

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut



Teostatud Keskkonnainvesteeringute Keskuse toel

Limnoloogiliste uuringute läbiviimine Lahepera järve tervendamiseks



Vastutav täitja
Prof. Ingmar Ott

Tartu, 2015

Sisukord

Sissejuhatus	3
2. Materjal ja meetodika.....	4
2.1. Ökoloogilise seisundi hindamine	4
2.2. Koormustaluvus	4
2.3. Sette uuringud	6
3. Kokkuvõtte ökosüsteemi inventuuridest ja ökoloogilise seisundi dünaamikast	9
3.1. Lahepera järve kirjeldus	9
3.2. Limnoloogilised uuringud Lahepera järvel	10
3.2.1. Lahepera järve 2014. a. seiretulemused	11
3.2.1.1. Hüdrokeemia	11
3.2.1.2. Fütoplankton.....	11
3.2.1.3. Makrofüütid.....	12
3.2.1.4. Suurselgrootud	12
3.2.1.5. Fütobentos	12
3.2.1.6. Koondhinnang	12
3.2.2. Lahepera järve kvaliteedi elementide ökoloogilise seisundi dünaamika.	13
3.2.2.1. Hüdrokeemia ja –füüsika.....	13
3.2.2.2. Fütoplankton.....	16
3.2.2.3. Suurtaimed	16
3.2.2.4. Kalad	17
3.2.2.5. Suurselgrootud	20
3.2.2.6. Zooplankton	21
4. Lahepera järve koormustaluvus	22
4.1. Lahepera valgala	22
4.2. Lahepera järve koormustaluvus	24
4.3. Lahepera järve koormustaluvuse hinnang.....	24
5. Sekundaarreostuse ohu selgitamine	27
6. Kokkuvõtte	39
Kirjandus	42
Lisad	45

Sissejuhatus

Lahepera järv on oluline veekogu. Kuna ta pindala on >50 ha, siis peab tema olukorda väga tõsiselt suhtuma. Euroopa Liidu Veepoliitika Raamdirektiiv on sellised järved võtnud erilise vaatluse alla. Oluline on järv ka Peipsi kalade koelmualana, veelindude rände- ja pesitsuspaigana. Nimetamata ei saa jätta ka olulisust maastikuelemendina, kalastuspaigana jne. Lahepera järve pakutavad ökosüsteemiteenused on kaugelt üle Eesti keskmise.

Järv on madal ja kinnikasvanud juba ammu, mis on viinud mõtted järve puhastamisele. Nõukogude perioodil oli see tõsiseltvõetav plaan. Setete koostis oli väga põhjalikult uuritud, ladustamiseks ka setteväljakud rajatud.

Tänapäeval peaks veekogu majandamist ja kaitset kavandama mitmekülgset ja jätkusuutlikult. Just seda silmas pidades on läbi viidud käesolev uurimus, kus limnoloogiliste vaatluste kõrval pööratakse tähelepanu linnustikule. Ülesandeks on koostada Lahepera järvele võimalikult igakülgset läbimõeldud ettepanekud olukorra parandamiseks ja veekogu püsimiseks.

Vastavalt lähteülesandele oli uuringu programm alljärgnev:

1. Setteuring neljast proovipunktist. Sette kuumuskaotuse määramine (orgaanilise ja terrigeense materjali kogus ja vahekord). Fosforiühendite fraktsioneerimine ja enesereostuse katsete läbiviimine võimaliku P lekke selgitamiseks.
2. Toitesoolade koormuse ja järve koormustaluvuse selgitamine. Eesmärgiks on hinnata Lahepera järve koormustaluvust. Hindamisel kasutatakse Vollenweideri mudelit, mis arvestab veekogu morfoomeetrilisi näitajaid, veerežiimi ja P koormust pindala ühikul. Samuti on ülesandeks saada teada, kas väliskoormuse vähendamine võiks aidata kaasa järve tervendamisele ehk teisisõnu – selgitada, kas järve liigne koormus tuleb olemasolevatest setetest, valgalalt või mõlemast allikast. Ettepanekute tegemine järve kaitseks ja tervendamiseks
3. Kokkuvõtte ökosüsteemi inventuuridest ja ökoloogilise seisundi dünaamikast. Eesmärgiks on välja selgitada ökosüsteemi ressursid, funktsioneerimise eripärad, ökoloogilise seisundi dünaamika.

Uurimusest võtsid osa EMÜ PKI Limnoloogiakeskuse töötajad: prof. I. Ott, PhD. H. Timm, MSc. A. Rakko, MSc, M. Lehtpuu, MSc, K. Saar, MSc, Ronald Laarmaa, K. Ott, MSc, T. Krause, MSc. A. Palm, MSc. M. Sepp ning E. Vister (Saprofert OÜ).

2. Materjal ja metoodika

2.1. Ökoloogilise seisundi hindamine

Ökoloogilise seisundi hindamist ja Lahepera järve inventuuri on limnoloogiakeskus ja teinud alates 1951. aastast. Alles alates 2007. aastast on ökoseisundi hindamise süsteem harmoniseeritud kogu Euroopa Liidus. Riiklikus seires toimub järvede hindamine 2009. a. Keskkonnaministeeriumi määruse alusel (Pinnaveekogumite..., 2009). Vastav metoodika on kirjeldatud väikejärvede hüdrobioloogilise seire iga-aastastes aruannetes ja on avalikult kõigile kättesaadavad

(http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=2794:uus-seireveeb&catid=2:uudised).

Varasemate uuringute metoodika kirjeldused on avaldatud erinevates kirjandusallikates (Eesti jõgede..., 1994; Eesti väikejärvede..., 1994; Laugaste, R., Ott, I., 1988; Mäemets, A. & Ott, I. 1993; Mäemets, A., Ott, I., Mäemets, A., 1994; Mäemets, A(ime), 1982;

2.2. Koormustaluvus

Ajavahemikul 7.03.2014 – 5.03.2015 on mõõdetud Lahepera järve sisse- ja väljavoolu selgitamaks hüdroloogilist režiimi, eriti aga koormusi, vee- ja ainebilanssi, koormustaluvust. See on osa limnoloogilistest töödest, mis annaksid vastuse, kas Lahepera järve on vaja tervendada ja kui seda teha, siis millised võiksid olla moodused olukorra parandamiseks. Vooluhulkade mõõtmisel arvestati A. Maastiku (2006) koostatud vooluhulkade hindamise meetoditega ja kasutati ujukmeetodit pistelise sagedusega. Parema tulemuse saamiseks tehti vaatlusi kalenderaasta jooksul.

Vee omadusi analüüsiti 43 korral ja vooluhulki mõõdeti 37 korral. Vooluhulkadest ja mõõdetud ainete kontsentratsioonidest transponeeriti koormused kogu vaatlusperioodi kohta päevade kaupa. Peamiseks sissevooluks oli Naelavere peakraav (järvest läänes) ja väljavooluks Lahe jõgi (järvest idas; **joonis 2.2.1**).



Joonis 2.2.1. Lahepera järv (Maa-ameti geoportaal).

Lahepera järve väljavool on umbes 10 meetri laiune jõgi, mille voolukiirus, -hulk ja isegi – suund sõltub suuresti Peipsi järve veetasemest. Seetõttu on arvutustes kasutatud paranduskoefitsiente. Mitmed kraavid, mis paiknevad ümber järve on sageli ajutised, väga väikeste vooluhulkadega ja enamasti jäeti arvutustest välja. Arvestatud ei ole ka võimalike põhjaallikate mõjuga.

Vee omadustest mõõdeti üldlämmastikku ja üldfosforit sest need näitajad iseloomustavad koormust järvele. Ühendite kogused ja vahekorrad annavad ülevaate võimalikust reostusest.

Lisaks hinnati koormust valgala maakasutuse tüüpide järgi kasutades fosfori ärakande koefitsiente, mille abil saab hinnata järve hektari kohta koguneva fosfori koguse ühe aasta jooksul. See annab samuti aimu ning on toetavaks elemendiks fosfori dünaamika hindamisel Lahepera järves.

2.3. Sette uuringud

Lahepera järvest koguti uuringute jaoks setteproovid 29.07.2015 neljast proovipunktist. Setteuuringute proovipunktide asukohad on märgitud allpool toodud joonisel (joonis 2.3.1), mille koostamiseks on kasutatud Google Earth kaardirakendust.



Joonis 2.3.1. Setteuuringute jaoks valitud proovipunktide (punasega) asukohad Lahepära järvel.

Setteproovide kogumiseks kasutati Uwitec-tüüpi settepuuri, mille abil saadi 6 cm läbimõõduga kuni 30 cm paksused proovid koos sette pinna kohal oleva veekihi.

Kokku koguti Lahepera järvest 10 puursüdamikku, mida kasutati sette keemilise koostise määramiseks ja inkubatsioonikatseteks.

Laboratoorsed analüüsid

Sette keemilise koostise määramiseks lõigustati puursüdamikud 2-5 cm paksusteks kihtideks. Sete säilitati kuni analüüside läbiviimiseni 4 °C juures pimedas (külmikus), et hoida ära muutusi sette keemilises koostises. Setteproovid homogeniseeriti enne analüüside teostamist.

Sette keemilised parameetrid

Laboratoorsete analüüside käigus määrati kõigist settekihtidest kuivaine, orgaanilise aine, karbonaatide ja terrigeense aine sisaldus.

Kuivainesisalduse määramiseks kuumutati setet 105 °C juures 24 h jooksul. Kuivaine sisaldus arvutati kuivatamiseelse- ja järgse kaalutise vahena. Orgaanilise aine sisaldus määrati pärast õhkkuiva sette põletamist 520 °C juures 5 tunni jooksul. CaCO₃ sisalduse määramiseks kuumutati setet edasi 950 °C juures 2 tunni jooksul. Põletamisel tekkinud kaalukadu omistati karbonaatidest eraldunud süsihappegaasi kaalule, mille kaudu arvutati karbonaatide sisaldus — kokkuleppeliselt väljendades seda kaltsiumkarbonaadina (Heiri *et al.*, 2001). Terrigeense aine sisalduse leidmiseks lahutati õhkkuiva sette kaalust orgaanilise aine ja kaltsiumkarbonaatide kaal.

Settefosfori fraktsioneerimine

Veekogu setetes esineb fosfor erinevates keemilistes vormides ehk nn. fraktsioonides. Fosforifraktsioonide levinuimaks määramise meetodiks on keemiline ekstraheerimine, mille käigus lisatakse settele erinevaid lahuseid ja eemaldatakse erinevad fosforivormid (tabel 2.3.1).

Fraktsioone määrati pindmisest kuni 30 cm sügavustest settekihtides, kasutades Psenner *et al.* (1984) fraktsioneerimisskeemi modifitseeringut (Paludan ja Jensen, 1995).

Tabel 2.3.1. Fosfori fraktsioonid vastavalt Paludan ja Jensen (1995).

Lühend	Fraktsioon	Kirjeldus
Labiilne-P	H ₂ O-iP	labiilne ja nõrgalt setteosakestega seotud fraktsioon, kergesti vabanev fosfor
Raud-P	BD-iP	rauaühenditega seotud fosfor
Org-P	H ₂ O-TP+BD-TP+NaOH-TP	orgaanilise ainega seotud fosfor

Alum-P	NaOH-iP	alumiiniumühenditega seotud fosfor
Humiin-P	120°C 1M HCl	humiinainetega seotud fosfor
Kalts-P	HCl-iP	kaltsiumühenditega seotud fosfor
Jääk-P	120°C 1M HCl	orgaaniline ja rasketilahustuv fraktsioon

Mobiilne fosfor (mobiilne P) on saadud potentsiaalselt vabanevate fosforivormide labiilne-P, raud-P ja org-P summana.

Fosforikontsentratsioonid igas lahuses määrati spektrofotomeetriliselt Murphy ja Riley (1962) molübdeensinise värvusreaktsiooni meetodil 880 nm lainepikkuse juures.

Inkubatsioonikatse

Settefosfori inkubatsioonikatse jaoks kasutati 6 Lahepera järvest kogutud settepuursüdamikku. Settest vette lekkivate ainekoguste määramiseks inkubeeriti settetorusid 62 päeva 4°C juures (hapniku juurdepääsuta). Inkubatsiooniperioodi jooksul vabanevate fosforihulkade hindamiseks määrati enne ja pärast katset sette kohal olevas vees lahustunud fosfaatioonide sisaldus spektrofotomeetriliselt molübdeensinise meetodil Murphy ja Riley (1962). Lisaks määrati settetorudes rauaühendite, nitraadi ja ammooniumi sisaldused. Nitraatiooni määrati klorimeetriliselt (543 nm) vastavalt Koroleffi (1982) meetodile ja ammoonium klorimeetriliselt vastavalt Koroleffi metoodikale (Hansen ja Koroleff, 1999). Rauaühendite määramiseks kasutati Gibbs (1979) metoodikat.

3. Kokkuvõtte ökosüsteemi inventuuridest ja ökoloogilise seisundi dünaamikast

3.1. Lahepera järve kirjeldus

Lahepera järve limnoloogilised andmed on kättesaadavad internetist (<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main#HTTP1rZXJTvTrPMLzeHFJMH7BbU2V0SQdI>). Kokkuvõtlikult on andmed koondatud tabelisse 3.1.1.

Järv paikneb Peipsiääres madaliku põhjaosas, loode-kagusuunalises vaondis, mis on Naelavere ürgoru jätkuks. Järv asub Peipsiga enamvähem samal tasemel (30 m ümp) ning on Peipsist eraldatud kitsa maaribaga. Järve ümbritseval tasandikul on pinnakatteks fluvioglatsiaalsed liivad ja kruusad, kohati ka punakaspruun moreen, enamasti aga järveliivad; viimaste all esineb järve ääres paiguti savi. Valitsevad kamar-leetmullad ja soostunud leetmullad. Kõrgemad alad on põldude all, madalamates kohtades on levinud niidud ja põõsastikud (Eesti järved, 1968).

Lahepera järv on Peipsi eraldunud osa, endine laht. Järve nõgu on tekkinud jääaja lõpul jääsulamisvete vooluteena. Peipsiäärse madaliku osana on kõnesolev ümbrus hilisjäajal üle ujutatud Ürg-Peipsi vetest (Orviku, 1959, tsit. Eesti järved, 1968). Lahepera järv on Peipsist eraldunud suhteliselt hiljuti, rannavallide kuhjatiste mõjul. Suurvee ajal on järve Peipsiga ühenduses. Ühendusaja võib voolata kord ühes, kord teises suunas. Järv on tugevasti mudastunud ja soostunud.

Lahepera järve voolab loode poolt sisse umbes 10 km pikkune Naelavere oja. Oja kaudu kandub järve maaget (roostevett) ja huumusaineid. Järve keskosas on mõlema kalda lähedal kalda- ja põhja-allikaid. Järv on paarisaja meetri pikkuse ja keskmiselt 8 m laiuse Lahe jõe kaudu ühenduses Peipsi järvega.

Tabel 3.1.1. Lahepera järve üldlimnoloogilised näitajad.

Näitaja	Ühik	Väärtus
Pindala	ha	100,4
Suurim sügavus	m	4,2
Keskmine sügavus	m	2,4

Valgala	km ²	28,9
Veevahetus	korda/a.	2,5
Veemaht	1000 m ³	2419,2
Limnoloogiline tüüp (Ott, Kõiv, 1999)		makrofüüdijärv
Tüüp VRD järgi		Kihistumata keskmise karedusega

3.2. Limnoloogilised uuringud Lahepera järvel

Lahepera järve monitooringu koondtulemused 2007., 2011. ja 2014. aastal on ära toodud tabelis 3.2.1.

Tabel 3.2.1. Lahepera järve ökoloogiline seisund 2007., 2011. ja 2014. a.

ELH- elemendi üldhinnang. Värvid ja numbrid tähistavad seisundi hinnangut: 1- väga hea; 2- hea; 3- kesine; 4- halb; 5- väga halb. Ei – ei uuritud

Rühm	Näitaja	2007	2011	2014
Fütobentos	ELH	ei	ei	1
Suurselgrootud	ELH	1	2	2
Suurtaimed	ELH	4	ei	3
Fütoplankton	ELH	3	2	2
Hüdrokeemia	ELH	3	2	3
Hüdro-morfoloogia	ELH	3	3	3
Järve koondseisund		3	2	3

Ecological quality element/year	2007	2011	2014
Phytobenthos	no	no	1
Macroinvertebrates	1	2	2
Macrophytes	4	no	3
Phytoplankton	3	2	2
Hydrophysics and -chemistry	3	2	3
Hydromorphology	3	3	3
Resume status	3	2	3

Valdav on kesine seisund. Parema väärtusega paistavad silma suurselgrootute ja fütobentose hinnangud. See on mõistetav, sest suurselgrootutele pakub taimerikas järv häid elutingimusi. Fütobentose meetodika on alles väljatöötamise staadiumis ja selle rühma väärtushinnangud on väikese usaldusväärsusega.

3.2.1. Lahepera järve 2014. a. seiretulemused

3.2.1.1. Hüdrokeemia

Väikejärvede seire käigus on hüdrokeemiat uuriti varem 2007. ja 2011. aastal. 2014. aastal oli vesi kollane. Vee läbipaistvus oli mais 1,4 m, teistel kuudel põhjani (0,9–1,4 m). Orgaanilise aine sisaldus oli keskmine, COD_{Cr} oli 29–30 mgO/l ning kollase aine sisaldus 6,2–9,1 mg/l. 2007. ja 2011. aastaga võrreldes oli orgaanilise aine üldsisaldus natuke vähenenud, kuid kollase aine sisaldus oli jäänud samaks. Järelikult oli vähenenud autohtonse ehk järves toodetud orgaanilise aine osakaal.

Vesi oli hapnikurikas. Mais ja juulis oli vesi hapnikuga kergelt üleküllastunud (O₂% 103–115), augustis tugevalt üleküllastunud (O₂% 150) ning septembris kergelt alaküllastunud (O₂% 81). pH oli väga kõrge, 8,5–9,8. Kõige kõrgem oli pH augustis. See oli intensiivse fotosünteesi tulemus, millele viitas ka hapniku üleküllastus. Aluseline keskkond näitas järve vee halba kvaliteeti.

Vee seisund oli üld-P (0,043 mgP/l) ja üld-N (0,85 mgN/l) järgi **hea** ning pH (9,2) järgi **väga halb**. Läbipaistvuse põhjal ei saanud seisundit hinnata, sest kolmel kuul paistis vesi põhjani läbi.

3.2.1.2. Fütoplankton

Biomassis domineerisid mais neelvetikad perekonnast *Cryptomonas*; juulis vaguviburvetikas *Peridinium cinctum* ja neelvetikas *Cryptomonas marssonii*; augustis *C. marssonii* ja sinivetikas *Gloeotrichia echinulata* (sattunud sinna Peipsist kagutuulte prevaleerimisel); septembris *C. marssonii*.

2014. aasta fütoplanktoni näitajate poolest eutroofsel tasemel. Koosluses puudusid ülekaalukad dominandid (>80% kogu BM-st) ning biomassi osas andsid enim tooni räni-, neel- ja vaguviburvetikad.

EL veepoliitika raamdirektiivi (2002) nõuetest lähtuvalt oli järve seisundi hinnang fütoplanktoni keskmistatud (erinevate aastaegade ja kihtide keskmine) näitajate osas järgmine:

Chla- väga hea; FKI- hea; fütoplanktoni kooslus (FPK)- hea, ühtluse indeks (J)- hea. Järve üldhinnang fütoplanktoni näitajate alusel oli väga hea.

3.2.1.3. Makrofüüdid

Lahepera järve ökoloogiline seisund II järvetüübi suurtaimestiku näitajate põhjal oli 2007. a ning 2014. a „halb“. Halva seisundi põhjustas peamiselt suur niitrohevetikate rohkus (4 palli), kardheina kõrge ohtrus ning sõõr-särjesilma domineerimine veesiseses taimestik.

3.2.1.4. Suurselgrootud

Järv on keskmise karedusega. Proov võeti põhjakaldalt, proovikohas oli põhjas liiv. Domineeris mudapäevik (*Cloeon dipterum*), 26 % asustustihedusest. Kaks indeksit olid väga heal, kaks heal, üks kesisel tasemel. Kokkuvõttes oli hinnang järvele viie indeksi põhjal hea. 2011. a. saadi samuti hea, 2007. a. isegi väga hea seisund.

3.2.1.5. Fütobentos

Arvutatud ränivetikaindeksitest näitasid kividelt kogutud proovi puhul kõik 3 indeksit Lahepera järve „väga head“ ökoloogilist seisundit. Makrofüütidelt kogutud proovis näitasid IPS ja WAT indeksid järve „head“ ökoloogilist seisundit ning 100-TDI indeks „väga head“ seisundit. Lahepera järve ökoloogilise seisundi koondhinnang bentiliste ränivetikate näitajate põhjal oli kividelt kogutud proovi puhul „väga hea“ ning makrofüütidelt kogutud proovi puhul „hea“.

3.2.1.6. Koondhinnang

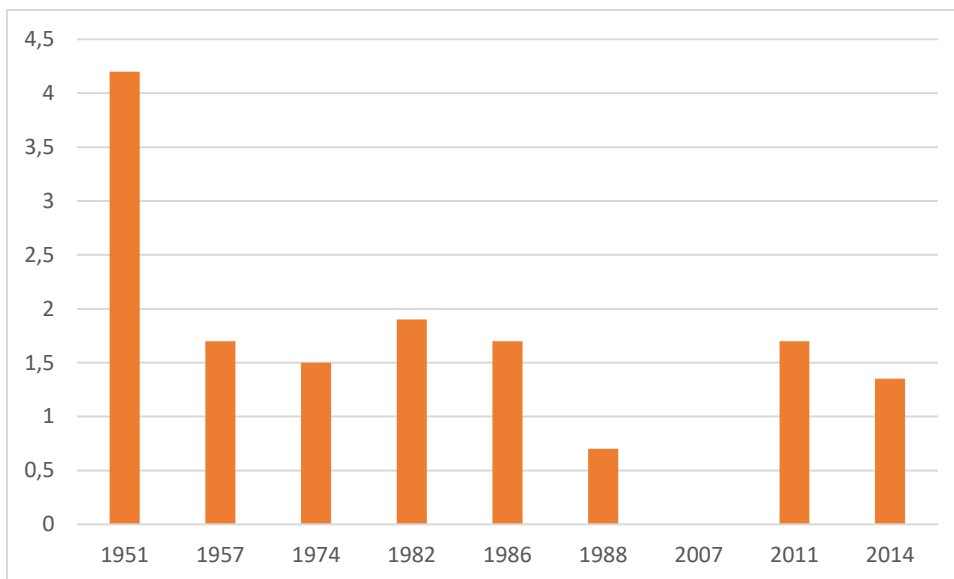
Lahepera järve ökoloogiline seisund 2014. a. seireandmete põhjal hinnati kesiseks.

3.2.2. Lahepera järve kvaliteedi elementide ökoloogilise seisundi dünaamika.

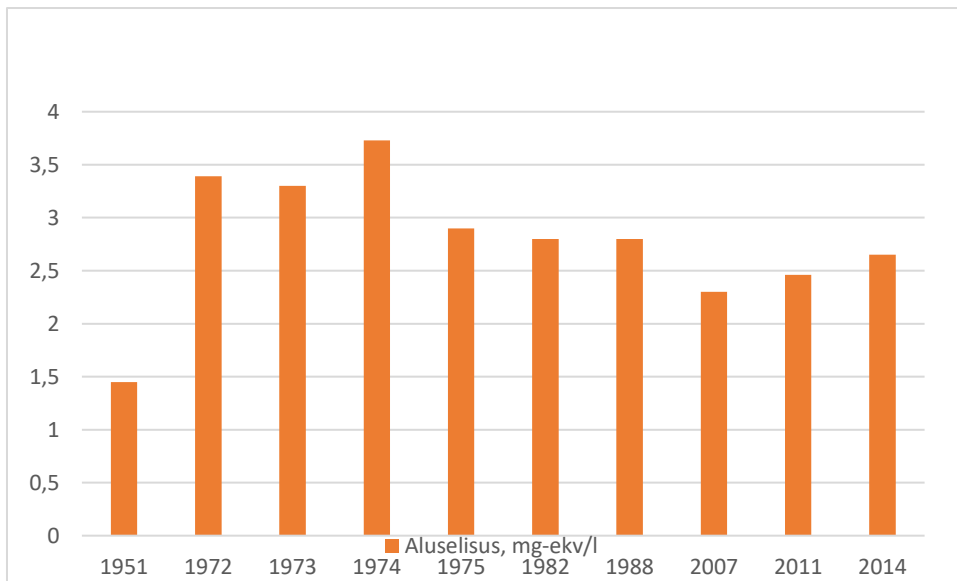
3.2.2.1. Hüdrokeemia ja -füüsika

Lahepera järve vee abiootilisi omadusi on uurinud limnoloogiakeskus (limnoloogiajaam) päris kaua: 1951, 1957, 1972, 1973, 1974, 1975, 1982, 1986, 1988, 2007, 2011, 2014. Vee omaduste näitajate väärtused kõiguvad kiiresti väga ulatuslikult ja seepärast peaks pikaajaliste trendide selgitamiseks tegema analüüsi väga tihedalt. Enamasti on, eriti varasematel aastatel, olnud vaatlused ühel korral aastas. See on põhjus, miks me ei saa trendide selgitamisel kogu andmebaasi kasutada. Kui need ühekordsed analüüsid seostada elustiku uuringutega, siis on üldistused paremini võimalikud.

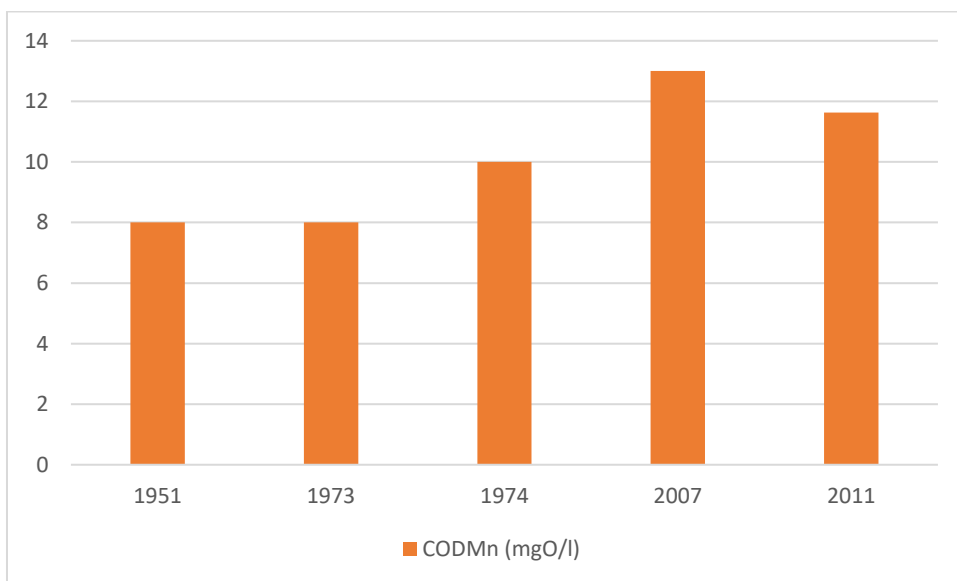
Kasutasime ajalise dünaamika selgitamiseks siiski mõningaid näitajaid, mis on mõnevõrra stabiilsemad. **Joonistel 3.2.2.1.1.-3.2.2.1.5** on vastavalt vee läbipaistvuse (Secchi ketta nähtavuse), üldaluselisuse, lahustunud orgaanilise aine, üldlämmastiku ja üldfosfori sisalduse dünaamika. Viimase kahe näitaja mõõtmisi tehti alates 1988. a.



Joonis 3.2.2.1.1. Lahepera järve vee läbipaistvuse (m) dünaamika. 2007., 2011. ja 2014. on olnud see ka järve põhjani.



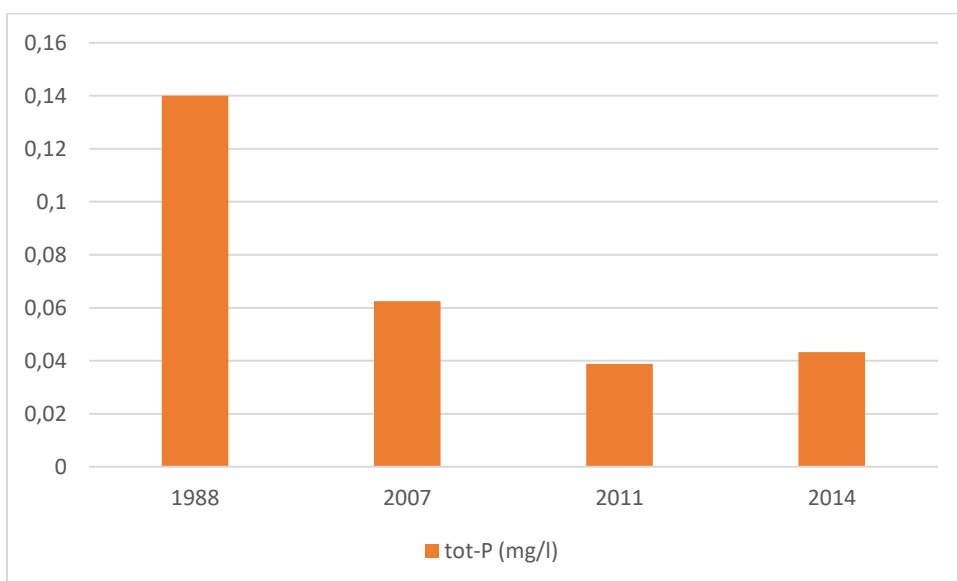
Joonis 3.2.2.1.2. Lahepera järve üldaluselisuse (mg-ekv/l) dünaamika.



Joonis 3.2.2.1.3. Lahepera järve vees lahustunud orgaanilise aine sisalduse (permanganaatne oksüdeeritavus, mgO/l) dünaamika.



Joonis 3.2.2.1.4. Lahepera järve vees lahustunud üldlämmastiku (tot-N, mg/l) dünaamika.



Joonis 3.2.2.1.5. Lahepera järve vees lahustunud üldfosfori (tot-P, mg/l) dünaamika.

Neist joonistest võib järeldada, et vee läbipaistvus on vähenenud, orgaanilise aine kogused suurenenud. Toitesoolade kogused on olnud praegusest suuremad 1988ndal aastal. See sobib kokku üldise teadmisega, et 1970ndatel ja 1980ndatel oli meie järvede seisund halvim.

3.2.2.2. Fütoplankton

Sajandivahetusest alates on järve fütoplanktoni näitajaid uuritud 2007., 2011. ja 2014. aastal. Biomass on olnud madal kuni keskmine, liikide arv keskmine kuni kõrge, fütoplanktoni koondindeks (FKI) madal kuni kõrge. Kooslusest on puudunud ülekaalukad dominandid (>80% kogu BM-st) ning biomassi osas andnud enim tooni räni-, neel- ja vaguviburvetikad. Periooditi võivad kõrgema biomassiga olla esindatud ka sinivetikad.

EL veepoliitika raamdirektiivi (2002) nõuetest lähtuvalt oli järve seisundi hinnang 2014. aasta fütoplanktoni keskmistatud (erinevate aastaegade ja kihtide keskmine) näitajate osas järgmine: Chl a - väga hea; FKI- hea; fütoplanktoni kooslus (FPK)- hea, ühtluse indeks (J)- hea. Järve üldhinnang fütoplanktoni näitajate alusel oli hea. 2011. aastal olid hinnangud samasugused, välja arvatud Chl a , mille hinnang oli hea.

3.2.2.3. Suurtaimed

Lahepera järvel täheldati juba 2007. a taimestiku seire käigus, et võrreldes 1986. aastaga esinesid järves nüüd mändvetiktaimed. Antud muutus võib viidata CaCO $_3$ sisalduse suurenemisele vees, kuna kirjanduse andmetel eelistavad mändvetiktaimed peamiselt karedat ja aluselist vett. Antud ilming on positiivne, kuna mändvetiktaimede ohtruse suurenedes võidakse antud taimerühma abil siduda rohkem fosforit ja muuta see ajapikku bioloogiliselt kättesaamatuks, viies nii fosforit aktiivselt järve veesambast välja.

Veel 1950. aastatel täheldati järves vähesel määral sammaltaimi, kuid 2007. ja 2014. a seireandmete järgi puudusid samblad mõlemal uurimisaastal, mis viis ka ökoloogilise seisundi koondhinnangu klassi võrra madalamale. Suurte niitvetikate ja kardheina suur ohtrus viimaste seirete ajal viitab toitesoolade sisalduse tõusule järves ning antud taksonite järgi on järve ökosüsteemi seisund võrreldes esimese taimevaatlusega 1951. a oluliselt halvenenud. Põhjuseks võib olla järve suur reostuskoormus nõukogude perioodil, nii lautadest tuleva kui ka hajureostuse tõttu, mille tõttu hakkas toitesoolade sisaldus järves tõusma ning ohtramalt said levima hakata eutroofsemaid tingimusi eelistavad liigid. Mainitud liikide ohtruste jätkuv tõusutrend võib viidata toitesoolade pideva sissevoolu jätkumisele.

Teadaolevalt on Lahepera praegu Eesti väikejärvedest luigelillerikkaim. Luigelille rohkus seostub ühest küljest Peipsi naabrusega, kus seda taim leidub sagedasti; teisalt aga endise (või ka jätkuva) fosforikoormusega, sest kirjanduse andmeil akumuleerib see taim fosforit ning on isegi kasutatav veekogude puhastamisel. Veel 1950. aastatel Laheperas luigelille ei esinenud,

praegu on liik aga kaldaveetaimestikus koos laialehise hundinuiaga üks ohtramaid, levides järve lääneosas kaugele avavette ja eraldades nii läänetipu ülejäänud järvest. Veesiseses taimestikus valitsesid veel 2007. a. kardhein ja vesikarikas, mis on omased mudarikastele kõrge toitlusega järvedele. 2014. a taimestiku seireandmete põhjal oli veesiseses taimestikus domineerivaks sõõr-särjesilm ning räni-kardheina ohtrus oli 2007. a. võrreldes veidi vähenenud, samas vesikarika ohtrus oli jäänud samaks. Sõõr-särjesilm viitab samuti toitesoolade kõrgele sisaldusele järves.

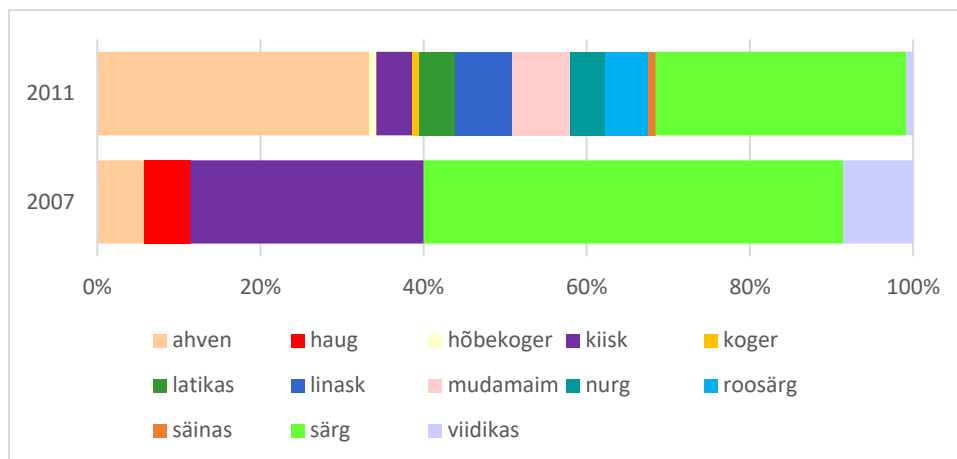
3.2.2.4. Kalad

Seirepüükidel 2007. ja 2011. a. oleme Lahepera järvest tabanud kokku 14 kalaliiki (neist Nordic-tüüpi võrkudega 13 kalaliiki), kes kuuluvad kolme sugukonda (tabel 3.2.2.4.1). Tähelepanuväärne on Lahepera järves kalade liigirikkuse väga muutuv väärtus. Liigirikkust iseloomustavad Simpson D väärtused erinesid kahel püügiperioodil ligi poole võrra (2007 D_n 2,8 ja D_w 1,8; 2011 D_n 4,5 ja D_w 2,6). Püütud kalasaakide liigilise jaotuse graafiku alusel domineerisid Nordic-tüüpi võrkudes madalaveelisel ajal 2007. aastal särg ja kiisk, aga suurveelisel perioodil särg ja ahven. Neist viimane eelistabki elupaigana sügavamaveelisi veekogusid või nende piirkondi (joon. 3.2.2.4.1). Tavaliste, suuresilmaliste nakkevõrkudega katsepüügi saak lisas püütud kalade nimestikku 2007. a. linaski ja 2011. a. juveniilse koha.

Tabel 3.2.2.4.1. Kalaliikide esinemine Lahepera järve katsepüükides 2007. ja 2011. aastal

Püügiaeg	<i>Abramis brama</i>	<i>Alburnus alburnus</i>	<i>Blicca bjoerkna</i>	<i>Carassius gibelio</i>	<i>Carassius carassius</i>	<i>Leuciscus idus</i>	<i>Esox lucius</i>	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	<i>Leucaspis deloneatus</i>	<i>Percia fluviatilis</i>	<i>Rutilus rutilus</i>	<i>Sander lucioperca</i>	<i>Scardinius</i>	<i>Tinca tinca</i>
2007		x					x	x		x	x			*
2011	*x	x	x	x	*x	x		x	x	*x	*x	*	*x	*x

x - Nordic-tüüpi võrkudes; * - ühe silmasuurusega 30 m pikkustes nakkevõrkudes



Joonis 3.2.2.4.1. Liikide arvuline osakaal Nordic-tüüpi seirevõrgu saagis Lahepera järves 2007. ja 2011. a.

Võrreldes kahte püügikorda selgub, et Lahepera järves oli saagi kaalult domineeriv linask, kellele 2007. a. järgnes särg ja neli aastat hiljem koger (tabel 3.2.2.4.2). Suurematest röövkaladest, keda katsepüügil tabati juhuslikult, domineerisid haugid ja harvemini esineb koha. Röövkalade sattumine Peipsist Lahepera järve sõltub ühendustee avatusest ja veetasemest.

Tabel 3.2.2.4.2. Karpkalalaste biomassi dominantliigid Lahepera katsepüükide kogusaagis 2007. ja 2011. a.

Järv	Koha	ja/või Karpkalalaste biomassi		
	haugi olemasolu	1. dominant	2. dominant	3. dominant
2007	haug	linask	särg	viidikas
2011	koha	linask	koger	särg

Kahe püügikorra võrdluses oli kõige sarnasema väärtusega indeksid (tabel 3.2.2.4.3), mis iseloomustavad ahvenlaste ja karpkalalaste osakaalu järves ($A_w:K_w$) ja karpkalalaste keskmise arvukuse indeks (KIL). Kui $A_w:K_w$ iseloomustas Lahepera järve kesist seisundit, siis KIL väärtuste alusel oli veekogu heas seisundis. Lahepera järve teatakse kui fütofiilsete kalaliikide koelmut ja noorkalade kasvuala, meiegi püükide alusel oli mõlemal püügikorral järves elava mediaankala mass väga väikese väärtusega. Samaaegselt olid püügis ka suured suguküpsed isendid (linask, roosärg, särg, koger) ning kalade keskmise massi väärtused MKM väärtustest tunduvalt suuremad (kõigi võrkude saagi alusel arvatuna 2007. a. 42,0 g ja 2011. a. 125,6 g). Mõlema püügikorra kalade keskmise massi alusel võib Lahepera järve hinnata heas seisundis olevaks veekoguks.

Järvekalade Kesk/Balti töörühmas interkalibreeritud koondindeksi rsLAFIEE väärtused hindavad Lahepera järve seisundi kalastiku alusel madalama veetasemega 2007. a. kesiseks ja kõrgema veetasemega 2011. a. heaks. Kõrgema veetasemega perioodil paranesid indekseid RAI ja AI väärtuste alusel antud hinded, kuid samaaegselt halvenesid WPUE, NPUE ja KI iseloomustavad näitajad.

Tabel tabel 3.2.2.4.3. Lahepera järve kalastikku seisundit iseloomustavad arvparameetrid

Aasta	Liike*	WPUE	NPUE	MKM, g	RAI*	Aw:Kw*	KI*	AI*	KIL*	rsLAFIEE
2007	6	734,4	17,5	5,8	0,0083	0,1	0,46	0,2	7,3	0,58
2011	13	1979	28	9,6	0,12	0,2	0,87	9,4	9	0,69

*- arvutused kogusaagi alusel

Kalastiku vanuselist koosseisu hindasime järves siin alaliselt elavatel liikidel nagu ahvenal, linaskil ja särjel. 2007. a. esines saagis vaid kaks väikese arvukusega ahvena vanusrühma, neli aastat hiljem tabati suuremas pikkusvahemikus ahvenaid, kes kuulusid seitsmesse vanusrühma. Särg oli arvukas mõlemas katsepüügis. Kui 2007. a. oli esindatud neli vanusklassi (pikkusega TL < 15 cm), siis neli aastat hiljem olid püügis ka vanemad vanusrühmad (viis vanusrühma, TL < 23 cm). 2007. a. saagis esines ainult üks äsja suguküpsenud isane linask (TL = 33 cm), 2011. a. ilmestas heas seisundis linaskikarja neli erinevat pikkusgruppi, kes esindasid nii noorkalu kui suguküpseid isendeid (vahemikus TL = 4 – 42 cm). Lisaks olid 2011. a. saagis rohkete põlvkondadega latikas ja roosärg. Teistest liikidest tabati üksikuid isendeid (hõbekoger, koha, mudamaim, nurg, säinas, viidikas, koger).

Lahepera järve kalastiku liigirikkuse määrab seotus Peipsiga ja see sõltub suures osas Lahe jõe läbitavusest kaladele. Lahepera järvest püüdsime Peipsi järvele tüüpilisi liike nagu säinast, viidikat ja koha. Kevadel suunduvad siia kudema mitmed fütofiilsed kalaliigid – nurg ja latikas, kes lahkuvad pärast kudemist tagasi Suurjärve toituma. Paiksed kalaliigid on Laheperas ahven, kiisk, särg, roosärg ja linask, kes olid arvukamad nii 2007. kui ka 2011. a. seirepüükide saakides. Mitmed kalastiku indeksid, samuti ka kalastiku liigiline koosseis iseloomustavad Lahepera järve kui hüpertroofsete joontega eutroofset veekogu. Samas sõltub Lahepera kalastik siin toituvatest röövkaladest, nii oli 2007. a. röövkalade osakaal hinnanguliselt 'väga hea' ja 2011. a. 'hea'. Seetõttu iseloomustasid karpkalalaste indeksit KIL madalad väärtused. Kokkuvõttes võib öelda, et Lahepera järve kalastik ja selle alusel antud hinnang veekogu

seisundile sõltuvad üldisest veetasemest, ühendusest Peipsiga, mis omakorda määrab sisia kudema ja toituma siirduvate kalade arvu.

3.2.2.5. Suurselgrootud

Lahepera järve suurselgrootuid on varem uuritud 16. juulil 1982. a. 5 erinevalt sügavuselt: 0,5 , 0,8 m, 1,3 m, 2,0 m ja 2,5 m. Kõik kohad olid veetaimerikkad ning mudase põhjaga, välja arvatud 0,5 m koht (liivane). Keskmise loomade biomass nendes kohtades varieerus 4,7 -38,0 g/m², keskmiselt 17,7. Keskmise loomade asustustihedus oli vastavalt 1822-6259 (3647), mis mõlemad on teiste Eesti väikejärvedega võrreldes väga kõrged tulemused.

Järve taimerohkus ning toiteaineterikkus mõjutasid loomade hulka niisiis positiivselt ka kaldast kaugemal asuvates piirkondades.

1982. a. proovid ei ole 2000. aastate omadega otse võrreldavad, sest erineva eesmärgi tõttu kasutati erinevat kogumisvahendit ning aastaega.

Järves on väga kõrge suurselgrootute taksonirikkus (2007. ja 2014. a. isegi 39) ning väga kõrge taksonierisus (alati üle 3). Taksoni keskmine tundlikkus on olnud "hea", aga tuleb arvestada looduslikku eripära – see järv asub Peipsi madalikul ja on soine. See võib tundlike taksonite arvu vähendada. Samas võrreldes päris soojärvedega nagu Kalli või Leego on Lahepera palju karedama ning läbipaistvama veega, kus leidub ühtlasi üle keskmise (aga mitte saatuslikult palju) toiteaineid. Siit tulenev suurtaimede rikkus soodustab selgrootute mitmekesisust, mis on kogu Eesti piires tähelepanuväärne. Selles mõttes sarnaneb ta näiteks Endla järvega. Tundlike liikide arv EPT pole kunagi olnud kõrge (5-6), aga see tuleneb tõenäoliselt sellest samast looduslikust eripärast. Et järves on palju vesikarikat, leidub seal ka Natura kiililiiki rohetondihobu (*Aeshna viridis*). Suure tõenäosusega ka laia ujurit (*Dytiscus latissimus*), aga selle tõestamiseks tuleks toda erimeetodil otsida. Üldseisund oli 2007. a. suurselgrootute järgi väga hea, 2011. ja 2014. a. hea.

Kokkuvõttes selgrootute mõttes väga huvitav ja liigirikas järv. Isegi kui mõni muu tunnus peaks olema kesine või halb, tasakaalustavad seda järve suur pindala ja väike sügavus. Hea ühendus Peipsiga lisab väärtust. Küll on Peipsist Lahepera järve tulnud ka sealne tulnukliik rändvähk *Gmelinoides fasciatus* (leitud 2014. a.). Õnneks Lahepera järv talle sama hästi kui Peipsi ei sobi ning ta loodetavasti samamoodi domineerima ei hakka.

3.2.2.6. Zooplankton

Lahepera järve zooplanktonit on Limnoloogiakeskuse töötajad uurinud 1951., 1957., 1982., 1986., 1988., 2007., 2011. ja 2014. aastal. Seetõttu on Lahepera järve kohta päris ülevaatlilikud andmed. Analüüsidest andmestikku, selgub, et Lahepera zooplanktoni kooslus, biomass ja arvukus on suuresti kõikunud. Rahul saab olla 1988. aastal analüüsitud proovi tulemustega, kus aerjalaliste ja keriloomade arvukus oli tasakaalus (vastavalt 52,6% ja 42,8%). Vesikirbuliste arvukus ja biomass on Lahepera järves alati olnud väga madal, välja arvatud 2014. aastal, kui kladotseerid moodustasid arvukusest 14% ja kopepoodid ainult 0,2%.

Viimaste aastate analüüsitud zooplanktoni koondnäitajad (ZLA - zooplanktoni liikide arv, arvukus ja biomass) on toodud tabelis 3.2.2.6.1.

Tabel 3.2.2.6.1. Lahepera järve zooplanktoni üldnäitajad

Kuupäev	ZLA	Arvukus (*10 ³ is/m ³)	Biomass (g/m ³)
20.07.2007	13	688	0,14
25.07.2011	18	484	0,28
26.09.2011		111	0,05
15.07.2014	17	1081	0,158

Indikaatortaksonite alusel on välja arvatud ka oligotroofsuse (ZO) ja E-indeks, mille väärtused on pidevalt langenud eutroofsesse või hüpertroofsesse seisundiklassi.

Arvukuselt ja ka biomassilt on Lahepera järves domineerinud uuritavatel aastatel keriloomad (*Rotatoria*), 2014. aastal pea 86% koguarvukusest (varasemate aastate keskmine 65%) ja 91 % biomassist. Just 2007. ja 2014. aastal, esinesid dominandina Lahepera järves väikesemõõtmelised *Polyarthra* sp. liigid. Üldjuhul on keriloomad pigem kesise ja halva ökoloogilise seisundi indikaatorid, kuna ei sobi toiduks kalavastsetele.

Läbi aastate on vähenenud aerjalaliste arvukus (2014. aastal kõigest 0,2%, varasemate aastate keskmine 31%), ning vesikirbuliste arvukus on suurenenud (2014. a. 14 % koguarvukusest, varasemalt on olnud keskmine arvukus 3,2%). Aerjalalistest on varasemalt leitud proovidest kosmopoliidseid ja tolerantseid *Mesocyclops* liike (*M. leuckarti* ja *M. oithonoides*). 2014. aasta

proovist neid paraku ei leitud – leiti vaid aerjalaliste noorjärke ning neidki oli vähe. Vesikirbulistest on varasemalt leitud proovidest (veel 2011. aastal) *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Chydorus sphaericus* kuid 2014. aastal tabati proovist vaid *Diaphanosoma brachyrum* ning temagi biomass ja arvukus jäid marginaalseks.

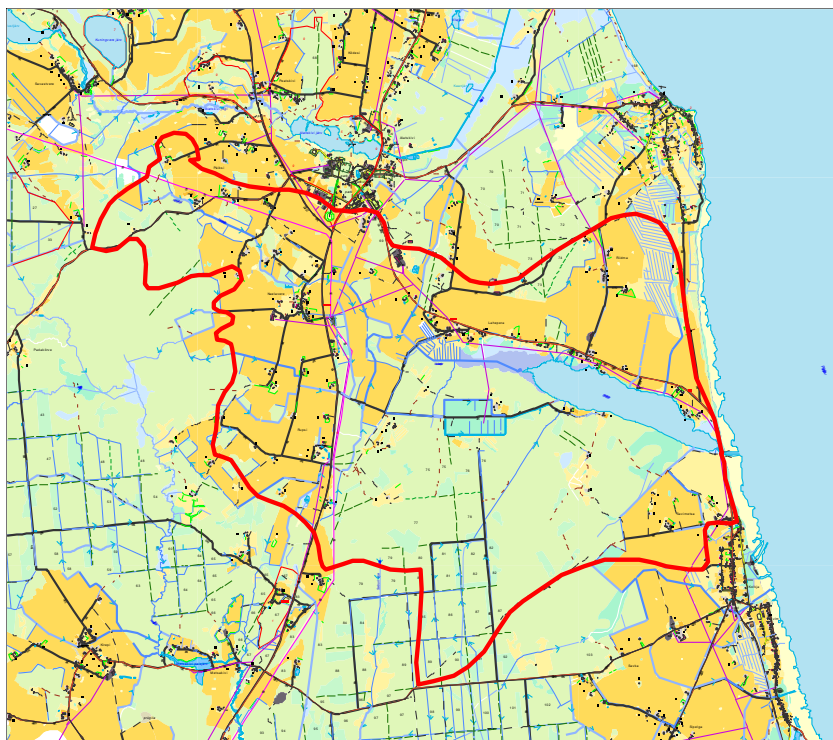
Zooplanktoni suur arvukus, väike biomass, liigiline koosseis ja selle vaesumine 2014. aastal lubab oletada, et zooplanktoni seisund on kesine, kui mitte halb ning meetmeid, et tagada kalastiku noorjärkudele sobiv toidubaas, tuleb ette võtta.

4. Lahepera järve koormustaluvus

4.1. Lahepera valgala

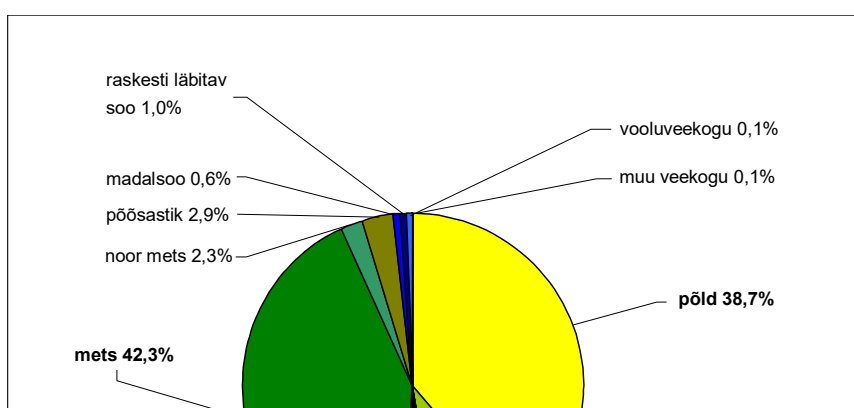
Valgala analüüsi lähteülesanne oli hinnata seirataivate järvede valgala maakasutust (% valgala pindalast), inimasustuse tihedust, vee viibeaega ja reostuskoormust (haju- ja punktreostus) andmebaaside ja välivaatluste (punktreostuse puhul) abil.

Lahepera järve pindala on 101 ha (Eesti järvede nimestik, 2006), valgala pindala 2862,6 ha (joonis 4.1.1). Järve suubuvad Naelavere peakraav ja mitmed väiksemad kraavid. Järve väljavool suubub Peipsi järve. Veevahetus toimub 2,5 korda aastas (Loopmann, 1984), kuid see sõltub palju Peipsi järve veetasemest.



Joonis 4.1.1. Lahepera järve valgla (väljavõte Eesti põhikaardilt). Koostanud prof. V. Kuusemets.

Valgla asub Peipsi madaliku maastikurajoonis, kus asuvad uhutud moreeni- ja jääjärvetasandikud savise pinnasega, mis vahelduvad liiva- ja turbasetetega (Arold, 2005). Valgla kõlvikulises koosseisus domineerib mets, mis katab 1210,8 ha ehk 42,3% valgla pindalast. Põld katab valglast 1108,7 ha (38,7%) ja looduslik rohumaa 244,9 ha (8,6%) (joonis 4.1.2). Põllumajandusmaad jäävad peamiselt valgla ida- ja põhjaossa, järve vahetusse naabrusesse. Seal asuvad suured avatud põllud, kust savikatelt maadelt voolavad läbi puhvriteta kraavid, mida mööda võib põllumajandusreostus jõuda Lahepera järve.



Joonis 4.1.2. Lahepera järve valgla maakatte protsentuaalne jaotumine. Koostanud prof. V. Kuusemets.

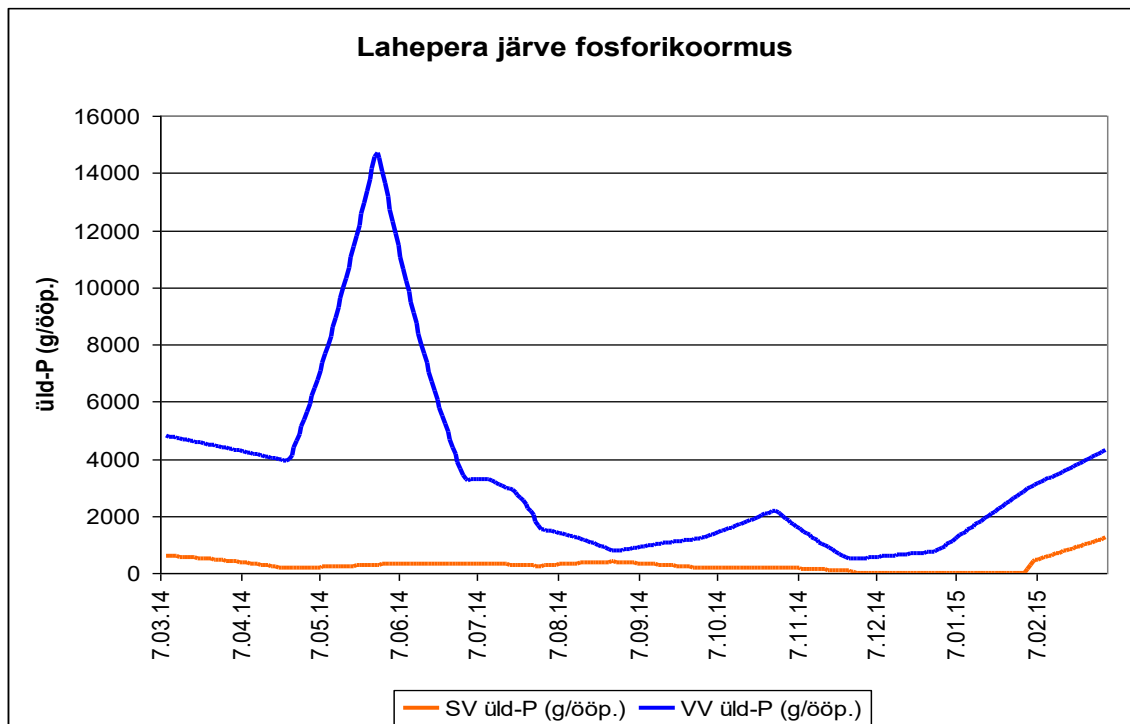
4.2. Lahepera järve koormustaluvus

Vooluhulkade mõõtmisel arvestati A. Maastiku (2006) koostatud vooluhulkade hindamise meetoditega ja kasutati ujukmeetodit pistelise sagedusega. Parema tulemuse saamiseks vaadeldi järve välja- ja sissevoolusid terve kalenderaasta jooksul. Vee omadusi analüüsiti 43 korral ja vooluhulki mõõdeti 37 korral. Vooluhulkadest ja mõõdetud ainete kontsentratsioonidest transponeeriti koormused kogu vaatlusperioodi kohta päevade kaupa. Sissevooluks oli Naelavere peakraav ja kolm väiksemat kraavi, muude kraavide vooluhulgad olid marginaalsed. Väljavooluks on 8 meetri laiune Lahe jõgi, mis suubub Peipsi järve. Arvestatud ei ole ka võimalike põhjaallikate mõjuga, siiski, vaadeldes vooluhulkade graafikuid, on nende mõju järvele küllaltki suur. Põhjaallikate olulisust veetoites on Lahepera kohta ka varem kirjanduses mainitud (Eesti järved, 1968).

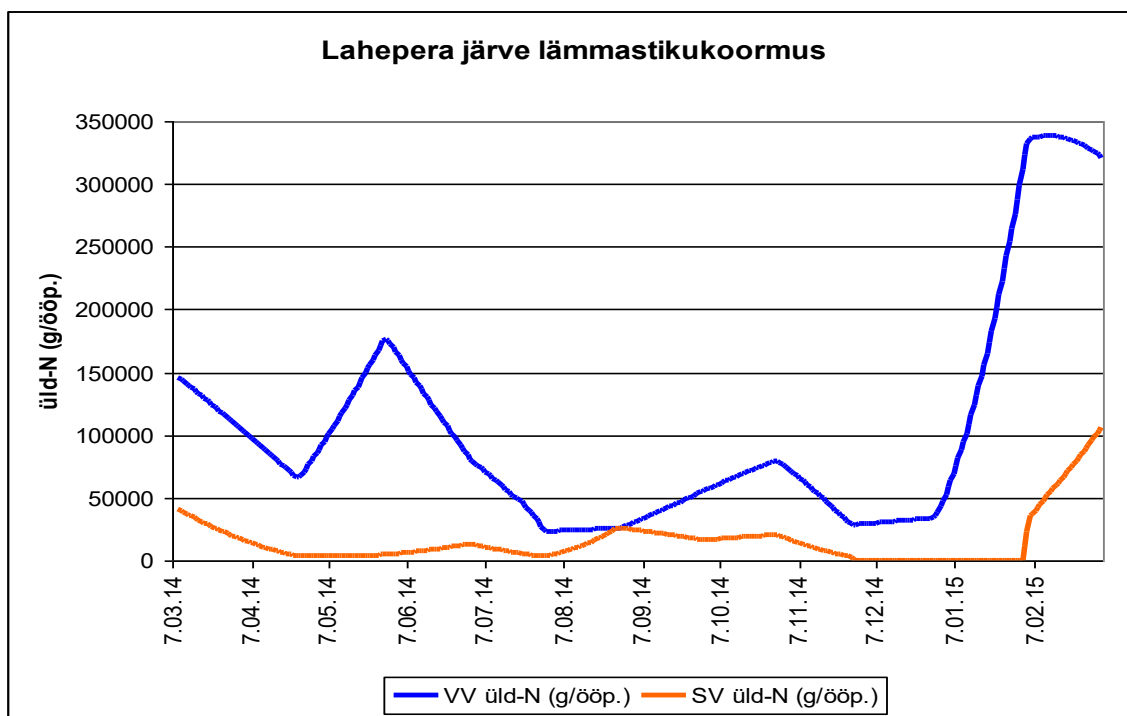
Vee omadustest mõõdeti üldfosfori kontsentratsiooni (totP, mgP/L), üldlämmastiku kontsentratsiooni (totN, mgN/L), üldaluselisust (HCO_3^- , mg-ekv/L) ning kollast ainet (Y, mg/L). Kõik need näitajad iseloomustavad koormust järvele ja järvevee omadusi. Ühendite kogused ja vahekorrad annavad ülevaate võimalikust reostusest.

4.3. Lahepera järve koormustaluvuse hinnang

Järvedes on enamasti limiteerivaks toiteelemendiks fosfor ja seetõttu pööratakse enam tähelepanu just selle koormusele. Reostuse hindamine järvedele vooluveekogude kontsentratsioonide järgi võib olla eksitav, kui ei arvestata vooluhulki pikema aja jooksul. See tähendab ka seda, et vead hüdrokeemilistes analüüsid on vähemtähtsad, kui vead veebilansi koostamisel. Oluline on vaadelda hüdrooloogilist režiimi kalenderaasta jooksul (Cooke *et al.*, 2005). Lahepera järve fosfori koormus sissevooludest ja ärakanne on esitatud **joonisel 4.3.1.**



Joonis 4.3.1. Lahepera järve üldfosfori koormus (g/ööp.) sissevooludes ja väljavoolus perioodil (7.03.2014-5.03.2015)



Joonis 4.3.2. Lahepera järve üldlämmastiku koormus (g/ööp.) sissevooludes ja väljavoolus perioodil (7.03.2014-5.03.2015)

Koormus on kõikuvate väärtustega, mis sõltus oluliselt vee vooluhulga dünaamikast. Ainebilansi arvutamiseks oleks vaja teada ka väljavoolu P koguseid. Viimast arvestades saame antud ajavahemikul negatiivse P bilansi - järvest voolab välja $-1,13 \text{ gP/m}^2$.

Mida suurem sügavus ja intensiivsem veevahetus, seda suurem on ka koormustaluvus. Lahepera on väga madal ja veevahetus suhteliselt nõrk. Lahepera järve vee viibeag on 0,5 (1/a), järve veevahetus on 2,5 korda aastas ning järve keskmine sügavus 2,4 meetrit.

Koostasime ainebilansi ka lämmastiku kohta (joonis 4.3.2). Elustiku areng järves sõltub ressursside kogusest, kättesaadavusest ja ilmast. Lämmastiku puhul on bilanss samuti negatiivne – koormus $-26,15 \text{ gN/m}^2$. Ökoloogiliselt peetakse oluliseks N:P suhet ja normaalne on see väärtuse juures 16:1. Praegusel juhul on sissevoolus suhe 33:1 ja väljavoolus 34:1, mis on päris suur ning viitab vananevale veekogule.

Teine variant oleks koormust hinnata valgala maakasutuse tüüpide järgi kasutades fosfori ärakande koefitsiente, mille abil saab hinnata järve hektari kohta koguneva fosfori koguse ühe aasta jooksul. Maakasutustüübilt koguneva fosfori kogused järve ühe hektari kohta on toodud tabelis 4.3.1, kasutades joonisel 4.1.2 toodud maakasutuse andmeid.

Tabel 4.3.1. Lahepera järve valgala maakasutustüüpidelt tulenev fosfori koormus.

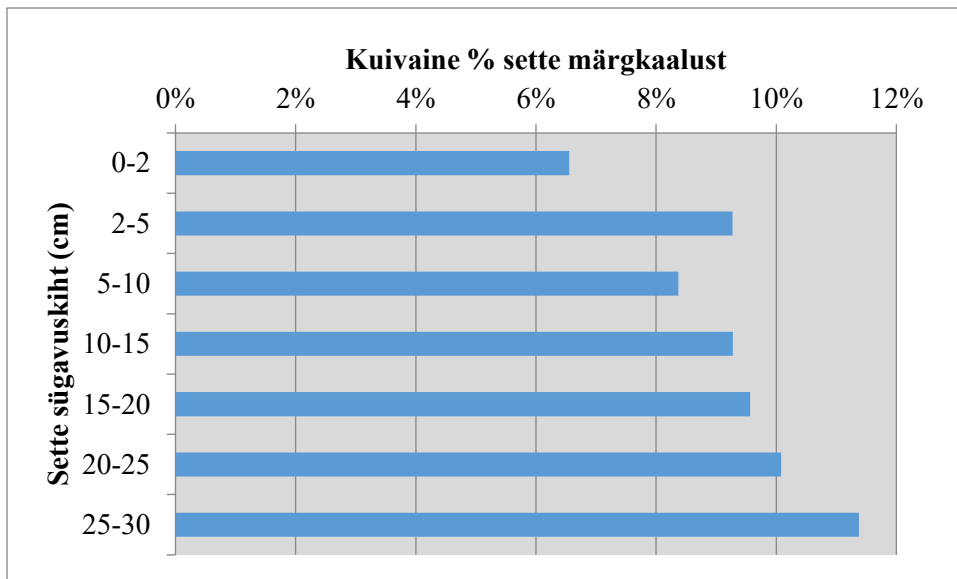
Tüüp	Pindala, ha	P koefitsient (kgP/ha/a)	kgP/aastas	Lahepera järv	kgP/ha/a
Märgala	45,8	0,11	5,04	100,4	0,05
Haritav maa	1107,8	0,84	930,57	100,4	9,27
Teedeala	11,5	0,84	9,62	100,4	0,10
Metsaala	1359,7	0,08	108,78	100,4	1,08
Õueala	42,9	0,84	36,07	100,4	0,36
Looduslik rohumaa	283,4	0,12	34,01	100,4	0,34
Haljasala	11,5	0,84	9,62	100,4	0,10
Kokku:					11,29

Maakasutustüüpide järgi oleks koormus järvele 1,13 gP/m²/a, mis oleks Vollenweideri järgi "ületav koormus". Siiski, antud metoodika nõrkuseks on see, et koefitsiente pole arvatud kõikide maakasutustüüpide kohta.

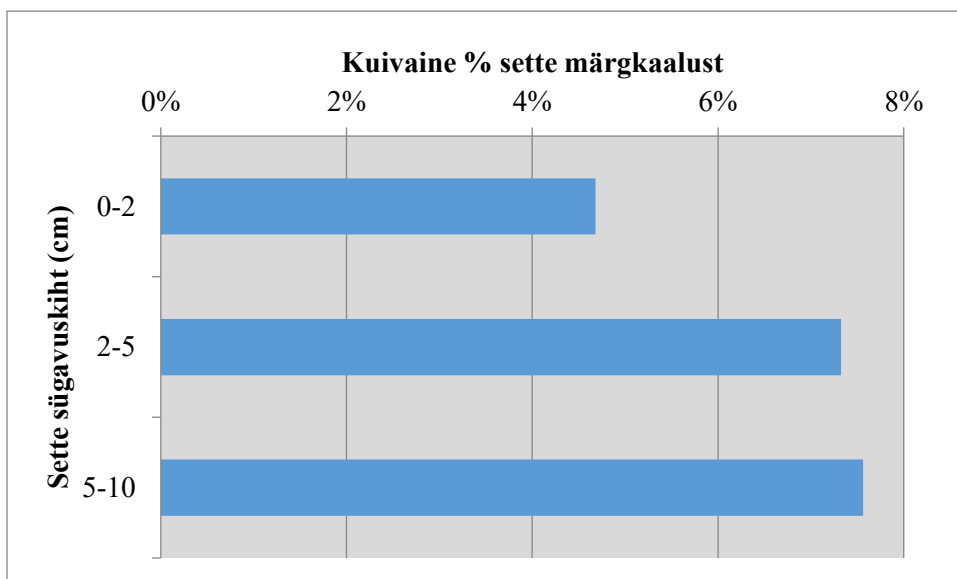
Kuigi sissevoolusid ja väljavoolu andmeid analüüsides selgub, et järvest voolavad biogeenid välja, siis tuleks silmas pidada, et järeldusi saab teha ainult koos setete uurimise tulemustega.

5. Sekundaarreostuse ohu selgitamine

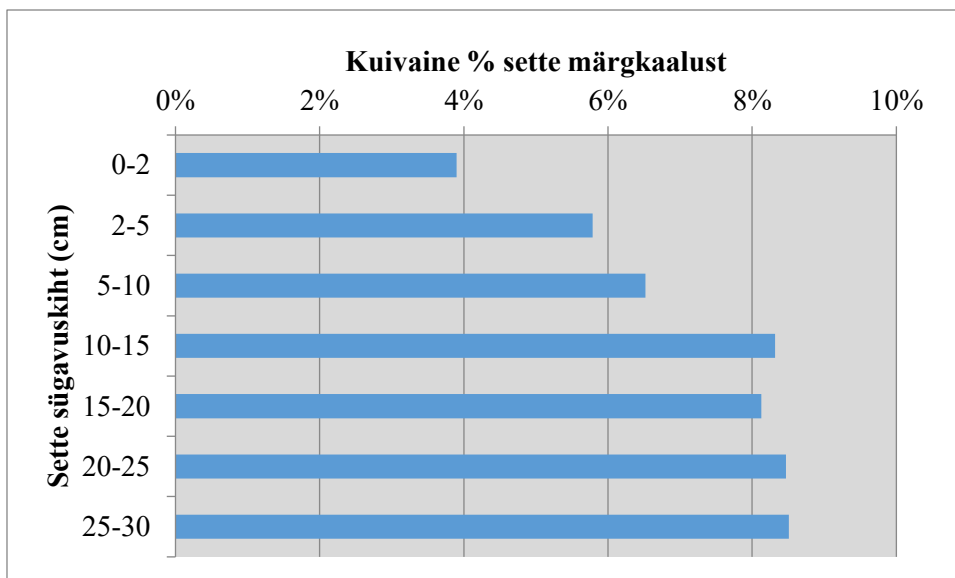
Lahepera järve kuivainesisaldus oli madal ja varieerus 4-11 % sette märgkaalust (joonised 5.1-5.4). Kuivaine sisaldus kasvas kõikides proovipunktides sette sügavuse suurenedes.



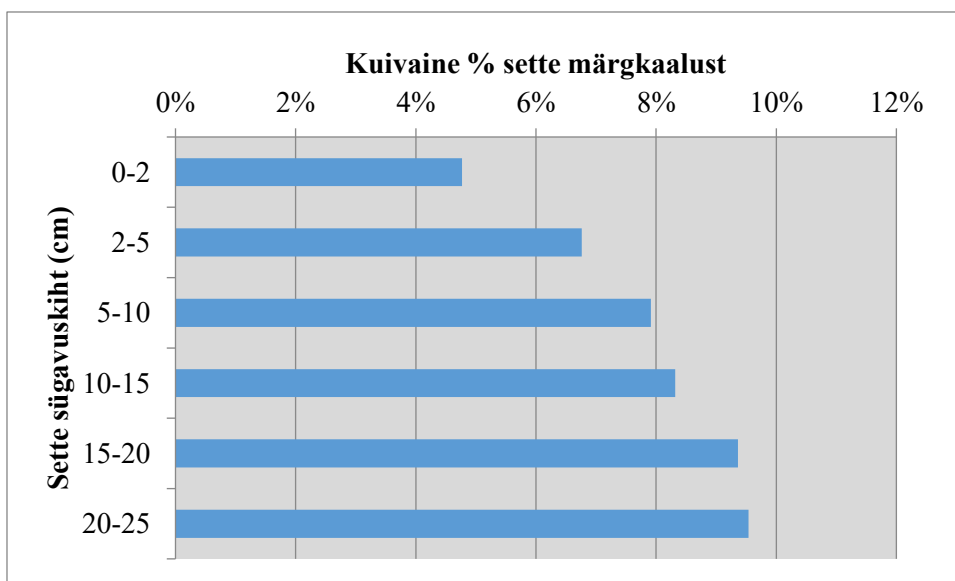
Joonis 5.1. Lahepera järvesette kuivaine sisaldus proovipunktis nr. 1.



Joonis 5.2. Lahepera järvesette kuivaine sisaldus proovipunktis nr. 2.



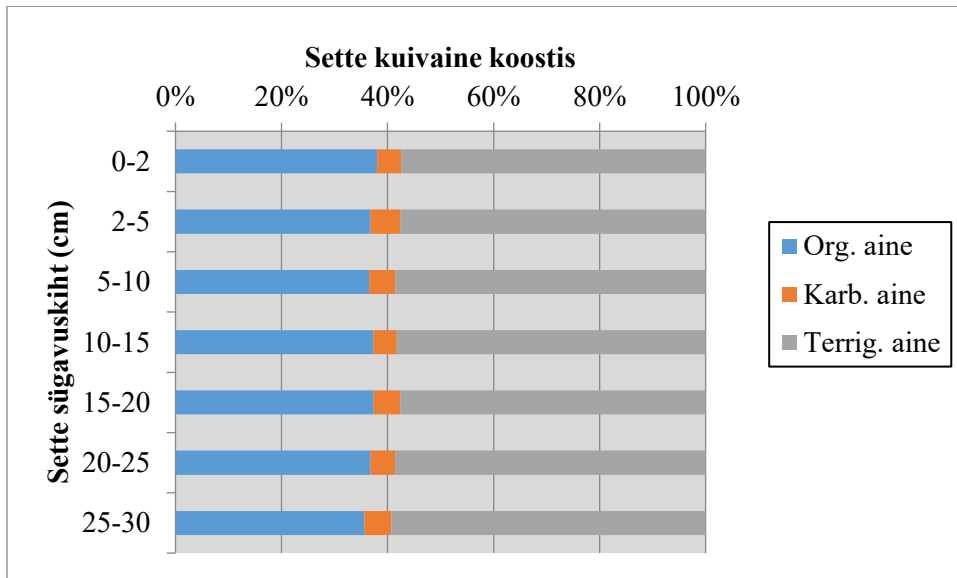
Joonis 5.3. Lahepera järvesette kuivaine sisaldus proovipunktis nr. 3.



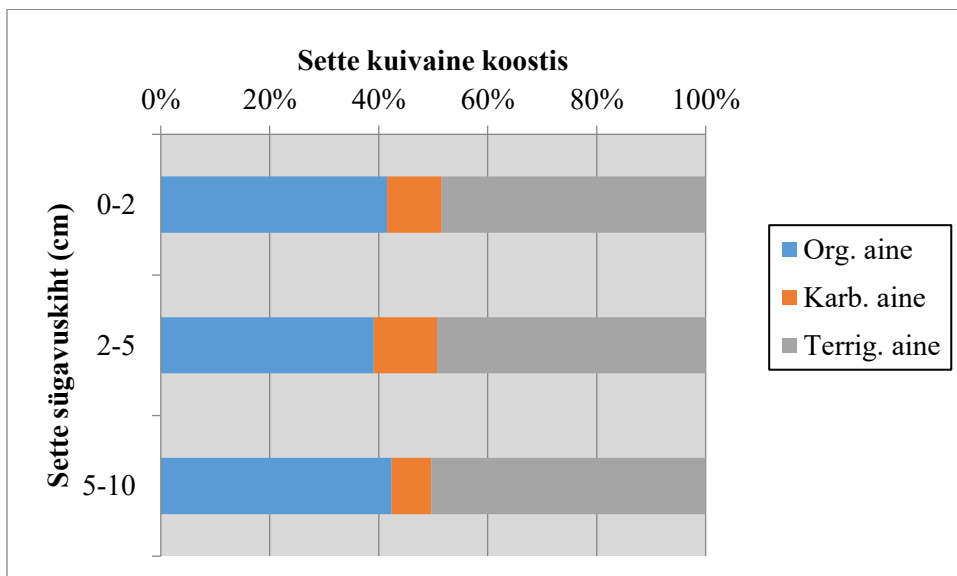
Joonis 5.4. Lahepera järvesette kuivaine sisaldus proovipunktis nr. 4.

Sette kuivaine jaguneb veel omakorda orgaaniliseks, karbonaatseks ja terrigeenseks osaks (joonised 5.5-5.8). Lahepera järvesette kuivaine suurima osa moodustas terrigeenne aine, mis moodustas 56-66 % kuivaine sisaldusest. Kõrge terrigeense aine sisaldus võib tulla ühendusest Peipsiga Lahe jõe kaudu. Orgaanilise aine sisaldus oli ühtlane kõigis proovipunktides (35-44

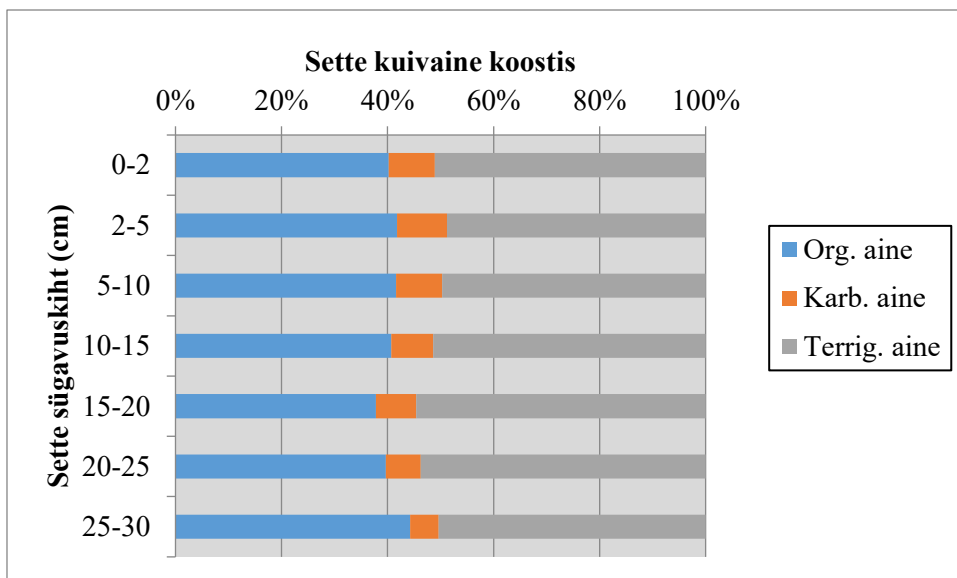
%) ja ei muutunud oluliselt sügavuse suurenedes. Kaltsiumkarbonaatide sisaldus oli madal kõikides proovides – alla 4-12 %. Sügavuse suurendes orgaanilise aine, kaltsiumkarbonaatide kui ka terrigeense aine sisaldused ei muutunud.



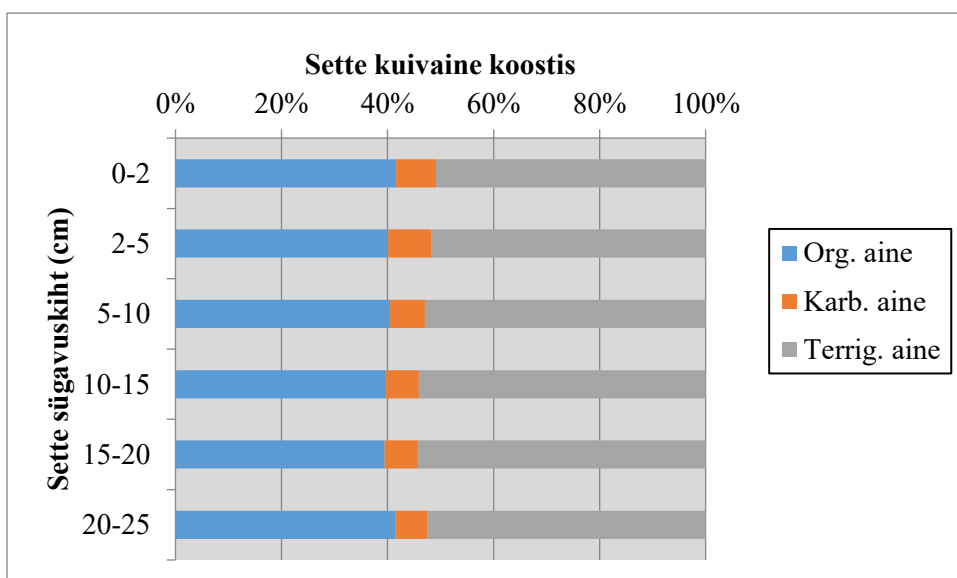
Joonis 5.5. Lahepera järvesette kuivaine koostis proovipunktis nr. 1.



Joonis 5.6. Lahepera järvesette kuivaine koostis proovipunktis nr. 2.



Joonis 5.7. Lahepera järvesette kuivaine koostis proovipunktis nr. 3.



Joonis 5.8. Lahepera järvesette kuivaine koostis proovipunktis nr. 4.

Fosforivormid settes

Veekogu setetes esineb fosfor erinevate keemiliste vormide ehk fraktsioonidena. Olenevalt veekogus esinevatest keskkonnatingimustest, on osad nendest fosforivormidest kergesti settest vabanevad ning taimedele ja fütoplanktonile kättesaadavad. Mõned antud vormidest on inertsed

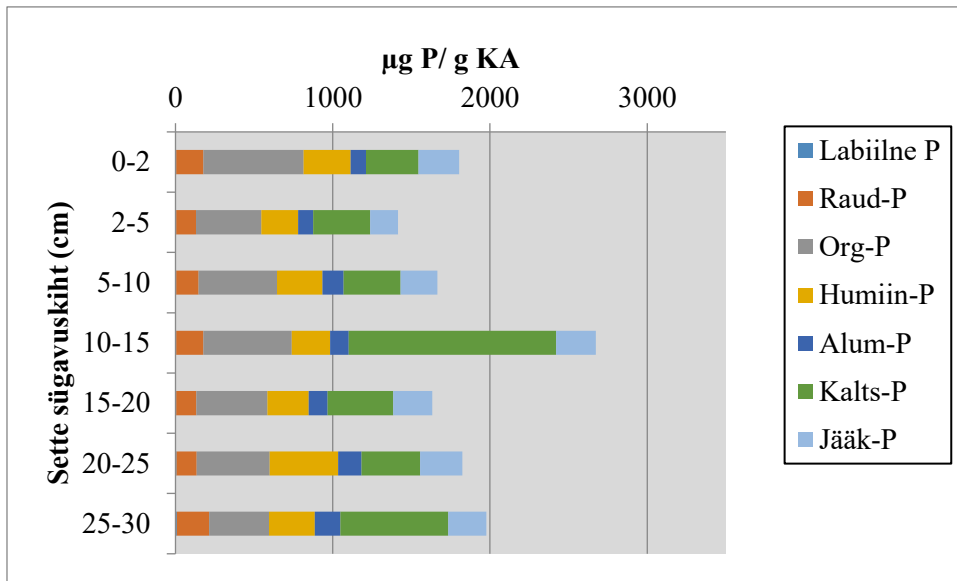
ning ei osale veekogu fosforiringes, vaid talletuvad settesse. Seega, kui on teada fosforivormide jaotust settest, on võimalik ka paremini mõista veekogu fosforiringe eripära.

Lahepera järve fosforivormide summa pindmises settekihis oli 1803 µg P/g KA punktis nr. 1 (Peipsipoolne), 1824 µg P/g KA punktis nr. 2, 1451 µg P/g KA punktis nr. 3 ja 2047 µg P/g KA punktis nr. 4 (läänepoolne). Võrreldes teiste Eesti järvedega on Lahepera sette pindmise kihi fosforisisaldus sarnane suure sekundaarreostusega Harku järvele (P sisaldus 2300 µg P/g KA), kuid jääb oluliselt alla Ruusmäe järvele 5200 µg P/g KA (Kisand, 2008). Samas Lahepera järvesette fosforisisaldused on kõrgemad kui näiteks Kahala järves (1136-1563 µg P/g KA), Saadjärves (1000 µg P/g KA) või Viljandi järves (1270 µg P/g KA).

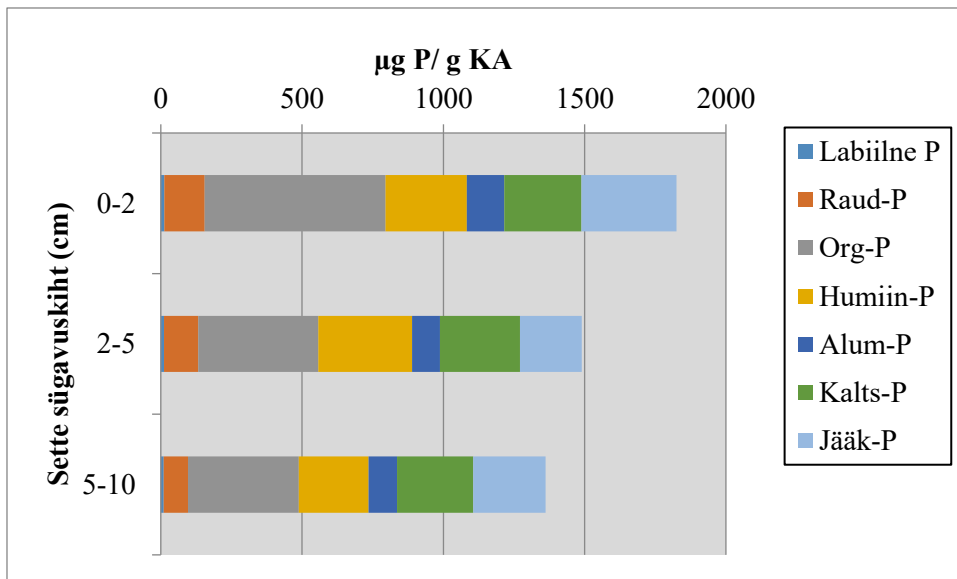
Suurim osa fosforist oli seotud orgaanilise ainega ja moodustas pindmises settekihis 35-42 % fosforivormide summast. Sügavuse suurenedes vähenes antud fraktsioon kõikides proovipunktides. Orgaanilise ainega seotud fosfor vabaneb selle bakteriaalse lagundamise tagajärjel fosfaatses vormis sette poorivette ning võib sealt kanduda veesambasse. Lisaks võib bakterite enda elutegevuse tõttu muutuda keskkonnatingimused settes (nt. hapniku olemasolu, pH, rauaühendite vm. sisaldus), mis soodustavad fosfori vabanemist veelgi.

Labiilne fosfor moodustas ainult ligikaudu 1 % fosforifraktsioonide summast. Labiilne fosforifraktsioon sisaldab poorivees lahustunud või nõrgalt settesakestega seotud fosforit. Antud fraktsiooni sisaldus järvesettes on väga oluline, sest tegemist on kergesti settest vette vabaneva fraktsiooniga, mis on suurtaimedele ja fütoplanktonile kättesaadav. Selle vabanemist mõjutavad erinevad tegurid, kuid madalates järvedes nagu Lahepera on suurim mõju resuspenisoonil, mille tõttu suureneb lahustunud ühendite kandumine veesambasse. Järve madalust ja bentostoiduliste kalade osakaalu arvestades lekitab arvatavasti seda P fraktsiooni oluliselt veesambasse.

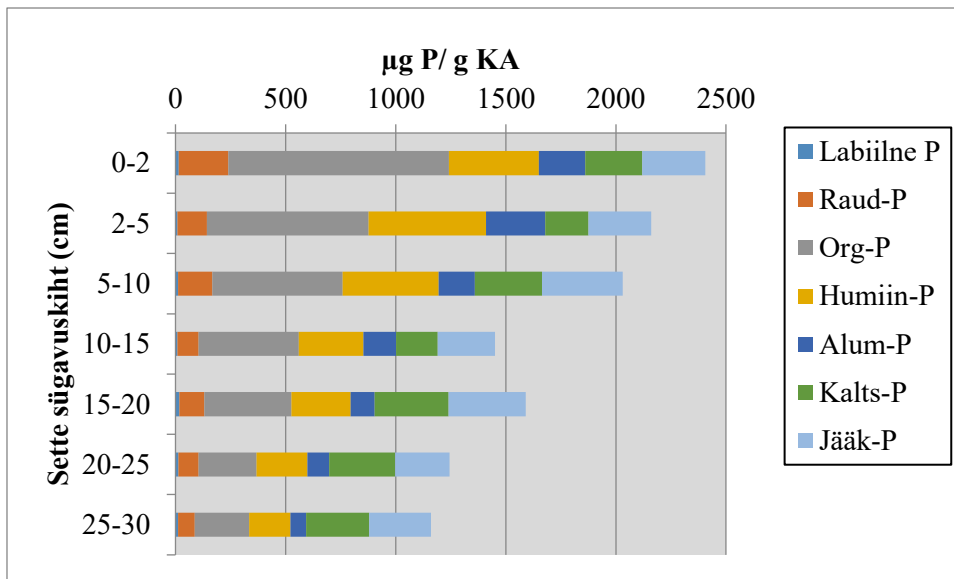
Rauaühenditega seotud fosfori hulk oli võrdlemisi väike ja varieerudes 8-11 % erinevates proovipunktides. Antud fosforivorm vähenes kõikides proovipunktides sügavuse suurenedes. Raud-P fraktsioon sõltub järves olevatest hapniku tingimustest ning on potentsiaalselt vabanev. Madalad järved on tavaliselt hapnikurikkad ning seega on fosfor seotud raud (III) oksiidi osakestega. Samas, kuigi sette pindmine kiht on aeroobne, võib fosfor difundeeruda sügavamatest anaeroobsetest settekihtidest järvevette. Samuti võib vabaneda rauaga seotud fosfor talvel, kui järv on ummuksil või suvel, kui tihe suurtaimestik kasutab ära öö jooksul järvevees oleva hapniku.



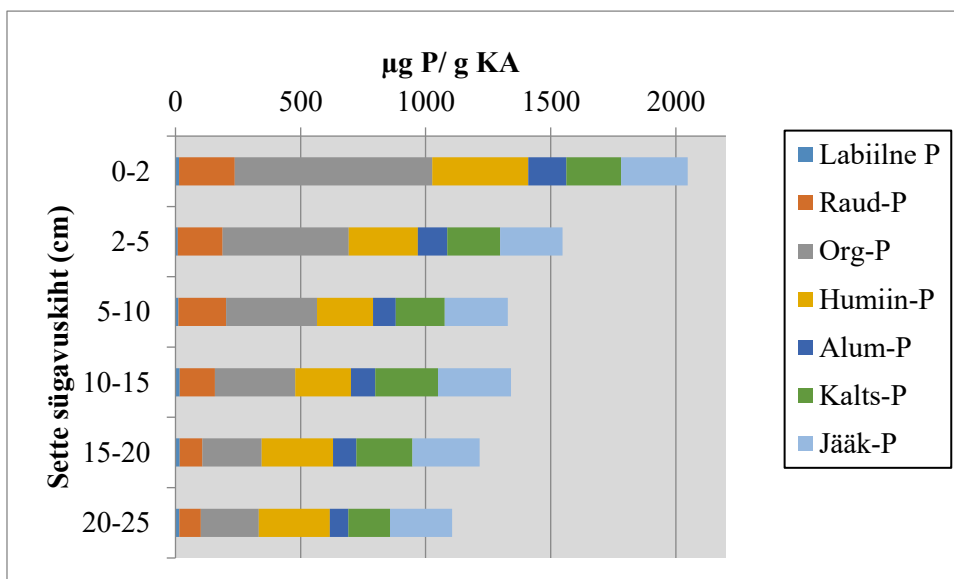
Joonis 5.9. Fosforifraktsioonide jaotus Lahepera järve proovipunkti nr. 1 sette kuivaines (KA).



Joonis 5.10. Fosforifraktsioonide jaotus Lahepera järve proovipunkti nr. 2 sette kuivaines (KA).



Joonis 5.11. Fosforifraktsioonide jaotus Lahepera järve proovipunkti nr. 3 sette kuivaines (KA).



Joonis 5.12. Fosforifraktsioonide jaotus Lahepera järve proovipunkti nr. 4 sette kuivaines (KA).

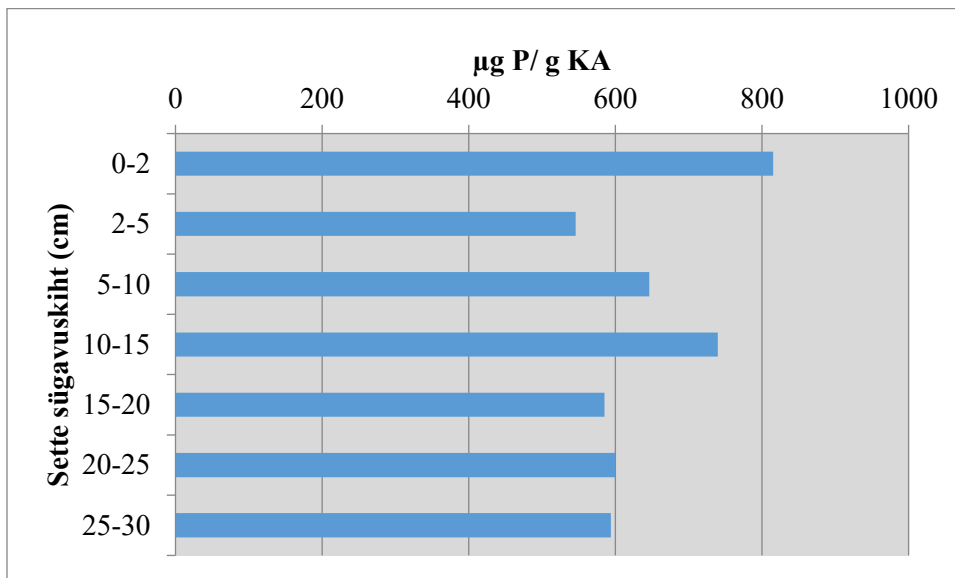
Alumiiniumühenditega seotud fosfori osakaal jäi settes tagasihoidlikuks ja varieerus erinevates proovipunktides 5-9 %. Proovipunktides nr. 1 fraktsiooni sisaldus sügavuse suurenedes vähenes ning punktis nr 3. ja nr 4. vastupidiselt suurenes. Alumiiniumühenditega seotud fosfor võib olla potentsiaalselt vabanev sobivate keskkonnatingimuste juures, kuid seda peetakse vastupidavamaks fraktsiooniks, kui rauaühenditega seotud fosforivormi.

Jääk-P, humiinainete ja kaltsiumühenditega seotud fosforivorme peetakse võrdlemisi inertseks ja arvatakse, et need ei osale veekogu fosforiringes. Inertsed fosforifraktsioonid moodustasid 31-41 % sette fosforisisaldusest.

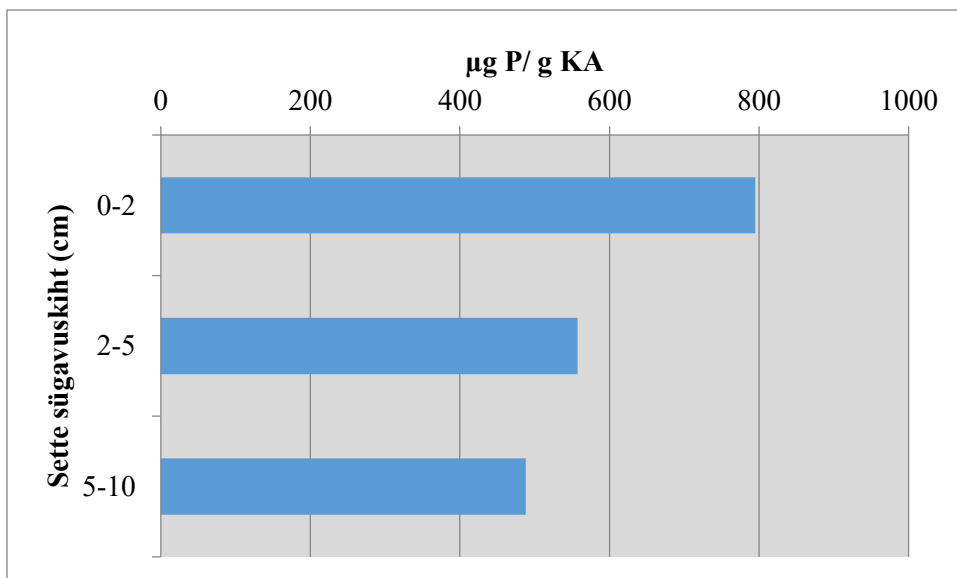
Mobiilne fosfor

Mobiilse fosfori moodustavad kõik potentsiaalselt vabanevad fosforifraktsioonid (labiilne P, raud-P ja org-P). See fosforifraktsioon on bioloogiliselt kättesaadav nii bakteritele kui ka suurtaimedele ja fütoplanktonile.

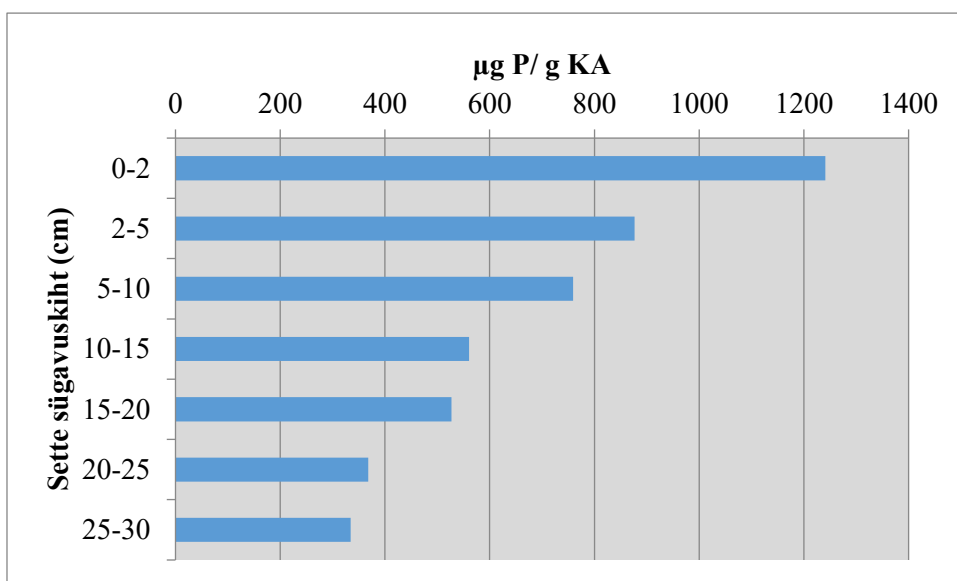
Pindmistes settekihtides moodustab mobiilne fosfor ligikaudu poole settest talletunud fosfori hulgast (44-50 % erinevates proovipunktides).



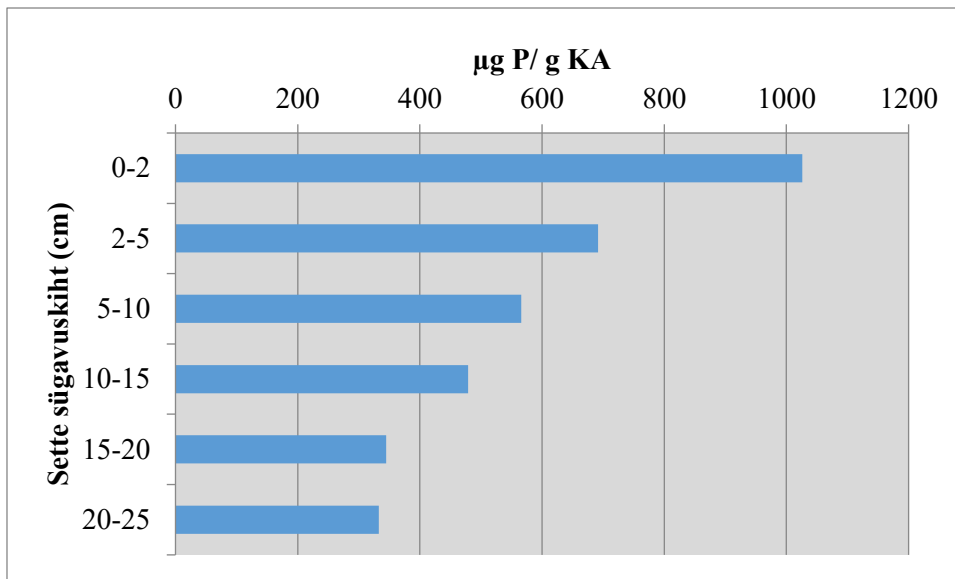
Joonis 5.13. Mobiilse fosfori hulk Lahepera järve proovipunktis nr. 1.



Joonis 5.14. Mobiilse fosfori hulk Lahepera järve proovipunktis nr. 2.



Joonis 5.15. Mobiilse fosfori hulk Lahepera järve proovipunktis nr. 3.



Joonis 5.16. Mobiilse fosfori hulk Lahepera järve proovipunktis nr. 4.

Fosforivarud Lahepera järvesettes

Võttes arvesse eelpool fraktsioneerimises toodud fosfori kogused, on pindmises 10 cm settekihis akumulunud 17,5 tonni fosforit (TP) terve järve pindala kohta (kõigi nelja proovipunkti keskmine fosforihulk). Antud fosforist on potentsiaalselt vabanev ligikaudu 8 tonni ehk 42 % (nelja proovipunkti keskmine mobiilne P).

Lahepera järve sette sidumisvõime

Fosfori vabanemine või talletumine settesse on kontrollitud sidumisprotsessi poolt sette pindmises kihis (Boström *et al.*, 1982). Fosfori sidumisvõimet võib iseloomustada sette raua:fosfori (Fe:P) suhtega. Näiteks, kui Fe:P suhe ületab 15, siis toimub fosfori talletamine settesse (Søndergaard *et al.*, 2003).

Tavaliselt jagatakse sete tinglikult pealmiseks, umbes 10 cm (olenevalt järvest isegi kuni 20 cm) paksuseks aktiivseks kihiks, mis osaleb järve toiteainete ringes, ja sügavamal lasuvaks nõ. ajalooliseks settekihiks (Boström *et al.*, 1982). Sellest, kui paks on aktiivne kiht oleneb järve morfoloogiast, sette omadustest ning resuspensiooni mõjust (Søndergaard *et al.*, 2003).

Lahepera järves on pindmise 10 cm settekihi Fe:P suhe 12,9-14,8, mis on ligilähedane soovitatavale Fe:P suhtele.

Inkubatsioonikatse

Sette roll veekogu fosforiringes oleneb sellest, kas fosfor seotakse settesse või vabaneb vette. Setteosakeste vahele jääb poorivesi, milles lahustunud fosforihulk on võrreldes sette üldfosforisisaldusega väike (tavaliselt alla 1%). Sellegipoolest ületab poorivees lahustunud fosfori hulk kordades (sageli 5 kuni 20 kordselt) sette kohal oleva vee fosforisisaldust. Seega tekib sette ja vee piirpinnal fosforisisalduste erinevuse tõttu kontsentratsioonigradient, mis põhjustab lahustunud fosfori kandumist pooriveest veesambasse (Boström *et al.*, 1982). Juba osaline lahustunud fosfori kandumine järve vette võib oluliselt tõsta selle fosforikontsentratsiooni (Søndergaard *et al.*, 2003).

Katse käigus uuriti järve sissevoolu ja väljavoolu lähedalt kogutud setteproovidest vabanevaid ainevoogusid. Selgus, et 62 päevase inkubatsiooniperioodi jooksul vabanes suurem hulk fosforit järve sissevoolu juurest kogutud proovides 73,4 mg P m⁻² ja 1,18 mg P m⁻² p⁻¹ (tabel 5.1). Väljavoolu juurest kogutud proovides vabanes fosforit ligikaudu kaks korda vähem 49,7 mg P m⁻² ja 0,8 mg P m⁻² p⁻¹.

Vabanenud raua hulk väljavoolupoolses osas oli ligikaudu 7 korda madalam, kui sissevoolu lähedal (vastavalt 1,18 ja 8,45 mg Fe m⁻² p⁻¹).

Nitrate vabanes 4,5 korda rohkem sissevoolupoolsest osast (147,2 mg NO³⁻ m⁻² p⁻¹). Väljavoolu lähedalt kogutud proovides oli vabanenud nitraadi hulk 31,5 mg NO³⁻ m⁻² p⁻¹.

Suurem hulk ammooniumi eraldus sissevoolu lähedalt kogutud proovidest 4,12 mg NH⁴⁺ m⁻² p⁻¹. Väljavoolu lähedalt kogutud proovides jäi see madalamaks (1,47 mg NH⁴⁺ m⁻² p⁻¹).

Tabel 5.1 Inkubatsiooni käigus vabanenud ainevoogude maht.

Vabanenud ainehulk (mg m ⁻² p ⁻¹)	Proovipunkt nr. 1 (väljavool)	Proovipunkt nr. 4 (sissevool)
Fosfor	0,80	1,18
Raud	1,18	8,45
Nitraat	5,73	51,64

Ammoonium	1,47	4,12
------------------	------	------

Katse tulemused näitavad, et anaeroobsetes tingimustes vabaneb märkimisväärne kogus toiteaineid ning rauaühendeid. Anaeroobsed tingimused põhjustasid rauaühendite vabanemise settest ning sellega kaasnes märkimisväärne fosforisisalduse tõus vees. Oluliselt suurem hulk toiteained vabanes sissevoolu lähedalt kogutud setteproovidest. Nitraadi ja ammooniumi suurem vabanemine nendes proovides viitab ka orgaanilise aine lagundamisele bakterite poolt. Seega suur osa vabanenud fosforist on tõenäoliselt pärit raud-P ja org-P fraktsioonidest.

6. Kokkuvõte

Eesti järvede monograafias (1968) kirjutatakse: „Lahepera järve on otstarbekas majandada Peipsi lisaveekoguna – haugide koelmuna. Selleks on vaja ühendus kahe järve vahel avaralt lahti hoida, varustada see aga võimsa statsionaarse, kevadeks suletava lõksuga sisserändava kala täielikuks väljapüügiks, välja arvatud haugid ja suurem hulk särgi, kes tuleb lasta Lahepera järve kudema. Soovitav on ehitada linaski jaoks järve tehiskoelmuid. Järve hapnikurežiimi parandamiseks tuleks rakendada talvel regulaarselt tööle mitu tuulik-generaatorit või hoida suur osa järvepinnast lumesahaga alati lumevaba“.

Aare Mäemets kirjutab aga oma raamatus (1977): „...Ta on jäänud liialt madalaks ning omab praegu tähtsust veel vaid Peipsi kalade kudemis- ja turgutuspaigana ning õngespordiks kasutatavana. Seega ei tohiks kalade rännet Lahe jões takistada. Järve režiimi parandaks oluliselt muda väljapumpamine. Vihmutusvee võtmine on mõeldav vaid kevadise veekogumise korral, kuid see takistaks kalade liikumist Lahe jões. Võib oletada, et põhjakaldale rajatud vihmutusseadeldis järve veetaset veelgi alandab ja kalade elutingimusi halvendab. On ka ettepanekuid Lahepera järve kalatiigina majandamiseks, kuid see nõuaks nähtavasti suuremaid kulusi ja tulemus on küsitav“.

Need varasemad arvamused on huvipakkuvad. Praegusel ajal peaks aga lähtuma eelkõige EL Veepoliitika Raamdirektiivi nõuetest, kus eesmärgiks on vähemalt hea ökoloogilise seisundi saavutamine, st tervendamine peab olema kompleksne.

Lahepera järves on akumulatsioonid märkimisväärselt suur hulk fosforit (17,5 t 10 cm settekihi järve pindala kohta), milles ligikaudu pool (umbes 8 t) võib soodsate olude juures olla primaarproduktidele kättesaadav ning soodustada sekundaarreostuse tõttu järve eutrofeerumist ning lõpuks kinnikasvamist. Kõrge fosforisisaldus sissevoolu lähedalt kogutud proovides viitab ka olulisele väliskoormusele valgalt, millele viitavad ka ainete ärakannete arvutused valgala maakattetüüpide alusel. Inkubatsioonikatse käigus selgus, et lisaks keemilisele vabanemisele (rauaühendid) vabaneb fosfor ka orgaanilise aine lagundamise tagajärjel. Selle tõttu võib talvel jääkate all hapnikusisaldus märgatavalt kiiremini väheneda ning järv ummiksile jääda.

Lahepera järve tervendamiseks oleks esmatähtis vähendada väliskoormuse mõju Naelavere peakraavi kaudu. Seejärel võib sekundaarreostuse vähendamiseks eemaldada vähemalt 25 cm paksuse fosforirikka settekihi. Eelkõige oleks oluline eemaldada kõrge fosforisisaldusega sete koos ohtra taimestikuga sissevoolu lähedalt.

Meile oli vaatluste ajal üllatuseks, et Lahe jõgi võib kiiresti muuta voolusuunda. Seepärast ei saanud me ka koostada tavalist vee- ja ainete bilanssi. Kuigi Vollenweideri mudel näitas, et koormus järvele on talumatul tasemel, muudab Peipsi järve vesi oluliselt olukorda. Tundub nii, et Lahepera järve nii Peipsist kui mujalt valgunud veed nõ „loksutavad“ järve läbi ning suured ainete kogused kantakse Peipsisse. Seega võime öelda, et Peipsi järv „puhastab“ aeg-ajalt oma vana lahte. Sellele olukorrale viitavad ka elustiku näitajad. Näiteks taimekoosluste dünaamika viimastel aastakümnetel.

Madala, kinnikasvava järve põhjalikuks tervendamiseks on enamasti setete ja taimede eemaldamine. See tagab hea ökoloogilise seisundi pikemaks ajaks. Selle tegevuse eelduseks on väliskoormuse vähendamine, mis peaks olema tehtud ka Lahepera järves.

Hea ökoloogilise seisundi saavutamiseks peakski setteid välja pumpama. Selle mõju erinevatele elustikurühmadele ja linnustikule on erinev. Esitame alljärgnevalt prognoosi vee-elustiku rühmade kohta.

Kalastik.

Kalastikule sobib sügavam vesi. Peale puhastamist tekivad uued elupaigad. Linask, koger ja roosärg ilmselt enam nii edukalt ei paljune. Kalastiku jaoks oleks oluline ka hea ühendustee Peipsi järvega. Kalastik vahetub suurvee ajal praegugi, ilmselt peale renoveerimist samuti.

Eelmise sajandi 50-ndatel aastatel peeti Lahepera järve siiakeelmuks ning veel 1970ndatel aastatel püüti järvest üksikud juveniilseid siigu. Siiski domineerisid ka eelmise sajandi katsepüükides toitelisemat elupaika eelistavad liigid ning praeguseks ajaks on suurenenud teiste liikide ees hüpertroofset elupaika eelistava linaski osakaal.

Suurselgrootud.

Tervendamine pigem lõhuks taimestiku, loomaliikide arv ilmselt väheneks ning domineerima hakkaksid tundetumad liigid. Pikapeale sama seis oleks varsti tagasi, aga arvatavasti veidi kehvemal tasemel. Taimede lihtne niitmine ei muudaks midagi, järv on suur. Toiteainete koormuse vähendamist võib suurselgrootute seisukohalt pooldada. Toitu on setteski piisavalt, et praegune olukord saaks edasi kesta.

Suurtaimed.

Kokkuvõtvalt saab öelda, et taimestiku seisukohalt on esmalt oluline peatada või vähendada valgalalt järve jõudev reostus. Pärast seda on ideaalvariandis võimalik, et setete eemaldamine vähendab järve sisekoormust ning seeläbi hakkavad taimestikus domineerima vähetoitelist keskkonda eelistavad liigid, kuid tuleb arvestada, et taolise olukorrani jõudmine võib võtta aastaid aega ning tõenäosus, et taoline olukord tõepoolest tekib, on väga väike. Tõenäolisem on olukord, kus pärast tööde lõppu on veesisene taimestik kahjustunud ja selle seemnevaru hävinud (kuna see eemaldatakse koos setetega). Veesisese taimestiku taastumiseni on järv ebastabiilses seisundis – varasemalt veesisese taimestiku poolt ära kasutatud toiteained kasutatakse nüüd ära fütoplanktoni ja niitrohevetikate poolt. Viimane võib endaga aga kaasa tuua ulatuslikud „veeõitsengud“ ning ujuvate vetikamattide tekke järve pinnale. Lisaks sellele väheneb tõenäoliselt taimestiku mitmekesisus, kuna pärast sette eemaldustööd hakkavad järves domineerima vastupidavamad ja laialt levinud taimeliigid. Haruldaste ja vähelevinud taimeliikide populatsioonid võivad aga jääda hävinuks. Seega on taimestiku seisukohalt mõistlikum kui sete eemaldatakse korraga väiksemas mahus ja etapiviisiliselt, andes enne uue setteemaldusperioodi algust aega eelmise piirkonna taimestikul taastuda.

Fütoplankton.

Fütoplankton ja suurtaimed on omavahel konkurendid ja järve madaluse tõttu on ülekaalus suurtaimed. Taimse hõljumi kogused on tagasihoidlikud ja liigilises koosseisus ei domineeri kehva seisundit näitavad liigid. Järve tervendamise tulemusena olukord muutuks ja taimne

hõljum saavutaks suurema osatähtsuse. Kui toiteainete kontsentratsioonid jäävad heale tasemele, siis oleks sellele vastavalt ka fütoplankton heas ökoloogilises seisundis. See lubaks ka areneda korralikul ja mitmekesisel zooplanktonil, mis omakorda taastaks kunagise siia koelmu staatuse.

Zooplankton.

Lahepera järve tervendamine (setete eemaldamine) tooks endaga kindlasti kaasa zooplanktoni koosluse üpris kiired muutused. Ilmselt senini domineerinud keriloomade (eriti perek. *Polyarthra* liigid) biomass ja arvukus väheneksid ning kooslusesse ilmuksid esmalt tolerantsemad vesikirbulised, kes on hea toidubaas kalavastsetele ning kes ise suudavad efektiivselt toituda fütoplanktonist. Samuti suureneks varasemalt esinenud aerjalaliste, tolerantsete ja kosmopoliitsete liikide (*Mesocyclops leuckarti* ja *M. oithonoides*) arvukus ja biomass. Kooslus muutuks kindlasti stabiilsemaks, rühmade biomassid (ja ilmselt ka arvukused) ühtlustuksid. Kalade noorjärgudel oleks parem toidubaas ning koosluses esineks liike, kes suudavad survestada fütoplanktoni kooslust. Seega oleks toiduahel stabiilsem ja tugevam.

Kirjandus

Arold, 2005. Eesti maastikud. Tartu Ülikooli Kirjastus, 453 lk.

Boström, B., Jansson, M. & C. Forsberg. 1982. Phosphorus release from lake sediments. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 18. 5-59.

Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S., A. Nichols, S. A. 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs. Taylor & Francis Group. 588 pp

Eesti järved. 1968. Kirjastus "Valgus". Tallinn. 548 lk.

Eesti väikejärvede seire aruanded 2007, 2011, 2014. EV Keskkonnaministeeriumi tellitud lepingulised uurimised. Vastutav täitja I. Ott. Käsikirjad EMÜ PKI Limnoloogiakeskuses. Loopmann, 1984. Suuremate Eesti järvede morfomeetrilised andmed ja veevahetus. Tln. 151 lk.

Eesti jõgede ja järvede seisund ning kaitse. Kogumik. Toim. A. Järvekülg. Teaduste Akadeemia kirjastus. Tallinn, 1994, 242 lk.

Gibbs, M. M. 1979. A simple method for the rapid determination of iron in natural waters. *Water Research*. 13. 295-297.

Heiri, O., Lotter, A. F. & G. Lemcke. 2001. Loss of ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*. 25. 101-110.

Kisand, A. 2008. Sediment phosphorus forms and their role in lake ecosystems. Ph.D. thesis. Eesti Maaülikool. 102 lk.

Laugaste, R., Ott, I., 1988: Changes in Phytoplankton of Estonian Soft-Water Lakes during the Last 20..30 Years. In: Dynamics and Ecology of Wetlands and Lakes in Estonia. Edited by M. Zobel. Tallinn, p. 155-166.

Loopmann, 1984. Suuremate Eesti järvede morfomeetrilised andmed ja veevahetus. Tln. 151 lk.

Maastik, A. 2006. Hüdroloogia ja hüdroomeetria. Eesti Maaülikool. 2006. 108 lk.

Mäemets, A. & Ott, I. 1993: The state of lakes. Small lakes. In: Water Pollution and Quality in Estonia. Environmental Report, 7. Helsinki, 35-38.

Murphy, J. ja I. P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*. 27. 31-36.

Mäemets, A(are). 1977. Eesti NSV järved ja nende kaitse. "Valgus". Tallinn. 263 lk.

Mäemets, A., Ott, I., Mäemets, A., 1994: Eesti väikejärvede seisundi muutused ja kaitse. – Kogumik: Eesti jõgede ja järvede seisund ning kaitse. Toim. A.Järvekülg. Teaduste Akadeemia kirjastus. Tallinn, lk. 32-47.

Mäemets, A(ime), 1982: Antropogeense eutrofeerumise mõju eri tüüpi järvede suurtaimestikule (makrofloorale). Kogumik: Eesti NSV järvede nüüdisseisund. Tartu, lk. 116-124.

Ott, I. (vastutav täitja). 1994: Eesti väikejärvede muutumine kasvava inimõju tingimustes. Lõpparuanne. Eesti TA Zooloogia ja Botaanika Instituut. Tartu. 199 lk. (Käsikiri EPMÜ Zooloogia ja Botaanika Instituudis).

Ott, I., Kõiv, T. 1999. Eesti väikejärvede eripära ja muutused. *Special features and changes of Estonian small lakes*. Tallinn, 127 lk. (pp.).

Søndergaard, M., Jensen, J. P. ja E. Jeppesen. 2003. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. *Hydrobiologia*. 506-509. 135-145.

Paludan, C. ja H. S. Jensen. 1995. Sequential extraction of phosphorus in freshwater wetland and lake sediment: Significance of humic acids. *Wetlands*. 15. 365-373.

Psenner, R., Puccsko, R. & M. Sager. 1984. Die Fraktionierung organischer und organischer Phosphorverbindungen von Sedimenten: Versuch einer Definition ökologisch wichtiger Fraktionen. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 70. 111-155.

Tamre, R., 2006. Eesti järvede nimestik.

Interneti allikad:

Fosfori äraande koefitsiendid:

http://gauja.balticrivers.eu/files/wp3_final_report_est.pdf

http://gauja.balticrivers.eu/files/01_hajukoormuse_ja_sellest_tuleneva_keskkonnamoju_analys.pdf

Lisad

LISA 1. Vee omaduste tabelid. E – elektrijuhtivus; TDS – lahustunud ainete sisaldus; ORP - redokspotentsiaal

Lahe jõgi	Temp °C	E µS/cm	TDS mg/L	O₂ % %	O₂ mg/L	pH	ORP mV
24.04.2014	5,9	280,3	263	108,8	13,65	8,3	106
28.05.2014	10,2	280,3	231,4	73,6	7,54	7,4	283,5
1.07.2014	17,2	268,1	204,75	55	5,24	8,4	122,8
29.07.2014	24,5	278	182	28,1	2,31	7,5	107,3
27.08.2014	14,7	198	159,9	77	7,81	8,9	141,3
29.09.2014	11,5	190	166,4	82,7	9,02	8,92	120,7
28.10.2014	6,6	205,7	206,1	117,9	14,45	8	149,4
26.11.2014	0,3	251	309	85	12,28	7,97	150,4
29.12.2014	0,2	285	352,3	16,5	2,36	7,32	18,6
3.02.2015	1,1	260,3	311,4	43,8	6,2	7,59	173
5.03.2015	2,1	225	260	75	10,3	7,53	185

Naelavere pkr	Temp °C	E µS/cm	TDS mg/L	O₂ % %	O₂ mg/L	pH	ORP mV
24.04.2014	5,7	458,8	429	111,5	13,98	7,96	94,1
28.05.2014	11,1	425,5	376,35	84,6	9,28	7,9	189
1.07.2014	12,6	405,8	345,15	83,4	8,84	7,81	63
29.07.2014	18,1	506	377	52	4,88	7,78	152
27.08.2014	13,5	429,9	358,1	68,4	7,12	8,51	152,5
29.09.2014	10,8	461,8	411,45	77	8,5	8,05	164
28.10.2014	7,6	420,1	409,5	83,8	10,02	7,89	115
26.11.2014	0,8	349	422	86,8	12,37	7,74	90
3.02.2015	0,3	258,6	317,8	99	14,3	7,57	159,1
5.03.2015	1,5	244	287	144	20	7,72	174

Sissevool 2	Temp °C	E µS/cm	TDS mg/L	O₂ % %	O₂ mg/L	pH	ORP mV
28.05.2014	9,9	275,1	251,55	83,6	9,47	8,03	111,4
1.07.2014	11,5	277	242,45	92	10,01	8,01	36,7
29.07.2014	16,1	303	234	90,1	8,72	7,93	119
27.08.2014	12,4	228	195	74,1	7,9	8,8	133,6
29.09.2014	10,8	254,1	226,9	83	9,19	8,19	76,2

28.10.2014	8,8	259,9	244,4	88,9	10,31	8,19	90,4
26.11.2014	0,5	255	230	89	12,5	8,2	91,5
29.12.2014	0	226	281	77	11,3	8,37	37,1
3.02.2015	0,3	203	250,2	94,6	13,71	7,91	98,1
5.03.2015	1,2	197	235	150	21	8,02	113

Sissevoel 6	Temp °C	E µS/cm	TDS mg/L	O₂ % %	O₂ mg/L	pH	ORP mV
28.05.2014	9,7	201,1	184,6	80,6	9,36	8,16	117,8
1.07.2014	12,2	142,7	122,86	87,2	9,34	7,87	53,4
27.08.2014	12,7	199,6	169,7	59,5	6,31	8,23	41,9
3.02.2015	0,1	86,1	106,6	84,7	12,34	7,82	116,6
5.03.2015	0,1	56	69	120	17,5	8,03	132

Sissevoel 3	Temp °C	E µS/cm	TDS mg/L	O₂ % %	O₂ mg/L	pH	ORP mV
3.02.2015	0,2	169,4	209,3	69,5	10,08	7,48	145,9
5.03.2015	0,6	136	164	92	13,8	7,92	146