

EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut
Limnoloogiakeskus



**Järvede ökoloogilise seisundi hindamisel kasutatava fütoplanktoni
ja füüsikalise-keemiliste kvaliteedinäitajate klassipiiride
korrigeerimine ja referentstingimuste seadmine**

Koostajad: Prof. Ingmar Ott
MSc. Kairi Maileht
BSc. Ronald Laarmaa

Tartu 2013

SISUKORD

Sissejuhatus	4
<i>Introduction</i>	5
Töös enamkasutatud lühendid	6
1. Materjal ja meetodid	7
1.1. Fütoplanktoni ja füüsikalis-keemiliste näitajate andmebaas	7
1.2. Järvede ökoloogilise seisundi hindamine fütoplanktoni alusel	7
1.2.1. Fütoplanktoni koondindeks	10
1.2.2. Ühtluse indeks	12
1.2.3. Klorofüll-a kontsentratsioon	13
1.2.4. Koosluse hinnang (KH)	14
1.3. Järvede ökoloogilise seisundi hindamine füüsikalis-keemiliste näitajate alusel	15
1.4. Järve üldhinnang (JÜLD)	17
1.5. Valgala indeks (VI)	20
1.6. Referentstingimused	23
2. Tulemused	25
2.1. Pielou ühtluse indeksi kasutamine Eesti järvede ökoloogilise seisundi hindamisel	25
2.2. Fütoplanktoni koondindeks	27
2.3. Klorofüll-a	34
2.4. Koosluse kirjeldus	40
2.5. Järve üldhinnang	41
2.6. Füüsikalis-keemilised näitajad	42
3. Arutelu	43
3.1. Ühtluse indeksi sobivus klassifikatsioonis	43
3.2. Fütoplanktoni koondindeks	44
3.3. Klorofüll-a	45
3.4. Koosluse kirjeldus	46
3.5. Järve üldhinnangu seosed fütoplanktoni näitajatega	47
3.6. Füüsikalis-keemiliste näitajate klassipiirid	47
3.7. Toiteainesisalduse ja fütoplanktoni näitajate referentstingimused	48
4. Kokkuvõtte ja ettepanekud	50
<i>Summary</i>	53
Kasutatud kirjandus	56

Sissejuhatus

Veekogude primaarprodutsendina on fütoplankton väga informatiivne ja selle vaatlused on olnud Eesti seireprogrammi osaks algusest alates, st 1992. a. Seetõttu on oluline uurida fütoplanktoni muutusi ning analüüsida fütoplanktoni indekseid, et need peegeldaksid võimalikult igakülselt järve ökoloogilist seisundit.

Töös keskendutakse suuresti ühetaolisuse indeksile (J, ühtluse indeks, *evenness*). Viimastel aastatel on ühtluse indeksit testitud EL Balti ja Kesk-Euroopa ökoregiooni liikmesriikide tööruhmas ja europrojektis WISER (oli teaduslikuks toeks EL järvede kvaliteedi klassipiiride interkalibreerimisele), eesmärgiga kasutada seda ühe parameetrina veeõitsengu meetodis (Carvalho et al., 2013; Lyche-Solheim et al., 2013).

Antud töö eesmärkideks on kontrollida fütoplanktoni ühtluse indeksi piiride sobivust järvede ökoloogilise seisundi hindamisel ning vajadusel neid piire korrigeerida, lisaks täiustada fütoplanktoni alusel järvede hindamise süsteemi. Samuti selgitada Eesti järvetüüpide I-V ja VIII kohta kokkuvõtvalt, kuidas tuletati toiteainesisalduse ja fütoplanktoni indikaatorite referentstingimused ja ökoloogilise seisundi klassipiirid.

Töö eesmärkide täitmiseks kasutati algandmetena Eesti väikejärvede fütoplanktoni ja füüsikalise-keemiliste näitajate andmebaasi.

Introduction

Phytoplankton as a primary producer is very informative and it has been used in Estonian monitoring program since 1992. Hereby it is very important to study changes of phytoplankton and analyse different indexes to reflect detailed status of ecological status of lakes.

In this study the focus is on evenness index (J, ühtluse indeks). Evenness index was also tested in Central-Baltic Geographical Intercalibration Group (CB GIG) and WISER. The latter was pan-European scientific project, supporting first mentioned intercalibration process. The purpose of these tests in working groups was to use evenness as one parameter of blooming metric (Carvalho et al., 2013; Lyche-Solheim et al., 2013).

The aim of this study is to test boundaries of evenness index. In case of need boundaries need to be revised. The second aim is to clarify reference and class borders of physico-chemical and phytoplankton parameters in Estonian lake types I to V and VIII.

To complete the aims of this study Estonian phytoplankton, chemical and background database was used.

Töös enamkasutatud lühendid

BM	Fütoplanktoni biomass
Car	Karotinoiidid
Chl <i>a</i>	Klorofüll <i>a</i> (µg/l)
EQR	ökoloogilise kvaliteedi suhe
FKI	Fütoplanktoni koondindeks
FLA	Fütoplanktoni liikide arv
FPK	Fütoplanktoni koondhinnang
FPK ilma Chl <i>a</i>	Fütoplanktoni koondhinnang ilma klorofüll- <i>a</i> hulgata
FPK ilma J	Fütoplanktoni koondhinnang ilma ühtluse indeksita
FPK ilma KH	Fütoplanktoni koondhinnang ilma koosluse hinnanguta
H	Shannoni liigierisuse indeks
H _{max}	Teoreetiline liigierisus
J	Ühtluse indeks (ühetaolisuse indeks; <i>evenness</i>)
JÜLD	Järve üldhinnang
JÜLD ilma Chl <i>a</i>	Järve üldhinnang ilma klorofüll- <i>a</i> hulgata
JÜLD ilma FKI	Järve üldhinnang ilma fütoplanktoni koondindeksita
JÜLD ilma FKI	Fütoplanktoni koondhinnang ilma fütoplanktoni koondindeksita
JÜLD ilma FP	Järve üldhinnang ilma fütoplanktoni näitajateta
JÜLD ilma Fü-Ke	Järve üldhinnang ilma füüsikalise-keemiliste näitajateta
JÜLD ilma J	Järve üldhinnang ilma ühtluse indeksita
JÜLD ilma KH	Järve üldhinnang ilma koosluse hinnanguta
JÜLD ilma SSR	Järve üldhinnang ilma suurselgrootute näitajateta
JÜLD ilma ST	Järve üldhinnang ilma suurtaimede näitajateta
KH	Fütoplanktoni koosluse hinnang
Log Chl <i>a</i>	Logaritmitud klorofüll- <i>a</i> hulk
Log N	Logaritmitud lämmastiku hulk
Log P	Logaritmitud fosfori hulk
ULTSP	Ujulehtedega taimede sügavuspiir, m
VSTSP	Veesiseste taimede sügavuspiir, m

1. Materjal ja meetodid

1.1. Fütoplanktoni ja füüsikalis-keemiliste näitajate andmebaas

Töös on kasutatud tarkvara programmi Microsoft Access (2013) andmebaasi, mis sisaldab fütoplanktoni ja hüdrokeemia andmeid aastatel 1998-2011. Andmebaasis on algmaterjalina 1495 proovi 201 Eesti järvest.

Kasutatud on vegetatsiooniperioodi (mai kuni september) kihtide (pind, hüppekiht, põhi) keskmisi väärtusi. 2008-2011 a. andmete kohta on lisatud erinevate fütoplanktoni parameetrite hinnangud, fütoplanktoni koondhinnang, järvede üldhinnang, järve üldhinnang ilma üksikute fütoplanktoni ja füüsikalis-keemiliste näitajateta.

Statistilise analüüsi jaoks on kasutatud tarkvara programme Statistica 10 (*Statistica*, 2001) ja MVSP (*Multi Variate Statistical Package*, 2013).

1.2. Järvede ökoloogilise seisundi hindamine fütoplanktoni alusel

Järve ökoloogilise seisundi hindamisel fütoplanktoni alusel kasutatakse nelja parameetrit: klorofüll a sisaldus proovis (Chl a, µg/l), fütoplanktoni koondindeks (FKI), ühtluse indeks (J) ja koosluse kirjeldus (KH). 2013. a. interkalibreerimisotsuses on määratud EQR piirid II ja III tüübis (Directive 2000/60/EC..., 2013). Vajadusel kasutatakse ka eksperthinnangut (näiteks indikaatorliigid, dominantliikide vaheldumist kasvuperioodi jooksul jne.).

Fütoplanktoni koondhinnang (FPK) antakse järvele parameetrite seisundihinnangute aritmeetiliste keskmiste alusel, tähistades seisundihinnanguid järgmiselt:

parameeter väga hea – 1

parameeter hea – 2

parameeter kesine – 3

parameeter halb – 4

parameeter väga halb – 5

Klorofüll-a ja fütoplanktoni koondindeksi klassipiirid on järvetüüpides erinevad. Ühtluse indeksi ja koosluse kirjelduse klassipiirid on erinevates järvetüüpides ühesugused (tabel 1.2.1; Pinnaveekogumite..., 2009).

Fütoplanktoni koondhinnangu klassipiirid ja EQR-id on II, III, IV ja V järvetüüpides samasugused. Interkalibreeritud järvetüüpidel ja nendel, kus on kasutatud kirjeldavat näitajat (koosluse kirjeldus), kasutatakse transponeeritud EQR väärtusi (väga hea/hea piir on 0,8 ja

hea/kesise piir 0,6). I tüübi fütoplanktoni koondhinnang ja EQR-id antakse klorofüll a, fütoplanktoni koondindeksi alusel ja ühtluse indeksi alusel. VIII kasutakse ainult Chl a väärtust, mille alusel on toodud ka EQR väärtused (tabel 1.2.1).

Tabel 1.2.1. Fütoplanktoni parameetrite klassipiirid erinevates järvetüüpides.

*Fütoplanktoni kooslus (KH):

A- väga hea ja hea kvaliteediklass. Liikide arvukus enamvähem võrdne, pole võimalik eristada kindlaid dominante.

B- kesine kvaliteediklass. Arvukuses domineerivad 3-5 liiki (>80%).

C- halb kvaliteediklass. Üks liik domineerib arvukuses (> 80 %).

D- väga halb kvaliteediklass. Domineerivad tsüanobakteritest perekondade *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Radiocystis*, *Planktothrix*, *Limnothrix*, *Woronichinia*, *Anabaena* esindajad või rohevetikatest *chlorococcales* ning klorofüll a sisaldus on >20 mg/m³

FKI- fütoplanktoni koondindeks; J- ühtluse indeks; FPK- fütoplanktoni koondhinnang; FPK

EQR- fütoplanktoni koondhinnangu EQR

Tüüp	Kvaliteedi-klass	Chl a, µg/l	KH*	FKI	J	FPK	FPK EQR
1	väga hea	<1	ei kasutata	<2	0,81-1	1-1,5	>0,66
1	Hea	1-2	ei kasutata	2-4	0,61-0,80	1,51-2,5	0,33-0,66
1	Kesine	2-3	ei kasutata	>4-7	0,41-0,60	2,5-3,51	<0,33-0,20
1	Halb	3-5	ei kasutata	>7	0,21-0,40	3-4,5	<0,20-0,15
1	väga halb	>5	ei kasutata	>7	0-0,20	4,5-5	<0,15
2	väga hea	<10	A	<3,5	0,81-1	1-1,5	0,81-1
2	Hea	10-20	A	3,5-6	0,61-0,80	1,51-2,5	0,61-0,8
2	Kesine	20-30	B	>6-9	0,41-0,60	2,5-3,51	0,41-0,6
2	Halb	30-50	C	>9	0,21-0,40	3-4,5	0,21-0,4
2	väga halb	>50	D	>9	0-0,20	4,5-5	0-0,2
3	väga hea	<10	A	<4	0,81-1	1-1,5	0,81-1
3	Hea	10-20	A	4-6,5	0,61-0,80	1,51-2,5	0,61-0,8
3	Kesine	20-40	B	>6,5-10	0,41-0,60	2,5-3,51	0,41-0,6
3	Halb	40-50	C	>10	0,21-0,40	3-4,5	0,21-0,4
3	väga halb	>50	D	>10	0-0,20	4,5-5	0-0,2
4	väga hea	<10	A	<2	0,81-1	1-1,5	0,81-1
4	Hea	10-20	A	>2-4	0,61-0,80	1,51-2,5	0,61-0,8
4	Kesine	20-30	B	>4-7	0,41-0,60	2,5-3,51	0,41-0,6
4	Halb	>30	C	>7	0,21-0,40	3-4,5	0,21-0,4
4	väga halb	>30	D	>7	0-0,20	4,5-5	0-0,2
5	väga hea	<10	A	<2	0,81-1	1-1,5	0,81-1
5	Hea	10-20	A	2-4	0,61-0,80	1,51-2,5	0,61-0,8

5	Kesine	20-30	B	>4-7	0,41-0,60	2,5-3,51	0,41-0,6
5	Halb	>30	C	>7	0,21-0,40	3-4,5	0,21-0,4
5	väga halb	>30	D	>7	0-0,20	4,5-5	0-0,2
8	väga hea	<5	ei kasutata	ei kasutata	ei kasutata	1-1,5	>0,6
8	Hea	5-15	ei kasutata	ei kasutata	ei kasutata	1,51-2,5	0,2-0,6
8	Kesine	15-25	ei kasutata	ei kasutata	ei kasutata	2,5-3,51	0,12 -<0,2
8	Halb	>25	ei kasutata	ei kasutata	ei kasutata	3-4,5	<0,12
8	väga halb	>25	ei kasutata	ei kasutata	ei kasutata	4,5-5	<0,12

1.2.1. Fütoplanktoni koondindeks

Fütoplanktoni koondindeks (*assembled index, compound quotient*), mis peegeldab järvede troofsusseisundit, loodi Taani limnoloogi Gunnar Nygaardi poolt 1949. aastal. Valem näeb originaalis välja järgmine (Nygaard, 1949, tsit. Ott, Laugaste, 1996):

$$FKI = \frac{Myxophyceae + Chlorococcales + Centrales + Eugleninae}{Desmidiaceae}$$

Myxophyceae- sinivetikad(tsüanobakterid);

Chlorococcales- algrohevetikad;

Centrales- ketasränivetikad;

Eugleninae- silmviburvetikad;

Desmidiaceae- ikkesvetikad.

Valemist on näha, et osad taksonid on esitatud klassidena ja osad seltsidena, sest tähtis on kasutada just indikaatortaksonid. Koondindeks ei taotlegi liigini määramist. Eestis kasutatakse valemit modifitseeritud kujul (Ott, Laugaste, 1996):

$$FKI = \frac{Cyanophyta + Chlorococcales + Centrales + Euglenophyceae + Cryptophyta + 1}{Desmidiiales + Chrysophyceae + 1}$$

Cyanophyta – sinivetikate liikide arv,

Chlorococcales – algrohevetikate liikide arv,

Centrales – ketasrännivetikate liikide arv,

Euglenophyceae – silmviburvetikate liikide arv,

Cryptophyta – neelvetikate liikide arv,

Desmidiiales – ikkesvetikate liikide arv,

Chrysophyceae – koldvetikate liikide arv.

Algele G. Nygaardi valemile lisasid Eesti limnoloogid Reet Laugaste ja Ingmar Ott taksoneid juurde: murru nimetajasse lisati koldvetikate liikide arv ja lugejasse neelvetikate liikide arv nii, et lugejas oleks eutroofsuse ning nimetajas oligotroofsuse indikaatorliikide arv (Ott, Laugaste, 1996). Koondindeksi dünaamika vastab ökoloogilise seisundi hinnangule palju paremini kui mõni teine limnoloogiline üksik parameeter ning kuna valem sisaldab palju liike, siis vähendab see oluliselt tulemuse juhuslikkust. Koondindeksi väärtuste klassifikatsioon troofsuse alusel on toodud tabelis 1.2.1.1 (Ott, Laugaste, 1996).

Tabel 1.2.1.1. Fütoplanktoni koondindeksi väärtused ja vastavused troofsusseisundile (Ott, Laugaste, 1996)

Troofsus- või huumusklass	Nygaard, 1949	Ott & Laugaste, 1996
Oligotroofne	1,0	<2
Düstroofne	0,0-0,3	<2
Mesotroofne		2-5
Eutroofne	1,0	5-7
Hüpertroofne		>7

Praeguseks on fütoplanktoni koondindeksi klassipiiride väärtused muudetud ning ökoloogilise seisundi hindamisel kasutatakse tabelis 1.3.1 toodud klassipiire (Pinnaveekogumite..., 2009, LISA 5)

1.2.2. Ühtluse indeks

Indeksi kehtiv nimi Eesti fütoplanktoni hindamise süsteemis on „ühetaolisuse indeks“. Ettepanek oleks muuta see keeleliselt korrektsemaks: „ühtluse indeks“ (*evenness*). Kehtiv nimetus „ühetaoline“ väljendab justkui liikide jaotust koosluses ühte moodi, kuid looduses see kindlasti nii ei ole. Töös kasutatakse inglise keelset väljendit *evenness*, tõlgitult „ühtluse indeks“.

Selleks, et arvutada ühtluse indeksit, peab leidma Shannoni liigierisuse indeksi väärtuse. Viimane on saadud Simpsoni diversiteedi indeksist, mis loodi 1949. aastal Edward H. Simpsoni poolt ja kajastab suhtelist ohtruse jaotust koosluses.

Simpsoni diversiteedi indeks (D) näitab tõenäosust, et kaks juhuslikult valitud isendit on samast liigist:

$$D = \sum p_i^2$$

p_i – liigi osakaal kõikidest liikidest

Antud indeksi puhul tähistab 0 suurt mitmekesisust ning 1 näitab, et mitmekesisust pole ehk mida suurem on D väärtus, seda madalam on koosluse mitmekesisus (Begon, et al., 2006).

Teiseks indeksiks, mida sageli kasutatakse on Shannoni liigierisuse indeks (*Shannon diversity index*, H). Shannoni indeksit kasutatakse väga laialt erinevate koosluste kirjeldamisel ning indeksi väärtus sõltub nii liikide arvust kui ka arvukusest (Begon et al, 2006).

$$H = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

S – liikide arv koosluses (liigirikkus)

P_i – liigi osakaal kõikidest liikidest

H väljendab liikide biomassi (arvukuse) määra ja selle jagunemist liikide vahel proovis. Mida rohkem on liike ja mida ühtlasemalt nende vahel jaotunud biomass (arvukus), seda suurem on indeksi väärtus (Begon et al, 2006).

Shannoni liigierisuse puuduseks on see, et proovid, kus on vähe liike ühtlaselt jaotunud biomassidega ning palju liike ebaühtlaselt jaotunud biomassidega, annavad samasuguse tulemuse. Tegelikuses on selliste veekogude ökoloogiline seisund erinev.

Fütoplanktoni koosluse kirjeldamisel kasutatakse lisaks teistele indeksitele ka Pielou ühtluse indeksit. Ühtluse indeks (ühetaolisuse indeks, J , *evenness*; Pielou, 1975) näitab liikide jaotust kooslustes. Seda kasutatakse ökoloogias laialdaselt (Begon et al, 2006; Odum, 1971).

Ühtluse indeksi valem:

$$J = \frac{H'}{H'_{max}}$$

H' on Shannoni liigierisus,

H'_{max} on teoreetiline liigierisus.

Valemis kasutatud teoreetiliseks liigierisuseks (H'_{max}) nimetatakse biomassi, mis jaguneks ühtlaselt proovis leitud liikide vahel.

Ühtluse indeks väheneb võrdeliselt järve ökoloogilise seisundi halvenedes ning suureneb seisundi paranemisel. Indeksi väärtused esinevad skaalas 0-1 ning on jaotatud võrdselt igas järvetüübis viide seisundiklassi (Pinnaveekogumite..., 2009). J erinevus H indeksiga võrreldes seisneb selles, et eristuvad kooslused, kus on vähe liike ja biomass ühtlaselt jaotunud ning kooslused, kus leidub palju liike ja biomass on ebaühtlaselt jaotunud. Fütoplanktoni kooslused, millel on kõrge ühtluse indeksi väärtus on stabiilsemad ja vähem tundlikumad stressi suhtes (Steiner et al. 2005; Mishke et al, 2011). Kõrge ühtluse indeksi väärtus peaks iseloomustama fütoplanktoni kooslusi häirimata järvedes (Mishke et al, 2011).

Ühtluse indeksi kasutamisel ökoloogilise seisundi hindajana kasutatakse ideed, mille kohaselt on ökoloogiline seisund parim kliimaskooslustes, kus võimalikult suure liikide arvu juures on biomass (arvukus) ühtlaselt jaotunud. Tulemust väljendatakse sisuliselt protsentuaalselt, mis teeb väärtuse võimalikult lihtsalt arusaadavaks.

Pielou ühtluse indeks on siiani olnud laialdaselt kasutatav sõltumata sellest, et nüüdseks juba mitukümmend aastat on kirjanduses kirjeldatud seda kui kehvade tulemustega näitajat (Heip et al., 1998, Mischke et al., 2011, Lyche-Solheim et al., 2013)

1.2.3. Klorofüll-a kontsentratsioon

Proovidest määratakse erinevate pigmentide sisaldused: klorofüll (Chl *a*, Chl *b*, Chl *c*) ja karotinoidid (Car). Selleks kasutatakse spektrofotomeetrilist meetodit: pigmentide sisaldused määratakse 96%-lises etanooli ekstraktis erinevatel neeldumisspektri lainepikkustel ja tehakse

kaks paralleelproovi. Seejärel arvutatakse Jeffrey & Humphrey (1975), Lorenzeni (1967) ja Stricklandi ning Parsons (1972) võrrandite järgi pigmentide sisaldused. Algandmed säilitatakse limnoloogiakeskuse andmebaasis, seirearuannetes kasutatakse Chl *a* andmeid.

Järve ökoloogiline seisund määratakse igas järvetüübis vastavalt klorofüll-a klassipiiridele (tabel 1.2.1).

1.2.4. Koosluse hinnang (KH)

Fütoplanktoni koosluse hinnangu andmisel arvestatakse dominantliikide ja perekondade biomassi, klorofüll-a väärtust (Chl *a*) ja vajadusel eksperthinnangut. Hetkel käibeloleva koosluse kirjeldamisel kasutatakse nelja erinevat kategooriat, mida ei kasutata I ja VIII järvetüübi puhul (tabel 1.2.1; Pinnaveekogumite..., 2009):

A- väga hea ja hea kvaliteediklass, kus liikide arvukus on enam-vähem võrdne, pole võimalik eristada kindlaid dominante.

B- kesine kvaliteediklass, kus arvukuses domineerivad 3-5 liiki (>80%)

C- halb kvaliteediklass, kus arvukuses domineerib üks liik (>80%)

D- väga halb kvaliteediklass, mille puhul domineerivad tsüanobakteritest perekondade *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Radiocystis*, *Planktothrix*, *Limnothrix*, *Woronichinia*, *Anabaena* esindajad või rohevetikatest *Chlorococcales*. Klorofüll-a sisaldus on >20 mg/m³.

Uuendatud, hetkel mitteametliku, koosluse kirjelduse puhul jaotatakse kõik fütoplanktoni kooslused viide seisundiklassi:

- a) Väga hea seisund, kus viie sagedamini esineva liigi summaarne biomass proovi kogubiomassist on üle 60 %. Loendusproovi fütoplanktoni biomass on ≤3 mg/L. Kriteeriumite vasturääkivuse korral saab otsustavaks eksperthinnang, mis peab tuginema liikide indikaatorväärtuste hinnangule (Ott, 1987; Maileht, 2008). Juhul kui proovis on *Gonyostomum semen* biomass suurim, siis hinnatakse kooslust klorofüll-a väärtuse järgi (Chl *a* väärtus on <10 µg/L).
- b) Hea koosluse seisundi puhul moodustab viie sagedamini esineva liigi summaarne biomass proovi biomassist 60-80%. Loendusproovi fütoplanktoni biomass on ≤3 mg/L. Kriteeriumite vasturääkivuse korral saab otsustavaks hinnangut andva eksperdi arvamus, mis omakorda peab tuginema liikide indikaatorväärtuste hinnangule. Juhul kui proovis on *Gonyostomum semen* biomass suurim, siis hinnatakse kooslust klorofüll-a väärtuse järgi (Chl *a* väärtus jääb vahemikku 10-20 µg/L).

- c) Kesise seisundi korral on biomass >3 mg/L ja samal ajal domineerivad 2-5 liiki, kelle summaarne biomass >80%. Kui kriteeriumid annavad vasturääkiva tulemuse, siis on otsustavaks ekspertarvamus. Kriteeriumite vasturääkivuse korral on otsustavaks hinnangut andva eksperdi arvamus, mis omakorda peab tuginema liikide indikaatorväärtuste hinnangule. Kui *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chl *a* väärtuse järgi (Chl *a* väärtus jääb vahemikku >20-30 µg/L).
- d) Halb seisund esineb järves, kus ühe liigi biomass ületab 80% kogu proovi biomassist. Kui *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chl *a* väärtuse järgi (Chl *a* väärtus on vahemikus >30-60 µg/L).
- e) Väga halva seisundi korral domineerivad proovis tsüanobakterite perekondade *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Radiocystis*, *Planktothrix*, *Limnothrix*, *Woronichinia*, *Anabaena* esindajad või rohevetikatest *Chlorococcales* (rohkem kui üks liik) üle 50% loendusproovi biomassist ning klorofüll-*a* sisaldus on >20 µg/L. Kui aga *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chl *a* väärtuse järgi (Chl *a* väärtus on >60 µg/L).

1.3. Järvede ökoloogilise seisundi hindamine füüsikalise-keemiliste näitajate alusel

Nende puhul ei ole kasutatud ühtegi integreeritud näitajat, kõik on mõõdetavad parameetrid. Seejuures on nii näitajate arv kui ka klassifikatsioon tüüpides erinev. Kuigi limnoloogiliste töödes ökoseisundi hindamisel kasutatakse lisaks keskkonnaministri määruses esitatutele väga palju teisi näitajaid (üldaluselisus, hapnikuküllastus, elektrijuhtivus, lahustunud ainete üldsisaldus, redokspotentsiaal, temperatuurijaotus, lahustunud orgaanilise aine sisaldus, kollane aine, kloriidide sisaldus jm), siis Eestis kasutatakse järgmisi näitajaid: vee läbipaistvus (Secchi ketta nähtavus, SD), pH, P-üld, N-üld, metalimnioni ulatus, sette kirjeldus. Need näitajad on kõige otsesemalt seotud surveteguritega. Üldaluselisus, elektrijuhtivus, lahustunud ainete üldsisaldus, kloriidide ja orgaanilise sisaldus on pigem järvetüüpide eristamiseks, hapnikuküllastus liiga labiilne näitaja seisundi pikema-ajaliseks hindamiseks. Keskkonnaministri vastavas määruses (Pinnaveekogumite..., 2009) kasutatud klassifikatsioon on esitatud tabelis 1.3.1.

Tabel 1.3.1. Maismaa seisuveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid füüsikalise-keemiliste kvaliteedinäitajate väärtuste järgi

Tüüp	Kvaliteedi-klass	pH	Püld (µg/l)	Nüld (µg/l)	SD (m)	Metalimnioni paksus või algussügavus suvisel stagnatsiooniperioodil (juulis-augustis; m)
I	Väga hea	7–8,5	<10	<1500	>6	
I	Hea	7–8,6	10–20	1500–2500	4–6	
I	Kesine	<7 või >8,5	>20–30	>2500–3500	3–<4	
I	Halb	<7 või >8,5	>30–50	>3500–4500	2–<3	
I	Väga halb	<7 või >8,5	>50	>4500	<2	
II	Väga hea	7–8	<30	<500	>3	
II	Hea	>8–8,3	30–60	500–1000	2–3	
II	Kesine	>8,3–8,8	>60–80	>1000–1500	1–<2	
II	Halb	>8,8–9 või 6–<7	>80–100	>1500–2000	<1	
II	Väga halb	<6 või >9	>100	>2000	<1	
III	Väga hea	7–8	<30	<500	>3	>5 või metalimnion algab sügavamal kui 8 meetrit vahetult enne veekogu põhja
III	Hea	>8–8,3	30–60	500–1000	2–3	>3,5–5 või metalimnion algab või metalimnion algab vahetult enne veekogu põhja
III	Kesine	>8,3–8,8	>60–80	>1000–1500	1–<2	>2,5–3,5
III	Halb	>8,8–9 või 6–<7	>80–100	>1500–2000	<1	2–2,5
III	Väga halb	<6 või >9	>100	>2000	<1	<2
IV	Väga hea	3–7,7	<30	<600		
IV	Hea	3–7,7	30–60	600–900		
IV	Kesine	>7,7	>60–80	>900–1200		
IV	Halb	>7,7	>80–100	>1200–1500		
IV	Väga halb	>7,7	>100	>1500		
V	Väga hea	5,5–7	<10	<200	>5	
V	Hea	<7–7,5	10–20	200–500	3–5	
V	Kesine	>7,5–8	>20–40	>500–800	2–<3	
V	Halb	>8–8,5	>40–60	>800–1100	1–<2	
V	Väga halb	>8,5	>60	>1100	<1	
VIII	Väga hea		<15			
VIII	Hea		15–30			
VIII	Kesine		>30–45			
VIII	Halb		>45			
VIII	Väga halb		>45			

1.4. Järve üldhinnang (JÜLD)

Järve üldhinnang järgmiste kvaliteedielementide alusel: füüsikalis-keemilised näitajad, fütoplankton, suurtaimed, suurselgrootud. Rangelt võttes, vastava Keskkonnaministri määruse järgi (Pinnaveekogumite..., 2009), üldhinnangu arvutamisel ei arvestata hetkel kalade, fütobentose ja zooplanktoni hinnanguid.

Eestis kasutatakse järvede seisundi üldhinnangu andmisel nn 2/3 reeglit, mille järgi peab hinnangu andmisel kasutama nii füüsikalis-keemilisi näitajaid kui ka bioloogilisi kvaliteedielemente. Kokku peab kasutama vähemalt seitset kvaliteedinäitajat ning kõik näitajad on võrdse kaaluga. Kuni 1/3 näitajate väärtustest võivad olla madalama kvaliteediga (Marksoo, 2008).

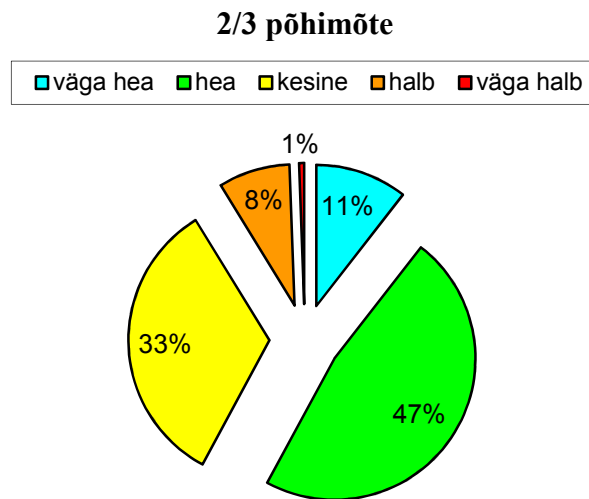
Euroopa Liidu Veepoliitika Raamdirektiiv (VPRD) eeldab seisundi hindamist halvima kvaliteedielemendi alusel ehk „*One out – all out*“ põhimõtet (Veepoliitika..., 2002). See on range ja jäik reegel, mis enamasti annab tulemuseks kehvema seisundiklassi (Caroni, et al. 2013). „*One out - all out*“ põhimõtte kohta on esitatud kriitikat ja tõestatud, et selle järgi hindamisel on puuduseks määrangu suur juhuslikkus. Eesti limnoloogid on pidanud paremaks kasutada Eesti tingimustes 2/3 reeglit, sest see peegeldab järve tegelikku seisundit paremini. Nn 2/3 põhimõtte on tuletatud üle-Euroopalise EL Veepoliitika Raamprogrammi projektis Ecoframe, millest võttis partnerina osa ka limnoloogiakeskus (Moss et al., 2003).

Peamine 2/3 põhimõtte eelis seisneb selles, et teiste kvaliteedielementide hinnang tasandab ühe elemendi madala hinnangu, mis looduslikest iseärasustest (ehk tüübile mittevastavusest tingitud valed hinnangud) võib tingitud olla. Praeguste hinnangute juures tuleb pidada 2/3 reeglit usaldusväärsemaks kui „*One out – all out*“ põhimõtet, eriti kui kvaliteedinäitajate arv ületab kümnet.

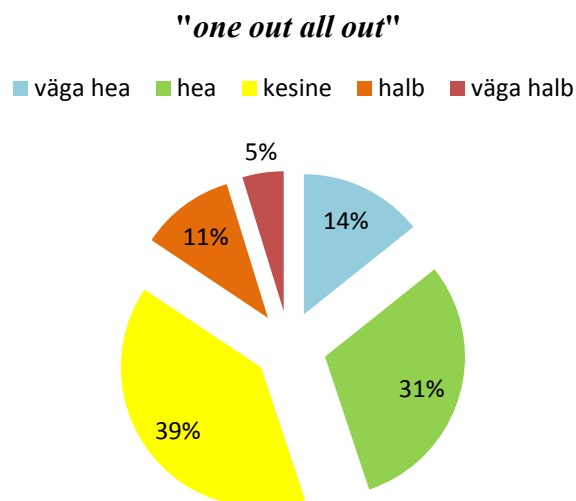
Üks „*One out – all out*“ põhimõtte kasutamisevõimalustest on see, et kasutatakse kvaliteedielemendi koondhinnangu skooore (ühe kvaliteedielemendi näitajate keskmist), mitte üksikute parameetrite tasemel. Kvaliteedielemendid oleksid fütoplanktoni, suurtaimede, suurselgrootute, füüsikalis-keemiliste näitajate, tulevikus kalade ja hüdro-morfoloogia koondhinnangute skoorid. Tervendamismeetmeid ja rangemaid keskkonnanõudeid rakendatakse alles siis, kui

- a) läbi on viidud täiendav uuring ja seeläbi on kindlaks tehtud, et ei ole tegemist loodusliku eripäraga
- b) ka 2/3 reegli järgi on järve seisund kesine või alla selle
- c) rohkem kui üks kvaliteedielement on kesine või alla selle.

Oleme varem katsetanud *one out all out* põhimõtte rakendamist sellise algoritmiga, et esmalt on kasutatava elemendi sees arvutatud näitajate keskmine, antud sellele hinnang skoorina ja siis saadud elementide tulemusi võrreldes järve lõpphinnang halvima elemendi väärtuse alusel. Nii on võrreldud 2/3 ja *one out all out* põhimõtete hinnanguid 148 järves. Tulemused on joonistel 1.4.1 ja 1.4.2. ja tabelis 1.4.1. *One out all out* hinnangute järgi on tulemused halvemas kvaliteediklassis.



Joonis 1.4.1. Järvede ökoloogilise seisundi hinnang 2/3 põhimõtte alusel.



Joonis 1.4.2. Järvede ökoloogilise seisundi hinnang „one out all put“ põhimõtte alusel.

Tabel 1.4.1. 2/3 põhimõtte ja „one out all out“ võrdlus. Võrdluses on aluseks võetud 2/3 põhimõtte. 0 – erinevus hinnangutes puudub; 1 – 21 korral on hinnang 2/3 põhimõtte järgi ühe kvaliteediklassi võrra parem; -1 – 34 korral on hinnang 2/3 põhimõtte järgi ühe kvaliteediklassi võrra halvem; -2 – 8 korral on hinnang 2/3 põhimõtte järgi kahe kvaliteediklassi võrra halvem; 2 – 1 korral on hinnang 2/3 põhimõtte järgi kahe kvaliteediklassi võrra parem.

Hinnangte arv	Erinevus
85	0
21	1
34	-1
8	-2
1	2

1.5. Valgala indeks (VI)

Indeks kajastab survet järvedele valgalalt ja on sellise struktuuriga:

VI = Inimasustuse tihedus järve veemahu kohta + loodusliku ja põllumajandusmaa % valgalal + kodu- ja kariloomade arv järve mahu kohta + jääkreostus, kus

Inimasustuse tihedus ind/km²/m³ ja väljendatakse skaalas 1-4

Maakasutustüüpide % (100 – loodusliku maa %) + põllumajandusmaa %. Väärtused on vahemikus 1 - 4

Kodu- ja kariloomade arv inimekvivalentides veemahu (m³) kohta. Väärtused on vahemikus 1 - 4

Jääkreostus (toiteainetest reostunud setted ja veetaseme langetamine) kajastatakse ajalooliste andmete alusel ja hinnatakse subjektiivselt skaalas 0, 2 - 4.

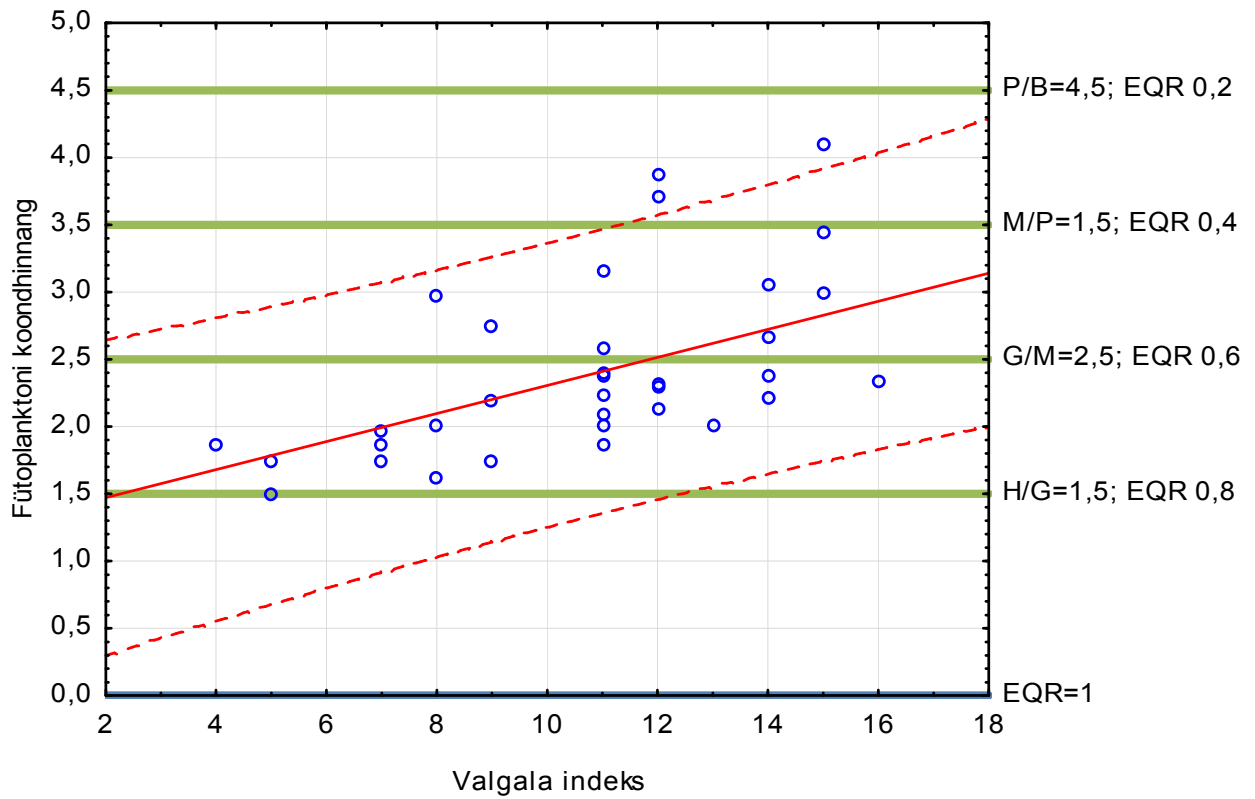
Valemis kasutatud näitajate väärtuste hinnangute leidmiseks kasutati näitajate väärtuste sagedusjaotust, ulatust ja subjektiivset hinnangut.

Valgala indeksi statistiline seos fütoplanktoni koondhinnangu väärtustega Eesti II ja III järvetüübis on esitatud joonistel 1.5.1 ja 1.5.2. Valgala indeksi arvutamisel on vaja palju erinevaid algandmeid ja seetõttu on teistes järvetüüpides (I, IV, V, VII) statistiliste analüüsida läbiviimiseks liialt vähe andmeid (I tüübis n=1; V tüübis n=5; IV ja VIII tüübis n=7; tabel 1.5.1).

II järvetüüp

Valgala indeks:Fütoplanktoni koondhinnang

$r = 0,5399$; $p = 0,0012$; $r^2 = 0,2914$

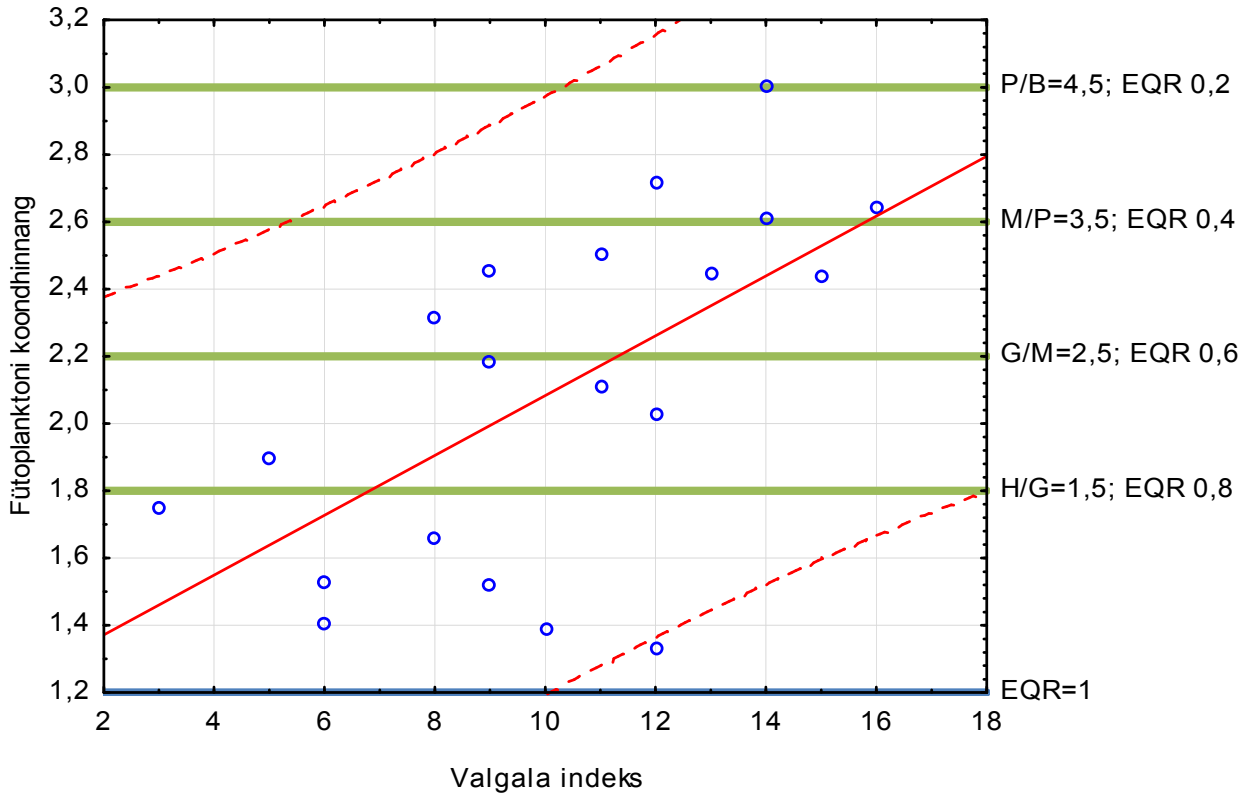


Joonis 1.5.1. Fütoplanktoni koondhinnangu ja valgala indeksi seos Eesti II tüüpi järvedes

III järvetüüp

Valgala indeks:Fütoplanktoni koondhinnang

$r = 0,6115$; $p = 0,0042$; $r^2 = 0,3740$



Joonis 1.5.2. Fütoplanktoni koondhinnangu ja valgala indeksi seos Eesti III tüüpi järvedes

Tabel 1.5.1. Fütoplanktoni koondhinnangu (FPK) ja valgala indeksi (VI) statistikud erinevates järvetüüpides

N=vaatluste arv; FPK- fütoplanktoni koondhinnang; VI- valgala indeks. Punasega on tähistatud usaldusväärsed seosed ($p < ,05000$)												
Näitaja	I järvetüüp		II järvetüüp		III järvetüüp		IV järvetüüp		V järvetüüp		VIII järvetüüp	
	FPK	VI	FPK	VI	FPK	VI	FPK	VI	FPK	VI	FPK	VI
FPK	1,000	--	1,000	0,540	1,000	0,612	1,000	0,071	1,000	0,302	1,000	-0,468
	N=15	N=1	N=96	N=33	N=74	N=20	N=32	N=7	N=50	N=5	N=29	N=5
	p=---	p=---	p=---	p=0,001	p=---	p=0,004	p=---	p=0,879	p=---	p=0,622	p=---	p=0,426
VI	--	--	0,540	1,000	0,612	1,000	0,071	1,000	0,302	1,000	-0,468	1,000
	N=1	N=1	N=33	N=33	N=20	N=20	N=7	N=7	N=5	N=5	N=5	N=5
	p=---	p=---	p=0,001	p=---	p=0,004	p=---	p=0,879	p=---	p=0,622	p=---	p=0,426	p=---

1.6. Referentstingimused

Referents- ehk foonitingimustega järvede valikul peab jälgima kolme kriteeriumit (Poikane et al., 2010):

1. Valgalal ei tohi olla ühtegi punktreostusallikat.

Punktreostusallikaks on reostus, mis on juhitud otse järve või järve valgalale (näiteks tööstuslik reovesi).

2. Mittelooduslik maakasutus valgalal on väiksem kui 10 %.

Mittelooduslik maa on põllumajanduslik maa ja asustus.

3. Populatsiooni tihedus on alla 10 inimese km² kohta.

Populatsiooni tihedust väljendab inimeste või majade arv valgalal. Majade arvu puhul korrutatakse see riigi keskmise pereliikmete arvuga.

Mitmeid andmeid saab hinnata ekspertarvamusega:

1. Paleolimnoloogilised tõendid, mis on avaldatud või teisiti kättesaadavad. Eesti puhul on kasutatud nii käsikirjalisi kui ka publitseeritud materjale (Heinsalu & Alliksaar, 2005; 2009a; 2009b).

2. Tegevus valgalal ja inimasustuse tihedus, kui tõestatakse, et see ei mõjuta järve.

Kuna siseveekogudes on peamiseks limiteerivaks toiteelemendiks fosfor, siis on oluline selle elemendi fooniväärtuste selgitamine. Palju kasutatakse Vighi ja Chiaudani (1985) mudelit selle leidmiseks. Looduslikud tingimused on igal järvel olnud erinevad ja arvata võib, et algselt pole valitsenud kõikides veekogudes oligotroofsed tingimused. MEI alusel ongi võimalik leida, milline on olnud fosforisisaldus veekogudes enne olulise inimõju algust:

$\text{Log } P = 1,48 + 0,33 (\pm 0,09) \text{ Log MEI alk}$

$\text{Log } P = 0,75 + 0,27 (\pm 0,11) \text{ Log MEI cond, kus}$

MEI alk - morfoedaafiline indeks arvutatuna aluselisuse põhjal (aluselisuus/järve keskmine sügavus)

MEI cond - morfoedaafiline indeks arvutatuna elektrijuhtivuse põhjal (elektrijuhtivus/järve keskmine sügavus)

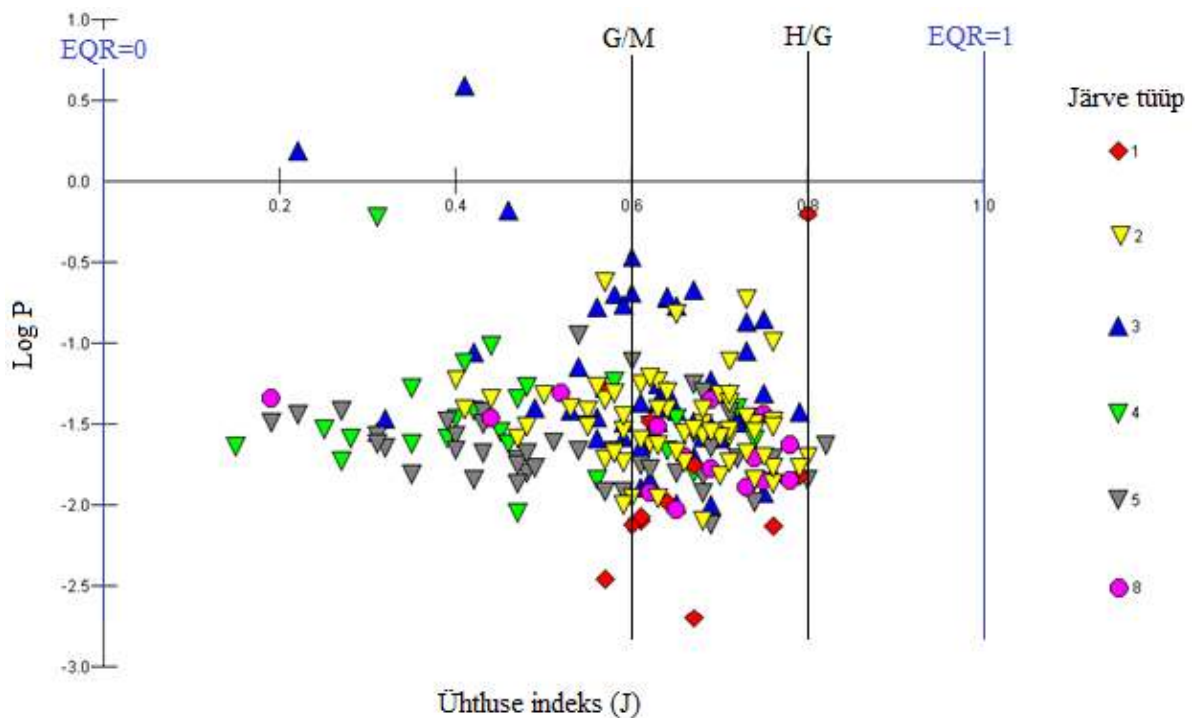
Teades looduslikku P taset järves, saab tuletada näiteks millise tasemeni on tarvilik taastada P koormus. Oleme arvutanud selle mudeli alusel mitmesaja järve kohta P fooniväärtuse. Selgus, et kahjuks ei saa seda mudelit kasutada iga järvetüübi ja kõikide morfomeetriliste tingimuste

kohta. Kasutada ei saa tulemust väga madalates ja väga kalgiveelistes järvedes, sega tüüpides I, VIII ja II tüüpi väga madalad järved. P fooniväärtuste leidmiseks on kasutatud seda mudelit II, III ja V tüübis.

2. Tulemused

2.1. Pielou ühtluse indeksi kasutamine Eesti järvede ökoloogilise seisundi hindamisel

Eesti tingimustes jääb indeksi skaala ulatus 0,2-0,8 vahele ehk halba, kesisesse ja heasse klassi (joonis 2.1.1). Pehmeveelistes järvetüüpides (IV ja V) on skaala ulatuslik, kuid seosed surveteguritega näivad joonisel nõrgad.

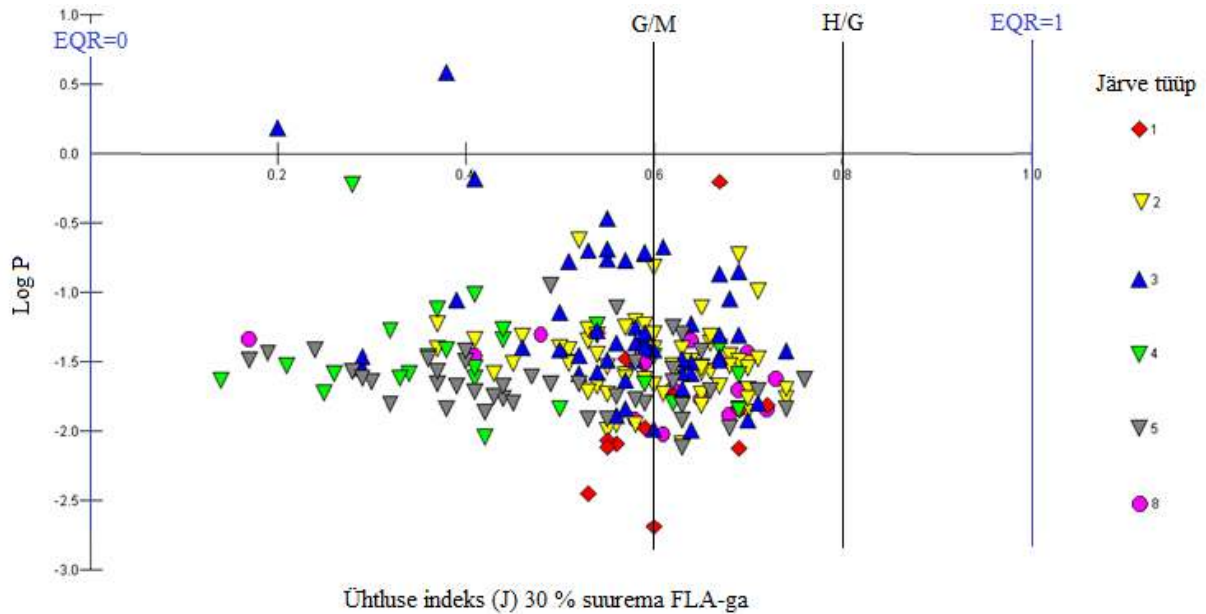


Joonis 2.1.1. Logaritmitud fosfori (Log P) kogus ja ühtluse indeksi (J) väärtused erinevates järvetüüpides.

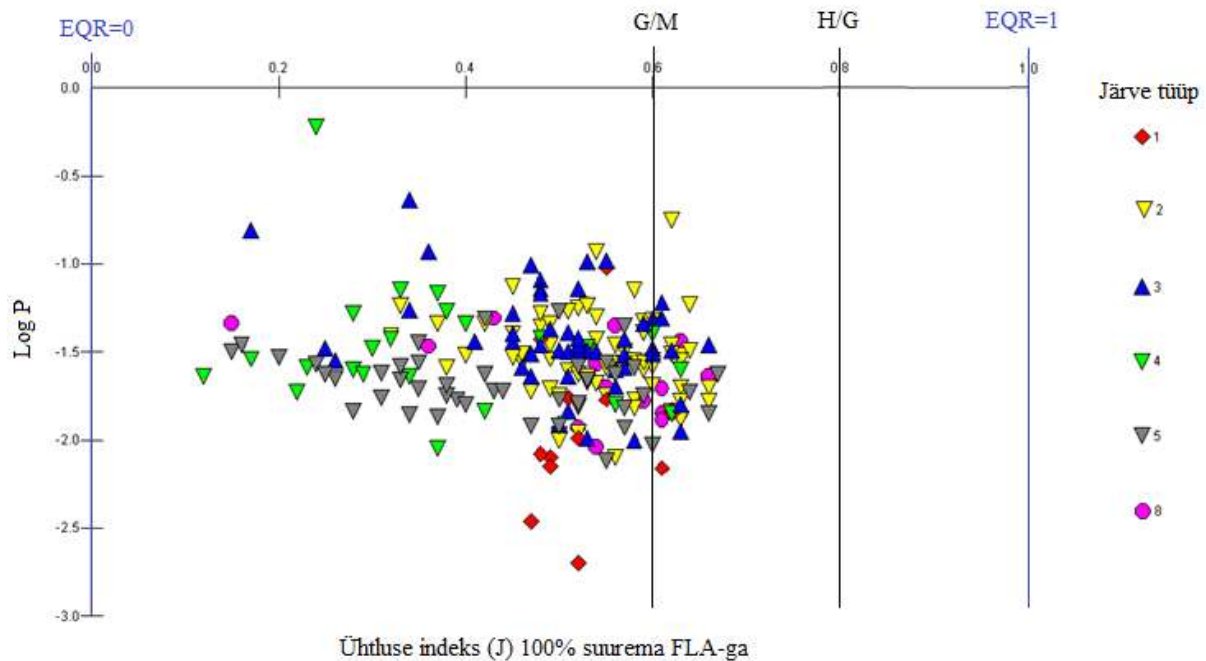
J sõltub liikide arvust ja arvukuse (biomassi) jaotusest liikide vahel. Võiks oletada, et loendusproovides kõiki liike ei tabata ja teoreetiliselt võiks neid veekogus leiduda palju rohkem. Seepärast võiks olla põhjendatud liikide arvu suurendamine proovis 30% ja 100% teoreetilise Shannoni (H_{max}) liigierisuse arvutamiseks, mis on J leidmisel üheks komponendiks.

Liikide arvu suurendamisega loendusproovis 30% võrra ei muutu J indeksi jaotus oluliselt (joonis 2.1.2). Kui algselt oli hea ja väga hea klassi piiril mõned järved I, II, III ja V järvetüübist, siis suurendades liikide arvu jäävad kõik järved indeksi väärtusega alla 0,8. Suurendades liikide arvu loendusproovides poole (100%) võrra, saadi tulemuseks veel lühem skaala: ainult mõned järved jäid heasse klassi (joonis 2.1.3).

Statistica 10 abil kontrolliti seoseid ühtluse indeksi ja logaritmitud fosfori väärtuste vahel. Statistiliselt tugevaid seoseid ei leitud üheski järvetüübis (tabel 2.5.1). Kõikides järvetüüpides, välja arvatud V ja VIII tüüp, andis fosfor ja fütoplanktoni koondhinnang ilma ühtluse indeksita (J) statistiliselt tugeva seose. Klorofüll-a andis statistiliselt tugeva seose J-ga IV, V ja VIII järvetüübis. Kõikides järvetüüpides, välja arvatud I tüübis andis koosluse hinnang (KH) ja ühtluse indeks statistiliselt tugevaid seoseid (LISA 1-7).



Joonis 2.1.2. Logaritmitud fosfori kogus (Log P) ja ühtluse indeksi (J) väärtused 30% suurema liikide arvuga erinevates järvetüüpides.



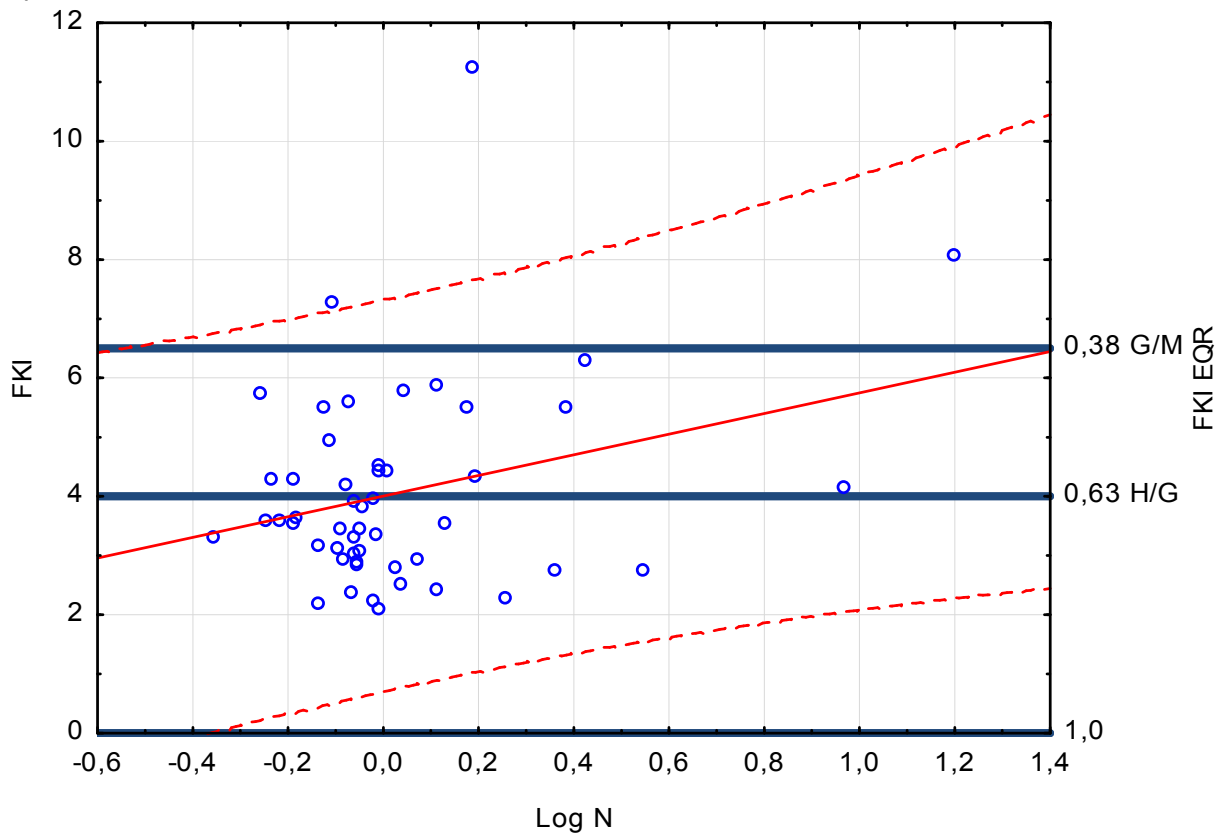
Joonis 2.1.3. Logaritmitud fosfori kogus (Log P) ja ühtluse indeksi (J) väärtused 100% suurema liikide arvuga (FLA) erinevates järvetüüpides.

Ühtluse indeksit testiti ka proovide puhul, kus liikide arv on 20 või üle selle. Võiks eeldada, et väheste liikidega proovide puhul ei tule J hinnang usaldatav. Võrdluses kõikide proovide ja proovidega, kus leidis 20 või enam liiki vahel ei tulnud statistiliselt olulisi erinevusi.

2.2. Fütoplanktoni koondindeks

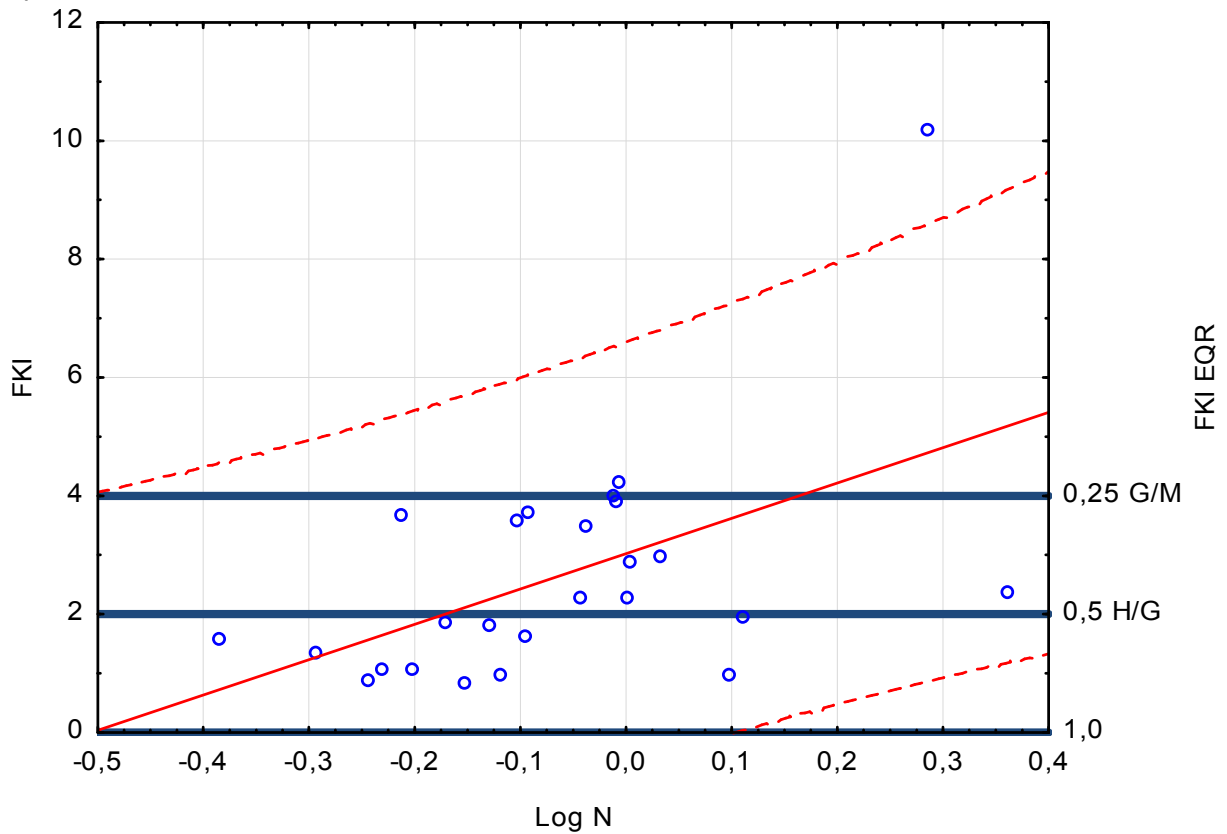
Fütoplanktoni koondhinnang andis statistiliselt usaldatava seoseid fosfori ja lämmastikuga. Fütoplanktoni koondindeks andis statistiliselt usaldatavaid seoseid lämmastikuga III, IV, V ja VIII järvetüübis (joonis 2.2.1-2.2.4). Fütoplanktoni koondindeksit ei kasutata VIII järvetüübi puhul ökoloogilise seisundi hindamisel. Siinkohal on toodud joonis ja statistilised näitajad FKI ja N vahel VIII tüübis (joonis 2.2.4).

Log N:FKI: $r = 0,2889$; $p = 0,0397$; $r^2 = 0,0835$
Spearman 0,0411



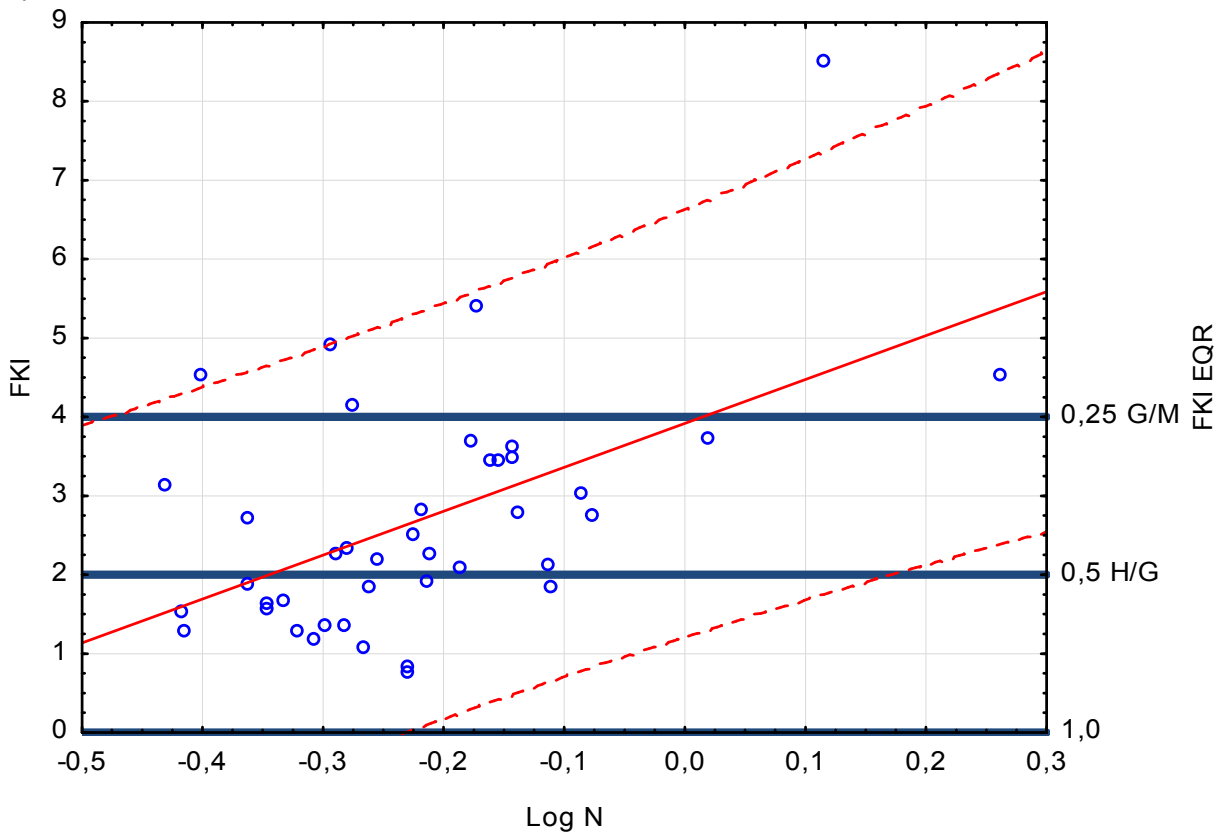
Joonis 2.2.1. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud lämmastiku (Log N) ja fütoplanktoni koondindeksi (FKI) vahel III järvetüübis.

Log N: FKI: $r = 0,5167$; $p = 0,0082$; $r^2 = 0,2669$
 Spearman 0,5001



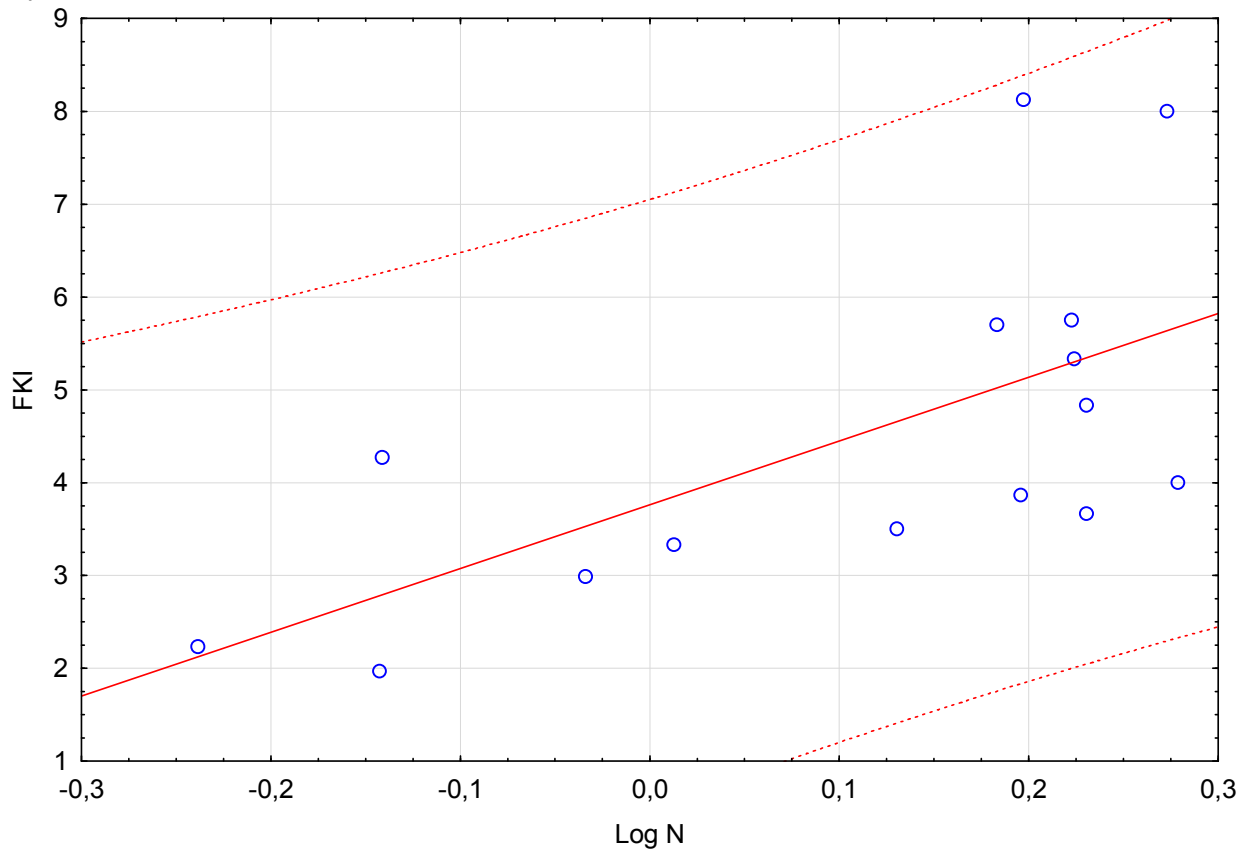
Joonis 2.2.2. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud lämmastiku (Log N) ja fütoplanktoni koondindeksi (FKI) vahel IV järvetüübis.

Log N:FKI: $r = 0,5228$; $p = 0,0005$; $r^2 = 0,2733$
 Spearman $0,4551$



Joonis 2.2.3. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud lämmastiku (Log N) ja fütoplanktoni koondindeksi (FKI) vahel V järvetüübis.

Log N: FKI: $r = 0,6421$; $p = 0,0099$; $r^2 = 0,4123$
Spearman 0,6255

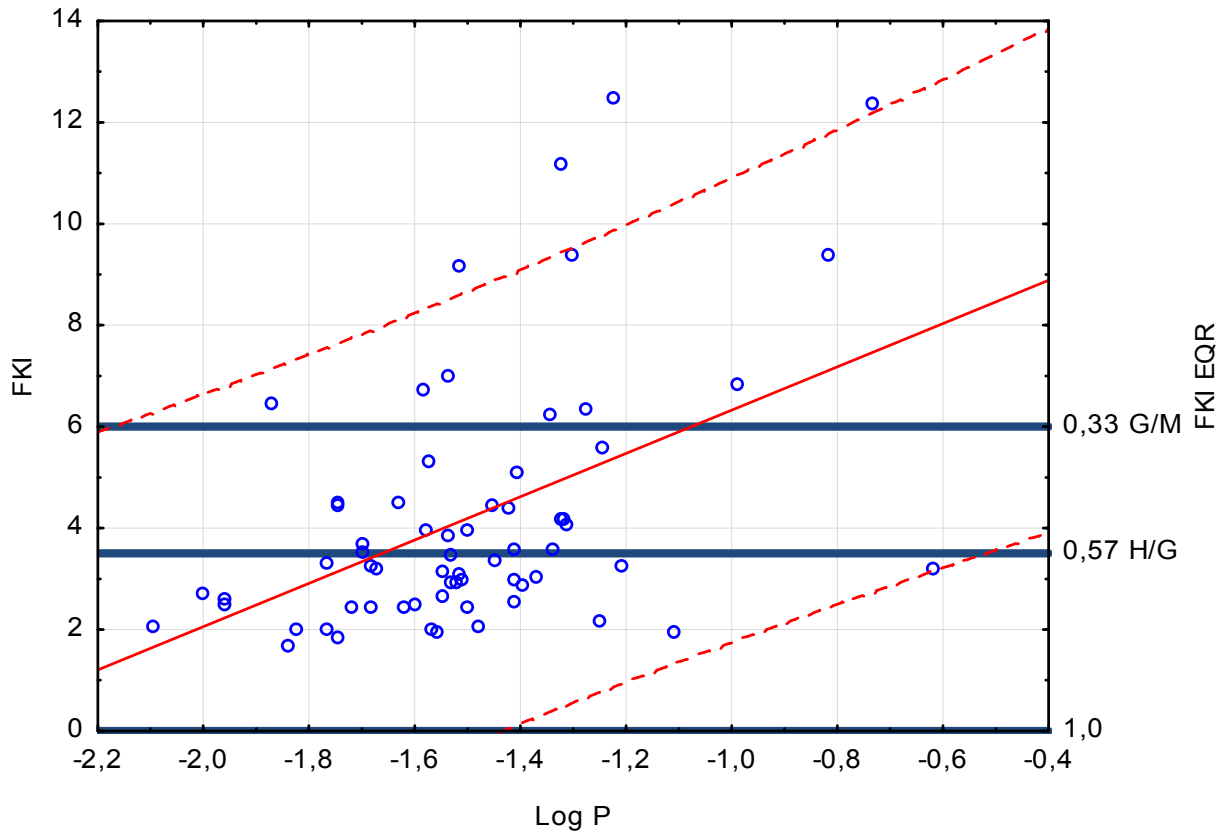


Joonis 2.2.4. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud lämmastiku (Log N) ja fütoplanktoni koondindeksi (FKI) vahel VIII järvetüübis.

Füttoplanktoni koordineks andis statistiliselt usaldatavaid seoseid fosforiga II ja, V järvetüübis (joonis 2.2.5-2.2.6).

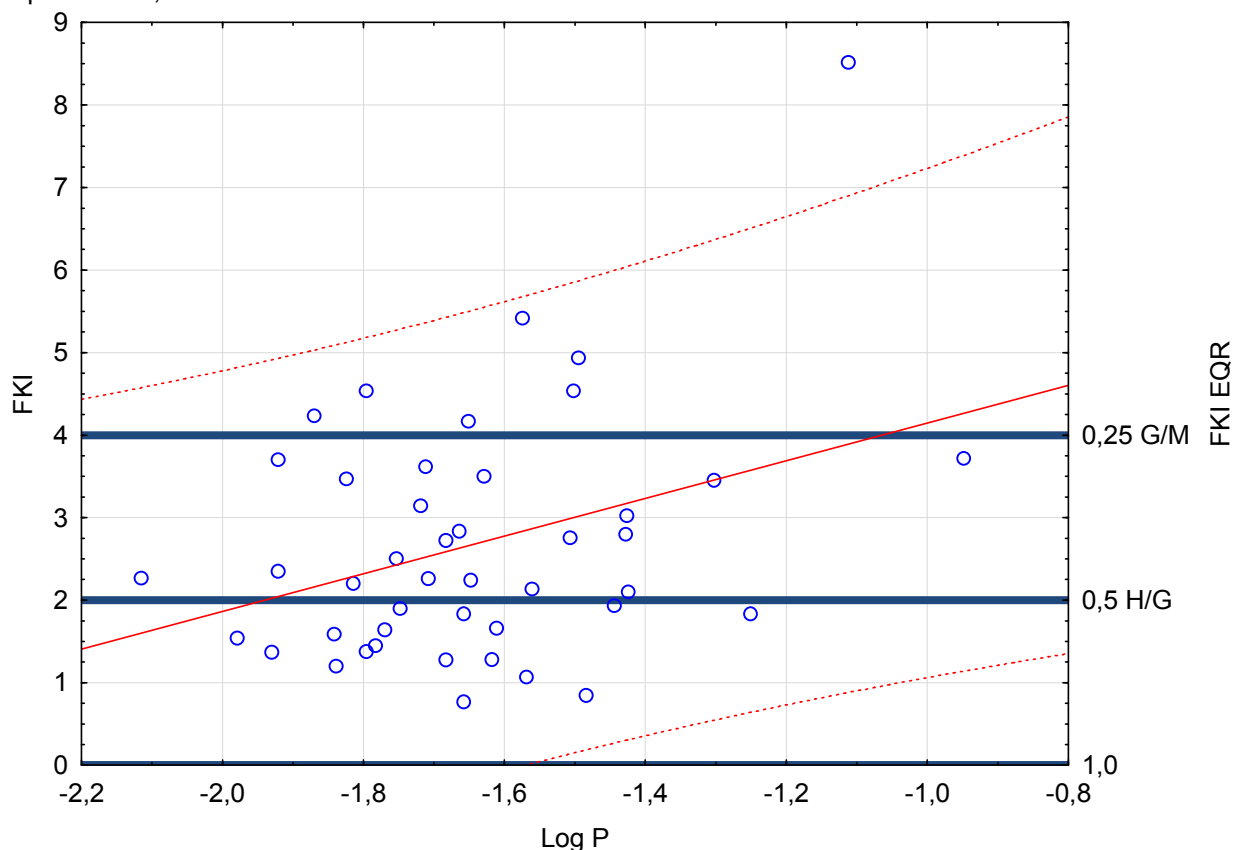
Log P:FKI: $r = 0,4719$; $p = 0,00007$; $r^2 = 0,2227$

Spearman 0,4101



Joonis 2.2.5. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud fosfori (Log P) ja fütoplanktoni koordineksi (FKI) vahel II järvetüübis.

Log P:FKI: $r = 0,3524$; $p = 0,019$; $r_2 = 0,1242$
Spearman 0,1930



Joonis 2.2.6. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud fosfori (Log P) ja fütoplanktoni koondindeksi (FKI) vahel V järvetüübis.

Statistiliselt usaldatavad seosed tulid fosfori ja lämmastiku ning fütoplanktoni koondindeksi vahel kõikide järvetüüpide andmetega koos.

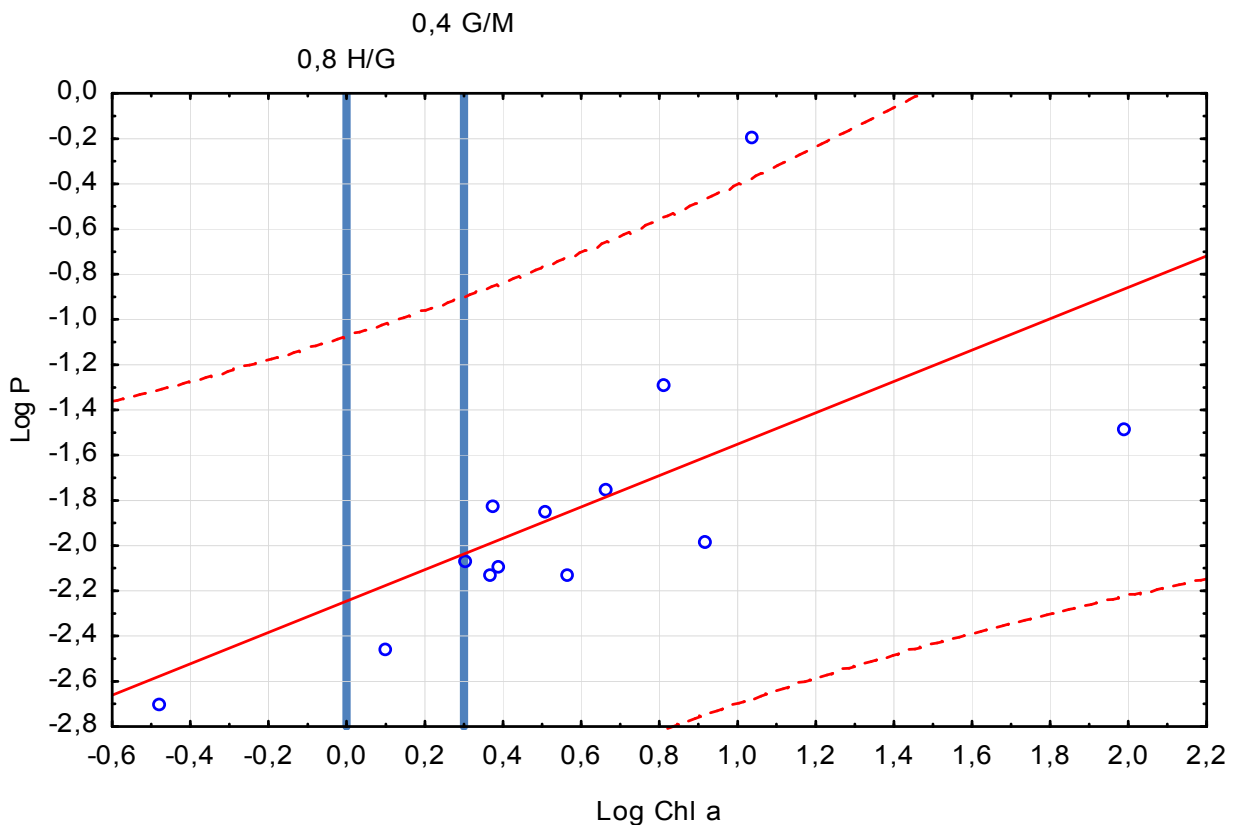
Fütoplanktoni koondindeks andis statistiliselt usaldatavaid seoseid ka fütoplanktoni biomassiga II, III, IV, V ja VIII järvetüübis. I järvetüübis oli küll Pearsoni korrelatsioonikordaja ($p < 0,05$; $r = 0,6488$) üle statistilise piiri (selles töös arvestati väärtusi $r > 0,4000$), kuid Spearmani astakorrelatsioonikordaja ei määranud seda seost usaldusväärseks ($p > 0,05$; $r = 0,4750$). Arvatavasti on põhjuseks väike järvede arv I järvetüübis.

FKI ja koosluse hinnang andsid seose I, II, III, IV ja V järvetüübis. Klorofüll-a ja FKI andsid statistiliselt usaldusväärse tulemuse II, III ja VIII järvetüübis.

2.3. Klorofüll-a

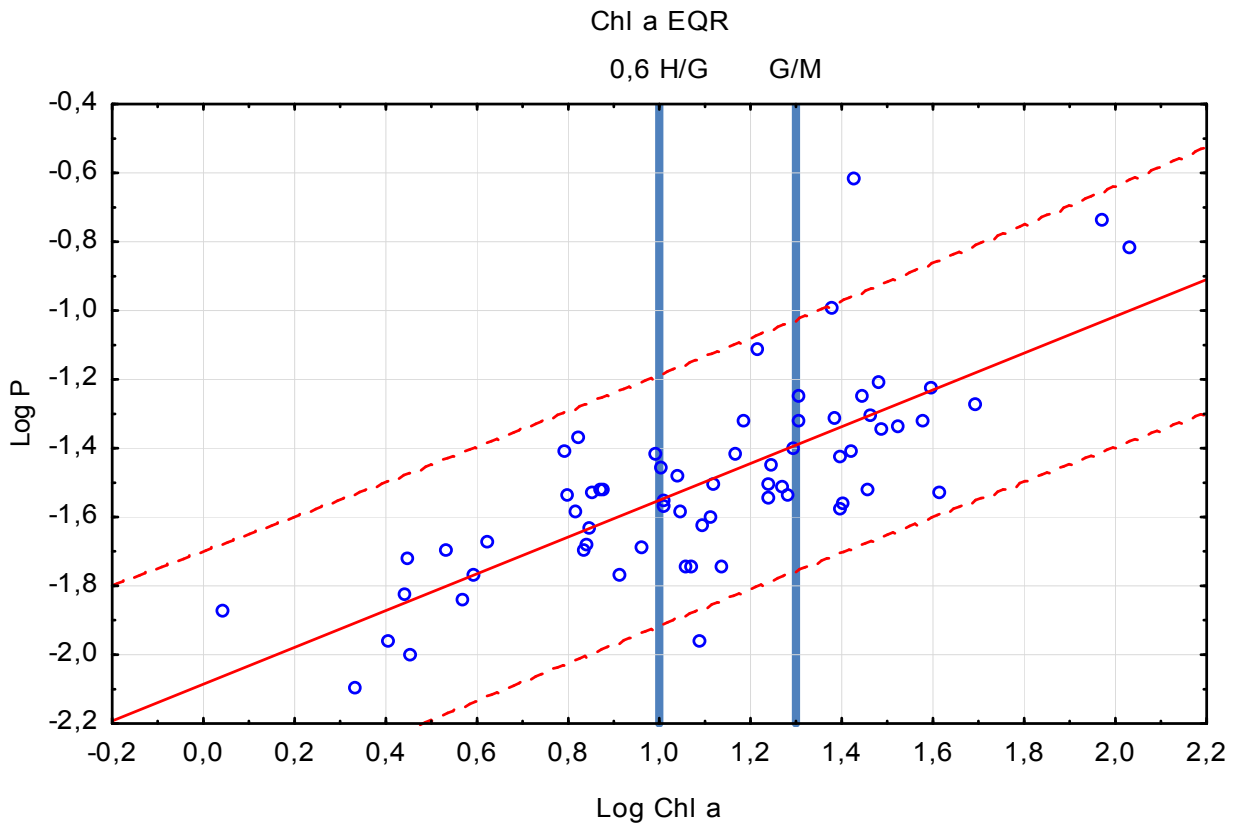
Klorofüll-a on väga informatiivne näitaja Eesti erinevates järvetüüpides. Klorofüll-a andis statistiliselt tugevaid seoseid fosfori koguse (joonis 2.3.1-2.3.6) ja biomassiga kõikides järvetüüpides, seevastu lämmastiku hulgaga olid statistilised tugevad seosed ainult III, IV ja VIII järvetüübis.

Log Chl a:Log P: $y = -2,2445 + 0,6936*x$;
 $r = 0,6436$; $p = 0,0176$; $r^2 = 0,4142$



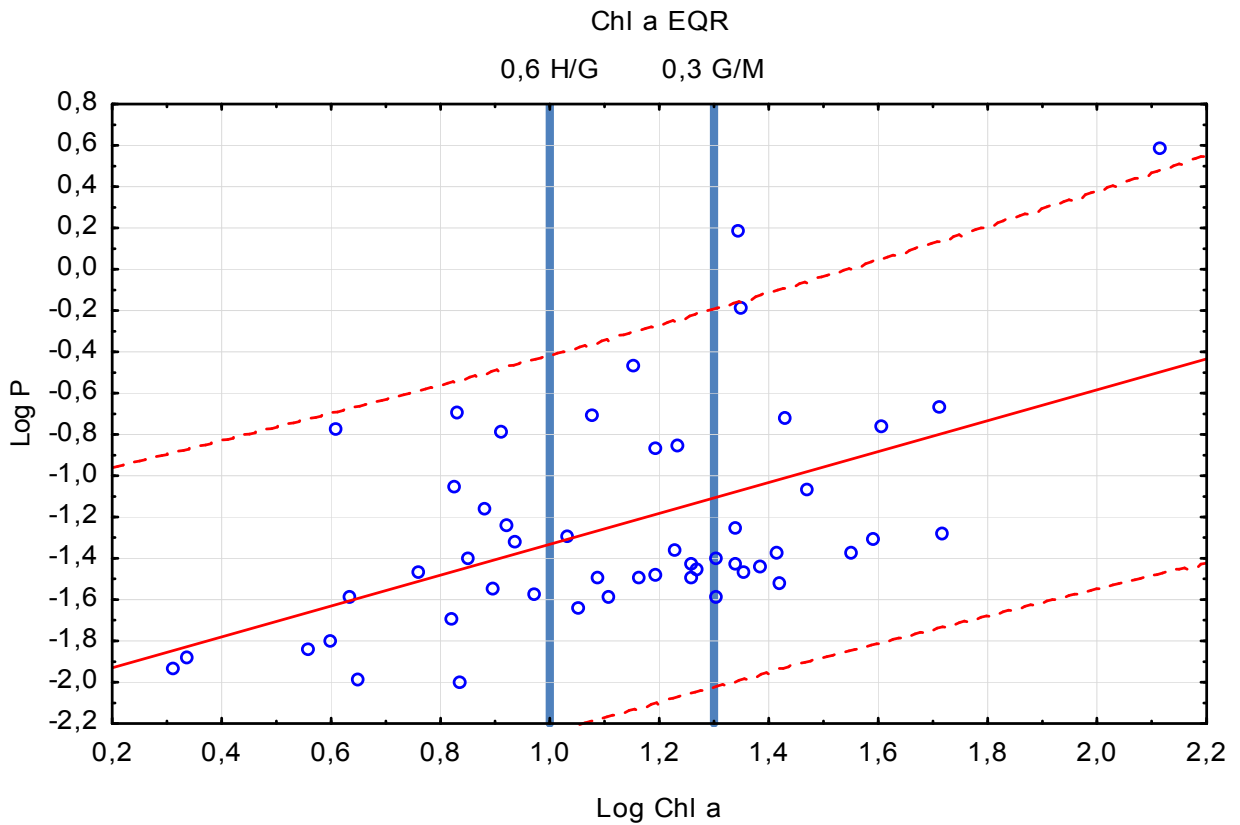
Joonis 2.3.1. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud fosfori (Log P) ja logaritmitud klorofüll-a (Log Chl a) vahel I järvetüübis.

Log Chl a:Log P: $y = -2,0859 + 0,5348*x$;
 $r = 0,7597$; $p = 0,0000$; $r^2 = 0,5771$



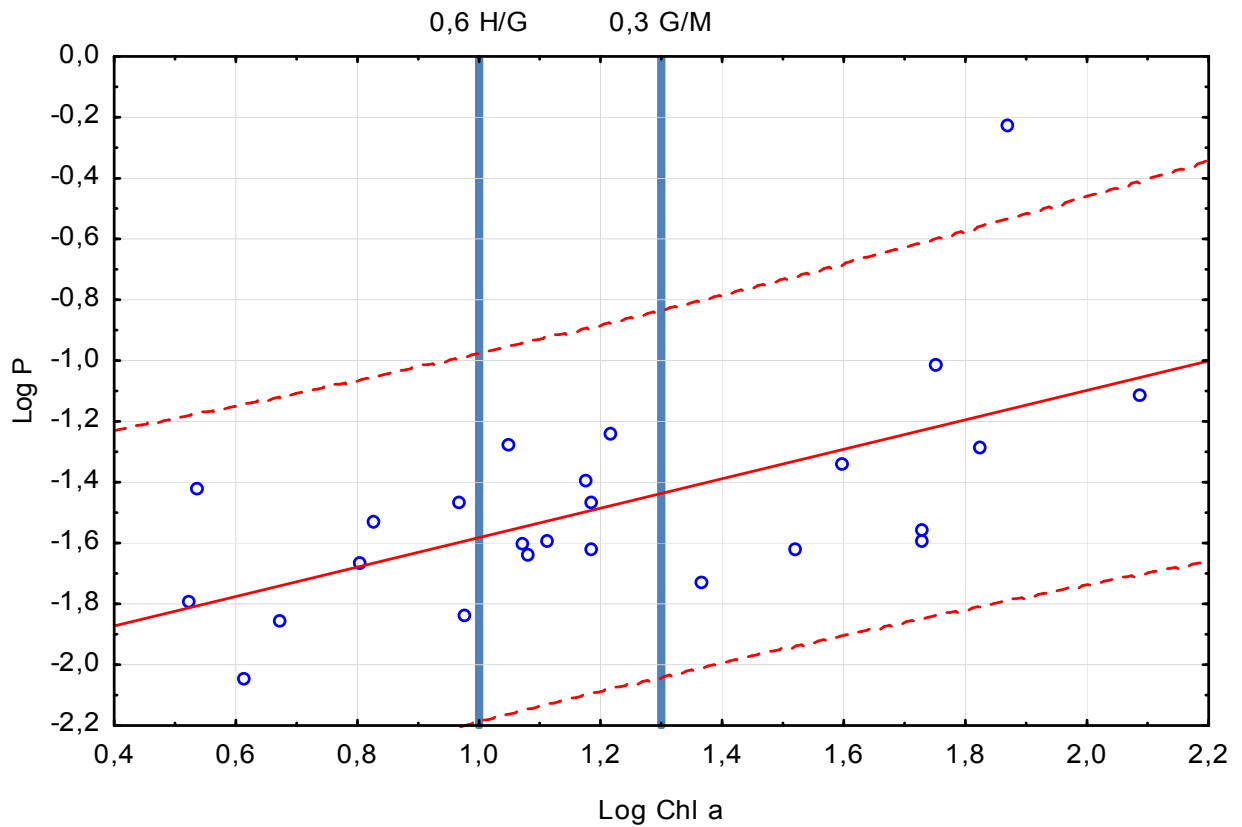
Joonis 2.3.2. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud fosfori (Log P) ja logaritmitud klorofüll-
a (Log Chl *a*) vahel II järvetüübis.

Log Chl a:Log P: $y = -2,0797 + 0,7481*x$;
 $r = 0,5208$; $p = 0,00009$; $r^2 = 0,2713$



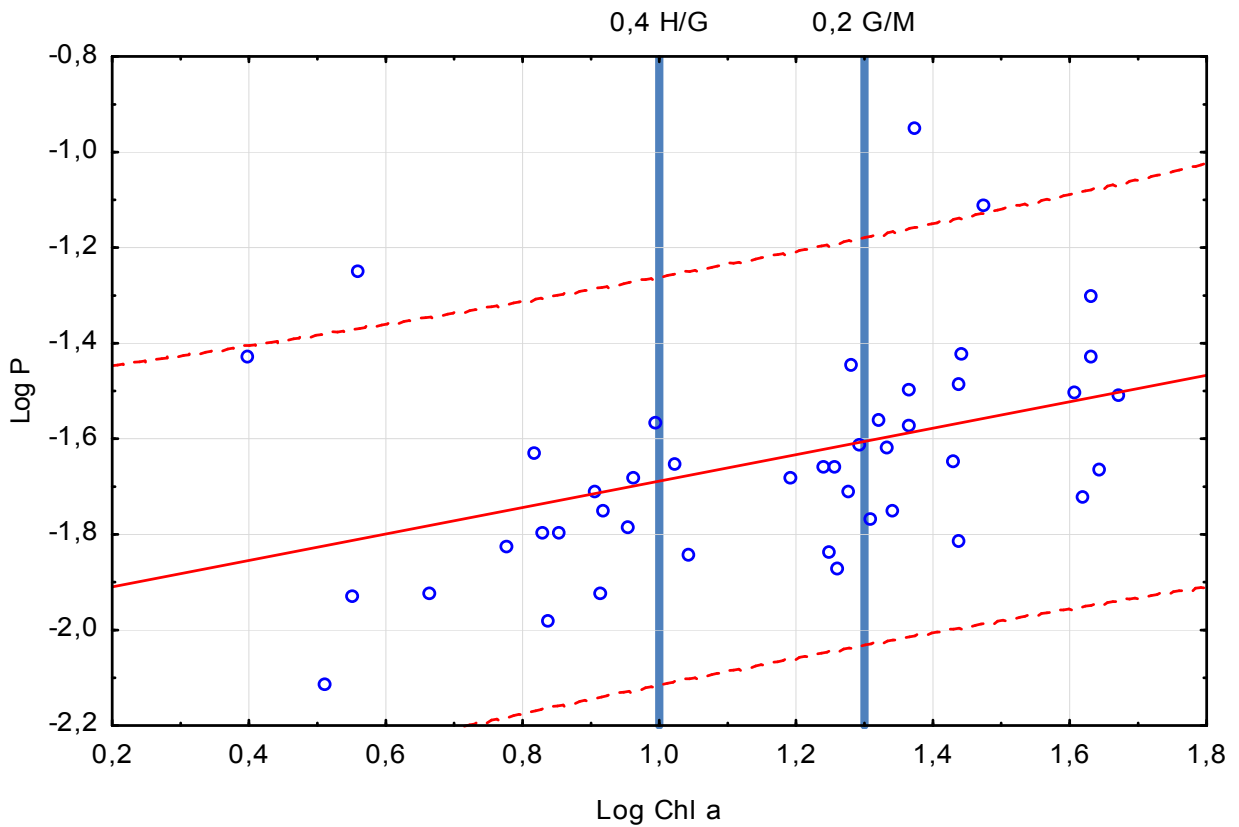
Joonis 2.3.3. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud fosfori (Log P) ja logaritmitud klorofüll-
a (Log Chl a) vahel III järvetüübis.

Log Chl a:Log P: $y = -2,0661 + 0,484*x$; $r = 0,6102$; $p = 0,0012$;
 $r^2 = 0,3723$



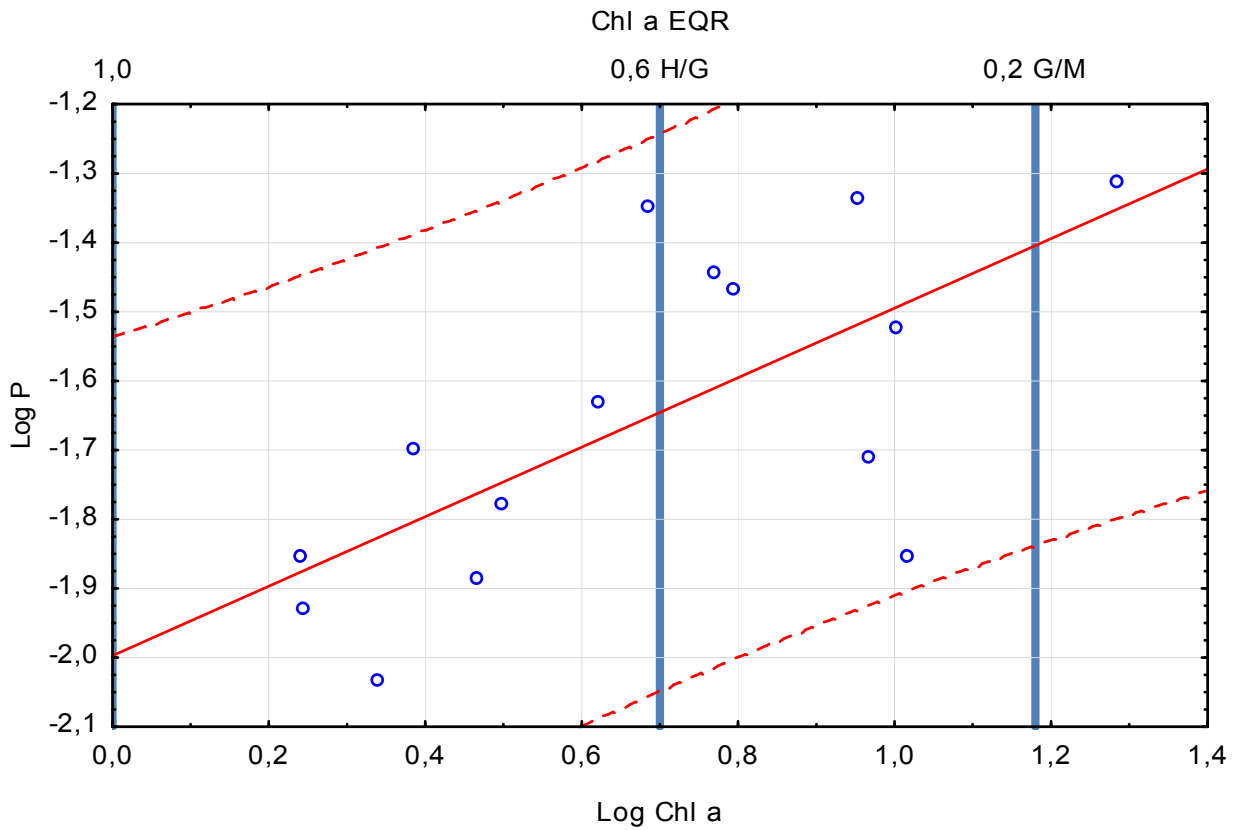
Joonis 2.3.4. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud fosfori (Log P) ja logaritmitud klorofüll-a (Log Chl a) vahel IV järvetüübis.

Log Chl a:Log P: $y = -1,9652 + 0,2769*x$;
 $r = 0,4150$; $p = 0,0051$; $r^2 = 0,1723$



Joonis 2.3.5. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud fosfori (Log P) ja logaritmitud klorofüll-
a (Log Chl a) vahel V järvetüübis.

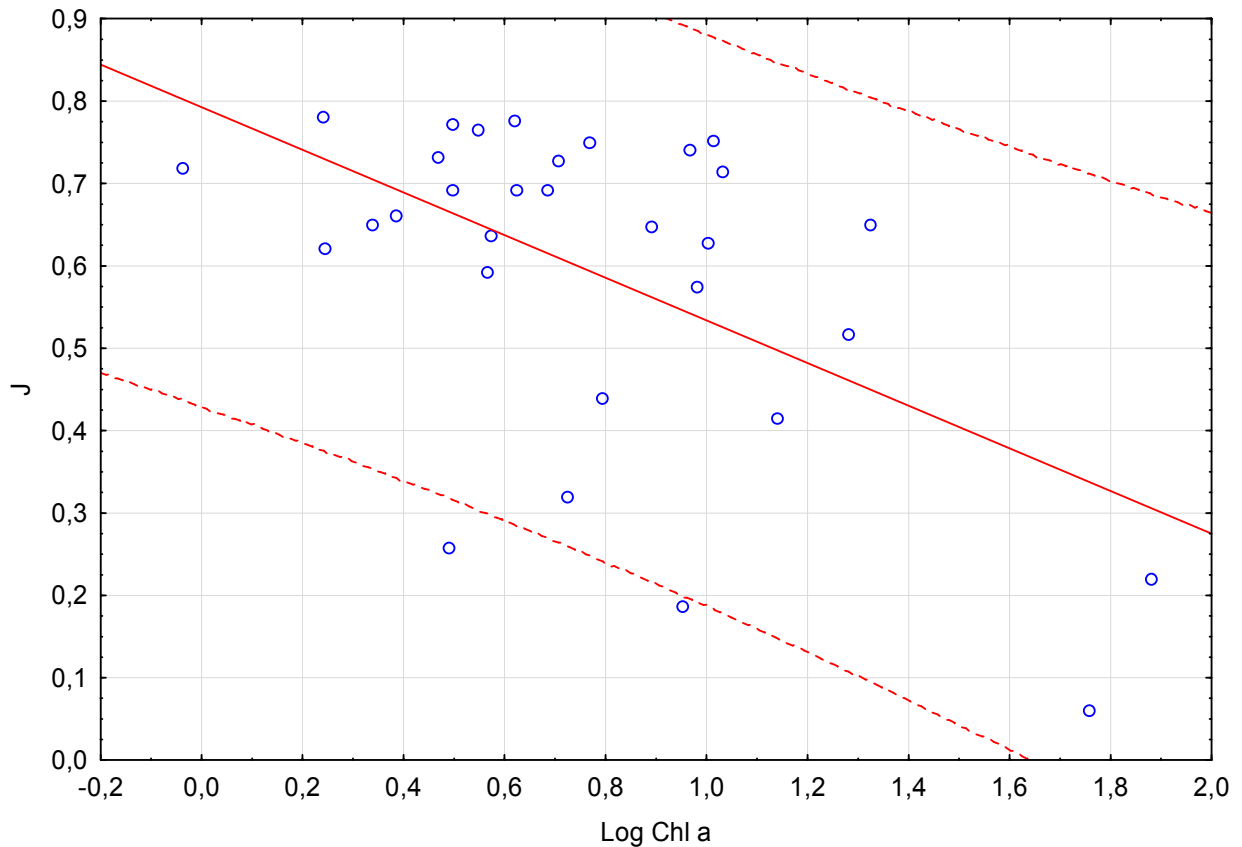
Log Chl a:Log P: $y = -1,9968 + 0,5022*x$;
 $r = 0,6777$; $p = 0,0055$; $r^2 = 0,4593$



Joonis 2.3.6. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud fosfori (Log P) ja logaritmitud klorofüll-a (Log Chl a) vahel VIII järvetüübis.

Ühtluse indeksi ja klorofüll-a vahel olid statistiliselt usaldatavad seosed ainult II, IV, V ja VIII järvetüübis (joonis 2.3.7).

Log Chl a:J: $r = -0,5535$; $p = 0,0012$; $r^2 = 0,3063$
Spearman $-0,4125$



Joonis 2.3.7. Statistiliselt usaldatav seos logaritmitud klorofüll-*a* (Log Chl *a*) ja ühtluse indeksi (J) vahel VIII järvetüübis.

Klorofüll-*a* annab statistiliselt usaldatava seose fütoplanktoni koosluse hinnanguga kõikides järvetüüpides. Klorofüll-*a* ja fütoplanktoni koondhinnang vahel on statistiliselt usaldatav seos kõikides järvetüüpides, va V tüübis (LISA 1-7).

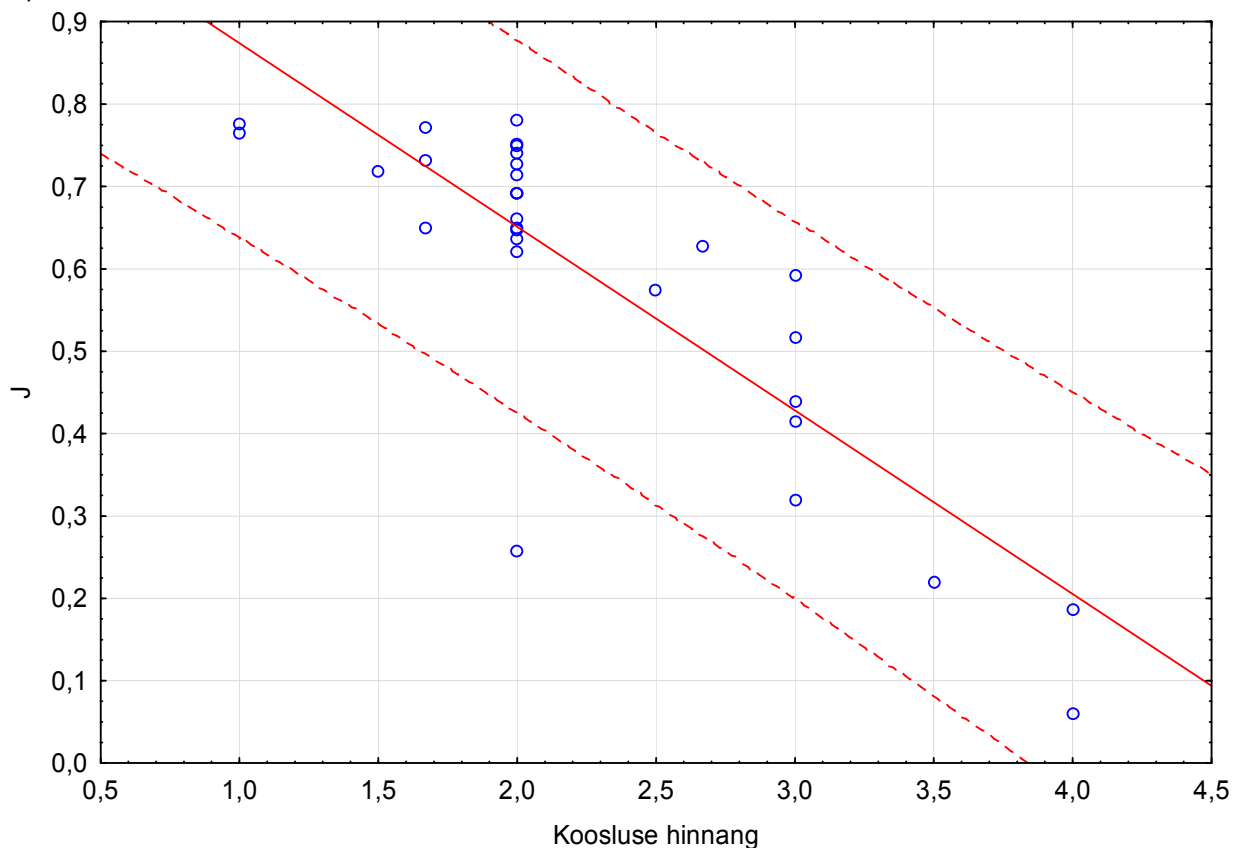
Järve üldhinnangu ilma Chl *a* väärtuseta ja klorofüll-*a* väärtuste vahel esines statistiliselt usaldatav seos II, IV ja VIII järvetüübis.

2.4. Koosluse kirjeldus

Koosluse kirjelduse hinnang annab statistiliselt usaldatavaid seoseid ühtluse indeksiga (joonis 2.4.1), välja arvatud I järvetüübis. Lisaks saadi tulemuseks ka statistiliselt usaldatavad seosed koosluse hinnangu ja logaritmitud fosfori vahel kõikides järvetüüpides.

Fütoplanktoni koondhinnang ilma koosluseta ja fosfori hulk ei anna statistiliselt usaldusväärset seost III, IV, V ja VIII järvetüübis (tabel 2.5.1).

Koosluse hinnang:J: $r = -0,8390$; $p = 0,00000$; $r^2 = 0,7039$
Spearman $-0,8044$



Joonis 2.41. Statistiliselt tugev seos koosluse hinnangu ja ühtluse indeksi (J) vahel VIII järvetüübis.

2.5. Järve üldhinnang

Järve üldhinnangu ja erinevate parameetrite statistilised seosed ei olnud väga informatiivsed. Saadi erinevaid seoseid, kuid tulemustest peamise osa andsid II järvetüübi andmed. I järvetüübi andmete põhjal ei leitud ühtegi statistiliselt usaldatavat seost.

Järve üldhinnang ja biomass andsid statistiliselt usaldusväärseid seoseid II, III, V järvetüübis. II-V järvetüübis andsid statistiliselt tugevaid ja usaldusväärseid seoseid järgmised seosed: JÜLD ja JÜLD ilma FKI-ta ning JÜLD ja JÜLD ilma J-ta.

Kõikide järvetüübi andmete (kõikide järvetüüpide andmed koos) põhjal saadi tulemuseks, et järve üldhinnangu ilma J-ta ja J vahel on statistiliselt nõrk seos ja see seos on usaldusväärne (LISA 7).

Tabelis 2.5.1 on toodud statistiliselt olulisemad seosed fosfori ja teiste näitajate vahel.

Tabel 2.5.1. Statistilised seosed erinevate näitajate vahel Spearmani astakkorrelatsiooni järgi Eesti järvetüüpides. P- fosfori kontsentratsioon; FPK- fütoplanktoni koondhinnang; FPK J-ta- fütoplanktoni koondhinnang ilma ühtluse indeksi hinnanguta; FPK ilma FKI- fütoplanktoni koondhinnang ilma fütoplanktoni koondindeksi hinnanguta; FPK ilma KH- fütoplanktoni koondhinnang ilma koosluse hinnanguta; FPK ilma Chl a- fütoplanktoni koondhinnang ilma klorofüll a hulgata; JÜLD- järve üldhinnang; JÜLD ilma FP- järve üldhinnang ilma fütoplanktoni näitajate hinnanguteta; Kõik- kõikide järvetüüpide andmed koos; $p>0,05$ - ei ole statistiliselt usaldatav (värvitud lillaks); - vähe andmeid. Siniseks on värvitud seosed, mis annavad fütoplanktoni koondhinnangus seosele tugevust juurde

Näitaja	P vs FPK	P vs FPK J-ta	P vs FPK ilma FKI	P vs FPK ilma KH	P vs FPK ilma Chl a	P vs JÜLD	P vs JÜLD ilma FP	P vs J	P vs Chl a	P vs FKI	P vs KH
Kõik	0,428	0,465	0,572	0,453	0,436	0,261	0,261	$p>0,05$	0,571	$p>0,05$	0,420
I	0,615	0,759	0,775	0,654	0,593	-	$p>0,05$	$p>0,05$	0,786	$p>0,05$	0,564
II	0,608	0,643	0,648	0,521	0,446	0,664	0,508	$p>0,05$	0,744	$p>0,05$	0,654
III	0,393	0,406	0,456	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	0,462	$p>0,05$	0,461	$p>0,05$	0,389
IV	0,510	0,537	0,578	$p>0,05$	0,406	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	0,598	$p>0,05$	0,500
V	0,515	0,486	0,353	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	0,513	$p>0,05$	$p>0,05$
VIII	0,670	0,653	0,697	$p>0,05$	0,572	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	0,627	$p>0,05$	0,651

Lisades 1-7 on toodud korrelatsioonimaatriksid järvetüüpide kaupa, kus punasega on märgitud usaldusväärsed seosed. I järvetüübi korrelatsioonimaatriksist on välja võetud ujulehtedega ja veesiseste taimede sügavuspiir, sest nende kohta puudusid andmed.

2.6. Füüsikalise-keemilised näitajad

Füüsikalise-keemilisi näitajate seoseid testiti valgala indeksiga. Kuna abiootilisi näitajaid peetakse sageli survetegurite väljenduseks, siis nende testimiseks palju võimalusi ei jää. Fosfori puhul saab küll fooni määramiseks kasutada Vighi ja Chiaudani mudelit (1985), aga seda ei saa laiendada klassifikatsioonis teiste klassipiiride loomiseks. Üldlämmastik, -fosfor ja pH andsid statistiliselt tugevaid ja usaldatavaid seoseid valgala indeksiga. Läbipaistvus andis statistiliselt usaldatavaid seoseid fütoplanktoni näitajatega: fütoplanktoni koondindeksi, koosluse kirjelduse, ühtluse indeksi, klorofüll-a hulga ja biomassiga (LISA 8). Läbipaistvuse puhul peab silmas pidama, et osaliselt on see tüübi, mitte seisundi näitaja. Läbipaistvust ei saa seisundi näitajana arvestada tumedaveelistes järvedes.

3. Arutelu

3.1. Ühtluse indeksi sobivus klassifikatsioonis

J ei andnud ühtegi seost biogeenidega (fosfor ja lämmastik). Ühtluse indeksit on kirjeldatud kui kehvade tulemustega näitajat ja Euroopa fütoplanktoni seisundi hindamisel kasutavad ühtluse indeksit vaid vähesed riigid (Lyche-Solheim, 2013). Teadaolevalt on Eesti järvedes fosfori väärtused üsna kitsa ulatusega võrreldes kogu Euroopaga (Maileht et al., 2013) ja sellepärast on keeruline tuvastada statistilisi seoseid P kui surveteguri indikaatori ja elustiku näitajate vahel. Veepoliitika Raamdirektiiv keelab kasutada meetodeid, millel pole kehtivaid korrelatsioone surveteguritega. Fosfori kasutamine survetegurina Eestis on ka seepärast keeruline, et meie järvedes leidub suurtes kogustes huumusaineid. Huumusained adsorbeerivad fosfaate ja hajutavad ning neelavad tugevasti valgust, muutes toitesoolade kättesaadavuse fütoplanktonile keerukamaks võrreldes heledaveeliste järvedega. Viimased domineerivad teistes geograafilistes piirkondades. Seepärast on Eesti järvede puhul otsest seost surveteguritega keeruline tuvastada.

Eesti meetodikas kasutatud näitajate hulgas on ka ühtluse indeks. Kui vaadelda ühtluse indeksi seoseid järvetüüpides ja hinnata selle alusel sobivust, siis peab nentima, et I-IV tüübis J väärtused pigem vähendavad korrelatsiooni tugevust surveteguritega. I tüüp on fosforiringe poolest eriline – lubjatoitelistes järvedes on suur ülekaal seotud fosforil, fütoplankton on hõre ning valitseb tugev produktsiooni limitatsioon. II ja III järvetüüp on Eestis kõige arvukamad. Siin on suur elupaikade mitmekesisus (heledad ja tumedad veed, väga erinev järvede morfomeetria) ja seepärast arvatavasti ühtluse indeks keskmiste väärtustega. See omakorda ei võimalda statistiliste seoste vahel tugevamaid seoseid leida. V ja VIII tüüp on keskkonnatingimustelt üsna spetsiifilised ja sellepärast neis ühtluse indeksi kasutamine parandab üldist fütoplanktoni alusel tehtava hinnangu korrelatsiooni tugevust fosforiga.

Ühtluse indeks andis statistiliselt usaldusväärseid seoseid klorofüll-a (Chl a; II, IV, V ja VIII järvetüübis; LISA 1-7) ja koosluse hinnanguga (KH; II, III, IV, V ja VIII järvetüübis; LISA 1-7).

Ühtluse indeksi (J) kasutamine Eesti järvede klassifikatsioonis tekkis teooriast, et fütoplanktoni liikide arv ja arvukuse (biomassi) jaotus kannab informatsiooni ökoloogilisest seisundist. Mida rohkem liike ja ühtlasemalt jaotunud arvukus, seda tugevam kooslus ja parem seisund. Kesk/Balti ökoregiooni ekspertide rühmas ja üle-Euroopalise projekti WISER raames (üle-Euroopalist kvaliteedi klassipiiride interkalibreerimisprotsessi toetav teaduslik

projekt) kasutati samuti J indeksit. Arutleti sellel teemal, kuivõrd võib seda kasutada veeõitsengute kriteeriumina ja kuivõrd hästi eristuvad kvaliteedi klassid omavahel. Üldine järeldus oli, et J ei ole väga hea näitaja (Lyche-Solheim et al., 2013). Sellest ajendatuna püüdsime modifitseerida J indeksi olemust. Katsetasime eelkõige J indeksis kasutatava teoreetilise liigierisuse (H_{max}) muutmist. Rahvusvahelises fütoplanktoni biomassi määramises standardis, nn Utermöhli tehnikas, loendatakse proove kuni neljasaja loendusühikuni. On arusaadav, et alati jääb teatav kogus liike märkamata, määramata, loendamata. See olukord võimaldaks mingi algoritmiga ennustada puuduvate liikide arvu ja arvukust ilma teaduslikkust kaotamata. Loendusproovist puuduvatel liikidel ei saa olla suur arvukus (biomass). Kuna J tulemus sõltub nii liikide arvust, aga eriti dominantide arvukusest (dominantide biomassist), siis liikide vähearvukate liikide lisamine ei suurendanud oluliselt H_{max} väärtust, veelgi vähem aga mõjutas J väärtust.

Kõikide järvetüübi andmete põhjal leiti, et järve üldhinnang ilma J-ta ja J vahel on statistiliselt nõrk seos, kuid see seos on usaldusväärne. See tähendab, et ühtluse indeks toetab vähesel määral järve koondhinnangu tulemuse kujunemist. Samuti andis ühtluse indeks III ja V järvetüübis usaldusväärse seose järve üldhinnanguga.

Klassipiiride selgitamisel lähtuti J väärtuste ulatusest, mis sisuliselt kujutab endast tegeliku liigierisuse protsenti teoreetiliselt võimalikku. Selline loogika lubab sättida klassipiirid võrdse jaotusega viide rühma. Kontrollida saab seda mõttekäiku mõne surveteguriga. Tegelikuses on võimalik kasutada suhteliselt vähe andmeid (nn järvaastad, st, et juba algandmeid on tublisti koondatud) ja nende hajuvus on suur. Seepärast pole praegu otstarbekas klassipiire muuta.

3.2. Fütoplanktoni koondindeks

Fütoplanktoni koondindeksit on kasutatud Eesti järvede seisundi hindamiseks juba 1950. aastatest alates, alguses küll algupärasel kujul. Hiljem on seda küll kritiseeritud, heites ette liiga suurt taksonirühma indikaatori tähenduses. Nõustudes kriitikaga on Eesti algoloogid kasutanud mitut indeksit koos, lootes sellega hõlmata võimalikult palju fütoplanktoni indikaatorluse nüansse. Ka praeguses töös ei andnud fütoplanktoni koondindeks statistiliselt usaldatavaid seoseid surveteguri fosforiga (tabel 2.5.1). Erinevates järvetüüpides on küll tulemused erisugused. V ja VIII järvetüübi puhul on P ja FPK FKI-ta seos nõrgem kui P ja FPK seos. See tähendab, et V ja VIII järvetüübi puhul on fütoplanktoni koondindeks (FKI) fütoplanktoni koondhinnangut (FPK) toetav element.

Fütoplanktoni koondindeks andis statistiliselt usaldatavaid seoseid ka fütoplanktoni biomassiga II ja IV järvetüübis. Võimalik, et siin mõjutavad seoseid kaudselt morfomeetrilised iseärasused. Mõlemat tüüpi järved on madalad ja fütoplanktoni kooslus veesambas ühtlasem. I järvetüübis oli Pearsoni korrelatsioonikordaja usaldusväärne, kuid Spearmani astakorrelatsioon antud seost usaldusväärseks ei näidanud. I järvetüübis on fütoplanktoni hõre ja ka järvede arv on antud tüübis väike, seetõttu on andmete hajuvus suur.

II järvetüübis saadi statistiliselt usaldusväärne seos ka FKI ja ULTSP (ujulehtedega taimede sügavuspiir) ning FKI ja VSTSP (veesiseste taimede sügavuspiir) vahel. Nende seoste vahel saadi negatiivne seos, ehk mida suurem on ujulehtedega ja veesiseste taimede sügavuspiir, seda väiksem on fütoplanktoni koondindeks. II tüüpi järved on madalad ning osad neist järvedest on makrofüüdijärved. Kuna makrofüüdijärvedes on fütoplankton ja taimed konkurendid, siis mida rohkem on taimi (mida suurem sügavuspiir), seda madalam on FKI ning seda parem on järve seisund.

Klassipiiride kehtestamisel on kasutatud väärtuste ulatust, sagedusjaotust, varasemaid Eestis kehtinud klassifikatsioone (Mäemets, 1977; Kõvask, Milius, 1982; Mäemets, A. & Lokk, S. 1982; Pihu, 1988-91; Mäemets, A. & Ott, I. 1993; Mäemets et al., 1994; Mäemets, A., Saarse, L., 1995; Mäemets, A., 1998), seoseid survegurite, teiste fütoplanktoni ja suurtaimede näitajatega. Need on kokku üldistatud ekspertarvamusega klassipiirides.

3.3. Klorofüll-a

Tabelist 2.5.1 on näha, et klorofüll-a hulk tugevdab kõige rohkem fosfori ja fütoplanktoni koondhinnangu vahelist seost, seetõttu on klorofüll-a tähtis parameeter FPK osana. Samuti andis klorofüll-a (Chl a) fosforiga statistiliselt tugevaid seoseid kõigis järvetüüpides ehk on otseselt seotud surveguriga.

Klorofüll-a andis usaldusväärseid seoseid kõikides järvetüüpides fütoplanktoni biomassiga ja fütoplanktoni koondhinnanguga (FPK) (LISA 1-7). Samuti saadi usaldusväärseid seoseid logaritmitud fosforiga kõikides järvetüüpides ja logaritmitud lämmastikuga III, IV ja VIII järvetüübis. I järvetüüp ei andnud logaritmitud lämmastikuga tulemust arvatavasti väheste andmete tõttu. Peale selle on üldse selles tüübis fütoplankton väga tagasihoidliku kogusega. Seevastu lämmastiku väärtused on suured. Põhjus, miks lämmastikku selliseid koguseid ei kasutata, peitub peamise toiteelemendi, fosfori puuduses.

Klorofüll-a on oluline komponent järvede üldhinnangus, kuna klorofüll-a ja järve üldhinnang ilma Chl a-ta andis statistiliselt usaldusväärse tulemuse II, IV ja VIII järvetüübis ning klorofüll-a ja järve üldhinnang II, III ja V järvetüübis.

Klorofüll a sisalduse klassipiirid on veesamba ülemise kihi kohta üle võetud EL Balti/Keskökoregiooni Geograafilise Interkalibreerimise Rühma tulemustest, milles osalesid EMÜ PKI Limnoloogiakeskuse töötajad Eesti esindajatena. Klorofüll a veesamba keskmiste näitajate väärtuste klassipiiride leidmiseks kasutati sama meetodikat, mida FKI puhul. Nende kahe lähedase näitaja klassipiirid on skaala parema kvaliteedi klassides väga lähedased, aga erinevad halvemates klassides. Pinnakihtides on väärtused kahtlemata suuremad võrreldes veesamba keskmisega, sest mikrovetikad arenevad paremini valgusküllastes ja soojemates kihtides. Nn Euroopa väärtuste piirid kehvemates klassides on tingitud Eesti kohta äärmuslikest oludest, mis pole hästi võrreldavad. Klassipiiride kehtestamisel kogu veesamba kohta on ära kasutatud limnoloogiakeskuse pikaajast kogemust, väärtuste sagedusjaotust, väärtuste statistikuid (statistilist jaotust, aritmeetilist keskmist, standardhälvet, variatsioonikoefitsienti, mediaani), kirjandusallikaid (Mäemets, 1977; Milus, 1980; Trifonova, 1980; Milius, 1981; Kõvask, Milius, 1982; Mäemets, A. & Lokk, S. 1982; Ott, 1987; Milius, Kõvask, 1987; Pihu, 1988-91; Mäemets, A. & Ott, I. 1993; Mäemets et al., 1994; Mäemets, A., Saarse, L., 1995; Mäemets, A., 1998), fooniveekogude väärtusi.

3.4. Koosluse kirjeldus

Koosluse kirjeldus sellisel kujul on Eesti algoloogide loodud, kuigi aluseks on EL 5. raamprogrammi projekti Ecoframe ettepanekud, kus osales ka limnoloogiakeskus (Moss et al, 2003). Kui Veepoliitika Raamdirektiivis on kohustuslik veeõitsengu määra hindamine, siis koosluse kirjeldus täidab Eesti meetodi puhul seda ülesannet kõige enam. EL Balti/Keskökoregiooni järvede kvaliteedi klassipiiride interkalibreerimisel oldi väga suurtes raskustes leidmaks veeõitsengute hindamismetoodikat. Raskusteks oli eriti veeõitsengute ajalis-ruumiline ebastabiilsus, mis takistas kindlate näitajate kehtestamist. Koosluse kirjeldus on küll suures osas subjektiivne, kuid eelkõige just selle tõttu on stabiilsem ja suurema üldistusjõuga.

Koosluse kirjeldus andis statistiliselt usaldusväärseid tulemusi kõikides järvetüüpides ühtluse indeksiga peale I tüübi. I järvetüübis on väga vähe andmeid, ning need on hajusad. Fütoplanktonil ei ole selles tüübis väga suurt rolli. Tugevad seosed saadi koosluse hinnangu ja logaritmitud fosfori vahel kõikides järvetüüpides.

Koosluse kirjeldus andis usaldusväärseid seoseid kõikides järvetüüpides logaritmitud klorofüll-a ja fütoplanktoni biomassiga. Lisaks saadi usaldusväärsed seosed fütoplanktoni koosluse hinnanguga (KH) kõikides järvetüüpides peale I järvetüübi. See võib tuleneda vähestest andmetest I järvetüübis.

Samuti saadi statistiliselt usaldusväärsed seosed järve üldhinnanguga II, III, IV ja VIII järvetüübis. Seetõttu võib järeldada, et koosluse kirjeldus (FPK) on järve üldhinnangu (JÜLD) oluline osa.

Fütoplanktoni koondhinnang ilma koosluseta ja fosfori hulk ei anna statistiliselt usaldusväärset seost. Seos muutub usaldusväärseks, kui fütoplanktoni koondhinnangusse lisada koosluse kirjeldus (tabel 2.5.1). Seetõttu peaks koosluse kirjeldust Eesti järvede fütoplanktoni hindamisel kasutama.

Koosluse kirjelduse klassipiiride selgitamisel lähtuti üle-Euroopalise projekti ECOFRAME soovist (Moss et al., 2003). Kuna selle näitaja väärtused pole otseselt arvilised, siis Eesti modifikatsioon ei muutnud põhimõtteid ja klassipiirid on samad.

3.5. Järve üldhinnangu seosed fütoplanktoni näitajatega

Järve üldhinnang ei andnud statistiliselt usaldusväärseid seoseid I järvetüübis (LISA 1, JÜld). Samuti andis väga vähe usaldusväärseid seoseid VIII järvetüüp. Mõlemates järvetüüpides mängib fütoplankton suhtelist vähest rolli ja peamine puudus seoste leidmisel paistab olevat andmete vähesuses. Seoste demonstreerimisel kasutasime moodust, kus uuritav näitaja on üldhinnangust välja jäetud. Vastasel korral oleks tegemist lubamatu tautoloogiaga. Teistes tüüpides on palju usaldatavaid statistilisi seoseid tõestamiseks näitajate ja elustikurühmade klassifikatsiooni kehtivust.

3.6. Füüsikalise-keemiliste näitajate klassipiirid

Nende näitajate klassifikatsioonide loomisel on paljudes riikides kõige rohkem kogemusi, nii ka Eestis. Nn troofsustüpoloogia tegeles mõlemaga, nii ökoloogilise seisundi kui ka tüpoloogiaga. Ühest küljest on see mõistetav, sest mitmed näitajad kannavad informatsiooni mõlema kohta (pH, toitesoolade kogused, orgaanilise aine sisaldus), teisest küljest on need ikka erinevad nähtused ja neid peaks eristama. Esimesed maailmakuulsad tüpoloogiad (Naumann, 1931) olid mõlema ülesande rakenduses. EL Veepoliitika Raamdirektiiv teeb neil põhimõttelist vahet. Eestis on järvede abiootilise tüpoloogia ja samas ka klassifikatsiooni

loonud H. Simm (1975). Selle kohta on Eestis palju kogemusi ja avaldatud palju kirjandust (Mäemets, 1977; Milius, 1980; Milius, 1984; Maastik, 1984; Milius, 1986; Pihu, 1988-1991, Ott ja Kõiv, 1999). Esimese VRD nõuetekohase järvede ökoloogilise seisundi hindamise klassifikatsiooni tellis limnoloogiakeskuse Keskonnaministeerium 2001. a. Siis kasutati varasemaid klassifikatsioone, mida kohandati lihtsustatud tüpologia kohta. Edaspidi modifitseeriti seda koostöös EL Balti/Keskõkoregiooni riikide interkalibreerimisprotsessis. Kõige rohkem konsulteeriti Poola ja Saksamaa esindajatega. Püld puhul on klassipiiride selgitamisel kasutatud paleolimnoloogilisi materjale (Heinsalu, Alliksaar, 2005; 2009a; 2009b) ja Vighi-Chiaudani mudelit (Vighi, Chiaudani, 1985; tüüpides II, III, V). Kõikide abiootiliste näitajate foonitingimuste täpsustamiseks on kasutatud fooniveekogude väärtusi. Abiootiliste näitajate klassifikatsiooni kontrolliks kasutati valgala indeksit ja üldjuhul olid statistilised seosed usaldatavad (LISA 8). Väike indeksi väärtustega järvede arv ei võimalda praegu hästi seosed selgitada. Vaatamata sellele on kogu materjali alusel seosed usaldatavad ja vee läbipaistvus. Palju on järvede seas tumedaveelisi, mis piirab selle näitaja kasutamist seisundi indikaatorina. Klassipiiride kehtestamisel kasutati ka limnoloogiakeskuse pikaajast kogemust, väärtuste sagedusjaotust, väärtuste statistikuid (statistilist jaotust, aritmeetilist keskmist, standardhälvet, variatsioonikoefitsienti, mediaani).

3.7. Toiteainesisalduse ja fütoplanktoni näitajate referentstingimused

Referentstingimuste seadmisel on arvestatud mitut kriteeriumit: valgalal ei tohi olla ühtegi punktreostusallikat, maakasutus peab olema valgalal vähem kui 10% ja populatsiooni tihedus ei tohi olla üle 10 inimese km² kohta. Arvestatakse ka paleolimnoloogilisi andmeid (Heinsalu, Alliksaar, 2005; 2009a; 2009b) ja seda, et tegevus valgalal ei mõjuta järve. Nende kriteeriumite alusel on valitud referentsjärved ja -väärtused:

I tüüp – Äntu Sinijärv

II tüüp – Saaremaa Karujärv

III tüüp – Kooraste Suurjärv

IV tüüp – Loosalu

V tüüp – Nohipalo Valgõjärv

VIII tüüp – Kooru, Kiljatu, Sarapiku, Laialepa

Osa neist on olnud limnoloogiakeskuse uuringutes ökoloogilise seisundi klassis „väga hea“. Arvestades aga põhimõtet, „parim võimalik“, siis võiks neid järvi edaspidi fooniveekogudeks pidada. Fooniveekogusid on otsitud vahelduva innukusega. Mitmed potentsiaalsed ei sobinud

lähemal uurimisel (Ihamaru Palojärv, Kooraste Kõverjärv, Tõhela, Mutsina jt). Selle suunaga võiks jätkata kaasates senisest rohkem paleolimnoloogilisi töid.

4. Kokkuvõte ja ettepanekud

Käesolevas töös analüüsiti fütoplanktoni ühtluse indeksit ning selle sobivust Eesti järvede ökoloogilise seisundi hindamisel ning analüüsiti fütoplanktoni hindamise süsteemi. Ühtluse indeksi kasutamine on tekitanud hulgaliselt poolt- ja vastuargumente erinevates riikides. Eesmärgiks oli analüüsida indeksi toimivust Eesti tingimustes ning vajadusel parandada ühtluse indeksi klassipiire. Teiseks eesmärgiks oli välja selgitada Eesti järvetüüpide I-V ja VIII kohta kokkuvõtvalt, kuidas tuletati abiootiliste näitajate ja fütoplanktoni indikaatorite referentstingimused ja ökoloogilise seisundi klassipiirid.

Analüüsides tegemiseks kasutati Eesti fütoplanktoni andmebaasi, mis sisaldas fütoplanktoni ja hüdrokeemia andmeid (1998-2011)- kokku 1495 proovi 201 Eesti järvest.

Analüüsi käigus saadi erinevaid tulemusi ühtluse indeksi ja teiste parameetrite vahel. Ühtluse indeks andis vähe statistiliselt usaldusväärseid seoseid teiste parameetritega. Veepoliitika Raamdirektiiv ei luba kasutada meetodeid, mis ei anna korrelatsioone surveteguritega. Kuigi J biogeenidega usaldusväärseid korrelatsioone ei andnud, siis tuleks silmas pidada ka fosfori reaktsioone huumusainetega enamustes Eesti järvetüüpides. Kõikide järvetüübi andmete põhjal leiti, et järve üldhinnang ilma J-ta ja J vahel on statistiliselt nõrk seos, kuid see seos on usaldusväärne. Ühtluse indeks toetab vähesel määral järve koondhinnangu tulemuse kujunemist. Samuti andis ühtluse indeks III ja V järvetüübis usaldusväärse seose järve üldhinnanguga. Ühtluse edasine kasutamine ühe fütoplanktoni näitajana on põhjendatud ka seepärast, et peab säilima teatav tasakaal kasutatavate elementide arvus. Kui mingi elustikurühma näitajate arv on suurem kui teistes, siis see mõjutab kõige rohkem ka lõpptulemust.

Ühtluse indeksi piire ökoloogilise seisundi klassides ei saanud parandada, kuna ei leitud küllaldaselt usaldusväärseid seoseid. Andmemassiiv järvetüüpides on selleks praegu veel liiga väike.

Koosluse kirjelduse täiendamise peaks vastavasse keskkonnaministri määrusse rakendama, sest on senisest täpsem ja seda saab ka arvutiprogrammides proovi protokollidest arvutada. Varem oli koosluse kirjeldus rohkem hinnangulisel tasemel.

Klorofüll a näitaja on surveteguritega ja ka teiste elustiku näitajatega heas korrelatsioonis. Keskkonnaministri vastavas määruses kasutatakse kahte näitajat, pinnavee - ja veesamba proovide keskmise väärtused. Neist esimene on üle võetud Balti/Keskökoregiooni ökoloogilise kvaliteedi klassipiiride interkalibreerimisrühma

tulemustest. Eesti on väheseid riike, kes seda ametlikult kasutab. Kuna Eesti klassifikatsioon on rangem ja otsesest nõuet interkalibreerimisrühma klassifikatsiooni kasutamiseks ei ole, siis peaks kaaluma selle näitaja väljajätmist vastavast määrusest. Peaks ka silmas pidama, et teised osalenud riigid oma seireprogrammides on üle läinud või minemas integraalsetele proovidele. Seega tehakse nagunii riikide klassifikatsioonides erisusi senisest ühisest.

Fütoplanktoni koondindeksi kasutamine ökoloogilise seisundi hindamisel on Eestis väga pikaajaline traditsiooniga. Kuigi tänapäeval areneb kiiresti perekondade ja liikide indikaatorluse selgitamine, on praegu veel vara sellele üle minna. Koondindeks on klorofüll a kõrval teine näitaja, mis annab survetegurite ja teiste näitajatega paremaid statistilisi seoseid.

Fütoplanktoni koondhinnangu andmisel kasutatakse II, III, IV, V järvetüüpides H/G EQR-ina 0,8 ja G/M piirina 0,6. I tüübi fütoplanktoni koondhinnang ja EQR-id antakse klorofüll a, fütoplanktoni koondindeksi ja ühtluse indeksi alusel. VIII tüübi puhul kasutatakse ökoloogilise seisundi hindamisel ainult klorofüll a hulka ning sellest tulenevalt ka selle parameetri EQR väärtusi.

Abiootiliste näitajate klassifikatsioon on välja arendatud eelmistest troofsustüpoloogia osadest, kus eristati väga vähe järvetüüpe. Kuna abiootilisi näitajaid peetakse paljuski survetegurite otseseks väljenduseks, siis nendes kvaliteedi klassipiiride selgitamine on võimalik omavaheliste seoste abil, seostega elustiku näitajatega, aga olulist rolli mängivad ajaloolised andmed, paleolimnoloogia tulemused ja mudelid. Meie kasutasime ühe kontrolliva näitajana valgala indeksit, mis on kokkuvõtte surveteguritest. Kahjuks on seda indeksit arvatud väheste järvede kohta, sest nõuab palju erinevaid algandmeid. Klassipiiride selgitamisel peab lähtuma Eesti järvede omapärasest. Toitesoolade gradiendid on väiksed, suhteliselt suur huumusainete sisaldus muudab fosfori kättesaadavust primaarproduktentidele, muudab ka valgustingimusi. Suure karbonaatide sisalduse tõttu on pH väärtused keskmiselt suuremad kui paljudes teistes riikides. See kõik kokku muudab näitajate väärtuste vahemiku suhteliselt lühikeseks ja raskendab kvaliteedi klassipiiride selgitamist. Seepärast on piirid selgitatud komplekselt kõiki statistilisi seoseid arvestades ja eksperthinnangu osakaal on tähtis. Konkreetne ettepanek on määrukses kehtestada II järvetüübis kaks alatüüpi – heleda- ja tumedaveelised. Praegu on tüübiks eraldamata meie kõige arvukam limnoloogiline järvetüüp – miksotroofsed veekogud. Eristamine alatüüpidesse käiks vee värvuse alusel ja ainuke erinevus klassifikatsioonis oleks vee läbipaistvuse näitaja eemaldamine tumedaveeliste järvede seisundi hindamisel. Reeglina on miksotroofsete järvede elustik, eriti fütoplankton, rikkalikum heledaveelistest, kuid selle erinevuse alusel klassifikatsiooni koostamine on ülejõu käiv ülesanne. Järvede kaitse ja majandamise seisukohast ei oma see ka väga suurt tähtsust.

Fooniveekogude leidmine ja kasutamine klassifikatsiooni täiustamisel on oluline. „Parim võimalik“ põhimõtte järgi võiks edaspidi fooniveekogudeks pidada neid järvi: I tüüp – Äntu Sinijärv; II tüüp – Saaremaa Karujärv; III tüüp – Kooraste Suurjärv; IV tüüp – Loosalu; V tüüp – Nohipalo Valgõjärv; VIII tüüp – Kooru, Kiljatu, Sarapiku, Laialepa. Siiani ei ole olnud fooniveekogusid II ja III tüübis. Need on aga arvukamad järvetüübid Eestis. Seepärast on oluline neist tüüpides fooniveekogud leida. Uutes potentsiaalsetes fooniveekogudes peaks läbi viima täiendavad hüdrobioloogilised, paleolimnoloogilised ja valgala uuringud.

Järvede tervendamismeetmete planeerimisel tuleks lisaks fütoplanktonile arvesse võtta ka teisi kvaliteedinäitajaid. Enne tervendamismeetmete alustamist oleks kindlasti vajalik põhjalikum järve seisundi ja biogeenide uuring.

Summary

In current study phytoplankton evenness index (J) was tested and its eligibility to Estonian lake assessment system. Also Estonian other parameters of ecological assessment were tested. Using evenness index has raised many pros and cons in different countries. The aim of this study was to test how evenness index behave on Estonian data. If necessary, boundaries need to be revised. The second aim was to clarify reference and class borders of physico-chemical and phytoplankton parameters in Estonian lake types I to V and VIII.

To complete the aims of this study Estonian phytoplankton, chemical and background database was used. Database consisted from samples between 1998 and 2011 altogether 1495 samples from 201 Estonian lakes.

Analysed data showed very different results between evenness and other parameters. Evenness index did not give statistically reliable relationships with other parameters. Water Framework Directive does not allow to use methods which do not give statistically reliable relationships with pressures (phosphorus and nitrogen). Although J did not give any statistically reliable relationships with pressure, we should keep in mind reactions of humic matter with phosphorus in many Estonian lakes. All data of lake types as complex showed that there is statistically weak relationship between final score of lake and evenness. This relationship is weak, but statistically reliable. J supports the assessment of common of final score assessment slightly. Also, J gave in lake type III and V statistically reliable relationship with lake final score. Using J index as one parameter of phytoplankton assessment method is justified because there have to remain balance of number of used parameters. Overrule of one group of biota influence essentially lake assessment of final score.

Boundaries of J index were not improved because there were not sufficient number of statistically reliable relationships not enough data for that analyse for different lake types.

The improved description of community should be employed to corresponding regulation of ministry of the environment. New improved description of community is more precise and can be calculated with PC programs, the valid one is more evaluative.

Chlorophyll a (chl_a) had statistically reliable relationships between pressure and other parameters. In the regulation of ministry of the environment two parameters are used: average of chlorophyll a of surface and water column. The first one is adapted from results of Central-Baltic Geographical Intercalibration Group. Estonia is one of the few countries where it is officially used. As Estonian classification is more stringent and there is no demand

for using the classification of intercalibration, then should consider to leave this out of corresponding regulation. We should take into account that other countries have changed over in its monitoring programs to integrated samples. Thus there will be differences from common assessment method between countries in future.

Estonia has secular traditions using Nygaard's modified compound quotient (PCQ) as the parameter of assessment of ecological status. As nowadays the work on genus and species indicators are rapidly developing, it is too early to change the classification to this direction. PQC is, besides chl_a, the second parameter which gave statistically reliable relationships with pressure and other parameters.

In order to assess phytoplankton final score in lake types II, III, IV, V H/G EQR is 0,8 and G/M 0,6. Final score EQR in I lake type is assessed by chl a, PCQ and J. Final score EQR in lake type VIII is assessed by chl a.

Classification of abiotic parameters has been developed from parts of previous typologies, where were only few lake types. As abiotic parameter has been considered as direct expression of pressure, the development of these class boundaries is possible only through relation between abiotic parameters, relation with parameters of biota, but important are also historical data and paleolimnological results and models. In this work we have used as verifying parameter index of catchment area. This index is as summary of different pressures. Unfortunately this is calculated only for small number of lakes because it requires many sophisticated input data. Setting the class boundaries, the peculiarities of Estonian lakes must be considered. The gradient of nutrients is short, relatively great amount of humic matter makes phosphorus hardly obtainable for primary producers, also humic matters change the light conditions. High concentration of carbonates leads to higher average pH in comparison with other countries. All this makes the range of values relatively short and because of that class boundaries are difficult to determine. Thus, boundaries have been set as complex, where all statistical relationships are considered and expert opinion is very important. Concrete suggestion is to establish in regulation for lake type II two different sub-types: light and dark coloured lakes. Our most numerous lake type (mixotrophic) is currently not differentiated as type. Distinguishing to sub-types should be based on water colour. The only difference in classification would be to exclude water transparency from assessment of dark coloured lakes. Usually biota of mixotrophic lakes, especially phytoplankton, is more abundant than in light coloured lakes. On the ground of this difference the composition of classification is inaccessible. For lake protection and managing it is not so important.

It is very important to find reference sites and use it to improve classification. Reference sites can be: I lake type – Äntu Sinijärv, II type – Saaremaa Karujärv; III type – Kooraste Suurjärv; IV type – Loosalu; V type – Nohipalo Valgõjärv; VIII type – Kooru, Kiljatu, Sarapiku, Laialepa. Up to now there were no reference sites in lake types II and III. These types are the most numerous in Estonia and for that purpose it is important to find reference lakes in these lake types. In potential new reference lakes additional hydrobiological, paleolimnological and catchment studies should be recommended.

To plan lake restoring it is important to use besides phytoplankton also other quality elements. Before restoring complete lake state and nutrients study should be carried out.

Kasutatud kirjandus

Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C. R., 2006. Ecology: *From Individuals to Ecosystems*. Fourth Edition. Blackwell Publishing.

Carvalho, L., Poikane S, Lyche Solheim, A., Phillips, G., Borics, G., Catalan, J., De Hoyos, C., Drakare, S., Dudley, B. J., Järvinen, M., Laplace-Treytore, C., Maileht, K., McDonald, C., Mischke, U., Moe, J., Morabito, G., Nöges, P., Nöges, T., Ott, I., Pasztaleniec, A., Skjelbred, B., Thackeray, S. J. 2013. *Strength and uncertainty of phytoplankton metrics for assessing eutrophication impacts in lakes. Hydrobiologia*, 704, 127-140

Caroni, R., Bund, W., Clarke, R. T., 2013. Combination of multiple biological quality elements into waterbody assessment of surface waters. *Hydrobiologia* 704:437–451

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exercise and repealing Decision 2008/915/EC. 2013. Official Journal of the European Union

Heinsalu A., Alliksaar T. 2005. Järvetüüpide interkalibreerimiseks vajalike foonitingimuste väljaselgitamine paleolimnoloogiliste uuringute abil. Aruanne nr. 2005–29. Tellija Keskkonnaministeerium. Käsikiri TTÜ Geoloogia Instituudis. 98 lk.

Heinsalu A., Alliksaar T. 2009a. *Palaeolimnological assessment of environmental change over the last two centuries in oligotrophic Lake Nohipalu Valgjärv, southern Estonia* Estonian Journal of Earth Sciences, 2009, 58, 2, 124.132

Heinsalu A., Alliksaar T. 2009b. *Palaeolimnological assessment of the reference conditions and ecological status of lakes in Estonia – implications for the European Union Water Framework Directive*. Estonian Journal of Earth Sciences, 2009, 58, 4, 334.

Heip, C.H.R., Herman, P.M.J & Karline Soetaert, 1998. *Indices of diversity and evenness*. Océanis vol. 24 no 4, p. 61-87.

Jeffrey, S.W. & Humphrey, G.F., 1975. *New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton*. Biochemie und physiologie der Pflanzen 167: 191-194.

Kõvask, V., Milius, A. 1981. Eesti väikejärvede suvine fütoplankton. Eesti NSV TA Toimetised. Bioloogia. 30. Lk. 239-245. (vene k.).

Kõvask, V. & Milius, A. 1982. Lõuna-Eesti järvede fütoplankton. - Eesti NSV järvede nüüdiseisund. Tartu, 75-85.

Lorenzen, C.J., 1967. *Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric equations*. Limnol. Oceanogr. 12: 343-346.

Marksoo, 2008. Eesti pinnaveekogude ökoloogiline seisund 2004-2008. Tallinn.

Maileht, K., Nõges, T., Nõges, P., Ott, I., Mischke, U., Carvalho, L., Dudley, B. 2013. *Water colour, phosphorus and alkalinity are the major determinants of the dominant phytoplankton species in European lakes*. Hydrobiologia, 704, 115-126.

Maileht, K., 2008. Fütoplanktoni indikaatorlus EL Veepoliitika Raamdirektiivi järvede klassifikatsioonis: magistritöö. Eesti Maaülikool, Tartu.

Microsoft Access, 2013. Microsoft Corporation. <http://office.microsoft.com/en-us/access/default.aspx>

Milius, A. 1986. Väikejärvede troofusindeks talvise fosfori järgi. Eesti NSV TA Toimetised. Bioloogia. 35.1. lk. 75-78 (vene k.).

Milius, A. Kõvask, V. 1987. Klorofüll a kontsentratsiooni ja biomassi vaheline seos Eesti väikejärvede fütoplanktonis. Eesti NSV TA Toimetised. Bioloogia 36. Lk. 37-43 (vene k.).

Mischke, U., L. Carvalho, C. McDonald, B. Skjelbred, A. Lyche Solheim, G. Phillips, C. de Hoyos, G. Borics, J. Moe & J. Pahissa, 2011. *Phytoplankton bloom metrics*. WISER deliverable 3.1-2. 48 pp.

Moss, B., Stephen, D., Alvarez, C., Becares, E., VandeBund, W., Collings, S. E., VanDonk, E., DeEyto, E., Feldmann, T., FernandezAliez, C., FernandezAliez, M., Frankeng, R. J. M., GarckaCriado, F., Gross, E., Gyllström, M., Hansson, L.-A., Irvine, K., Järvalt, A., Jenssen, J.-P., Jepesen, E., Kairesalo, T., Kornijow, R., Krause, T., Künnap, H., Laas, A., Lill, E., Lorents, B., Luup, H., Miracle, M. R., Nõges, P., Nõges, T., Nykänen, M., Ott, I., Peczula, W., Peeters, E. T. H. M., Phillips, G., Romo, S., Russell, V., Salujõe, J., Scheffer, M., Siewertsen, K., Smal, H., Tesch, C., Timm, H., Tuvikene, L., Tönno, I., Virro, T., Wilson, D. 2003. The determination of ecological quality in shallow lakes – a tested system (ECOFRAME) for implementation of the European Water Framework Directive. Aquatic Conservation. Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems, 13, 507 - 549.

Multi Variate Statistical Package, 2013

Mäemets, A., 1977. Eesti NSV järved ja nende kaitse. Valgus, Tallinn, 263 lk.

Mäemets, A. & Lokk, S. 1982: Eutrofeerumise otsesest ja kaudsest seosest järvede ökosüsteemi parameetritega. Kogumik: Eesti NSV järvede nüüdisseisund. Tartu, lk. 142-150.

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

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., Saarse, L., 1995: Väikejärved. Kogumik: Eesti Loodus. Tallinn, Kirjastus "Valgus", Eesti Entsüklopeediakirjastus.

Mäemets, A., 1998: Järvetüüpide ja -elustiku mitmekesisusest Eestis. Kogumik: Eesti looduse mitmekesisus ja selle kaitse. Tartu-Tallinn, Teaduste Akadeemia kirjastus, lk. 45-59.

Nygaard, G. 1949. *Hydrobiological studies on some Danish ponds and lakes II. The quotient hypothesis on some new or little known phytoplankton organisms.* Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab 7:293 pp.

Lyche-Solheim, A., Feld, C. K., Birk, S., Phillips, G., Carvalho, L., Morabito, G., Mischke, U., Willby, N., Søndergaard, M., Hellsten, S., Kolada, A., Mjelde, M., Böhmer, J., Miler, O., Pusch, M. T., Argillier, C., Jeppesen, E., Lauridsen, T. L., Poikane, S. 2013. *Ecological status assessment of European lakes: a comparison of metrics for phytoplankton, macrophytes, benthic invertebrates and fish.* Hydrobiologia, 704, 57-74.

Maastik. Al-r, 1984. Veekaitse põllumajanduses. Tln. „Valgus“. 296 lk.

Milius, A. 1980. Vee läbipaistvuse ja klorofüll a sisalduse vaheline seos Eesti väikejärvedes. Eesti NSV TA Toimetised. Bioloogia. 2. 148-150. (vene k.).

Milius, A. 1984. Väikejärvede troofsusseisundi määramine fosfori troofsusindeksi järgi. Eesti NSV TA Toimetised. Bioloogia. 33. 144-147. (vene k.).

Moss, B.; Steohen, D.; Alvarez, C.; Becares, E.; VandeBund, W.; Collings, S. E.; VanDonk, E.; DeEyto, E.; Feldmann, T.; FernindezAliez, C.; FernindezAliez, M.; Frankeng, R. J. M.; GarckaCriado, F.; Gross, E.; Gyllström, M.; Hansson, L.-A.; Irvine, K.; Järvalt, A.; Jenssen, J.-P.; Jepesen, E.; Kairesalo, T.; Kornijow, R.; Krause, T.; Künnap, H.; Laas, A.; Lill, E.; Lorents, B.; Luup, H.; Miracle, M. R.; Nõges, P.; Nõges, T.; Nykänen, M.; Ott, I.; Peczula, W.; Peeters, E. T. H. M.; Phillips, G.; Romo, S.; Russell, V.; Salujõe, J.; Scheffer, M.; Siewertsen, K.; Smal, H.; Tesch, C.; Timm, H.; Tuvikene, L.; Tõnno, I.; Virro, T.; Wilson, D. 2003. *The determination of ecological quality in shallow lakes – a tested system (ECOFRAME) for implementation of the European Water Framework Directive.* Aquatic Conservation. Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems, 13, 507 - 549.

Naumann, E., 1931: Limnologische terminologie. Berlin-Wien Urban & Schwarzenberg, 776 S.

Odum, E.P., 1971. *Fundamentals of Ecology.* Third Edition. W.B.Saunders Company. 574 pp

Ott, I. 1987. Eesti väikejärvede suvise fütoplanktoni pikaajalised muutused ja seosed keskkonnateguritega. Dissertatsioon bioloogiakandidaadi teadusliku kraadi taotlemiseks. Tartu Riiklik Ülikool. Käsikiri. 260 lk. (vene k.).

Ott, I., Laugaste, R., 1996. Fütoplanktoni koondindeks (FKI). Üldistus Eesti väikejärvede kohta. - Eesti Keskkonnaministeeriumi Infoleht nr. 3

Pihu, E. 1988-1991. Väikejärvede seisundi hindamine ja majandamise ettepanekud. Iga-aastased lepingulised uurimused. Tellija Kalamajandusvalitsus. Käsikirjad EMÜ PKI Limnoloogiakeskuses.

Poikâne, S.; Alves, M. H.; Argillier, C.; van den Berg, M.; Buzzi, F.; Hoehn, E.; de Hoyos, C.; Karottki, I.; Laplace-Treyture, C.; Solheim, A.-L.; Ortiz-Casas, J.; Ott, I.; Phillips, G.; Pilke, A.; Pádua, J.; Remec-Rekar, S.ela; Riedmüller, U.; Schaumburg, J.; Serrano, M.L.; Soszka, H.; Tierney, D.; Urbanič, G.; Wolfram, G. 2010. *Defining Chlorophyll-a Reference Conditions in European Lakes*. Environmental Management, 45 (6), 1286 - 1298.

Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. - Bull. Fish. Res. Board. Can. 167: 1-310.

Peet, R.K., 1975. Relative diversity indices. *Ecology* 56: 496-498

Pielou, E. C., 1975. *Ecological diversity*. New York

Pinnaveekogumite moodustamise kord ja nende pinnaveekogumite nimestik, mille seisundiklass tuleb määrata, pinnaveekogumite seisundiklassid ja seisundiklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning seisundiklasside määramise kord, 2009. Keskkonnaministri 28. juuli 2009. a. määrus nr 44 (RTL, 06.08.2009, 64, 941) (<https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13210253&replstring=33>).

Simm, H., 1975: Eesti pinnavete hüdrokeemia. Tln., 200 lk.

Statistica, 2001. Statsoft, Inc. (*data analysis software system*), version 6. www.statsoft.com

Steiner, C., Long, Z., Krumins, J. and Morin, P.J. 2005. *Temporal stability of aquatic food webs: Partitioning the effects of species diversity, species composition and enrichment*. Ecological Letters 8: 819–828.

Trifonova, I.S. 1980. Järve fütoplanktoni ökoloogia ja suksessioon. Leningrad, „Nauka“. 183 lk. (vene k.).

Veepoliitika raamdirektiiv, 2002. Euroopa Parlamendi ja Euroopa Liidu Nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ. Keskkonnaministeerium

Vighi, M. & G. Chiaudani, 1985. *A simple method to estimate lake phosphorus concentrations resulting from natural background loadings*. Water Research 19: 987–991.

LISA 1. Spearmani astakkorrelatsioonimaatriks I järvetüübis

Näitaja	FLA	BM	J	FKI	KH	Log N	Log P	Log Chl a	FPK	JÜLD	KVTSP	JÜLD ilma FÜ-Ke	JÜLD ilma FP	JÜLD ilma ST	JÜLD ilma SSR	JÜLD ilma Chl a	JÜLD ilma KH	JÜLD ilma FKI	JÜLD ilma J	FPK ilma J	FPK ilma FKI	FPK ilma KH	FPK ilma Chla
FLA	1,00	0,48	-0,45	0,47	0,06	-0,43	0,28	0,27	0,40	0,00	1,00	0,04	-0,05	0,04	0,37	-0,16	0,21	0,10	0,09	0,27	0,18	0,51	0,41
BM	0,48	1,00	0,18	0,48	0,36	-0,40	0,63	0,80	0,66	0,00	1,00	0,15	0,23	0,15	0,33	-0,06	-0,32	0,17	0,08	0,77	0,73	0,72	0,59
J	-0,45	0,18	1,00	0,02	-0,10	-0,09	0,30	0,26	0,05	0,87	0,50	0,13	0,37	0,25	-0,06	0,13	-0,63	0,04	0,18	0,22	0,26	0,03	0,03
FKI	0,47	0,48	0,02	1,00	0,11	-0,53	0,36	0,50	0,82	0,00	1,00	-0,13	-0,40	-0,12	0,06	-0,39	-0,11	-0,20	0,13	0,73	0,47	0,88	0,89
KH	0,06	0,36	-0,10	0,11	1,00	0,36	0,56	0,56	0,49			0,61	0,08	0,51	0,44	0,53	0,82	0,44	0,45	0,52	0,67	0,39	0,47
Log N	-0,43	-0,40	-0,09	-0,53	0,36	1,00	-0,02	-0,27	-0,39	0,00	-1,00	0,45	0,55	0,45	0,30	0,71	0,63	0,57	0,39	-0,27	-0,15	-0,49	-0,40
Log P	0,28	0,63	0,30	0,36	0,56	-0,02	1,00	0,79	0,62	0,00	1,00	0,34	0,30	0,37	0,41	0,13	-0,11	0,36	0,48	0,76	0,77	0,65	0,59
Log Chl a	0,27	0,80	0,26	0,50	0,56	-0,27	0,79	1,00	0,78	0,00	1,00	0,19	0,15	0,20	0,40	0,00	0,21	0,24	0,26	0,86	0,96	0,80	0,72
FPK	0,40	0,66	0,05	0,82	0,49	-0,39	0,62	0,78	1,00	0,00	1,00	0,31	-0,22	0,16	0,29	-0,10	0,50	0,10	0,23	0,95	0,82	0,91	0,94
JÜLD	0,00	0,00	0,87	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,50	1,00	0,50	-0,50	1,00		1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KVTSP	1,00	1,00	0,50	1,00		-1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,87	0,00	0,87	0,87	0,00		0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
JÜLD ilma FÜ-Ke	0,04	0,15	0,13	-0,13	0,61	0,45	0,34	0,19	0,31	0,50	0,87	1,00	0,61	0,93	0,78	0,79	1,00	0,78	0,70	0,41	0,50	0,02	0,13
JÜLD ilma FP	-0,05	0,23	0,37	-0,40	0,08	0,55	0,30	0,15	-0,22	1,00	0,00	0,61	1,00	0,77	0,56	0,89	0,54	0,82	0,72	-0,03	0,24	-0,17	-0,24
JÜLD ilma ST	0,04	0,15	0,25	-0,12	0,51	0,45	0,37	0,20	0,16	0,50	0,87	0,93	0,77	1,00	0,84	0,90	1,00	0,84	0,80	0,26	0,43	0,06	0,12
JÜLD ilma SSR	0,37	0,33	-0,06	0,06	0,44	0,30	0,41	0,40	0,29	-0,50	0,87	0,78	0,56	0,84	1,00	0,69	1,00	0,83	0,82	0,35	0,53	0,30	0,19
JÜLD ilma Chl a	-0,16	-0,06	0,13	-0,39	0,53	0,71	0,13	0,00	-0,10	1,00	0,00	0,79	0,89	0,90	0,69	1,00	0,83	0,90	0,84	0,00	0,26	-0,19	-0,13
JÜLD ilma KH	0,21	-0,32	-0,63	-0,11	0,82	0,63	-0,11	0,21	0,50			1,00	0,54	1,00	1,00	0,83	1,00	0,83	0,87	0,50	0,74	-0,11	-0,11
JÜLD ilma FKI	0,10	0,17	0,04	-0,20	0,44	0,57	0,36	0,24	0,10	1,00	0,00	0,78	0,82	0,84	0,83	0,90	0,83	1,00	1,00	0,21	0,47	0,09	0,03
JÜLD ilma J	0,09	0,08	0,18	0,13	0,45	0,39	0,48	0,26	0,23	1,00	0,00	0,70	0,72	0,80	0,82	0,84	0,87	1,00	1,00	0,30	0,42	0,38	0,44
FPK ilma J	0,27	0,77	0,22	0,73	0,52	-0,27	0,76	0,86	0,95	0,00	1,00	0,41	-0,03	0,26	0,35	0,00	0,50	0,21	0,30	1,00	0,89	0,87	0,87
FPK ilma FKI	0,18	0,73	0,26	0,47	0,67	-0,15	0,77	0,96	0,82	0,00	1,00	0,50	0,24	0,43	0,53	0,26	0,74	0,47	0,42	0,89	1,00	0,77	0,75
FPK ilma KH	0,51	0,72	0,03	0,88	0,39	-0,49	0,65	0,80	0,91	0,00	1,00	0,02	-0,17	0,06	0,30	-0,19	-0,11	0,09	0,38	0,87	0,77	1,00	0,96
FPK ilma Chla	0,41	0,59	0,03	0,89	0,47	-0,40	0,59	0,72	0,94	0,00	1,00	0,13	-0,24	0,12	0,19	-0,13	-0,11	0,03	0,44	0,87	0,75	0,96	1,00

LISA 2. Spearmani astakkorrelatsioonimaatriks II järvetüübis

Näitaja	FLA	BM	J	FKI	KH	Log N	Log P	Log Chl a	FPK	JÜLD	KVTSP	ULTSP	VSTSP	JÜLD ilma Fü-Ke	JÜLD ilma FP	JÜLD ilma ST	JÜLD ilma SSR	JÜLD ilma Chl a	JÜLD ilma KH	JÜLD ilma FKI	JÜLD ilma J	FPK ilma J	FPK ilma FKI	FPK ilma KH	FPK ilma Chl a
FLA	1,00	0,39	0,04	0,19	0,05	-0,11	0,15	0,28	0,26	0,20	0,30	-0,09	-0,07	0,36	0,19	0,33	0,19	0,27	0,27	0,33	0,37	0,24	0,20	0,22	0,20
BM	0,39	1,00	-0,42	0,56	0,74	0,09	0,62	0,84	0,85	0,72	0,31	-0,23	-0,12	0,68	0,58	0,81	0,61	0,68	0,71	0,74	0,63	0,84	0,87	0,63	0,68
J	0,04	-0,42	1,00	-0,26	-0,55	0,02	-0,23	-0,26	-0,49	-0,20	0,06	0,13	0,03	-0,10	0,04	-0,15	-0,20	-0,09	-0,10	-0,13	-0,04	-0,37	-0,37	-0,25	-0,36
FKI	0,19	0,56	-0,26	1,00	0,48	0,39	0,41	0,44	0,72	0,44	-0,13	-0,45	-0,35	0,40	0,34	0,66	0,42	0,49	0,46	0,42	0,34	0,75	0,47	0,98	0,97
KH	0,05	0,74	-0,55	0,48	1,00	0,02	0,38	0,65	0,77	0,56	0,05	-0,32	-0,20	0,62	0,41	0,63	0,58	0,54	0,61	0,59	0,48	0,78	0,86	0,50	0,64
Log N	-0,11	0,09	0,02	0,39	0,02	1,00	0,31	0,18	0,22	0,22	-0,16	-0,41	-0,50	0,05	0,25	0,48	0,39	0,34	0,21	0,23	0,30	0,25	0,12	0,39	0,35
Log P	0,15	0,62	-0,23	0,41	0,38	0,31	1,00	0,74	0,61	0,66	0,31	-0,22	-0,09	0,29	0,51	0,81	0,63	0,69	0,58	0,63	0,61	0,64	0,65	0,52	0,45
Log Chl a	0,28	0,84	-0,26	0,44	0,65	0,18	0,74	1,00	0,83	0,72	0,32	-0,21	-0,15	0,65	0,53	0,80	0,59	0,60	0,60	0,62	0,55	0,84	0,93	0,56	0,54
FPK	0,26	0,85	-0,49	0,72	0,77	0,22	0,61	0,83	1,00	0,66	0,20	-0,26	-0,19	0,66	0,54	0,78	0,61	0,65	0,68	0,66	0,56	0,96	0,86	0,79	0,82
JÜLD	0,20	0,72	-0,20	0,44	0,56	0,22	0,66	0,72	0,66	1,00	0,31	-0,25	-0,28	0,73	0,69	0,76	0,82	0,79	0,70	0,72	0,70	0,68	0,67	0,50	0,54
KVTSP	0,30	0,31	0,06	-0,13	0,05	-0,16	0,31	0,32	0,20	0,31	1,00	0,62	0,51	0,23	0,11	0,06	0,14	0,09	0,14	0,15	0,23	0,20	0,28	-0,02	-0,04
ULTSP	-0,09	-0,23	0,13	-0,45	-0,32	-0,41	-0,22	-0,21	-0,26	-0,25	0,62	1,00	0,70	-0,08	-0,24	-0,28	-0,22	-0,31	-0,15	-0,19	-0,07	-0,30	-0,20	-0,37	-0,43
VSTSP	-0,07	-0,12	0,03	-0,35	-0,20	-0,50	-0,09	-0,15	-0,19	-0,28	0,51	0,70	1,00	-0,37	-0,34	-0,34	-0,36	-0,49	-0,37	-0,44	-0,31	-0,19	-0,13	-0,30	-0,32
JÜLD ilma Fü-Ke	0,36	0,68	-0,10	0,40	0,62	0,05	0,29	0,65	0,66	0,73	0,23	-0,08	-0,37	1,00	0,54	0,56	0,61	0,64	0,70	0,69	0,64	0,67	0,68	0,44	0,54
JÜLD ilma FP	0,19	0,58	0,04	0,34	0,41	0,25	0,51	0,53	0,54	0,69	0,11	-0,24	-0,34	0,54	1,00	0,61	0,63	0,82	0,86	0,85	0,86	0,52	0,51	0,39	0,41
JÜLD ilma ST	0,33	0,81	-0,15	0,66	0,63	0,48	0,81	0,80	0,78	0,76	0,06	-0,28	-0,34	0,56	0,61	1,00	0,73	0,75	0,66	0,76	0,66	0,77	0,74	0,71	0,72
JÜLD ilma SSR	0,19	0,61	-0,20	0,42	0,58	0,39	0,63	0,59	0,61	0,82	0,14	-0,22	-0,36	0,61	0,63	0,73	1,00	0,73	0,68	0,77	0,68	0,57	0,58	0,44	0,55
JÜLD ilma Chl a	0,27	0,68	-0,09	0,49	0,54	0,34	0,69	0,60	0,65	0,79	0,09	-0,31	-0,49	0,64	0,82	0,75	0,73	1,00	0,91	0,91	0,91	0,62	0,60	0,50	0,56
JÜLD ilma KH	0,27	0,71	-0,10	0,46	0,61	0,21	0,58	0,60	0,68	0,70	0,14	-0,15	-0,37	0,70	0,86	0,66	0,68	0,91	1,00	0,91	0,91	0,65	0,64	0,48	0,58
JÜLD ilma FKI	0,33	0,74	-0,13	0,42	0,59	0,23	0,63	0,62	0,66	0,72	0,15	-0,19	-0,44	0,69	0,85	0,76	0,77	0,91	0,91	1,00	0,91	0,64	0,65	0,45	0,54
JÜLD ilma J	0,37	0,63	-0,04	0,34	0,48	0,30	0,61	0,55	0,56	0,70	0,23	-0,07	-0,31	0,64	0,86	0,66	0,68	0,91	0,91	0,91	1,00	0,53	0,54	0,37	0,44
FPK ilma J	0,24	0,84	-0,37	0,75	0,78	0,25	0,64	0,84	0,96	0,68	0,20	-0,30	-0,19	0,67	0,52	0,77	0,57	0,62	0,65	0,64	0,53	1,00	0,89	0,82	0,85
FPK ilma FKI	0,20	0,87	-0,37	0,47	0,86	0,12	0,65	0,93	0,86	0,67	0,28	-0,20	-0,13	0,68	0,51	0,74	0,58	0,60	0,64	0,65	0,54	0,89	1,00	0,57	0,61
FPK ilma KH	0,22	0,63	-0,25	0,98	0,50	0,39	0,52	0,56	0,79	0,50	-0,02	-0,37	-0,30	0,44	0,39	0,71	0,44	0,50	0,48	0,45	0,37	0,82	0,57	1,00	0,96
FPK ilma Chl a	0,20	0,68	-0,36	0,97	0,64	0,35	0,45	0,54	0,82	0,54	-0,04	-0,43	-0,32	0,54	0,41	0,72	0,55	0,56	0,58	0,54	0,44	0,85	0,61	0,96	1,00

LISA 3. Spearmani astakkorrelatsioonimaatriks III järvetüübis

Näitaja	FLA	BM	J	FKI	KH	Log N	Log P	Log Chl a	FPK	JÜLD	KVTSP	ULTSP	VSTSP	JÜLD ilma Fü-Ke	JÜLD ilma FP	JÜLD ilma ST	JÜLD ilma SSR	JÜLD ilma Chl a	JÜLD ilma KH	JÜLD ilma FKI	JÜLD ilma J	FPK ilma J	FPK ilma FKI	FPK ilma KH	FPK ilma Chl a
FLA	1,00	0,08	0,29	0,27	-0,25	-0,46	-0,44	0,06	-0,09	-0,07	0,01	0,20	-0,14	0,09	-0,26	-0,24	-0,01	-0,31	-0,27	-0,38	-0,02	-0,04	-0,14	0,26	0,14
BM	0,08	1,00	-0,49	0,33	0,78	0,22	0,18	0,70	0,85	0,63	0,07	-0,09	-0,42	0,78	0,31	0,45	0,57	0,46	0,39	0,50	0,63	0,83	0,85	0,41	0,56
J	0,29	-0,49	1,00	-0,03	-0,70	-0,06	-0,27	-0,21	-0,59	-0,39	-0,29	0,31	-0,03	-0,29	-0,09	-0,42	-0,26	-0,37	-0,20	-0,30	-0,22	-0,43	-0,49	0,02	-0,22
FKI	0,27	0,33	-0,03	1,00	0,21	0,04	0,11	0,36	0,48	0,27	0,20	-0,01	-0,22	0,21	0,00	0,14	0,17	0,01	0,02	-0,05	0,19	0,54	0,31	0,95	0,94
KH	-0,25	0,78	-0,70	0,21	1,00	0,28	0,39	0,59	0,83	0,52	0,41	-0,01	-0,29	0,65	0,43	0,39	0,49	0,46	0,41	0,54	0,49	0,80	0,90	0,27	0,50
Log N	-0,46	0,22	-0,06	0,04	0,28	1,00	0,55	0,41	0,41	0,19	-0,37	0,13	-0,17	0,05	0,38	0,11	0,31	0,40	0,47	0,53	0,49	0,46	0,38	0,14	0,18
Log P	-0,44	0,18	-0,27	0,11	0,39	0,55	1,00	0,46	0,39	0,30	0,05	0,07	-0,37	-0,24	0,46	0,28	0,16	0,39	0,42	0,46	0,30	0,41	0,46	0,22	0,24
Log Chl a	0,06	0,70	-0,21	0,36	0,59	0,41	0,46	1,00	0,75	0,58	-0,11	0,00	-0,47	0,40	0,21	0,22	0,50	0,11	0,25	0,48	0,48	0,84	0,84	0,56	0,50
FPK	-0,09	0,85	-0,59	0,48	0,83	0,41	0,39	0,75	1,00	0,66	0,27	-0,03	-0,34	0,64	0,31	0,41	0,59	0,42	0,42	0,52	0,58	0,95	0,89	0,54	0,70
JÜLD	-0,07	0,63	-0,39	0,27	0,52	0,19	0,30	0,58	0,66	1,00	-0,01	-0,19	-0,52	0,60	0,68	0,66	0,89	0,71	0,82	0,78	0,82	0,65	0,65	0,31	0,41
KVTSP	0,01	0,07	-0,29	0,20	0,41	-0,37	0,05	-0,11	0,27	-0,01	1,00	0,41	0,09	0,11	0,03	-0,09	-0,22	-0,13	-0,17	-0,02	-0,12	0,21	0,24	0,11	0,34
ULTSP	0,20	-0,09	0,31	-0,01	-0,01	0,13	0,07	0,00	-0,03	-0,19	0,41	1,00	0,24	-0,12	-0,02	-0,46	-0,13	-0,18	0,02	0,02	-0,06	0,02	0,01	0,06	0,02
VSTSP	-0,14	-0,42	-0,03	-0,22	-0,29	-0,17	-0,37	-0,47	-0,34	-0,52	0,09	0,24	1,00	-0,52	-0,59	-0,24	-0,38	-0,28	-0,33	-0,31	-0,46	-0,40	-0,45	-0,28	-0,30
JÜLD ilma Fü-Ke	0,09	0,78	-0,29	0,21	0,65	0,05	-0,24	0,40	0,64	0,60	0,11	-0,12	-0,52	1,00	0,35	0,55	0,52	0,48	0,37	0,43	0,59	0,66	0,73	0,25	0,47
JÜLD ilma FP	-0,26	0,31	-0,09	0,00	0,43	0,38	0,46	0,21	0,31	0,68	0,03	-0,02	-0,59	0,35	1,00	0,51	0,59	0,67	0,79	0,74	0,73	0,36	0,38	0,07	0,20
JÜLD ilma ST	-0,24	0,45	-0,42	0,14	0,39	0,11	0,28	0,22	0,41	0,66	-0,09	-0,46	-0,24	0,55	0,51	1,00	0,68	0,78	0,59	0,66	0,62	0,44	0,38	0,12	0,26
JÜLD ilma SSR	-0,01	0,57	-0,26	0,17	0,49	0,31	0,16	0,50	0,59	0,89	-0,22	-0,13	-0,38	0,52	0,59	0,68	1,00	0,68	0,77	0,74	0,79	0,60	0,57	0,26	0,32
JÜLD ilma Chl a	-0,31	0,46	-0,37	0,01	0,46	0,40	0,39	0,11	0,42	0,71	-0,13	-0,18	-0,28	0,48	0,67	0,78	0,68	1,00	0,85	0,85	0,66	0,42	0,38	-0,02	0,19
JÜLD ilma KH	-0,27	0,39	-0,20	0,02	0,41	0,47	0,42	0,25	0,42	0,82	-0,17	0,02	-0,33	0,37	0,79	0,59	0,77	0,85	1,00	0,91	0,80	0,47	0,39	0,08	0,19
JÜLD ilma FKI	-0,38	0,50	-0,30	-0,05	0,54	0,53	0,46	0,25	0,52	0,78	-0,02	0,02	-0,31	0,43	0,74	0,66	0,74	0,85	0,91	1,00	0,82	0,58	0,52	0,01	0,22
JÜLD ilma J	-0,02	0,63	-0,22	0,19	0,49	0,49	0,30	0,48	0,58	0,82	-0,12	-0,06	-0,46	0,59	0,73	0,62	0,79	0,66	0,80	0,82	1,00	0,64	0,57	0,28	0,40
FPK ilma J	-0,04	0,83	-0,43	0,54	0,80	0,46	0,41	0,84	0,95	0,65	0,21	0,02	-0,40	0,66	0,36	0,44	0,60	0,42	0,47	0,58	0,64	1,00	0,91	0,63	0,73
FPK ilma FKI	-0,14	0,85	-0,49	0,31	0,90	0,38	0,46	0,84	0,89	0,65	0,24	0,01	-0,45	0,73	0,38	0,38	0,57	0,38	0,39	0,52	0,57	0,91	1,00	0,45	0,58
FPK ilma KH	0,26	0,41	0,02	0,95	0,27	0,14	0,22	0,56	0,54	0,31	0,11	0,06	-0,28	0,25	0,07	0,12	0,26	-0,02	0,08	0,01	0,28	0,63	0,45	1,00	0,92
FPK ilma Chl a	0,14	0,56	-0,22	0,94	0,50	0,18	0,24	0,50	0,70	0,41	0,34	0,02	-0,30	0,47	0,20	0,26	0,32	0,19	0,19	0,22	0,40	0,73	0,58	0,92	1,00

LISA 4. Spearmani astakkorrelatsioonimaatriks IV järvetüübis

Näitaja	FLA	BM	J	FKI	KH	Log N	Log P	Log Chl a	FPK	JÜLD	KVTSP	ULTSP	VSTSP	JÜLD ilma Fü-Ke	JÜLD ilma FP	JÜLD ilma ST	JÜLD ilma SSR	JÜLD ilma Chl a	JÜLD ilma KH	JÜLD ilma FKI	JÜLD ilma J	FPK ilma J	FPK ilma FKI	FPK ilma KH	FPK ilma Chl a
FLA	1,00	0,30	0,49	0,65	0,16	0,26	0,00	0,08	0,14	0,26	0,61	0,18	-0,09	0,18	0,54	0,18	0,35	0,56	0,41	0,49	0,58	0,33	0,28	0,64	0,63
BM	0,30	1,00	-0,41	0,35	0,85	0,50	0,46	0,81	0,81	0,56	0,31	0,14	-0,35	0,70	0,67	0,71	0,79	0,69	0,62	0,69	0,73	0,80	0,76	0,44	0,56
J	0,49	-0,41	1,00	0,17	-0,57	-0,07	-0,16	-0,44	-0,63	0,06	-0,04	-0,16	0,38	-0,14	0,33	-0,34	-0,05	0,16	0,13	-0,03	0,21	-0,36	-0,31	0,16	0,03
FKI	0,65	0,35	0,17	1,00	0,35	0,50	0,27	0,33	0,42	0,44	0,55	0,11	0,09	0,48	0,76	0,57	0,72	0,73	0,63	0,73	0,77	0,59	0,46	0,98	0,92
KH	0,16	0,85	-0,57	0,35	1,00	0,34	0,50	0,80	0,93	0,29	0,48	0,82	0,03	0,46	0,32	0,64	0,73	0,50	0,39	0,53	0,47	0,93	0,95	0,41	0,66
Log N	0,26	0,50	-0,07	0,50	0,34	1,00	0,26	0,50	0,41	0,56	0,80		0,00	0,67	0,69	0,60	0,40	0,69	0,67	0,90	0,69	0,49	0,47	0,46	0,49
Log P	0,00	0,46	-0,16	0,27	0,50	0,26	1,00	0,60	0,51	0,13	0,05	0,50	0,00	0,19	0,15	0,28	0,34	0,15	0,09	0,41	0,15	0,54	0,58	0,35	0,41
Log Chl a	0,08	0,81	-0,44	0,33	0,80	0,50	0,60	1,00	0,82	0,45	0,54	0,67	0,03	0,61	0,50	0,78	0,74	0,56	0,50	0,72	0,52	0,85	0,88	0,45	0,54
FPK	0,14	0,81	-0,63	0,42	0,93	0,41	0,51	0,82	1,00	0,31	0,62	0,74	0,15	0,52	0,24	0,74	0,67	0,49	0,44	0,56	0,46	0,92	0,85	0,47	0,65
JÜLD	0,26	0,56	0,06	0,44	0,29	0,56	0,13	0,45	0,31	1,00	0,41	0,41	0,08	0,99	0,64	0,79	0,47	0,83	0,91	0,71	0,85	0,42	0,35	0,46	0,46
KVTSP	0,61	0,31	-0,04	0,55	0,48	0,80	0,05	0,54	0,62	0,41	1,00	0,91	0,92	0,29	0,67	0,35	0,64	0,76	0,48	0,73	0,56	0,65	0,68	0,50	0,56
ULTSP	0,18	0,14	-0,16	0,11	0,82		0,50	0,67	0,74	0,41	0,91	1,00	0,80	0,00	-0,13	0,22	0,53	0,74	0,36	0,51	0,31	0,74	0,94	0,11	0,25
VSTSP	-0,09	-0,35	0,38	0,09	0,03	0,00	0,00	0,03	0,15	0,08	0,92	0,80	1,00	-0,15	0,18	-0,15	0,22	0,57	0,57	0,18	0,08	0,15	0,24	-0,03	-0,03
JÜLD ilma Fü-Ke	0,18	0,70	-0,14	0,48	0,46	0,67	0,19	0,61	0,52	0,99	0,29	0,00	-0,15	1,00	0,65	0,80	0,44	0,81	0,89	0,72	0,83	0,60	0,47	0,45	0,46
JÜLD ilma FP	0,54	0,67	0,33	0,76	0,32	0,69	0,15	0,50	0,24	0,64	0,67	-0,13	0,18	0,65	1,00	0,43	0,51	0,89	0,77	0,80	0,89	0,47	0,48	0,74	0,69
JÜLD ilma ST	0,18	0,71	-0,34	0,57	0,64	0,60	0,28	0,78	0,74	0,79	0,35	0,22	-0,15	0,80	0,43	1,00	0,73	0,58	0,68	0,68	0,60	0,76	0,66	0,55	0,54
JÜLD ilma SSR	0,35	0,79	-0,05	0,72	0,73	0,40	0,34	0,74	0,67	0,47	0,64	0,53	0,22	0,44	0,51	0,73	1,00	0,48	0,40	0,51	0,50	0,77	0,81	0,72	0,69
JÜLD ilma Chl a	0,56	0,69	0,16	0,73	0,50	0,69	0,15	0,56	0,49	0,83	0,76	0,74	0,57	0,81	0,89	0,58	0,48	1,00	0,92	0,88	0,98	0,62	0,58	0,71	0,72
JÜLD ilma KH	0,41	0,62	0,13	0,63	0,39	0,67	0,09	0,50	0,44	0,91	0,48	0,36	0,57	0,89	0,77	0,68	0,40	0,92	1,00	0,80	0,91	0,57	0,45	0,61	0,60
JÜLD ilma FKI	0,49	0,69	-0,03	0,73	0,53	0,90	0,41	0,72	0,56	0,71	0,73	0,51	0,18	0,72	0,80	0,68	0,51	0,88	0,80	1,00	0,86	0,65	0,63	0,72	0,70
JÜLD ilma J	0,58	0,73	0,21	0,77	0,47	0,69	0,15	0,52	0,46	0,85	0,56	0,31	0,08	0,83	0,89	0,60	0,50	0,98	0,91	0,86	1,00	0,60	0,53	0,75	0,76
FPK ilma J	0,33	0,80	-0,36	0,59	0,93	0,49	0,54	0,85	0,92	0,42	0,65	0,74	0,15	0,60	0,47	0,76	0,77	0,62	0,57	0,65	0,60	1,00	0,96	0,66	0,82
FPK ilma FKI	0,28	0,76	-0,31	0,46	0,95	0,47	0,58	0,88	0,85	0,35	0,68	0,94	0,24	0,47	0,48	0,66	0,81	0,58	0,45	0,63	0,53	0,96	1,00	0,55	0,72
FPK ilma KH	0,64	0,44	0,16	0,98	0,41	0,46	0,35	0,45	0,47	0,46	0,50	0,11	-0,03	0,45	0,74	0,55	0,72	0,71	0,61	0,72	0,75	0,66	0,55	1,00	0,93
FPK ilma Chl a	0,63	0,56	0,03	0,92	0,66	0,49	0,41	0,54	0,65	0,46	0,56	0,25	-0,03	0,46	0,69	0,54	0,69	0,72	0,60	0,70	0,76	0,82	0,72	0,93	1,00

LISA 5. Spearmani astakkorrelatsioonimaatriks V järvetüübis

Näitaja	FLA	BM	J	FKI	KH	Log N	Log P	Log Chl a	FPK	JÜLD	KVTSP	ULTSP	VSTSP	JÜLD ilma Fü-Ke	JÜLD ilma FP	JÜLD ilma ST	JÜLD ilma SSR	JÜLD ilma Chl a	JÜLD ilma KH	JÜLD ilma FKI	JÜLD ilma J	FPK ilma J	FPK ilma FKI	FPK ilma KH	FPK ilma Chl a
FLA	1,00	0,21	0,40	0,22	-0,01	0,34	-0,10	-0,21	-0,18	0,17	0,54	-0,33	-0,16	-0,09	0,27	-0,21	-0,10	-0,01	0,06	-0,19	-0,09	-0,02	-0,03	0,21	0,22
BM	0,21	1,00	-0,51	0,36	0,75	0,23	0,38	0,55	0,75	0,57	0,01	0,15	-0,13	0,36	-0,21	0,12	0,13	0,13	0,08	0,17	0,21	0,74	0,73	0,44	0,48
J	0,40	-0,51	1,00	0,10	-0,48	0,19	-0,27	-0,45	-0,69	-0,60	0,35	-0,16	0,16	-0,46	0,11	-0,43	-0,28	-0,34	-0,26	-0,47	-0,46	-0,39	-0,39	0,08	0,04
FKI	0,22	0,36	0,10	1,00	0,39	0,46	0,19	0,10	0,35	0,21	-0,05	0,24	0,33	0,06	0,02	-0,29	-0,14	-0,26	-0,17	-0,17	-0,06	0,61	0,39	0,97	0,96
KH	-0,01	0,75	-0,48	0,39	1,00	0,10	0,27	0,53	0,78	0,52	-0,13	0,22	0,05	0,19	-0,27	0,15	0,07	0,09	-0,08	0,16	0,18	0,81	0,88	0,45	0,58
Log N	0,34	0,23	0,19	0,46	0,10	1,00	0,61	0,23	0,17	0,18	0,10	0,08	0,58	-0,29	0,02	-0,18	0,08	-0,30	-0,31	-0,24	0,06	0,32	0,22	0,44	0,40
Log P	-0,10	0,38	-0,27	0,19	0,27	0,61	1,00	0,51	0,52	0,15	-0,08	0,44	0,52	0,09	-0,25	0,13	0,39	0,02	-0,10	0,01	0,06	0,49	0,35	0,24	0,23
Log Chl a	-0,21	0,55	-0,45	0,10	0,53	0,23	0,51	1,00	0,79	0,38	-0,11	0,57	0,24	0,28	-0,31	0,28	0,32	0,27	0,21	0,29	0,29	0,73	0,80	0,29	0,21
FPK	-0,18	0,75	-0,69	0,35	0,78	0,17	0,52	0,79	1,00	0,53	-0,14	0,46	0,29	0,40	-0,21	0,36	0,26	0,24	0,15	0,29	0,34	0,89	0,83	0,45	0,47
JÜLD	0,17	0,57	-0,60	0,21	0,52	0,18	0,15	0,38	0,53	1,00	-0,33	-0,01	0,20	0,38	0,46	0,76	0,42	0,76	0,63	0,83	0,80	0,51	0,48	0,25	0,27
KVTSP	0,54	0,01	0,35	-0,05	-0,13	0,10	-0,08	-0,11	-0,14	-0,33	1,00	0,00	-0,52	-0,45	-0,26	-0,51	0,46	-0,33	-0,06	-0,33	-0,33	-0,19	-0,16	0,00	0,12
ULTSP	-0,33	0,15	-0,16	0,24	0,22	0,08	0,44	0,57	0,46	-0,01	0,00	1,00	0,17	-0,41	-0,15	-0,03	0,52	-0,16	-0,09	-0,16	-0,16	0,39	0,43	0,39	0,22
VSTSP	-0,16	-0,13	0,16	0,33	0,05	0,58	0,52	0,24	0,29	0,20	-0,52	0,17	1,00	0,04	-0,17	0,42	0,10	0,13	0,03	0,13	0,13	0,32	0,00	0,33	0,20
JÜLD ilma Fü-Ke	-0,09	0,36	-0,46	0,06	0,19	-0,29	0,09	0,28	0,40	0,38	-0,45	-0,41	0,04	1,00	0,14	0,35	-0,15	0,51	0,53	0,43	0,43	0,30	0,20	0,08	-0,01
JÜLD ilma FP	0,27	-0,21	0,11	0,02	-0,27	0,02	-0,25	-0,31	-0,21	0,46	-0,26	-0,15	-0,17	0,14	1,00	0,46	0,19	0,62	0,60	0,39	0,44	-0,22	-0,26	0,01	-0,01
JÜLD ilma ST	-0,21	0,12	-0,43	-0,29	0,15	-0,18	0,13	0,28	0,36	0,76	-0,51	-0,03	0,42	0,35	0,46	1,00	0,49	0,85	0,71	0,78	0,79	0,13	0,20	-0,24	-0,23
JÜLD ilma SSR	-0,10	0,13	-0,28	-0,14	0,07	0,08	0,39	0,32	0,26	0,42	0,46	0,52	0,10	-0,15	0,19	0,49	1,00	0,38	0,44	0,54	0,50	0,05	0,08	-0,12	-0,07
JÜLD ilma Chl a	-0,01	0,13	-0,34	-0,26	0,09	-0,30	0,02	0,27	0,24	0,76	-0,33	-0,16	0,13	0,51	0,62	0,85	0,38	1,00	0,86	0,78	0,79	0,09	0,16	-0,18	-0,24
JÜLD ilma KH	0,06	0,08	-0,26	-0,21	-0,08	-0,31	-0,10	0,21	0,15	0,63	-0,06	-0,09	0,03	0,53	0,60	0,71	0,44	0,86	1,00	0,80	0,68	0,00	0,00	-0,13	-0,23
JÜLD ilma FKI	-0,19	0,17	-0,47	-0,17	0,16	-0,24	0,01	0,29	0,29	0,83	-0,33	-0,16	0,13	0,43	0,39	0,78	0,54	0,78	0,80	1,00	0,85	0,15	0,19	-0,15	-0,15
JÜLD ilma J	-0,09	0,21	-0,46	-0,06	0,18	0,06	0,06	0,29	0,34	0,80	-0,33	-0,16	0,13	0,43	0,44	0,79	0,50	0,79	0,68	0,85	1,00	0,23	0,27	-0,04	-0,06
FPK ilma J	-0,02	0,74	-0,39	0,61	0,81	0,32	0,49	0,73	0,89	0,51	-0,19	0,39	0,32	0,30	-0,22	0,13	0,05	0,09	0,00	0,15	0,23	1,00	0,90	0,72	0,72
FPK ilma FKI	-0,03	0,73	-0,39	0,39	0,88	0,22	0,35	0,80	0,83	0,48	-0,16	0,43	0,00	0,20	-0,26	0,20	0,08	0,16	0,00	0,19	0,27	0,90	1,00	0,53	0,55
FPK ilma KH	0,21	0,44	0,08	0,97	0,45	0,44	0,24	0,29	0,45	0,25	0,00	0,39	0,33	0,08	0,01	-0,24	-0,12	-0,18	-0,13	-0,15	-0,04	0,72	0,53	1,00	0,96
FPK ilma Chl a	0,22	0,48	0,04	0,96	0,58	0,40	0,23	0,21	0,47	0,27	0,12	0,22	0,20	-0,01	-0,01	-0,23	-0,07	-0,24	-0,23	-0,15	-0,06	0,72	0,55	0,96	1,00

LISA 6. Spearmani astakkorrelatsioonimaatriks VIII järvetüübis

Näitaja	FLA	BM	J	FKI	KH	Log N	Log P	Log Chl a	FPK	JÜLD	KVTSP	ULTSP	VSTSP	JÜLD ilma Fü-Ke	JÜLD ilma FP	JÜLD ilma ST	JÜLD ilma SSR	JÜLD ilma Chl a	JÜLD ilma KH	JÜLD ilma FKI	JÜLD ilma J	FPK ilma J	FPK ilma FKI	FPK ilma KH	FPK ilma Chl a
FLA	1,00	0,14	0,13	0,13	-0,35	-0,26	0,01	-0,07	-0,24	-0,19	-0,72	-0,63	-0,69	-0,40	-0,34	-0,18	-0,17	-0,13	0,05	0,05	0,47	-0,25	-0,30	0,15	0,01
BM	0,14	1,00	-0,59	0,43	0,62	0,30	0,31	0,78	0,69	0,19	0,05	-0,32	0,27	0,16	0,19	0,38	0,49	0,12	0,74	0,74	0,77	0,74	0,73	0,49	0,56
J	0,13	-0,59	1,00	-0,15	-0,80	0,00	-0,35	-0,41	-0,79	-0,50	0,02	0,32	-0,24	-0,14	-0,41	-0,54	-0,46	-0,12	-0,74	-0,74	-0,56	-0,68	-0,64	-0,12	-0,34
FKI	0,13	0,43	-0,15	1,00	0,29	0,63	0,44	0,46	0,33	0,42	-0,05	0,32	0,27	0,31	0,27	0,22	0,28	0,37	0,79	0,79	0,71	0,36	0,37	0,98	0,95
KH	-0,35	0,62	-0,80	0,29	1,00	0,44	0,65	0,63	0,91	0,48	0,23	0,33	0,41	0,41	0,60	0,60	0,60	0,31	0,53	0,53	0,40	0,91	0,92	0,29	0,51
Log N	-0,26	0,30	0,00	0,63	0,44	1,00	0,62	0,65	0,64	-0,63				0,37	0,64	0,63	0,86	0,64				0,58	0,65	0,67	0,59
Log P	0,01	0,31	-0,35	0,44	0,65	0,62	1,00	0,63	0,67	-0,63				0,33	0,59	0,62	0,89	0,60				0,65	0,70	0,49	0,57
Log Chl a	-0,07	0,78	-0,41	0,46	0,63	0,65	0,63	1,00	0,75	0,35	-0,49	0,63	-0,15	0,28	0,62	0,69	0,80	0,43	0,95	0,95	0,88	0,85	0,85	0,56	0,59
FPK	-0,24	0,69	-0,79	0,33	0,91	0,64	0,67	0,75	1,00	0,60	-0,13	-0,33	0,11	0,34	0,69	0,70	0,78	0,40	0,87	0,87	0,84	0,94	0,89	0,35	0,53
JÜLD	-0,19	0,19	-0,50	0,42	0,48	-0,63	-0,63	0,35	0,60	1,00	-0,84	0,00	-0,85	1,00	0,85	0,76	-0,50	0,72	0,82	0,82	0,82	0,55	0,45	0,42	0,42
KVTSP	-0,72	0,05	0,02	-0,05	0,23			-0,49	-0,13	-0,84	1,00	0,32	0,84	-0,30	-0,79	-0,19		-0,77	-0,87	-0,87	-0,87	0,20	0,04	-0,27	0,04
ULTSP	-0,63	-0,32	0,32	0,32	0,33			0,63	-0,33	0,00	0,32	1,00	0,32		0,50							0,33	0,32	0,32	0,32
VSTSP	-0,69	0,27	-0,24	0,27	0,41			-0,15	0,11	-0,85	0,84	0,32	1,00	-0,29	-0,50	-0,21		-0,77	-0,87	-0,87	-0,87	0,42	0,27	0,09	0,40
JÜLD ilma Fü-Ke	-0,40	0,16	-0,14	0,31	0,41	0,37	0,33	0,28	0,34	1,00	-0,30		-0,29	1,00	0,60	0,40	0,17	0,57	0,87	0,87	0,83	0,45	0,39	0,35	0,33
JÜLD ilma FP	-0,34	0,19	-0,41	0,27	0,60	0,64	0,59	0,62	0,69	0,85	-0,79	0,50	-0,50	0,60	1,00	0,78	0,63	0,63	0,83	0,83	0,83	0,68	0,64	0,27	0,34
JÜLD ilma ST	-0,18	0,38	-0,54	0,22	0,60	0,63	0,62	0,69	0,70	0,76	-0,19		-0,21	0,40	0,78	1,00	0,62	0,53	1,00	1,00	1,00	0,72	0,66	0,21	0,33
JÜLD ilma SSR	-0,17	0,49	-0,46	0,28	0,60	0,86	0,89	0,80	0,78	-0,50				0,17	0,63	0,62	1,00	0,42			0,87	0,76	0,75	0,33	0,38
JÜLD ilma Chl a	-0,13	0,12	-0,12	0,37	0,31	0,64	0,60	0,43	0,40	0,72	-0,77		-0,77	0,57	0,63	0,53	0,42	1,00	1,00	1,00	0,94	0,45	0,39	0,38	0,36
JÜLD ilma KH	0,05	0,74	-0,74	0,79	0,53			0,95	0,87	0,82	-0,87		-0,87	0,87	0,83	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	0,65	0,74	0,79	0,79
JÜLD ilma FKI	0,05	0,74	-0,74	0,79	0,53			0,95	0,87	0,82	-0,87		-0,87	0,87	0,83	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	0,65	0,74	0,79	0,79
JÜLD ilma J	0,47	0,77	-0,56	0,71	0,40			0,88	0,84	0,82	-0,87		-0,87	0,83	0,83	1,00	0,87	0,94	1,00	1,00	1,00	0,51	0,56	0,71	0,50
FPK ilma J	-0,25	0,74	-0,68	0,36	0,91	0,58	0,65	0,85	0,94	0,55	0,20	0,33	0,42	0,45	0,68	0,72	0,76	0,45	0,65	0,65	0,51	1,00	0,96	0,41	0,56
FPK ilma FKI	-0,30	0,73	-0,64	0,37	0,92	0,65	0,70	0,85	0,89	0,45	0,04	0,32	0,27	0,39	0,64	0,66	0,75	0,39	0,74	0,74	0,56	0,96	1,00	0,43	0,59
FPK ilma KH	0,15	0,49	-0,12	0,98	0,29	0,67	0,49	0,56	0,35	0,42	-0,27	0,32	0,09	0,35	0,27	0,21	0,33	0,38	0,79	0,79	0,71	0,41	0,43	1,00	0,95
FPK ilma Chl a	0,01	0,56	-0,34	0,95	0,51	0,59	0,57	0,59	0,53	0,42	0,04	0,32	0,40	0,33	0,34	0,33	0,38	0,36	0,79	0,79	0,50	0,56	0,59	0,95	1,00

LISA 7. Spearmani astakkorrelatsioonimaatriks kõikide järvetüüpide andmete põhjal

Näitaja	FLA	BM	J	FKI	KH	Log N	Log P	Log Chl a	FPK	JÜLD	ULTSP	KVTSP	VSTSP	JÜLD ilma Fü-Ke	JÜLD ilma FP	JÜLD ilma ST	JÜLD ilma SSR	JÜLD ilma Chl a	JÜLD ilma KH	JÜLD ilma FKI	JÜLD ilma J	FPK ilma J	FPK ilma FKI	FPK ilma KH	FPK ilma Chla
FLA	1,00	0,27	0,30	0,43	-0,06	0,07	0,05	0,03	-0,05	0,13	-0,09	0,09	-0,25	0,05	0,12	0,01	0,13	0,11	0,10	0,13	0,26	0,04	0,04	0,42	0,36
BM	0,27	1,00	-0,45	0,41	0,74	0,17	0,49	0,76	0,74	0,56	-0,12	0,13	-0,22	0,44	0,31	0,47	0,49	0,42	0,45	0,56	0,59	0,73	0,83	0,51	0,56
J	0,30	-0,45	1,00	0,03	-0,59	0,13	-0,17	-0,36	-0,59	-0,27	0,09	0,00	-0,06	-0,22	-0,03	-0,34	-0,26	-0,15	-0,17	-0,24	-0,18	-0,38	-0,42	0,02	-0,10
FKI	0,43	0,41	0,03	1,00	0,30	0,39	0,37	0,24	0,38	0,31	-0,15	0,14	-0,16	0,26	0,25	0,28	0,33	0,27	0,23	0,26	0,32	0,49	0,35	0,98	0,96
KH	-0,06	0,74	-0,59	0,30	1,00	0,15	0,42	0,63	0,80	0,50	-0,12	0,13	-0,08	0,45	0,30	0,48	0,47	0,38	0,37	0,49	0,44	0,79	0,89	0,36	0,52
Log N	0,07	0,17	0,13	0,39	0,15	1,00	0,40	0,12	0,18	0,20	-0,20	-0,07	-0,18	0,15	0,25	0,29	0,31	0,31	0,22	0,30	0,31	0,28	0,19	0,40	0,40
Log P	0,05	0,49	-0,17	0,37	0,42	0,40	1,00	0,57	0,43	0,26	-0,02	0,18	-0,04	0,03	0,26	0,39	0,49	0,37	0,21	0,41	0,40	0,46	0,57	0,45	0,44
Log Chl a	0,03	0,76	-0,36	0,24	0,63	0,12	0,57	1,00	0,72	0,51	0,01	0,15	-0,14	0,35	0,25	0,45	0,46	0,34	0,40	0,47	0,51	0,74	0,87	0,42	0,39
FPK	-0,05	0,74	-0,59	0,38	0,80	0,18	0,43	0,72	1,00	0,55	-0,06	0,14	-0,12	0,51	0,33	0,59	0,58	0,42	0,48	0,52	0,51	0,93	0,80	0,45	0,55
JÜLD	0,13	0,56	-0,27	0,31	0,50	0,20	0,26	0,51	0,55	1,00	-0,20	0,06	-0,29	0,70	0,67	0,73	0,63	0,78	0,76	0,77	0,79	0,57	0,55	0,35	0,38
ULTSP	-0,09	-0,12	0,09	-0,15	-0,12	-0,20	-0,02	0,01	-0,06	-0,20	1,00	0,52	0,54	-0,17	-0,24	-0,24	-0,05	-0,24	-0,11	-0,18	-0,17	-0,08	-0,03	-0,12	-0,15
KVTSP	0,09	0,13	0,00	0,14	0,13	-0,07	0,18	0,15	0,14	0,06	0,52	1,00	0,44	0,13	-0,08	-0,03	0,07	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,16	0,17	0,15	0,20
VSTSP	-0,25	-0,22	-0,06	-0,16	-0,08	-0,18	-0,04	-0,14	-0,12	-0,29	0,54	0,44	1,00	-0,27	-0,47	-0,19	-0,33	-0,35	-0,35	-0,36	-0,37	-0,13	-0,12	-0,18	-0,16
JÜLD ilma Fü-Ke	0,05	0,44	-0,22	0,26	0,45	0,15	0,03	0,35	0,51	0,70	-0,17	0,13	-0,27	1,00	0,48	0,58	0,41	0,61	0,63	0,58	0,62	0,50	0,43	0,28	0,35
JÜLD ilma FP	0,12	0,31	-0,03	0,25	0,30	0,25	0,26	0,25	0,33	0,67	-0,24	-0,08	-0,47	0,48	1,00	0,59	0,54	0,75	0,77	0,74	0,74	0,34	0,32	0,27	0,30
JÜLD ilma ST	0,01	0,47	-0,34	0,28	0,48	0,29	0,39	0,45	0,59	0,73	-0,24	-0,03	-0,19	0,58	0,59	1,00	0,67	0,73	0,67	0,73	0,67	0,55	0,50	0,31	0,36
JÜLD ilma SSR	0,13	0,49	-0,26	0,33	0,47	0,31	0,49	0,46	0,58	0,63	-0,05	0,07	-0,33	0,41	0,54	0,67	1,00	0,59	0,63	0,70	0,67	0,53	0,51	0,38	0,42
JÜLD ilma Chl a	0,11	0,42	-0,15	0,27	0,38	0,31	0,37	0,34	0,42	0,78	-0,24	-0,02	-0,35	0,61	0,75	0,73	0,59	1,00	0,88	0,88	0,84	0,41	0,40	0,29	0,34
JÜLD ilma KH	0,10	0,45	-0,17	0,23	0,37	0,22	0,21	0,40	0,48	0,76	-0,11	0,00	-0,35	0,63	0,77	0,67	0,63	0,88	1,00	0,86	0,83	0,45	0,40	0,28	0,31
JÜLD ilma FKI	0,13	0,56	-0,24	0,26	0,49	0,30	0,41	0,47	0,52	0,77	-0,18	0,00	-0,36	0,58	0,74	0,73	0,70	0,88	0,86	1,00	0,89	0,49	0,52	0,32	0,38
JÜLD ilma J	0,26	0,59	-0,18	0,32	0,44	0,31	0,40	0,51	0,51	0,79	-0,17	0,00	-0,37	0,62	0,74	0,67	0,67	0,84	0,83	0,89	1,00	0,48	0,52	0,38	0,41
FPK ilma J	0,04	0,73	-0,38	0,49	0,79	0,28	0,46	0,74	0,93	0,57	-0,08	0,16	-0,13	0,50	0,34	0,55	0,53	0,41	0,45	0,49	0,48	1,00	0,84	0,57	0,65
FPK ilma FKI	0,04	0,83	-0,42	0,35	0,89	0,19	0,57	0,87	0,80	0,55	-0,03	0,17	-0,12	0,43	0,32	0,50	0,51	0,40	0,40	0,52	0,52	0,84	1,00	0,48	0,55
FPK ilma KH	0,42	0,51	0,02	0,98	0,36	0,40	0,45	0,42	0,45	0,35	-0,12	0,15	-0,18	0,28	0,27	0,31	0,38	0,29	0,28	0,32	0,38	0,57	0,48	1,00	0,96
FPK ilma Chla	0,36	0,56	-0,10	0,96	0,52	0,40	0,44	0,39	0,55	0,38	-0,15	0,20	-0,16	0,35	0,30	0,36	0,42	0,34	0,31	0,38	0,41	0,65	0,55	0,96	1,00

LISA 8. Valgala indeksi statistilised seosed

Näitaja	Punasega on tähistatud usaldusväärsed seosed (p < ,05000)										
	FKI	Koosluse hinnang	J	Chl a	Valgala indeks	FLA	BM	N (mg/l)	P (mg/l)	SD (m)	pH
FKI	1,0000 N=299 p= ---	,4124 N=298 p=,000	-,0715 N=299 p=,217	,2356 N=293 p=,000	,2485 N=74 p=,033	,2883 N=299 p=,000	,5720 N=299 p=0,00	,1427 N=205 p=,041	,1004 N=212 p=,145	-,2699 N=214 p=,000	-,0517 N=282 p=,387
Koosluse hinnang	,4124 N=298 p=,000	1,0000 N=298 p= ---	-,5581 N=298 p=0,00	,6254 N=292 p=0,00	,2379 N=74 p=,041	-,0126 N=298 p=,829	,4327 N=298 p=,000	,1193 N=204 p=,089	,2122 N=211 p=,002	-,3703 N=214 p=,000	-,0282 N=281 p=,638
J	-,0715 N=299 p=,217	-,5581 N=298 p=0,00	1,0000 N=299 p= ---	-,3290 N=293 p=,000	-,0165 N=74 p=,889	,3462 N=299 p=,000	-,2987 N=299 p=,000	-,0675 N=205 p=,336	-,1447 N=212 p=,035	,1868 N=214 p=,006	-,1235 N=282 p=,038
Chl a	,2356 N=293 p=,000	,6254 N=292 p=0,00	-,3290 N=293 p=,000	1,0000 N=294 p= ---	,2448 N=74 p=,036	-,0235 N=293 p=,689	,6511 N=293 p=0,00	,1152 N=205 p=,100	,4226 N=212 p=,000	-,2904 N=213 p=,000	-,0451 N=282 p=,450
Valgala indeks	,2485 N=74 p=,033	,2379 N=74 p=,041	-,0165 N=74 p=,889	,2448 N=74 p=,036	1,0000 N=74 p= ---	,2215 N=74 p=,058	,2401 N=74 p=,039	,5637 N=28 p=,002	,3621 N=33 p=,038	-,0344 N=59 p=,796	,2292 N=74 p=,050
FLA	,2883 N=299 p=,000	-,0126 N=298 p=,829	,3462 N=299 p=,000	-,0235 N=293 p=,689	,2215 N=74 p=,058	1,0000 N=299 p= ---	,0427 N=299 p=,462	-,0404 N=205 p=,566	-,0945 N=212 p=,170	-,1679 N=214 p=,014	-,0833 N=282 p=,163
BM	,5720 N=299 p=0,00	,4327 N=298 p=,000	-,2987 N=299 p=,000	,6511 N=293 p=0,00	,2401 N=74 p=,039	,0427 N=299 p=,462	1,0000 N=299 p= ---	,1075 N=205 p=,125	,4546 N=212 p=,000	-,4327 N=214 p=,000	-,0242 N=282 p=,686
Tot-N (mg/l)	,1427 N=205 p=,041	,1193 N=204 p=,089	-,0675 N=205 p=,336	,1152 N=205 p=,100	,5637 N=28 p=,002	-,0404 N=205 p=,566	,1075 N=205 p=,125	1,0000 N=206 p= ---	,4847 N=204 p=,000	-,1249 N=159 p=,117	-,0165 N=206 p=,813
Tot-P	,1004	,2122	-,1447	,4226	,3621	-,0945	,4546	,4847	1,0000	-,0870	-,0139

(mg/l)	N=212 p=,145	N=211 p=,002	N=212 p=,035	N=212 p=,000	N=33 p=,038	N=212 p=,170	N=212 p=,000	N=204 p=,000	N=213 p= ---	N=165 p=,266	N=213 p=,841
SD (m)	-,2699 N=214 p=,000	-,3703 N=214 p=,000	,1868 N=214 p=,006	-,2904 N=213 p=,000	-,0344 N=59 p=,796	-,1679 N=214 p=,014	-,4327 N=214 p=,000	-,1249 N=159 p=,117	-,0870 N=165 p=,266	1,0000 N=214 p= ---	-,0932 N=212 p=,176
pH	-,0517 N=282 p=,387	-,0282 N=281 p=,638	-,1235 N=282 p=,038	-,0451 N=282 p=,450	,2292 N=74 p=,050	-,0833 N=282 p=,163	-,0242 N=282 p=,686	-,0165 N=206 p=,813	-,0139 N=213 p=,841	-,0932 N=212 p=,176	1,0000 N=283 p= ---