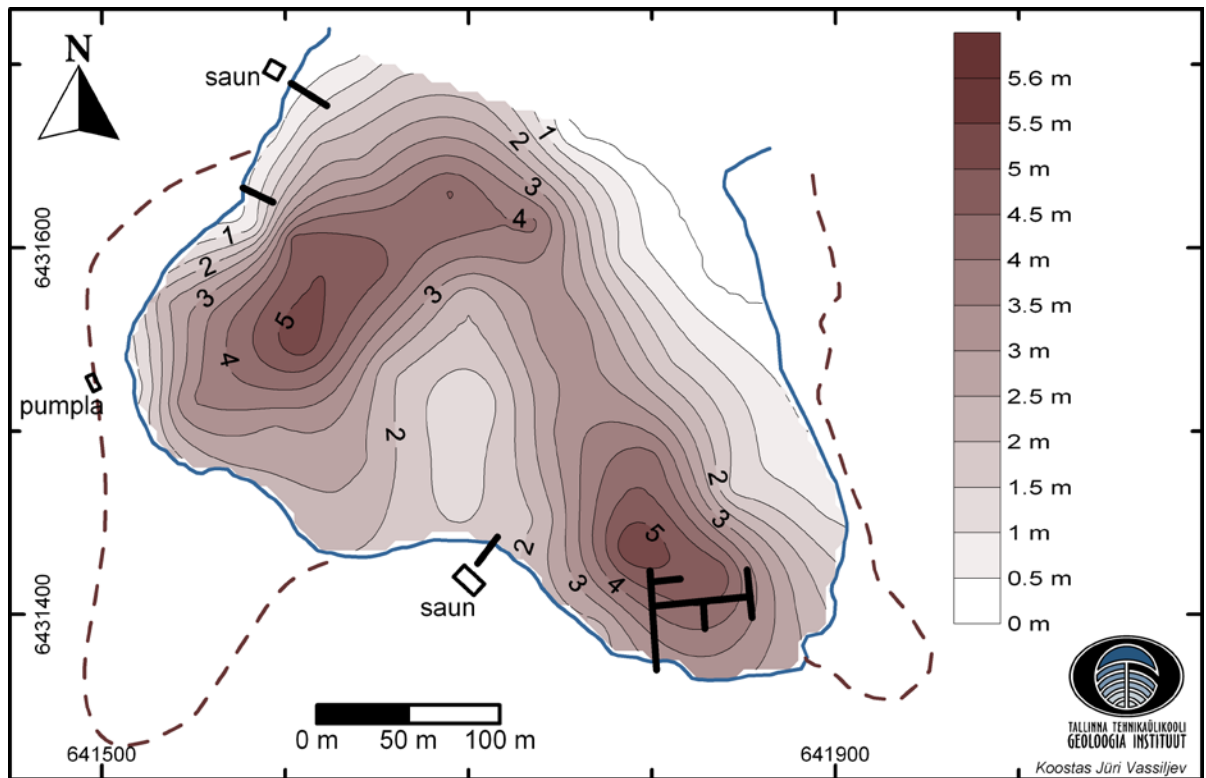




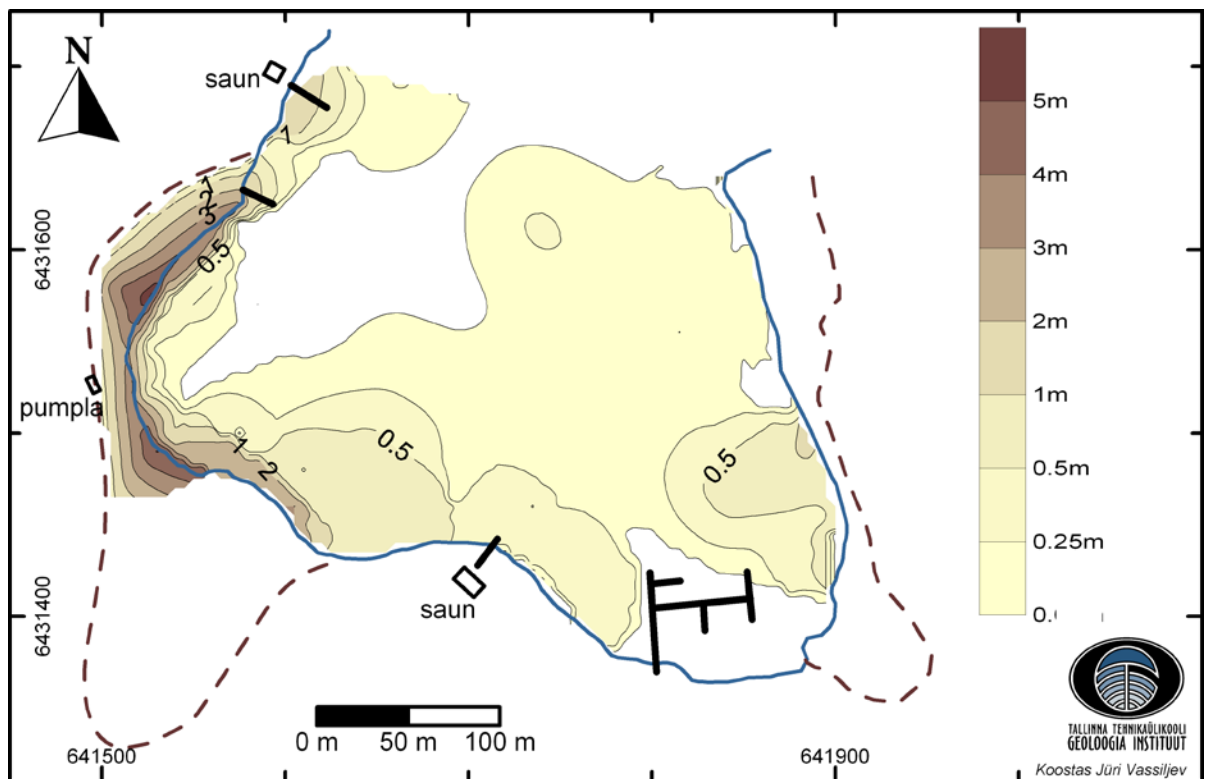
**Joonis 12.** Kääriku järve lõunaosa lendmuda paksuste kaart.



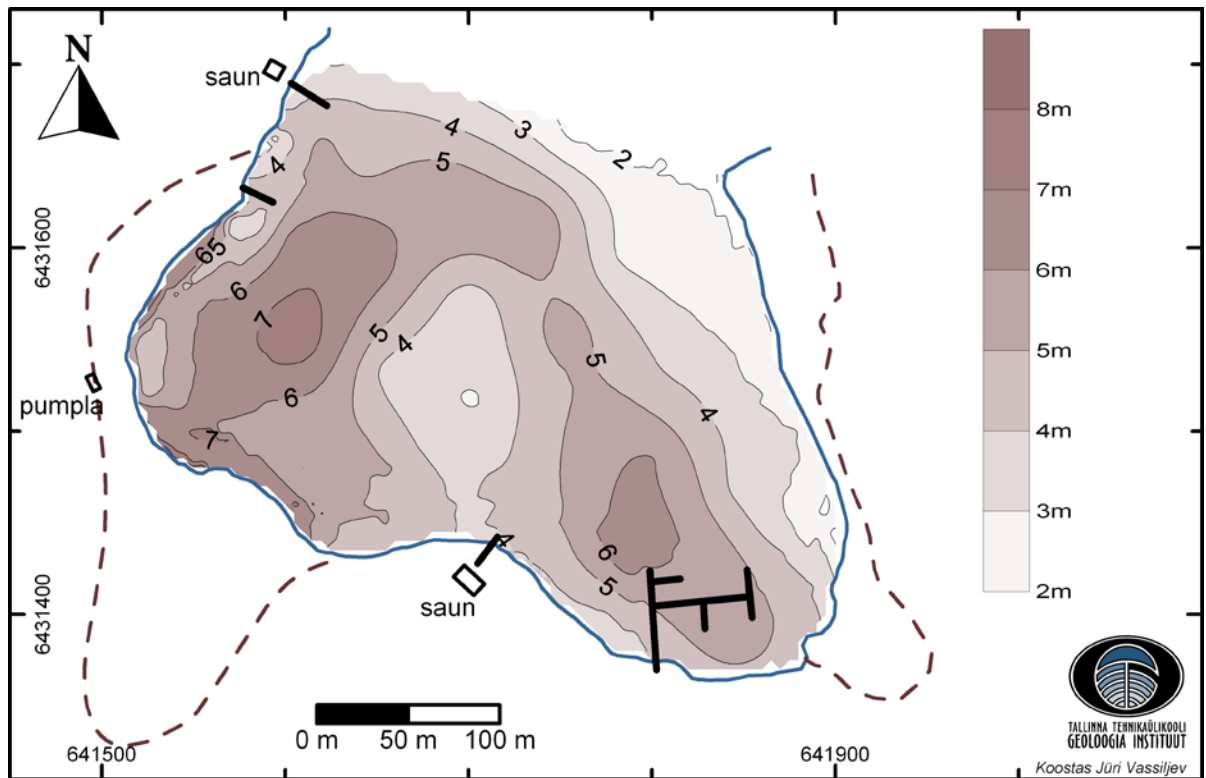
**Joonis 13.** Kääriku järve lõunaosa ülemise järvemuda/järvelubja lasundi paksuste kaart.



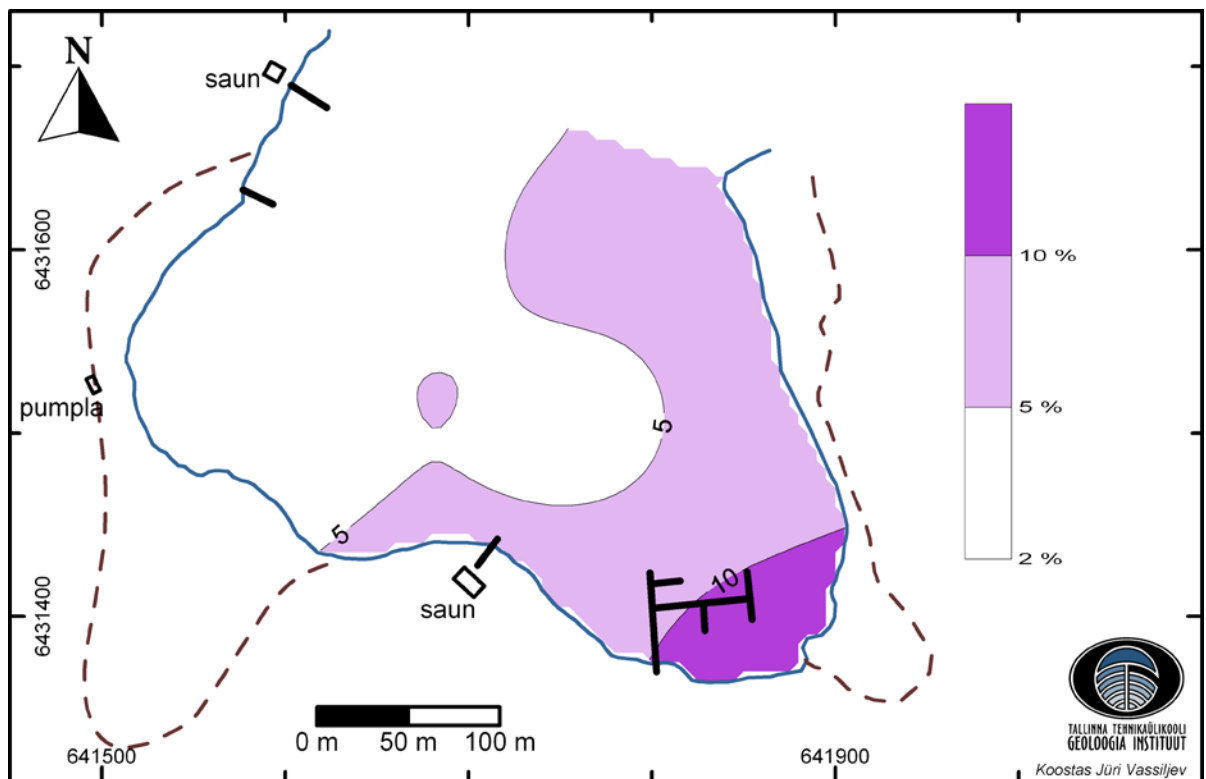
**Joonis 14.** Kääriku järve lõunaosa alumise järvemuda lasundi paksuste kaart.



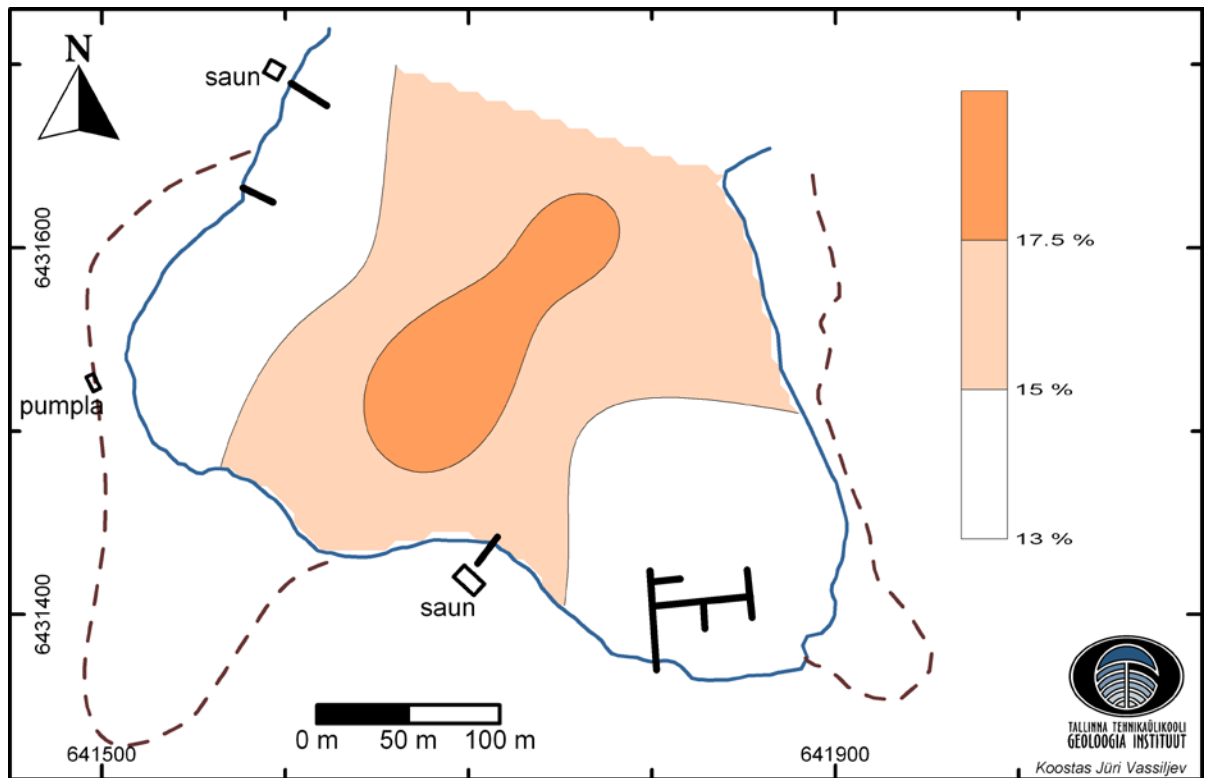
**Joonis 15.** Kääriku järve lõunaosa järvemuda lasundi all oleva turba ja järve läänekaldal asuva lodu turbapaksuste kaart.



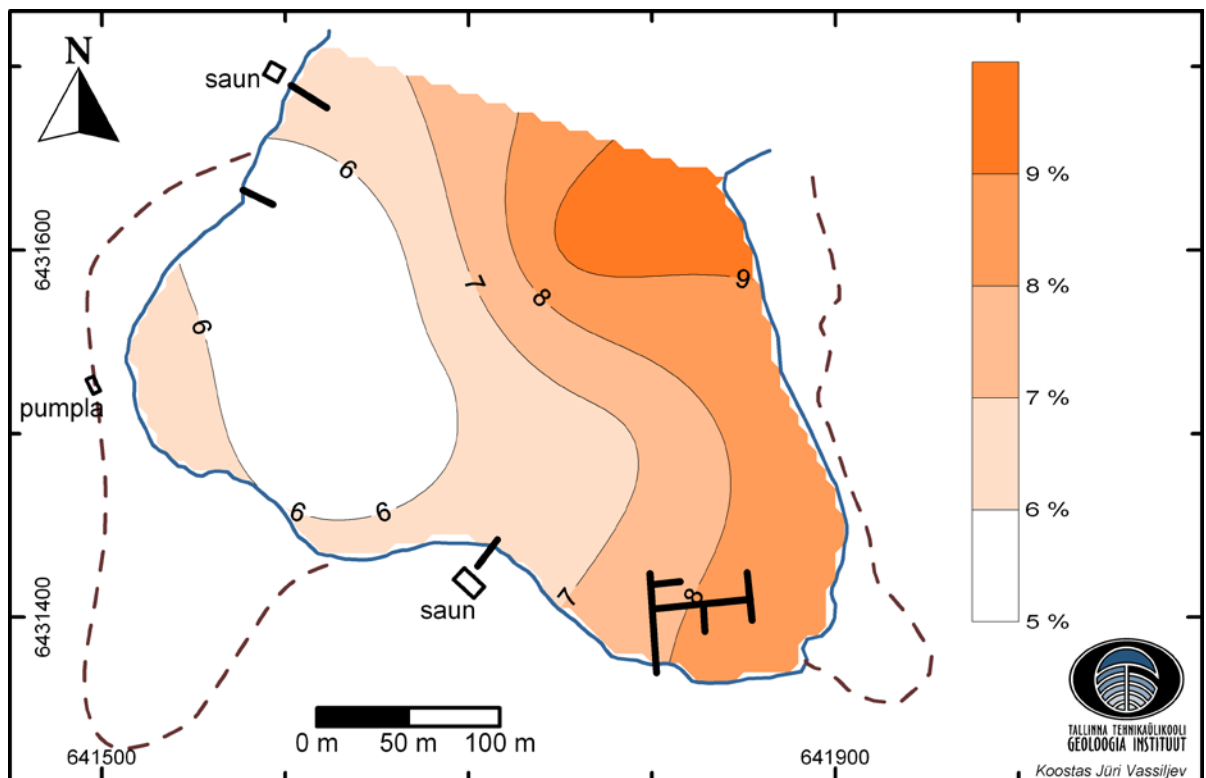
**Joonis 16.** Kääriku järve lõunaosa järvesetete paksuste kaart.



**Joonis 17.** Kääriku järve lõunaosa lendmuda kuivaine sisaldus, %.

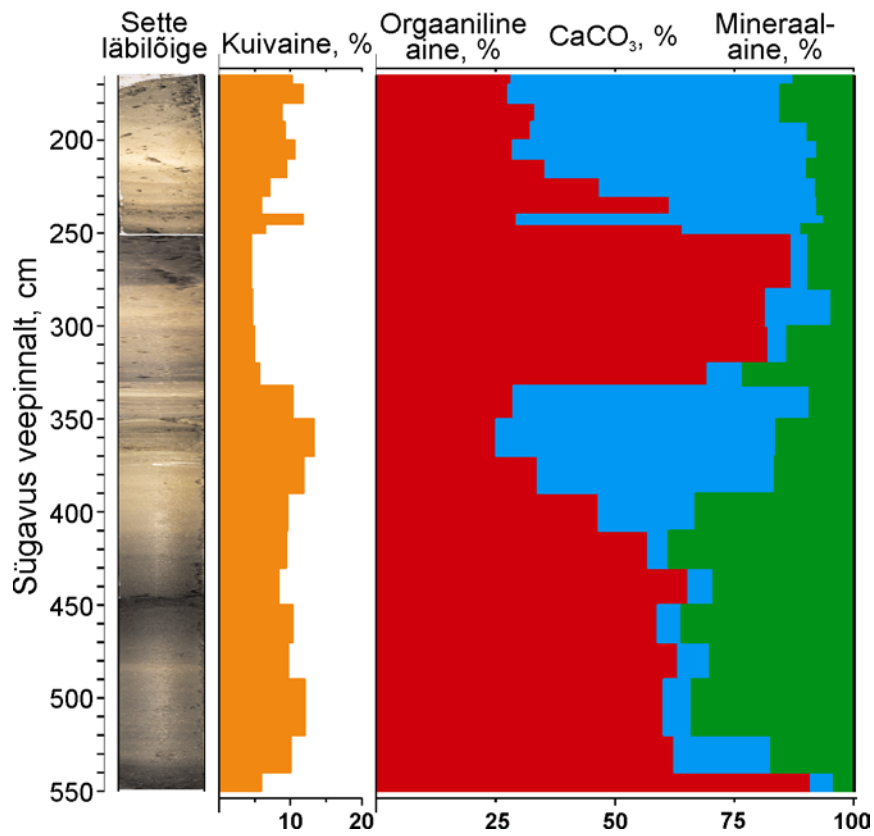


**Joonis 18.** Kääriku järve lõunaosa ülemise järvemuda kihtide kuivaine sisaldus, %.



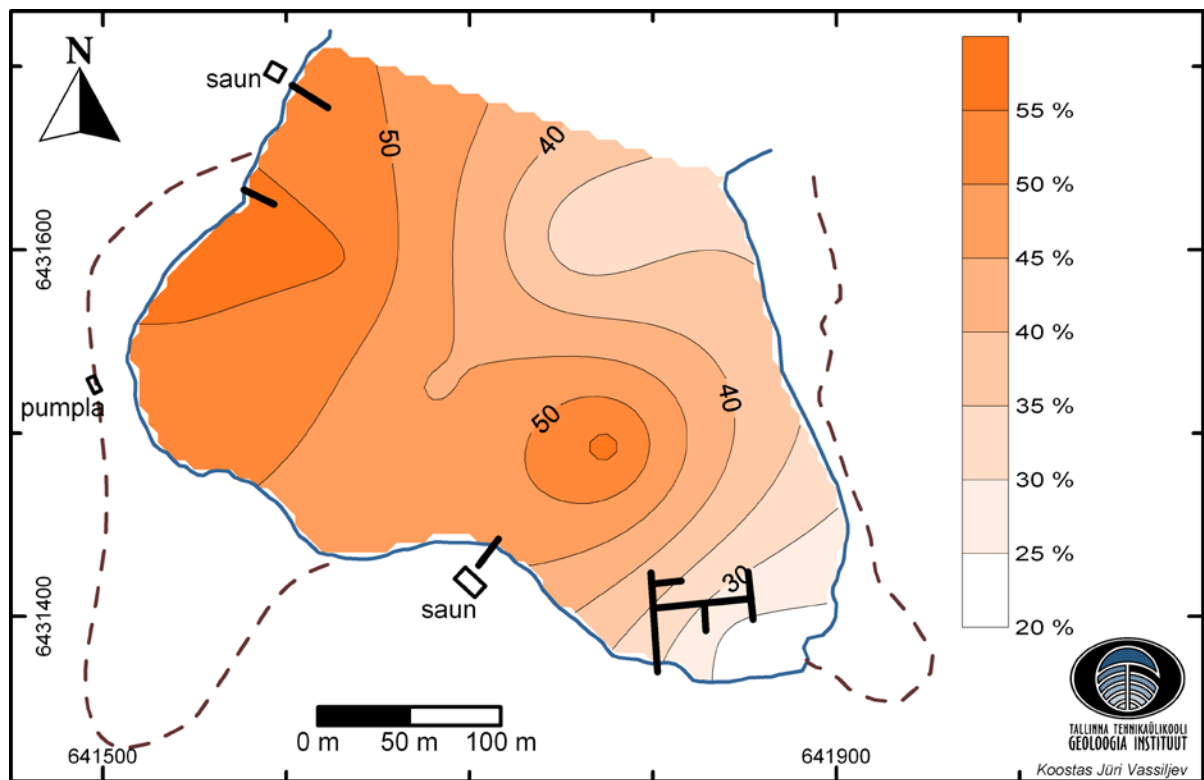
**Joonis 19.** Kääriku järve lõunaosa alumise järvelubja kihtide kuivaine sisaldus, %.

## Kääriku järv Puurauk 78

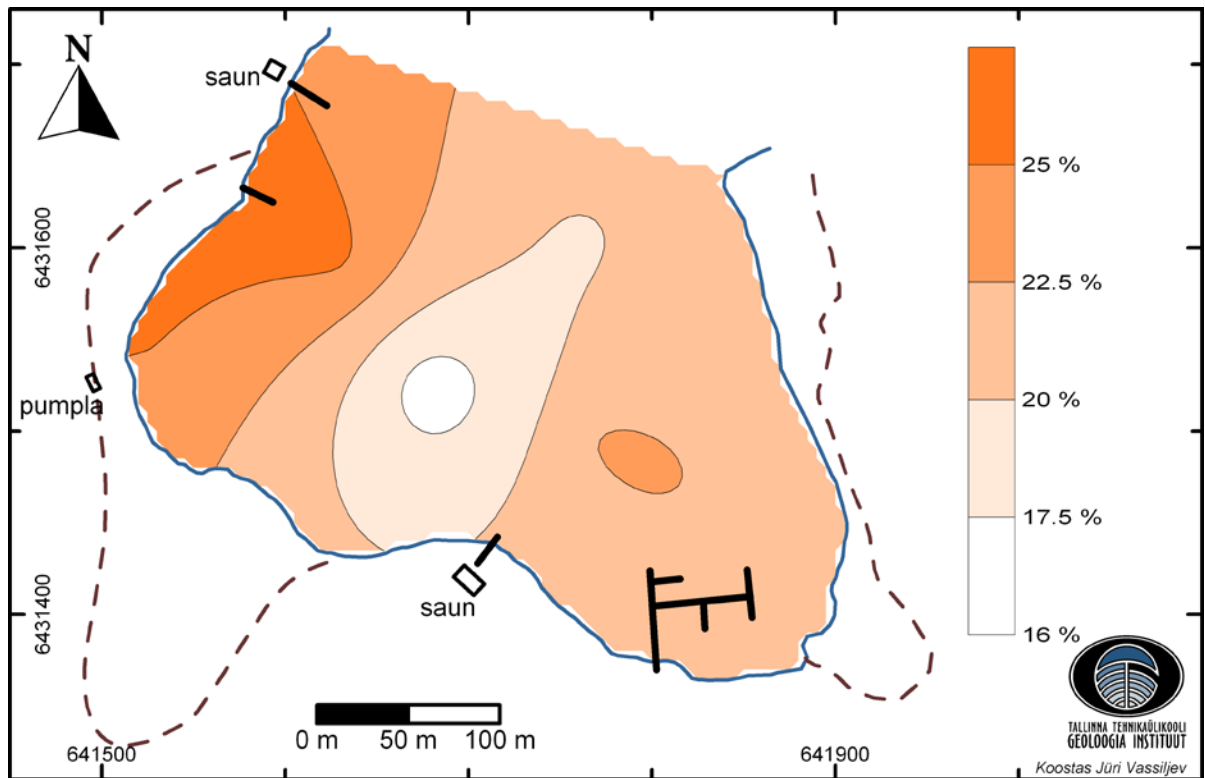


**Joonis 20.** Kääriku järve lõunaosa puurauku 78 setteläbilõike kuivaine, orgaanilise aine, CaCO<sub>3</sub> ja mineraalne sisaldus, %. Puurauku asend vaata joonis 2.

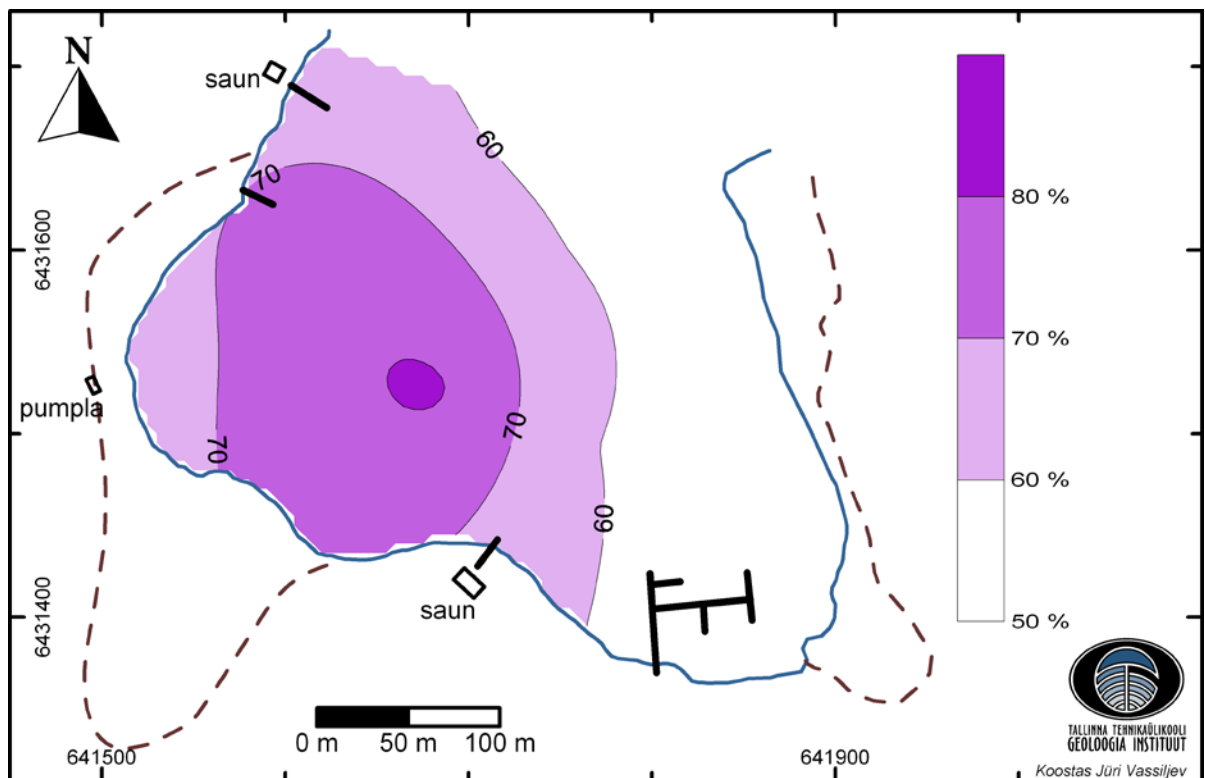




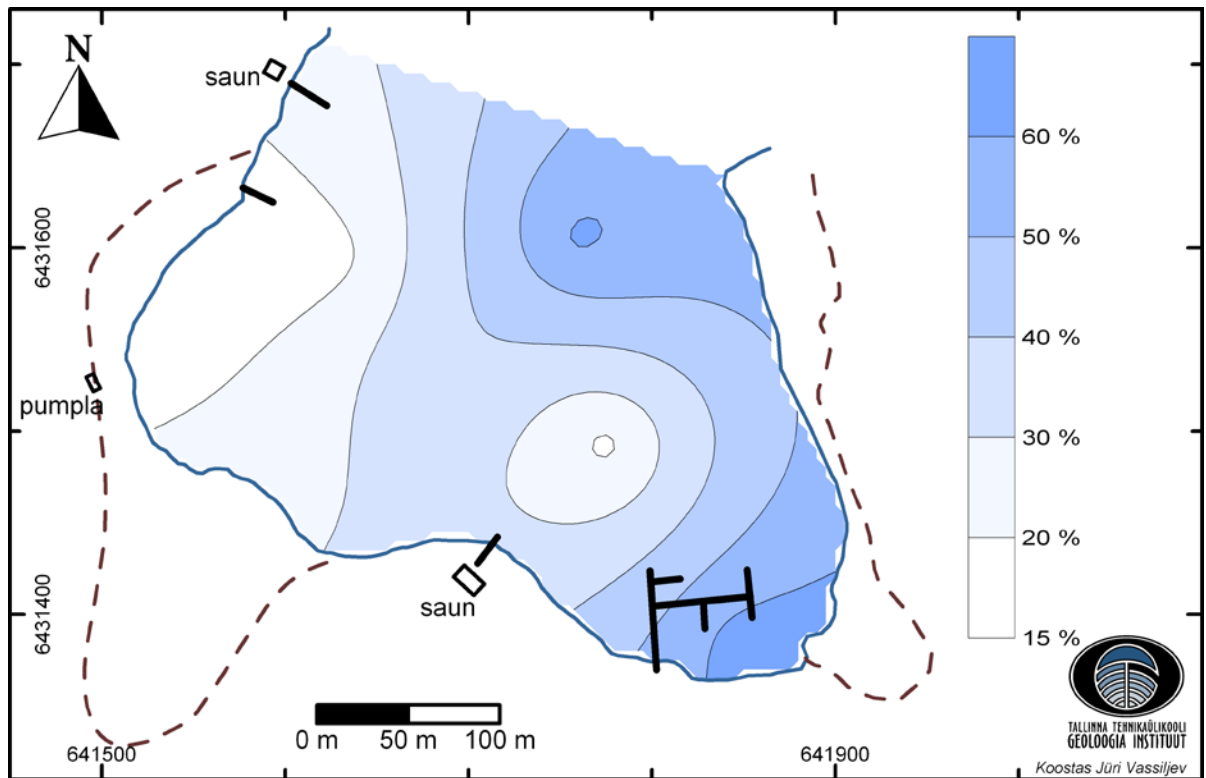
**Joonis 21.** Kääriku järve lõunaosa lendmuda orgaanilise aine sisaldus, %.



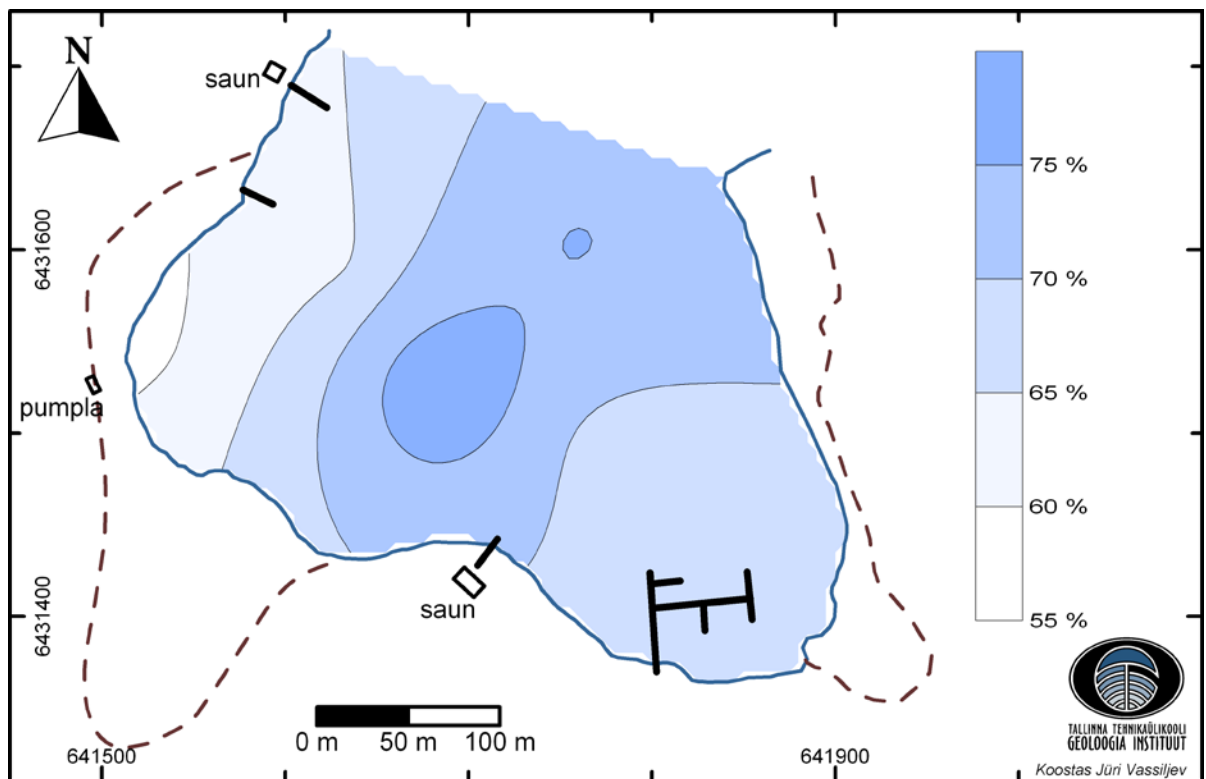
**Joonis 22.** Kääriku järve lõunaosa ülemise järvemuda kihtide orgaanilise aine sisaldus, %.



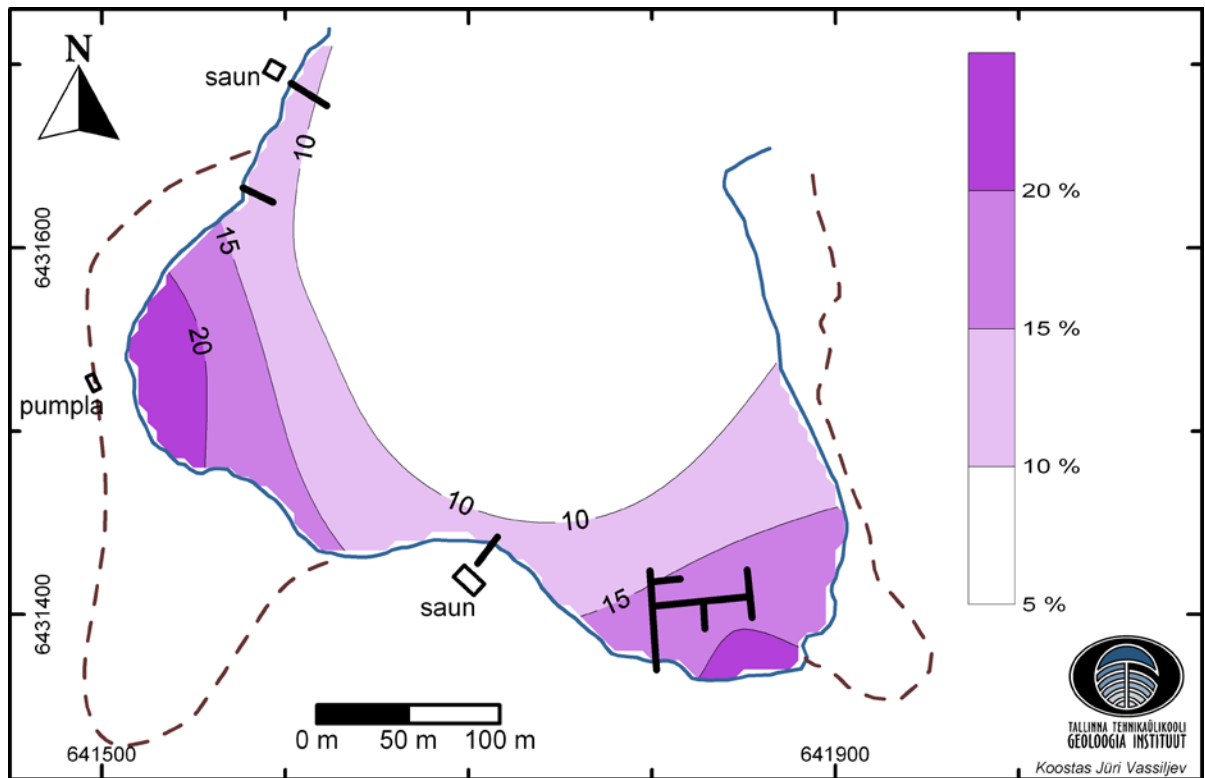
**Joonis 23.** Kääriku järve lõunaosa ülemise järvelubja kihtide orgaanilise aine sisaldus, %.



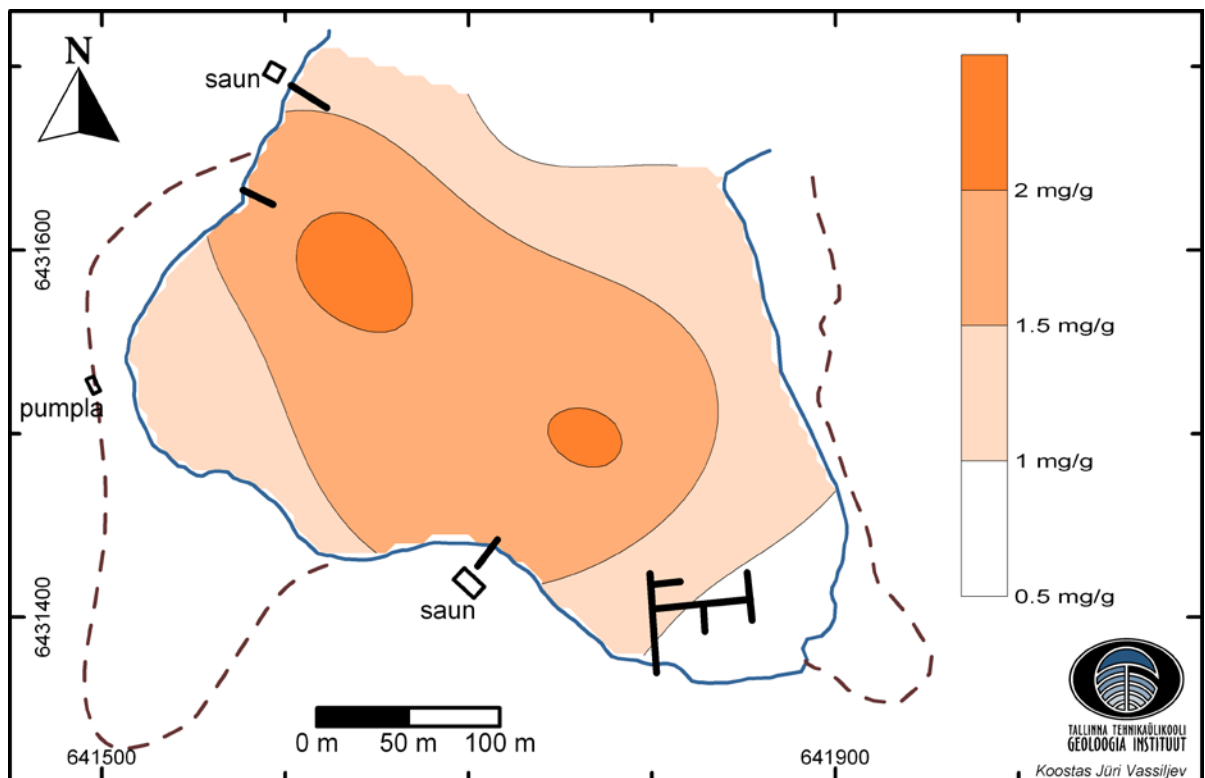
**Joonis 24.** Kääriku järve lõunaosa lendmuda CaCO<sub>3</sub> sisaldus, %.



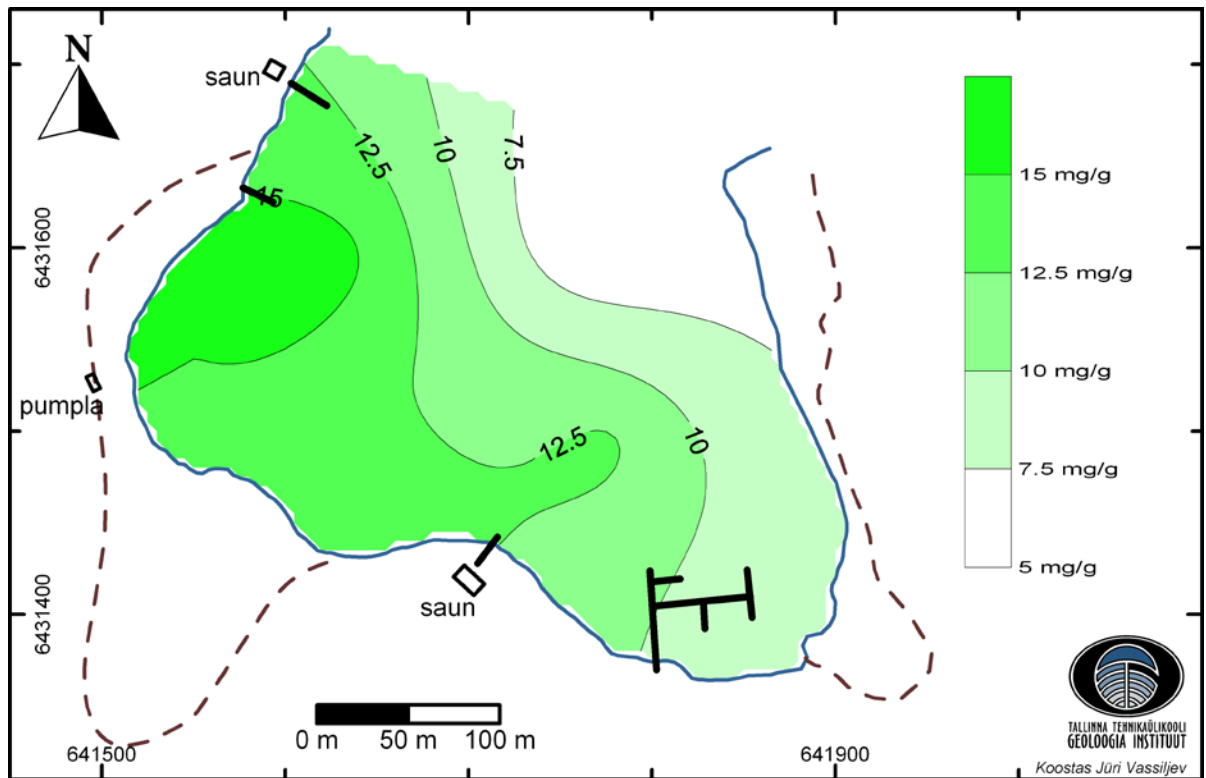
**Joonis 25.** Kääriku järve lõunaosa ülemise järvemuda kihtide CaCO<sub>3</sub> sisaldus, %.



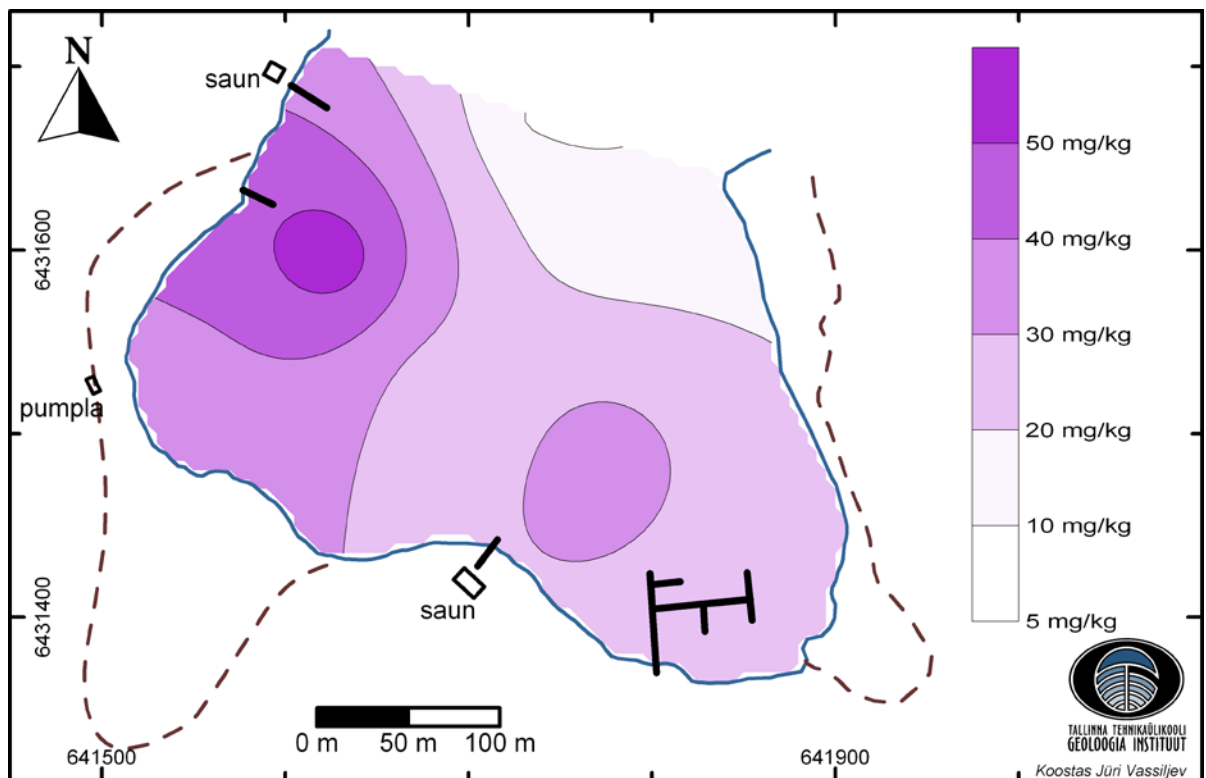
**Joonis 26.** Kääriku järve lõunaosa alumise järvelubja kihtide CaCO<sub>3</sub> sisaldus, %.



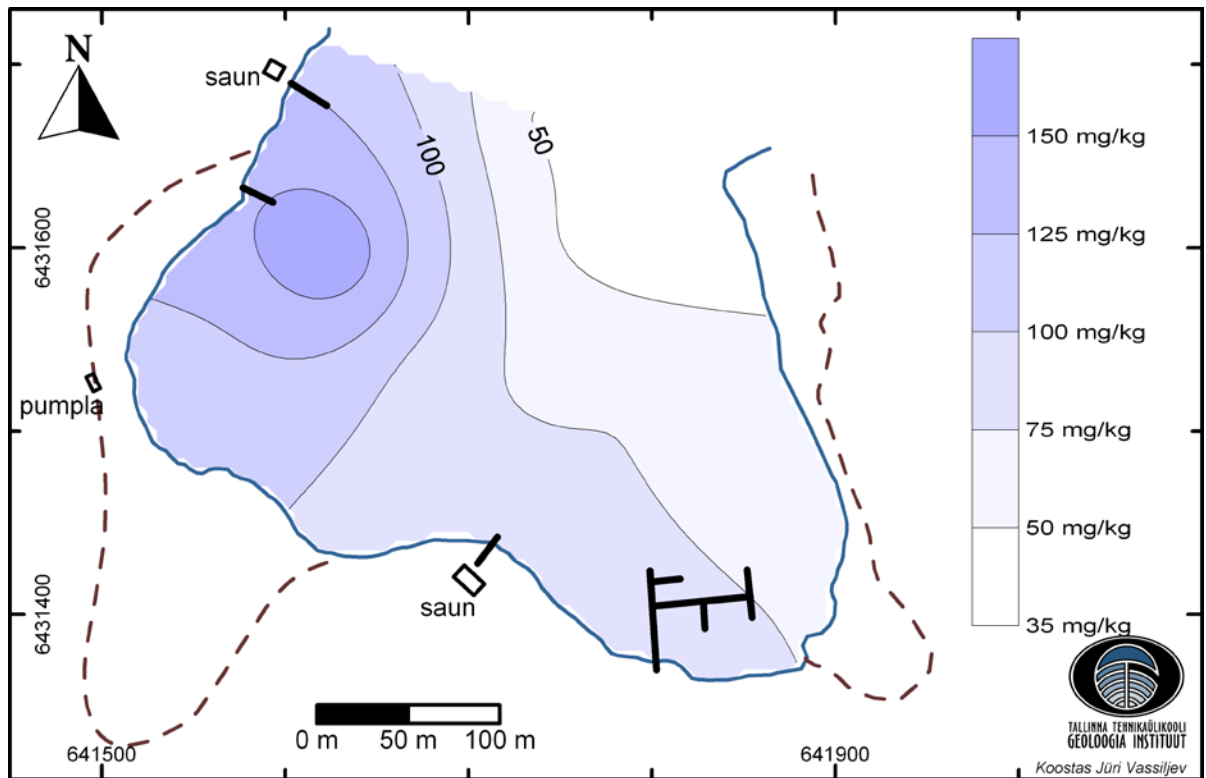
**Joonis 27.** Kääriku järve lõunaosa setete lendmuda fosfori sisaldus, mg/g kuivaines.



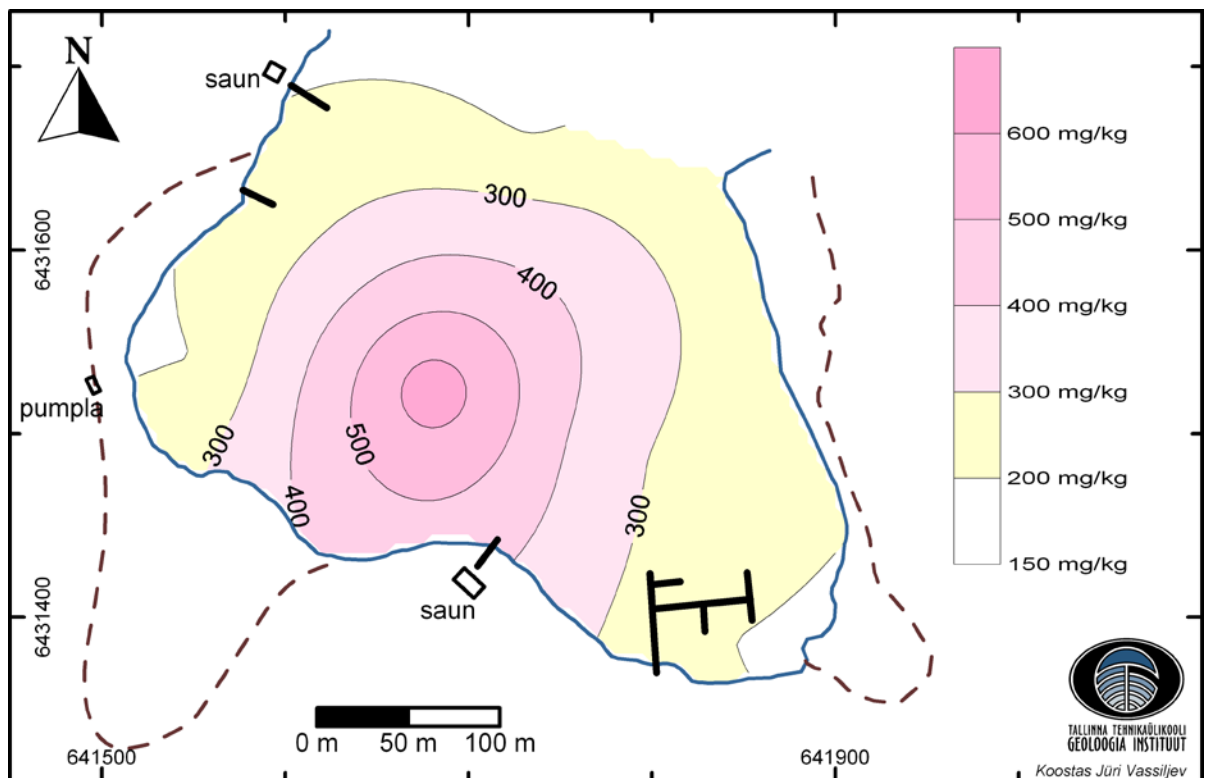
**Joonis 28.** Kääriku järve lõunaosa setete lendmuda raua sisaldus, mg/g kuivaines.



**Joonis 29.** Kääriku järve lõunaosa setete lendmuda Pb sisaldus, mg/kg kuivaines.



**Joonis 30.** Kääriku järve lõunaosa setete lendmuda Zn sisaldus, mg/kg kuivaines.



**Joonis 31.** Kääriku järve lõunaosa setete lendmuda Mn sisaldus, mg/kg kuivaines.