

Eesti Maaülikool
Põllumajandus- ja Keskkonnainstituut
Limnoloogiakeskus



Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine

**Riikliku Looduskaitsekeskuse Põlva-Valga-Võru
regiooniga sõlmitud lepingulise uurimistöö
aruanne**

Vastutav täitja

professor Ingmar Ott

Rannu, 2006

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine

Sisukord

Sissejuhatus	3
Köstrejärve setteuuringute aruanne	4
Setteproovid	4
Analüüsid	4
Tulemused	4
Sette kuivainesisaldus	4
Fosforisisaldus	6
Raud	8
Teised metallid	11
Fosfori fraktsioonid	11
Järeldused ja ettepanekud	18
Kirjandus	20
Lisa. Sette proovipunktidega järve kaart	

Sissejuhatus

Köstrejärv on madalaveeline suurtaimi täis kasvanud segatoiteline veekogu. Praegune seisund on kujunenud viimase mõnekümne aasta jooksul. Veel 1960ndatel aastatel oli järves olemas taimedeta avavee osa. Limnoloogiakeskus on teinud mitmeid uuringuid sellel järvel, millest praeguse aruandega on otseselt seotud 2000. a. uurimus “Mõnede Karula Rahvuspargi järvede inventeerimine”. Samuti tuleb lugeda aruandega seotuks OÜ REIB uurimistööd 2005. a., kus koostati sette leviku ja түseduse kaart.

Paralleelselt 2006. a. setteuringutega oli nii 2005. kui ka 2006. a. Köstrejärv Eesti riikliku keskkonnaseire programmi kuuluv veekogu, mida uuriti sel perioodil kokku 5 korda (2005. a. kaks ja 2006. a. kolm korda). Tulemused esitatakse vastavas aruandes veebruaris 2007. a. Viimase kahe aasta osad seirejärved, ka Köstrejärv, kuuluvad nn. rahvusvahelisse interkalibreerimise projekti. Viimase ülesandeks on aidata kaasa EL maade siseveekogude ökoloogilise seisundi klassipiiride väljaselgitamisele. Seetõttu on see järv suhteliselt suure tähelepanu all, mis võimaldab tema seisundi tervendamiseks saada head materjali. Vastavalt Veepoliitika Raamdirektiivi nõuetele on tarvis hinnangu alusel kesisesse ja kehvemasse kvaliteedi klassi kuuluvates järvedes saavutada hea seisund 2015. a. Selle protsessi käivitamiseks valitakse teatavad nõ. näidisjärved, kus katsetatakse tervendamismeetodeid. Need järved on eelisolukorras, mille kohta on tehtud põhjalikumad eeluuringud. Sellisteks võivad saada Verevi, Neitsijärv, Ülemiste, Harku ja ka Köstrejärv.

Töö peamiseks eesmärgiks oli sekundaarreostuse selgitamine ja tervendamisetpanekute väljatöötamine. Sellega on ka põhilised vajalikud limnoloogilised eeluuringud veekogu tervendamiseks tehtud. Järgmiseks etapiks on vaja kaasata veeinsenere tehnilise teostuse plaanimiseks.

Käesoleva aruande põhikoostaja oli EMÜ PKI Limnoloogiakeskuse doktorand, MSc. Anu Kisand (välitööd, analüüsid, aruande koostamine). Osa võtsid veel prof. Ingmar Ott (üldkoordineerimine, aruande koostamine), üliõpilane Riko Oras (analüüsid), vanemlaborant Katrin Ott (välitööd), vanemteadur Henn Timm (välitööd), teadur Helle Mäemets (välitööd), magistrant Lilian Freiberg (välitööd), vanemlaborant MSc. Aimar Rakko (välitööd). Osa analüüse telliti Osauhingust Tartu Keskkonnauuringud.

Köstrejärve setteuuringute aruanne

Setteproovid

Setteproove koguti 2006. a augustis järve kolmest erinevast piirkonnast. Järv on liigendunud kujuga, eristada võib ühte suuremat järveosa (sellesse ossa suubub sissevoolukraav) ning kahte väiksemat soppi: üks neist lõpeb järve väljavooluga, teine asetseb endise koolimaja läheduses. Proovipunktid on nummerdatud järgmiselt:

Puursüdamik 1.: settepuursüdamik võeti väljavoolupoolse järvesopi keskelt.

Puursüdamik 2.: settepuursüdamik võeti teise sopi keskelt

Puursüdamik 3 : settepuursüdamik võeti sissevoolupoolse järveosa keskelt

Puursüdamikud jaotati osaproovideks järgmiste sügavuskihtide kaupa: 0-2 cm, 2-5 cm, sügavamad settekihid 5 cm kaupa.

Analüüsid

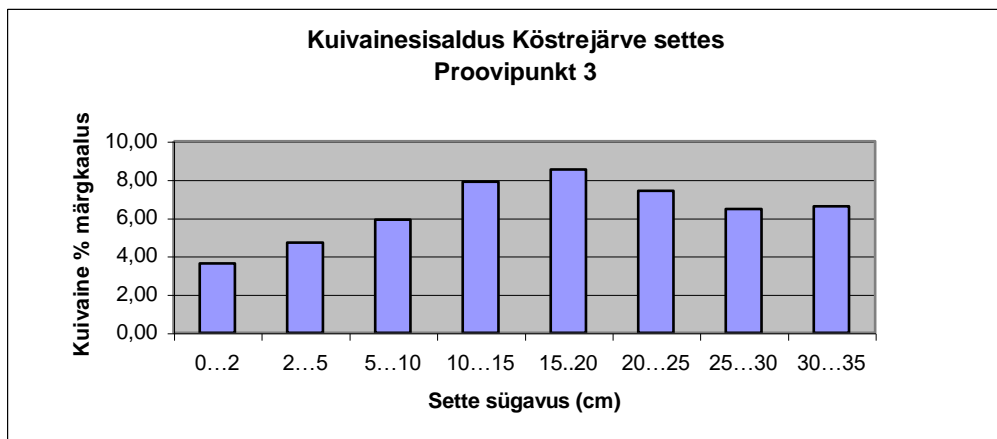
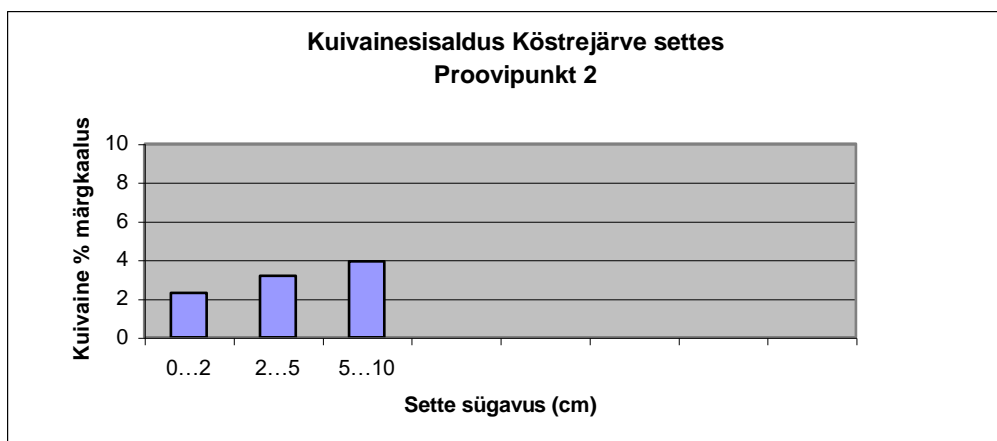
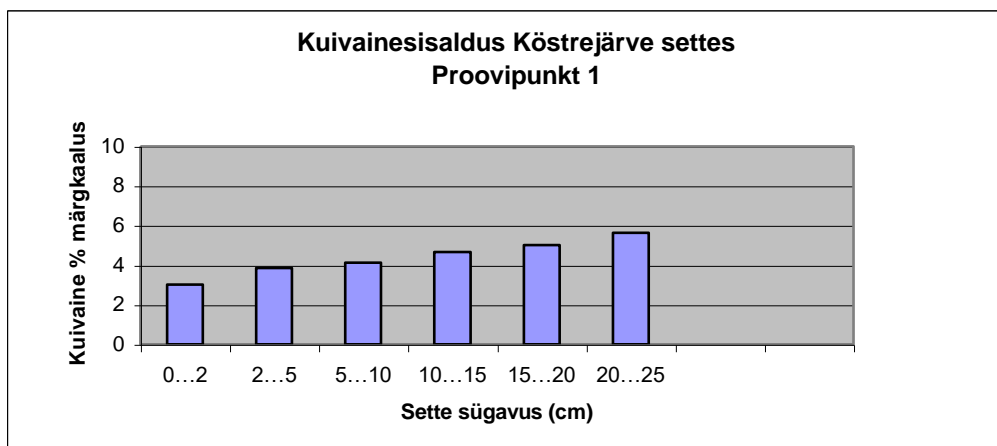
Igast settepuursüdamikust määrati üldfosfor, raud ning ühest 3. proovipunkti puursüdamiku settekihist ka raskemetallide sisaldus (analüüsid viis läbi OÜ Tartu Keskkonnauuringud). Eesti Maaülikooli Limnoloogiakeskuses viidi läbi settefosfori fraksioneerimine kõikidest settekihtidest ning määrati kõigi setteproovide kuivainesisaldus.

Tulemused

Sette kuivainesisaldus

Sette kuivainesisaldus on väike, s.t. sete on võrdlemisi vedel. Järve erinevates piirkondadest võetud pindmiste settekihtide kuivainesisaldus moodustab 2-4 % sette märgkaalust (Joon. 1). Sette sügavuse suurenedes kuivainesisaldus reeglina kasvab (erandiks olid sissevoolulähedasest järveosast pärinevad sügavamad uuritud settekihid, kus 20-35 cm sügavusel võis täheldada mõningast kuivainesisalduse langust). Üheski uuritud setteproovis ei ületanud kuivainesisaldus 9% märgkaalust.

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine



Joon. 1. Sette kuivainesisaldus Köstrejärves aug. 2006. a.

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine

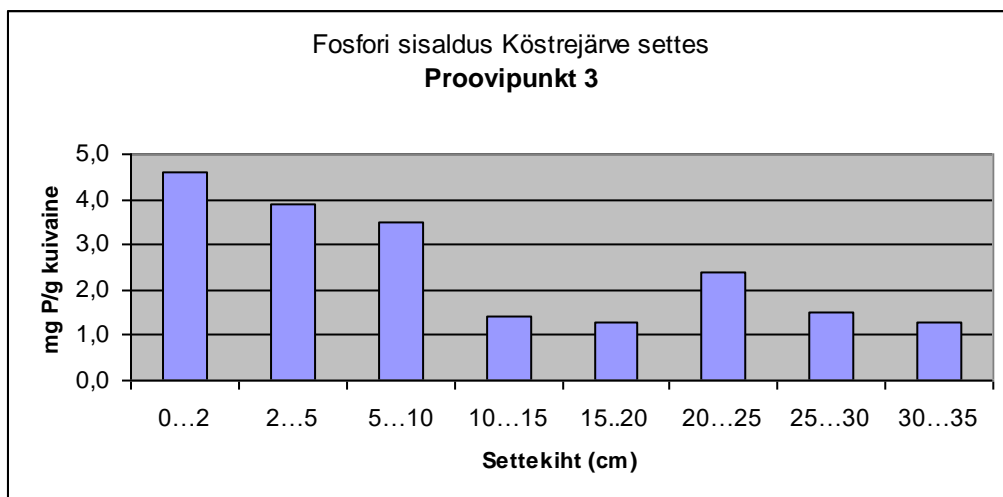
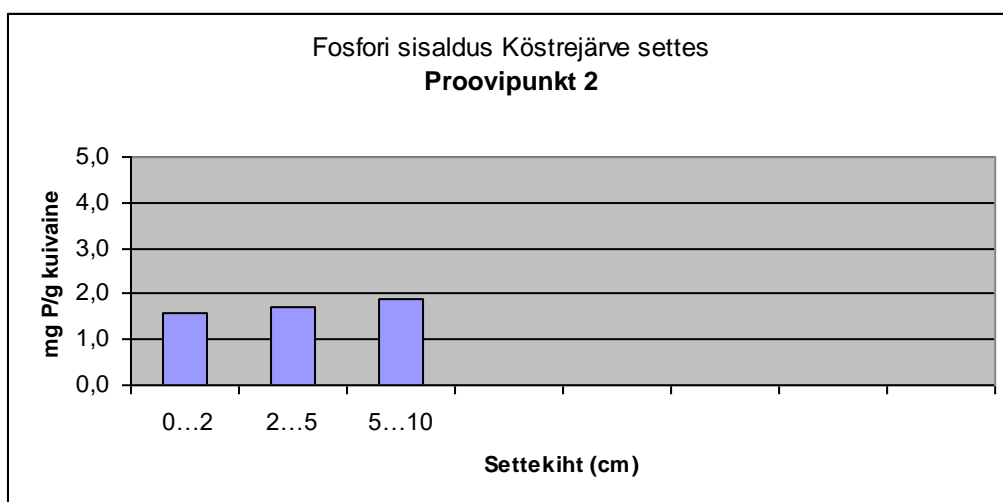
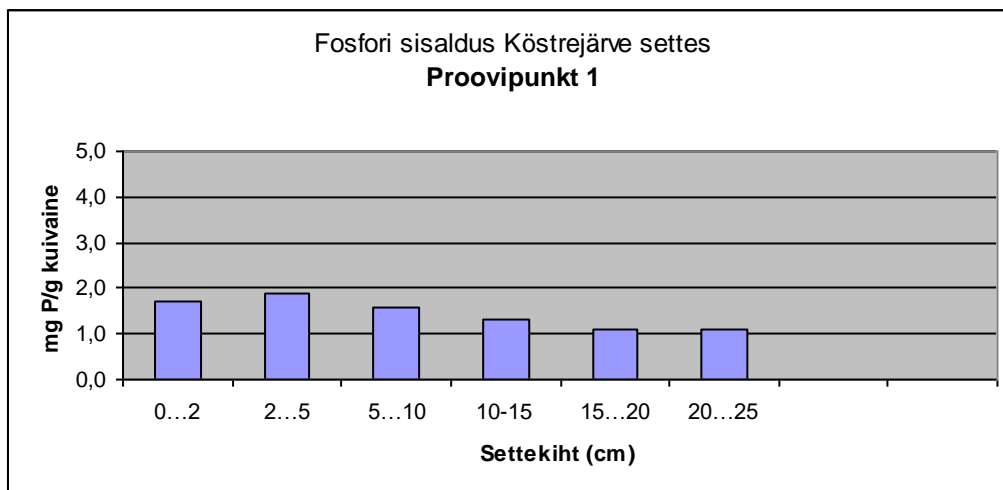
Fosforisisaldus

Proovipunktides 1 (väljavoolu lähistel) ja 2 jääb üldine fosforisisaldus kõigis uuritud settekihtides alla 2 mgP/g kuivaine (Joon.2) Võrreldes teiste Eesti väikejärvedega, mis on kannatanud inimtegevusega kaasneva reostuse all, võib seda pidada keskmiseks fosfori kontsentratsiooniks (Kisand, 2005).

Hoopis kõrgemad fosfori kontsentratsioonid leiame aga järve sissevoolupoolsest piirkonnast (proovipunkt 3). Siin saavutab fosforisisaldus juba äärmiselt kõrgeid väärtusi, mis on võrreldavad vaid mõningate teiste Eesti väga reostunud väikejärvede setetega.

Otsustades meie poolt uuritud settekihtidest leitud madalaimate fosforikontsentratsioonide põhjal, on järvesette fosforisisalduse taustkontsentratsioon maksimaalselt 1,1 mgP/g kuivaine. Looduslik taust, mille puhul pole veel märgata inimtegevusega kaasnevat biogeenide sisalduse tõusu, oleks tõenäoliselt veelgi madalam ja avalduks selle järve üle kaheksa meetri tuseduse settelasundi (Köstrejärve settelasundite uuring, OÜ REIB), veelgi sügavamates kihtides. Seega ületab Köstrejärve reostunuima settekihi fosforikontsentratsioon looduslikku tausta vähemalt neli korda.

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine



Joon. 2. Fosforisisaldus Köstrejärve settes aug. 2006. a.

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine

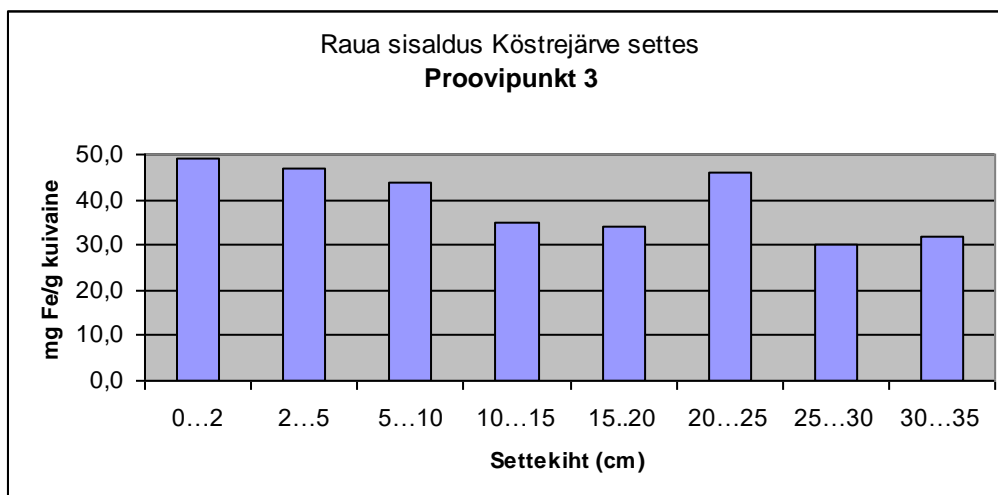
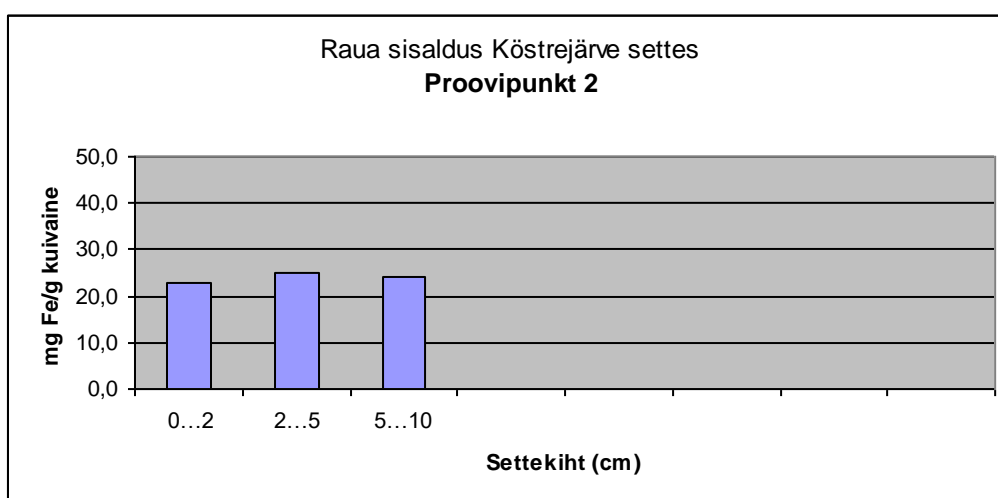
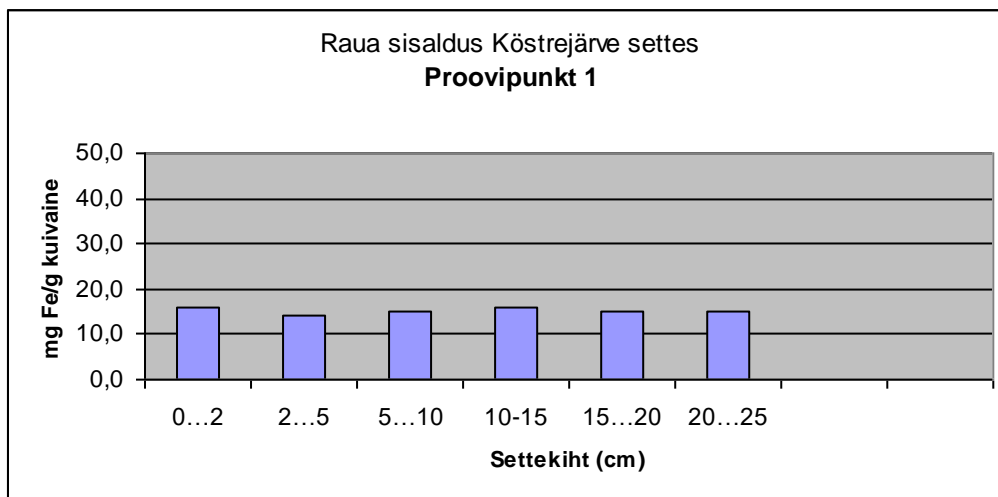
Raud

Sette rauasisaldus on madalaim proovipunktis nr. 1 (väljavoolupoolne järveosa). Siin jääb fosforisisaldus piiridesse 14-16 mgFe/g kuivaine, ning jaotus erinevate kihtide vahel on võrdlemisi ühtlane (Joon.3). Proovipunktis 2 on raua kontsentratsioon kõrgem: 23-25 g Fe/g kuivaine ning samuti jaotunud ühtlaselt. Proovipunktis 3 on nii rauasisaldus kui ka erinevused sette sügavuskihtide vahel suuremad. Raua sisaldus jääb piiridesse 30-49 g Fe/g kuivaine. Madalamad väärtused esinevad puursüdamiku alumises osas, kõrgemad pindmises 10 sm tuseduses settekihis ning ka sügavusvahemikus 15-25 cm.

Settes sisalduv raud mängib sageli olulist rolli settes sisalduva fosfori kinnipidamisel. Järvede seisundi parandamise tarbeks tehtud uuringuis on leitud, et kui raua ja fosfori massisuhe on üle 15, peaks sete suutma toime tulla fosfori sidumisega.

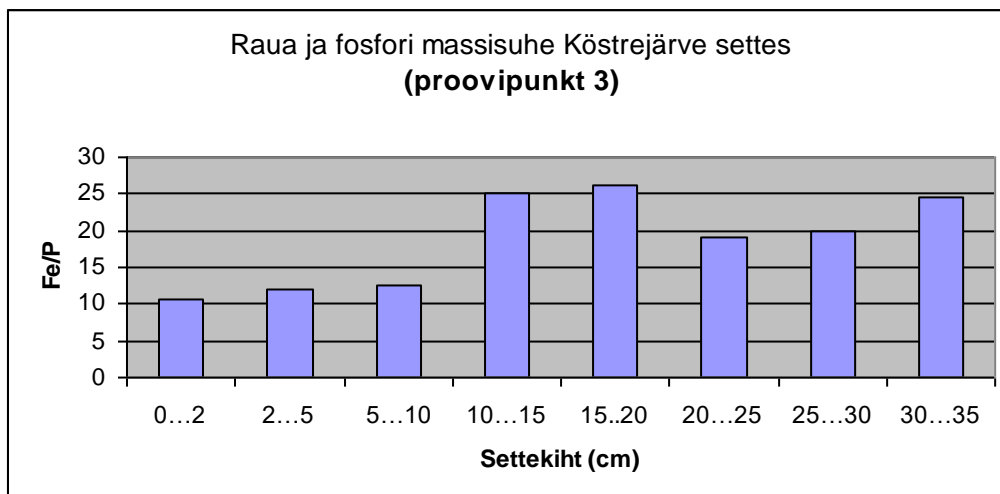
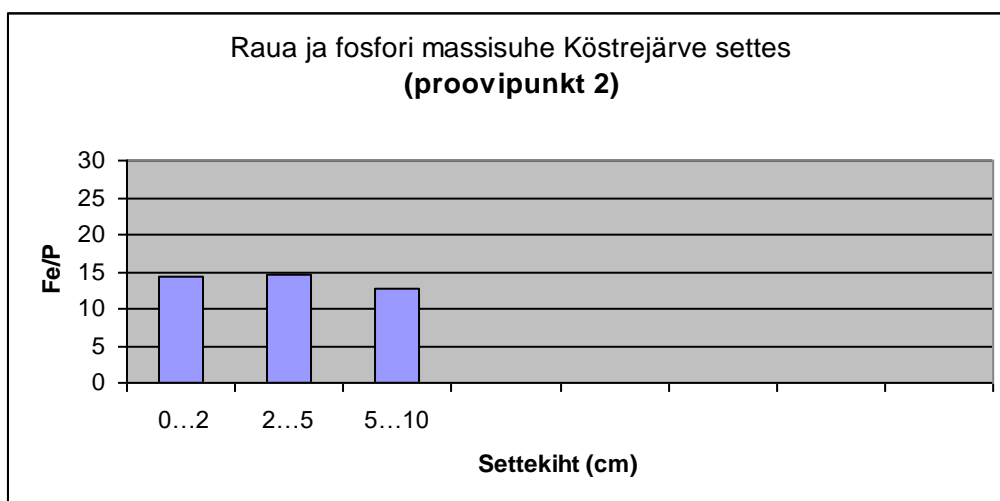
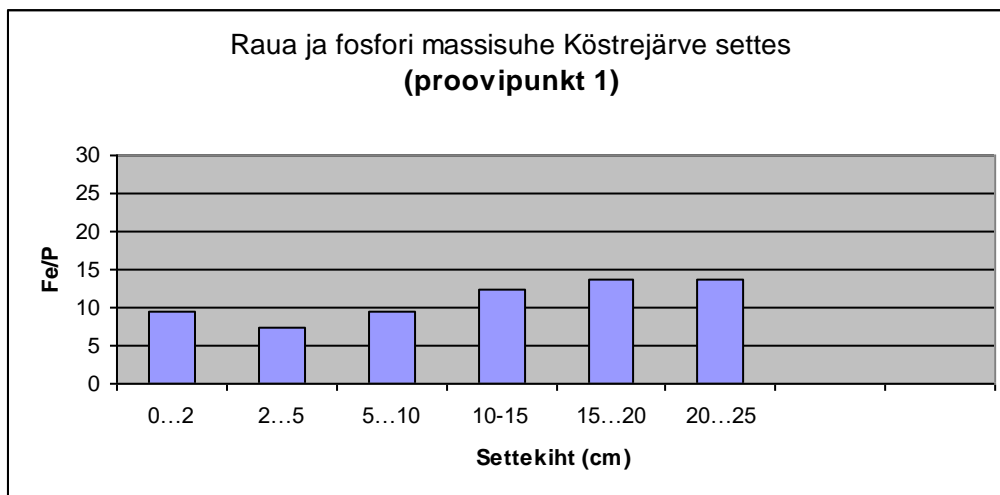
Köstrejärve puhul võime sette raua ja fosfori massisuhet vaadates (Joon. 4) täheldada, et üle 15 jäävaid väärtusi leiame ainult proovipunkti 3 sügavamatest settekihtidest. Kõikide proovipunktide pindmistes (kuni 10 cm sügavusel asuvates) settekihtides, mis on eriti olulised sette ja järvevee vahelises biogeenideringluses, jääb see näitaja alla 15, väljavoolupoolses harus koguni alla 10.

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine



Joon. 3. Sette rauasisaldus Köstrejärves aug. 2006. a.

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine



Joon. 4. Raua ja fosfori massisuhe Köstrejärve settes aug. 2006. a.

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine

Teised metallid

Lisaks rauale määrati mõningate metallide, sealhulgas raskemetallide sisaldus ühest setteproovist: 3. proovipunkti settepuursüdamiku sügavuskihist 15-20 cm. Tulemused on ära toodud tabelis 1. Nende analüüside alusel saab esialgselt hinnata sette koostist puhuks, kui setet soovitakse järvest eemaldada ning kasutada nt. haljastuses, väetisena vms. Vastavalt kasutusale tuleks hinnata sette koostise sobivust valitud eesmärgiks. Sel juhul võiks aga teha detailsema arvukamate proovidega kordusanalüüsi sette pindmistest kihtidest. Kuna ülejäänud setteanalüüsid (raud, fosfor), näitavad 3. proovipunkti ülemistes settekihtides ebatavaliselt suurt kontsentratsiooni kasvu, võib seal olla antud prooviga võrreldes kõrgem ka nende elementide kontsentratsioon. .

Tabel 1. Metallide sisaldus Köstrejärve setetes aug. 2006. a.

Element	Kontsentratsioon (mg/kg kuivaine)
Al	6800,00
Mg	4300,00
K	1300,00
Mn	510,00
Zn	69,00
Pb	20,00
Cr	11,00
Cu	9,80
Ni	9,50
Cd	0,47
Hg	0,27

Fosfori fraktsioonid

Fosfori keemilised fraktsioonid määramiseks ekstraheeriti setet neutraalse soolalahusega (1M NH₄Cl, 2 X 2h), redutseeriva ühendiga (0,11 M “BD”, mis koosneb naatriumvesinikkarbonaadist ja naatriumditioniidist, 1 h), alusega (0,1 M NaOH, 16 h) ning happega (0,5 M HCl, 24 h).

Saadud ekstraktidest määrati fosfori kontsentratsioon (lahustunud ehk reaktiivne fosfor “RP”, NaOH-ekstraktist ka mittereaktiivne fosfor, “NRP”, viimane on NaOH

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine

ekstraktis sisalduva üldfosfori ning reaktiivse fosfori vahe) ning arvutatakse saadud tulemus ümber 1 g kuiva sette kohta. Vastavaid fosforifraktsioone tõlgendatakse järgmiselt:

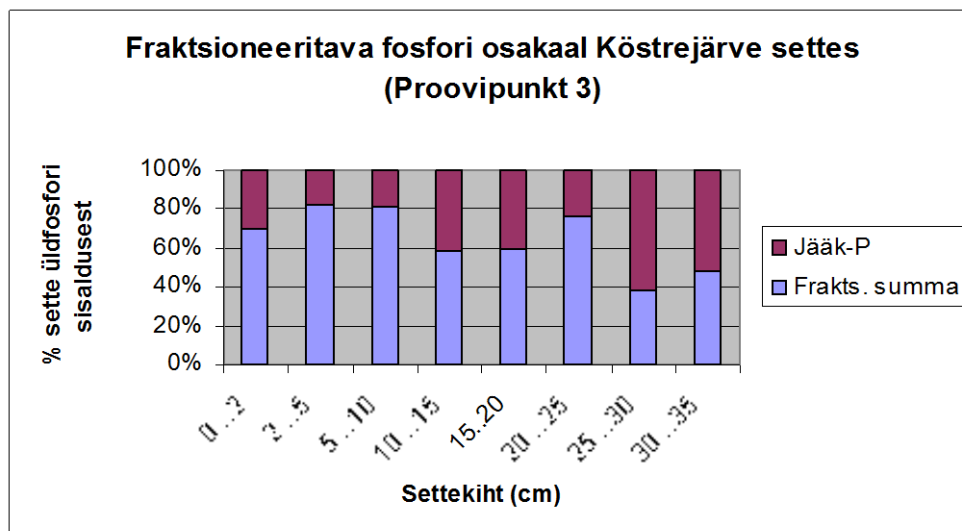
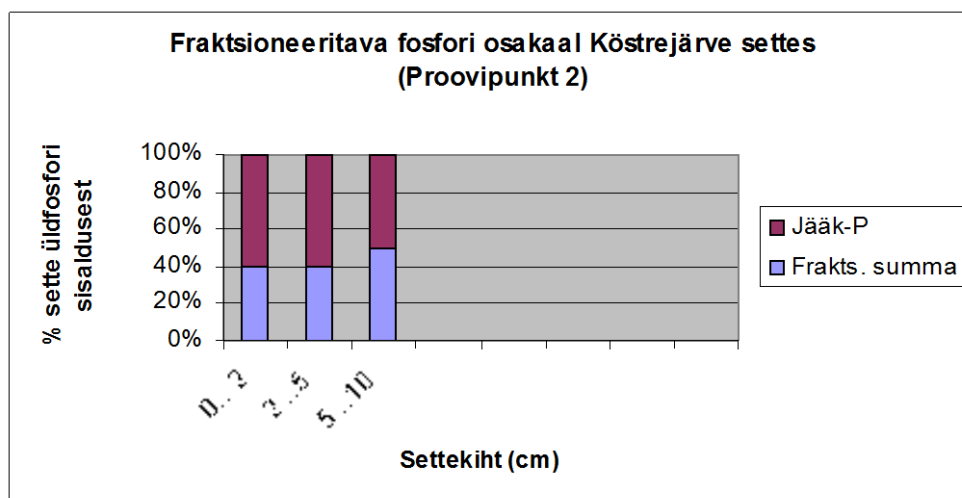
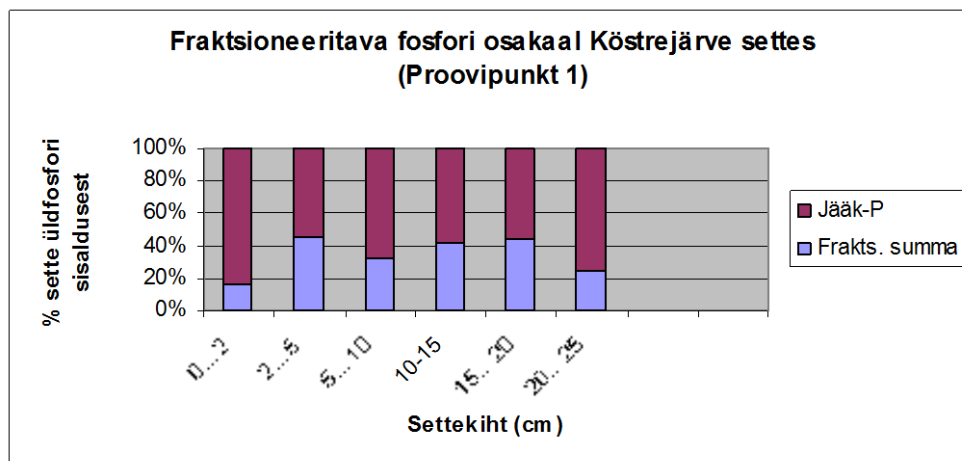
- $\text{NH}_4\text{Cl-RP}$ – liikuv, kergesti vabanev fosfor
- BD-RP - fosfor, mis on seotud metallidega, mis võivad redutseeruda anaeroobsetes tingimustes (Fe, Mn)
- NaOH-RP – fosfor, mis on absorbeerunud savimineraalidele ja alumiiniumoksiidile
- NaOH-NRP - suhteliselt kergesti laguneva orgaanilise ainega seotud fosfor
- HCl-RP – peamiselt kaltsiumiga seotud fosfor

Antud meetodiga ekstraheeritavate fosforifraktsioonide summa on alati väiksem sette üldfosfori sisaldusest, seega võib arvutuslikult leida veel ühe settefosfori fraktsiooni:

- Jääkfosfor – ülnimetatud fraktsioonide summa ning sette üldfosfori sisalduse erinevus, see fraktsioon on keemilistele mõjutustele väga vastupidav.

Fraktsioneeritava fosfori ja jääkfosfori osakaal sette üldisest fosforisisaldusest on ära toodud **joonisel 5**. Ilmnes, et neis setteis, kus üldine fosforisisaldus on tagasihoidlikum (proovipunktides 1 ja 2), moodustab fraktsioneeritava fosfori hulk alla poole üldfosfori sisaldusest (16 kuni 49 %), kuid proovipunktis 3, mida iseloomustab väga kõrge üldfosfori sisaldus, on see näitaja 60-83 % vahele (välja arvatud allpool 25 cm asuvad settekihid, kus taas esineb madalam üldfosfori sisaldus).

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine



Joon. 5. Fraksioneeritava fosfori osakaal Köstrejärve sette koguhulgas aug. 2006. a.

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine

Ekstraheeritavatest fosforifraktsioonidest peetakse potentsiaalselt mobiilseks kolme fraktsiooni: NH_4Cl -RP, BD-RP ja NaOH-NRP.

Kui proovipunktides 1 ja 2 on potentsiaalselt settest vabaneda võiva fosfori hulk ülemise 10 cm erinevates settekihtides 230-630 mg P 1 kg kuiva sette kohta, siis proovipunktis 3 on vastav näitaja 760-1120 mg P 1 kg kuiva sette kohta (Tabel 2).

Tabel 2. Fosfori fraktsioonid Kõstrejärve settes aug. 2006.a.

Proovipunkt	Settekiht (cm)	NH ₄ Cl-RP mg P/kg kuivaine	BD-RP mg P/kg kuivaine	NaOH-RP mg P/kg kuivaine	NaOH-NRP mg P/kg kuivaine	HCl-RP mg P/kg kuivaine	Frakts. summa mg P/kg kuivaine	Jääk-P mg P/kg kuivaine	Mobiilne P mg P/kg kuivaine
1	0...2	8,3	180,3	15,6	42,8	24,4	271,3	1428,7	231,3
1	2...5	49,6	181,3	184,1	397,5	50,1	862,6	1037,4	628,4
1	5...10	18,0	90,7	40,0	333,7	23,6	506,0	1094,0	442,4
1	10...15	38,8	67,2	120,9	186,5	126,9	540,3	759,7	292,5
1	15...20	36,6	83,5	166,2	158,6	39,8	484,6	615,4	278,6
1	20...25	22,5	9,2	25,3	189,1	31,4	277,6	822,4	220,8
2	0...2	35,6	117,2	58,1	366,5	51,8	629,0	971,0	519,2
2	2...5	0,3	226,5	51,7	351,2	38,6	668,4	1031,6	578,1
2	5...10	4,4	158,4	321,0	337,6	111,6	932,9	967,1	500,3
3	0...2	169,4	316,7	1840,3	638,0	265,6	3230,0	1370,0	1124,0
3	2...5	146,4	288,2	1921,6	562,6	310,4	3229,3	670,7	997,2
3	5...10	120,1	295,0	1808,3	343,0	292,6	2858,9	641,1	758,0
3	10...15	23,0	70,2	307,6	212,2	205,3	818,4	581,6	305,5
3	15...20	28,4	87,1	440,1	59,0	159,9	774,4	525,6	174,4
3	20...25	57,5	171,2	1116,7	169,9	307,6	1822,9	577,1	398,6
3	25...30	7,8	238,1	76,5	160,2	87,8	570,4	929,6	406,1
3	30...35	12,1	303,1	99,5	95,8	122,9	633,5	666,5	411,1

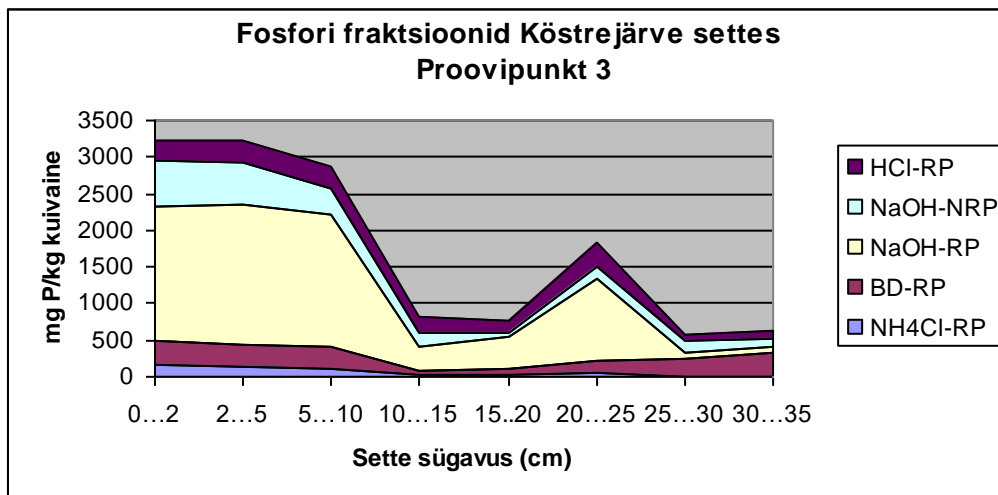
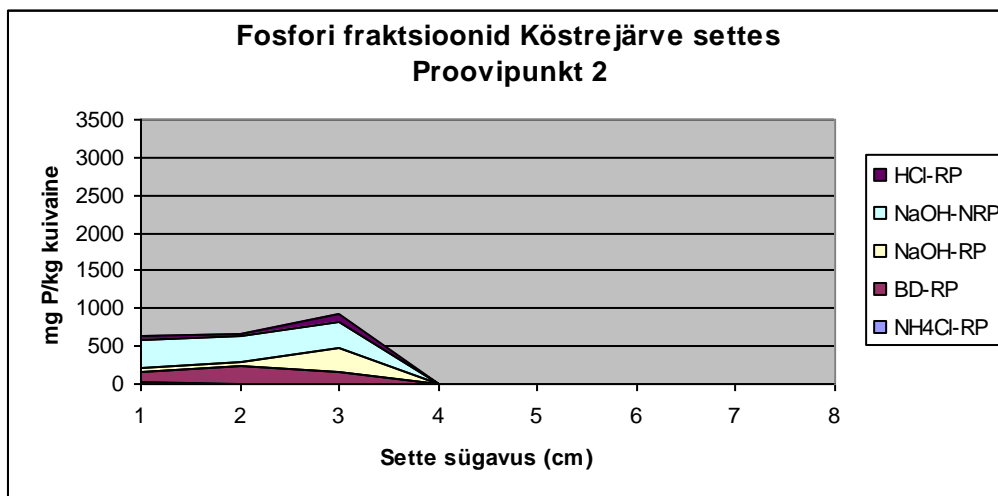
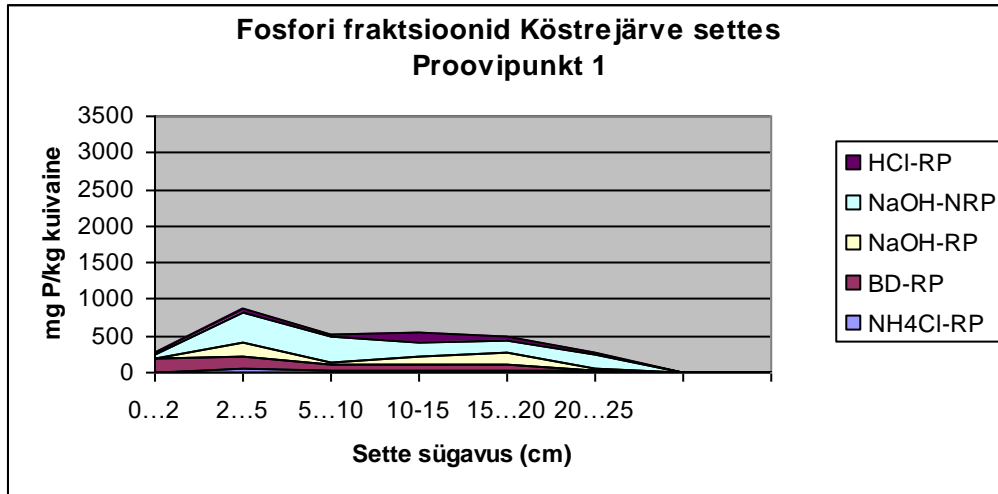
Fosfori fraktsioonide jaotus on ära toodud **joonisel 6**.

Kergesti vabaneva NH_4Cl -RP sisaldus on mõnevõrra kõrgenenud sissevoolupoelses järveosas sette pindmistes kihtides. Selle fraktsiooni kontsentratsioon peegeldab sette võimet siduda fosforit. Mida suurem on NH_4Cl -RP kontsentratsioon, seda vähem suudab sete fosforit kinni hoida.

BD-RP fraktsioon (raua ja mangaaniga seotud fosfor) võib settest vabaneda, kui sette pind muutub anaeroobseks. Sel juhul redutseeruvad raud ja mangaan ning nii need metallid kui ka nendega seotud fosfor lahustuvad. Lahustunud fosfor võib aga sette pindmistest kihtidest kergesti järvevette difundeeruda. Anaeroobsed tingimused kalduvad settes esinema talve lõpus (tähelestatud Kõstrejärvel ka näiteks kevadel 2006 nädal enne jää lagunemist) ning suvel seoses settiva orgaanilise aine lagunemisga.

NaOH -RP (alumiiniumi ning savimineraalidega seotud fosfor) suhteliselt suur osakaal esies puursüdamikus 3. NaOH -RP fraktsiooni sisaldus on hüppeliselt kõrge nii sette kõige ülemistes kihtides (0-10 cm) ning üllatuslikult ka sügavusel 20-25 cm. Sellist hüppelist tõusu nii sette pinnal kui ka 20-25 cm sügavusel toetab ka fraktsioneerimisest sõltumatu analüüsina läbi viidud üldfosfori määrang. Selles fraktsioonis sisalduvat fosforit peetakse vähetundlikuks sette redokstingimuste suhtes, kuid sellest fraktsioonist võib fosfor vabaneda pH muutuste tagajärjel.

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine



Joon. 6. Köstrejärve sette fosfori fraktsioonid aug. 2006. a.

Järeldused ja ettepanekud

Pikaajalise reostuse tulemusena on tekkinud olukord, kus Köstrejärve sette 10 cm tuseduses pinnakihis on hüppeliselt tõusnud peamise eutrofeerumist põhjustava biogeeni fosfori kontsentratsioon. See kontsentratsioon on vähemalt neli korda suurem järvesette looduslikust fosforisisaldusest. Raua ja fosfori massisuhte vähenemine viitab sellele, et sete hakkab fosforiga küllastuma.

Probleeme võib tekitada ka puhastatud vee juhtimine järve siis, kui vesi voolab järve varasemat teed pidi. Kõrgenenud fosforisisaldus settes viitab sellele, et settetiigid ning märgala, millest voolab läbi järve saabuv vesi, ei suuda efektiivselt fosforit siduda. Tegemist võib olla olukorraga, kus need tiigid ning märgala on talletanud enesesse palju fosforirikast materjali. Puhastatud vee ülevoolamisel neist võib vesi veel paljude aastate jooksul taas enne järve jõudmist fosforiga rikastuda. Siin mängib rolli varem settinud materjalist lagunemise käigus vabaneva fosfori ning ülevoolava vee fosforisisalduse erinevus. Erinevate kontsentratsioonide tõttu võib fosfor difundeeruda madalama fosforisisaldusega keskkonna suunas.

Järvede toitelisuse vähendamise praktikas on ilmnunud, et fosforiga küllastunud setetega veekogus ei parane järve seisund tihti ka siis, kui järve juhitakse alandatud biogeenidesisaldusega vett. Kuigi väline fosforikoormus on vähenenud, võib sellest palju suuremaks osutada sisekoormus setteist järvevette tagasi imbuva fosfori arvelt. Just selline stsenaarium on ülimalt tõenäoline Köstrejärve puhul. Järve taastumine võtab sellisel juhul aastaid, fosforirikaste settekihtide mattumiseni (kuni nende ja järvevee vahel ei toimu enam biogeenidevahetust, võib kuluda sõltuvalt sissekantava materjali hulgast vähemalt paarkümmend aastat. Samas toetab järve kõrgenenud toitelisus ka pealesettiva materjali fosforirikust.

Tervendamiseks tuleks kaaluda erinevaid meetodeid, mida kasutatakse maailma senises praktikas (Cooke et al., 2005; Ott jt. 2005). Meetodite valikul on teatavad kitsendavad piirangud:

1. Köstrejärv on madal, suurtaimede pealetungiks sobiv veekogu. Nn. ökoloogiliseks piiriks suurtaimede- ja fütoplanktonirikaste järvede vahel loetakse keskmist sügavust 3 m.

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine

2. Nõrk veevahetus (1 kord aastas). Sel puhul on isepuhastusmehhanismid nõrgad, hapnikuvarud väikesed, prevaleerib akumulatsioon ja veemassis toimub vaid vähesel määral toodetud orgaanilise aine lagundamine.
3. Kõrge aluselisus (viimastel mõõtmistel >220 mg/l). Selle väärtused on iseloomulikud tugevatele, hästi puhverdatud ökosüsteemidele.
4. Järve kaldajoone liigestatus loob kolm erinevat soppi ja neis on erinevad sette koostised.

Eelpooltoodust lähtuvalt võib kaaluda järgmiste meetodite vahel: a) taimede igaaastane niitmine setet puutumata; b) taimede ja reostunud sette eemaldamine kas mingist piirkonnast või kõigi järveosade sügavaimast paigast; c) reostunud sette eemaldamine koos allesjäänud osa oksüdeerimisega (RIPLOX meetod; Ripl, 1994). Nende kolme variandi alusel oleks võimalik ka teatav vahepealne variant, mis sõltub kasutatavatest finantsressurssidest. Kõige otstarbekam tundub tühjendada reostunud mudast (ca 30 cm) kõige laiem ja ühtlasi reostunud sopp. Kindluse mõttes võib setet veel oksüdeerida. See on aga kulukas protseduur. Võimalus on ka see puhastatud osa jätta edasi töötlemata. Sel juhul arvatavasti põhi kattub mändvetikatega, sest vee aluselisus on suur. Seda paranemistendentsi on Limnoloogiakeskuse hüdrobotaanikud juba märganud. Mändvetikad imavad ka suhteliselt kiiresti toitesooli, nad ei kasva nii kõrgeks, et ulatuda veepinnani, puhastavad vett, ei ole väga lopsakad. Neid on ka vajadusel suhteliselt kerge eemaldada, sest neil puuduvad juured. Ülejäänud kaks järvesoppi jääksid töötluseta, kus ühtlasi säiliks nii kaitstavad põhjaloomad, putukad kui ka väike vesiroos. Niisugusel puhul oleks Köstrejärves praegusega rohkem elupaiku, ei domineeriks orgaanilise aine kuhjumine, vaid suur osa lagundataks veemassis.

Köstrejärve setete analüüsi läbiviimine ning järveseisundi parandamise tegevuskava väljatöötamine

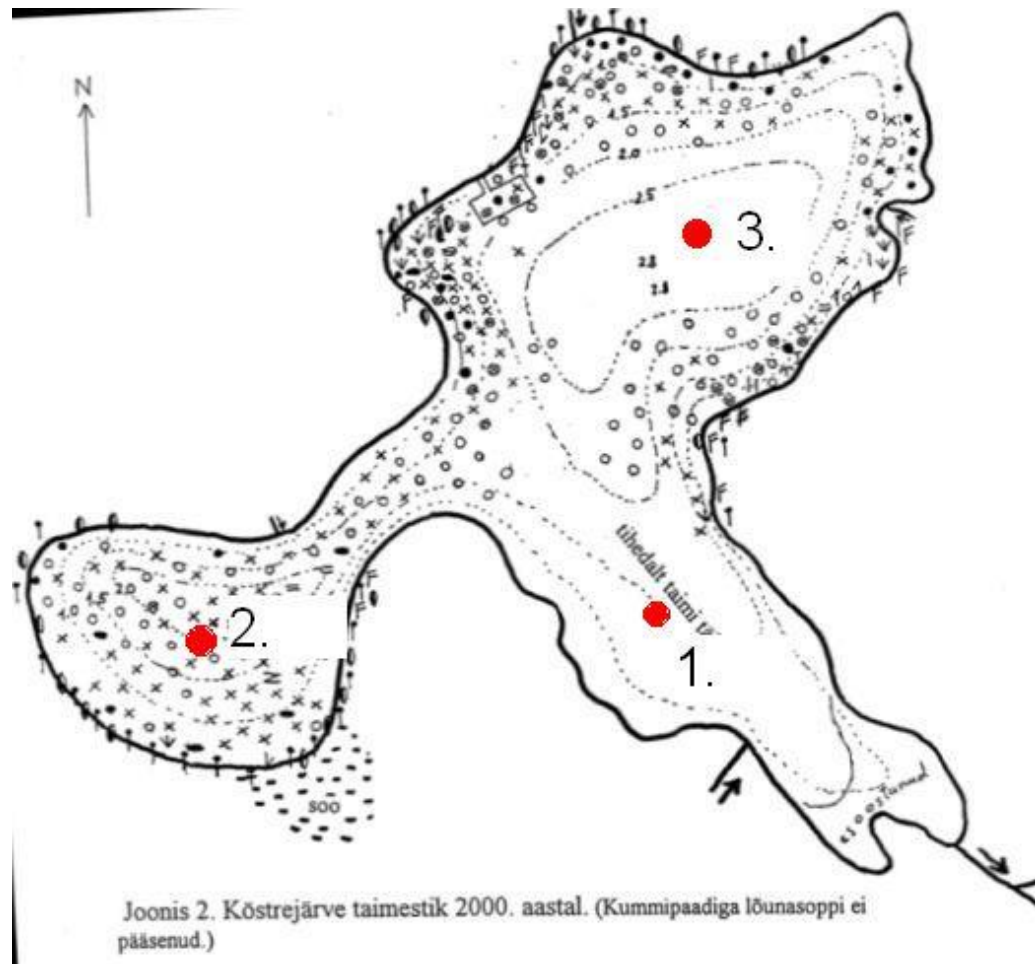
Kirjandus

Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S. A., Nichols, S. A. 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs. Third edition. Taylor & Francis Group. 591 pp.

Ott, I., Pedusaar, T., Järvalt, A. 2005. Järvede tervendamine ja biomanipulatsioon. Rmt.: Ökoloogiline taastamine. ELUS'i aastaraamat 83. kd. 49-72.

Kisand, A. 2005. Distribution of sediment phosphorus fractions in hypertrophic strongly stratified Lake Verevi. *Hydrobiologia* (2005) 547:33–39. Springer 2005
I. Ott & T. Kõiv (eds), Lake Verevi, Estonia – A Highly Stratified Hypertrophic Lake

Ripl, W., 1994. Restoration methods and techniques. Sediment treatment. In Eiseltova, M. (ed.), Restoration of Lake Ecosystems, a holistic approach, 75–82 pp.



Setteproovipunktide asetus aug. 2006. a.