



## PROJEKTS

**„Virszemes ūdeņu ekoloģiskās klasifikācijas sistēmas zinātniski pētnieciskā izstrāde atbilstoši Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 2000/60/EK (2000. gada 23. oktobris), ar ko izveido sistēmu Kopienas rīcībai ūdens resursu politikas jomā prasībām”**

**Nobeiguma atskaite par 2009. gadu**

Latvijas Universitāte, 2009





# SATURS

<b>SATURS .....</b>	<b>3</b>
<b>KOPSAVILKUMS .....</b>	<b>5</b>
<b>IEVADS .....</b>	<b>10</b>
<b>1. DATU AVOTI UN DATU RAKSTUROJUMS.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. EZERI.....</b>	<b>12</b>
1.1.1. Fitoplanktons .....	12
1.1.2. Makrofīti.....	12
1.1.3. Zoobentoss .....	13
1.1.4. Zivis.....	13
<b>1.2. UPES .....</b>	<b>14</b>
1.2.1. Makrofīti.....	14
1.2.2. Zoobentoss .....	14
1.2.3. Zivis.....	15
<b>1.3. PIEKRASTES UN PĀREJAS ŪDENI (PPŪ) .....</b>	<b>16</b>
1.3.1. Eitrofikācijas spiediens.....	16
1.3.2. Fitoplanktons .....	16
1.3.3. Makrofīti.....	18
1.3.4. Makrozoobentoss.....	19
<b>2. EKOLOĢISKĀS KVALITĀTES NOTEIKŠANAS METOŽU ANALĪZE UN SALĪDZINĀJUMS .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. EZERI.....</b>	<b>21</b>
2.1.1. Hlorofils <i>a</i> .....	21
2.1.2. Fitoplanktons .....	25
2.1.3. Makrofīti.....	34
2.1.4. Zoobentoss .....	36
2.1.5. Zivis.....	40
2.1.6. Kopsavilkums .....	40
<b>2.2. UPES .....</b>	<b>48</b>
2.2.1. Makrofīti.....	48
2.2.2. Zoobentoss .....	49
2.2.3. Zivis.....	61
2.2.4. Kopsavilkums .....	83
<b>2.3. PIEKRASTES UN PĀREJAS ŪDENI (PPŪ) .....</b>	<b>85</b>
2.3.1. Eitrofikācijas spiediens.....	85
2.3.2. Fitoplanktons .....	88
2.3.3. Makrofīti.....	93
2.3.4. Makrozoobentoss.....	102
Makrozoobentosa indeksa izvēle.....	105
2.3.5. Piekrastes un pārejas ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes klasificēšana .....	108
2.3.6. Kopsavilkums .....	115
<b>3. KLASIFIKĀCIJAS METOŽU INTERKALIBRĀCIJAS GAITA.....</b>	<b>117</b>

<b>3.1Ezeri</b> .....	<b>117</b>
3.1.2. Makrofīti.....	117
3.1.3. Makrozoobentoss.....	117
<b>3.2. Upes</b> .....	<b>117</b>
3.2.1. Fitoplanktons un hlorofils.....	117
3.2.2. Makrofīti.....	117
3.2.3. Makrozoobentoss.....	117
<b>3.3. Piekrastes un pārejas ūdeņi.</b> .....	<b>118</b>
3.3.1. Fitoplanktons .....	118
<b>4. IETEIKUMI MONITORINGA PILNVEIDOŠANAI</b> .....	<b>120</b>
<b>Ezeru fitoplanktons.</b> .....	<b>120</b>
<b>Ezeru makrofīti.</b> .....	<b>120</b>
<b>Upju makrofīti</b> .....	<b>120</b>
<b>Ezeru un upju zoobentoss</b> .....	<b>120</b>
<b>Piekrastes un pārejas ūdeņu fitoplanktons</b> .....	<b>120</b>
<b>Piekrastes un pārejas ūdeņu makrozoobentoss</b> .....	<b>121</b>
<b>5. TURPMĀK VEICAMIE DARBI</b> .....	<b>121</b>
<b>Ezeru fitoplanktons</b> .....	<b>121</b>
<b>Ezeru un upju makrofīti</b> .....	<b>121</b>
<b>Ezeru makrozoobentoss</b> .....	<b>121</b>
<b>Upju makrozoobentoss</b> .....	<b>122</b>
<b>Piekrastes un pārejas ūdeņi</b> .....	<b>122</b>
Eitrofikācijas spiediens.....	122
Fitoplanktons .....	122
Makrofīti.....	122
Makrozoobentoss .....	122
Interkalibrācija .....	122
<b>CITĒTĀ LITERATŪRA</b> .....	<b>123</b>

## KOPSAVILKUMS

Projekta mērķis ir veikt izpēti un izstrādāt zinātniski pamatotus priekšlikumus, lai izveidotu Latvijas apstākļiem piemērotu un Eiropas savienības Ūdens Struktūrdirektīvas (2000/60/EC) prasībām atbilstošu virszemes ūdensobjektu (ezeru, upju, piekrastes un pārejas ūdeņu) novērtēšanas bioloģisko kritēriju klasifikācijas metodiku un ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanas sistēmu. Projekta rezultātā neizdevās noteikt ekoloģiskās kvalitātes klašu robežas pēc viesiem Direktīvā rekomendētajiem bioloģiskajiem elementiem, kas būtu pielietojamas visiem Latvijas ūdensobjektu tipiem (skat. tabulu zemāk). Kvalitātes klašu robežu noteikšanu kavē divi iemesli: (1) monitoringa datu trūkums par parametriem, kas izmantojami kvalitātes vērtēšanā pēc bioloģiskajiem elementiem, (2) aizkavējusies metodisko rekomendāciju izstrāde attiecīgajās Ģeogrāfiskajās Interkalibrācijas Grupās (GIG). Pašreizējais Latvijas ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes vērtēšanas metožu izstrādes statuss raksturots zemāk sniegtajā tabulā.

Neskatoties uz to, ka projekta ietvaros kvalitātes vērtēšanas sistēmas izveide nav pabeigta, veiktas nozīmīgas iestrādes, lai turpinot darbu noteiktu kvalitātes klašu robežas tiem bioloģiskajiem elementiem, kuriem tās vēl nav noteiktas, un testētu, kā darbojas ūdensobjektu kopējās kvalitātes vērtēšanas metode.

Projekta izpildes gaitā sakārtotas, vērtēšanas metožu izstrādei nepieciešamās datu kopas. Latvijas eksperti stabili iesaistījušies ES ūdensobjektu klasifikācijas kritēriju izstrādē un interkalibrācijā. Apmeklēto GIG darba grupu uzskaitījums sniegts atskaites 14. pielikumā.

Latvijas ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes vērtēšanas metodes pēc bioloģiskajiem kritērijiem izstrādes statuss: 2009.g. beigas.

Ūdensobjektu kategorija un tips	Chl <i>a</i>	Fitoplanktona sastāvs un/vai biomasa	Makrofīti	Fitobentoss	Bentosa bezmugurkaulnieki	Zivis	Paskaidrojumi
1.tipa ezeri	+	+	+	-	-	-	Datu ierobežotības dēļ nav visu klašu robežu pēc makrofītiem. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klašu robežvērtības pēc bentosa bezmugurkaulnieku indeksiem nav noteiktas slodžu datu ierobežotības dēļ. Aizkavējies darbs CB GIG. Zivju metodes izstrāde ir sākuma stadijā CB GIG.
2.tipa ezeri	+	+	+/-	-	-	-	Datu ierobežotības dēļ nav kopīgo klašu robežu pēc makrofītiem. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klašu robežvērtības pēc bentosa bezmugurkaulnieku indeksiem nav noteiktas slodžu datu ierobežotības dēļ. Aizkavējies darbs CB GIG. Zivju metodes izstrāde ir sākuma stadijā CB GIG.
3.tipa ezeri	+	-	+/-	-	-	-	Nav analoga interkalibrācijas tipa. Klašu robežas pēc fitoplanktona sastāva nav pārbaudītas. Datu ierobežotības dēļ nav kopīgo klašu robežu pēc makrofītiem. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klašu robežvērtības pēc bentosa

							bezmugurkaulnieku indeksiem nav noteiktas slodžu datu ierobežotības dēļ. Aizkavējies darbs CB GIG. Zivju metodes izstrāde ir sākuma stadijā CB GIG.
4.tipa ezeri	+	-	+/-	-	-	-	Nav analoga interkalibrācijas tipa. Klašu robežas pēc fitoplanktona sastāva nav pārbaudītas. Nav kopīgo klašu robežu pēc makrofitiem. Makrofiti nav piemērots elements kvalitātes vērtēšanai, jo to izplatību vairāk ietekmē pH un ūdens krāsainība. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klašu robežvērtības pēc bentosa bezmugurkaulnieku indeksiem nav noteiktas slodžu datu ierobežotības dēļ. Aizkavējies darbs CB GIG. Zivju metodes izstrāde ir sākuma stadijā CB GIG.
5.tipa ezeri	+	+	+	-	-	-	Datu ierobežotības dēļ nav visu klašu robežu pēc makrofitiem. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klašu robežvērtības pēc bentosa bezmugurkaulnieku indeksiem nav noteiktas slodžu datu ierobežotības dēļ. Aizkavējies darbs CB GIG. Zivju metodes izstrāde ir sākuma stadijā CB GIG.
6.tipa ezeri	+	+	+/-	-	-	-	Nav kopīgo klašu robežu pēc makrofitiem. Makrofiti nav piemērots elements kvalitātes vērtēšanai, jo to izplatību vairāk ietekmē pH un ūdens krāsainība. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klašu robežvērtības pēc bentosa bezmugurkaulnieku indeksiem nav noteiktas slodžu datu ierobežotības dēļ. Aizkavējies darbs CB GIG. Zivju metodes izstrāde ir sākuma stadijā CB GIG.
7.tipa ezeri	+	-	+	-	-	-	Nepietiek datu fitoplanktona metodei. Datu ierobežotības dēļ nav visu klašu robežu pēc makrofitiem. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klašu robežvērtības pēc bentosa bezmugurkaulnieku indeksiem nav noteiktas slodžu datu ierobežotības dēļ. Aizkavējies darbs CB GIG. Zivju metodes izstrāde ir sākuma stadijā CB GIG.
8.tipa ezeri	+	-	+/-	-	-	-	Nepietiek datu fitoplanktona metodei. Nav kopīgo klašu robežu pēc makrofitiem. Makrofiti nav piemērots elements kvalitātes vērtēšanai, jo to izplatību vairāk ietekmē pH un ūdens krāsainība. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klašu robežvērtības pēc bentosa bezmugurkaulnieku indeksiem nav noteiktas slodžu datu ierobežotības dēļ. Aizkavējies darbs CB GIG. Zivju metodes izstrāde ir sākuma stadijā CB GIG.
9.tipa ezeri	+	+	+/-	-	-	-	Datu ierobežotības dēļ nav kopīgo klašu robežu pēc makrofitiem. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klašu robežvērtības pēc bentosa bezmugurkaulnieku indeksiem nav noteiktas slodžu datu ierobežotības dēļ. Aizkavējies darbs CB GIG. Zivju metodes izstrāde ir sākuma stadijā CB GIG.
10. tipa ezeri	-	-	-	-	-	-	Reti pārstāvēts tips. Pieejamais datu apjoms neļauj izstrādāt metodi nevienam biol. elementam. Visi ezeri mazāki par 50 ha, un nav iekļauti SBA apsaimniekošanas plānos.

1. tipa upes	-	-	-	+	-	-	Fitoplanktons nav izmantojams indikators. Makrofīti nav izmantojams indikators noēnojuma dēļ. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klasifikācija pēc zivīm nav pabeigta; jāizvērtē tipoloģijas atbilstība.
2. tipa upes	-	-	-	+	-	-	Fitoplanktons nav izmantojams indikators. Makrofīti nav izmantojams indikators noēnojuma dēļ. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klasifikācija pēc zivīm nav pabeigta; jāizvērtē tipoloģijas atbilstība.
3. tipa upes	-	-	+	+	-	-	Fitoplanktons nav izmantojams indikators. Makrofītu metode ir provizoriska. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klasifikācija pēc zivīm nav pabeigta; jāizvērtē tipoloģijas atbilstība.
4. tipa upes	-	-	+	+	-	-	Fitoplanktons nav izmantojams indikators. Makrofītu metode ir provizoriska. Nav datu un speciālistu fitobentosa metodei. Nenotiek fitobentosa monitorings. Klasifikācija pēc zivīm nav pabeigta; jāizvērtē tipoloģijas atbilstība.
5. tipa upes	-	-	-	-	-	-	Klasifikācijas vēl nav, jo gan Latvijā, gan citās Eiropas valstīs nav izdevies atrast references stāvoklim atbilstošas lielās upes. Jāsagaida CB GIG rezultāti.
6. tipa upes	-	-	-	-	-	-	Klasifikācijas vēl nav, jo gan Latvijā, gan citās Eiropas valstīs nav izdevies atrast references stāvoklim atbilstošas lielās upes. Jāsagaida CB GIG rezultāti.
BJ akmeņainā piekraste	+	-	-		-		Fitoplanktona elementā robežvērtības hlorofilam. Turpinās darbs pie metodes pēc sastāva. Makrofītu un makrozoobentosa robežvērtību noteikšanai trūkst datu.
BJ smilšainā piekraste	+	-	-		-		Fitoplanktona elementā robežvērtības hlorofilam. Turpinās darbs pie metodes pēc sastāva. Makrofītu un makrozoobentosa robežvērtību noteikšanai trūkst datu.
RL akmeņainā piekraste	+	+	-		-		Makrofītu un makrozoobentosa metožu nav datu trūkuma dēļ.
RL smilšainā piekraste	+	+	-		+		Fitoplanktona robežvērtības tādas pat kā akmeņainajā piekrastē. Makrofītu un makrozoobentosa metožu nav datu trūkuma dēļ.
Pārejas ūdeņi Rīgas līcī		+	-		+	-	Chl koncentrācija netiek izmantota vērtēšanā. Makrofītu metodes nav datu trūkuma dēļ. Zivju metodes izstrāde ir aizsākumā BJ GIG

### *Upju un ezeru fitoplanktons.*

Izstrādāta metode ezeru ekoloģiskās kvalitātes vērtēšanai pēc fitoplanktona rādītājiem. Metodes atbilstību vairāk uzrādīja 1., 2. 5., 6. tipa ezeri, jo šeit konstatētas visgarākās datu rindas, pārējo ezeru tipiem metodes būtu jāpārbauda iegūstot lielāku datu apjomu. Pārbaudot pieejamos datus, jāsecina, ka neviena tipa ezers neuzrādīja ļoti sliktu stāvokli pēc fitoplanktona noteikšanas metodes: 55% uzrādīja labu, 23% - vidēju, 17% - augstu, 3% - sliktu, 1% – references ekoloģisko stāvokli.

### ***Upju un ezeru makrofīti.***

Ūdens Struktūrdirektīva paredz, ka makrofītu sugu sastāvs un daudzveidība ir viens no kvalitātes elementiem ūdeņu ekoloģiskā stāvokļa novērtēšanā. Jau vairākus gadus notiek aktīvs darbs pie datu apkopošanas, metožu salīdzināšanas un interkalibrācijas. Darbs tiek organizēts vairākās ģeogrāfiskās interkalibrācijas grupās (GIG), Latvija ietilpst Centrāleiropas – Baltijas grupā. Jāatzīst, ka arī salīdzinoši nelielās valstu grupās līdz šim radušās nopietnas grūtības salīdzināt datu materiālu un izstrādāt vienotu metodiku kvalitātes novērtēšanai, jo ūdentilpēs ir atšķirīgs sugu sastāvs un sugu indikatīvā nozīme nav viennozīmīgi nosakāma.

Ezeru interkalibrācijas grupā ir uzsācies otrais posms, kuram sagatavota jauna un papildināta datu bāze. 2010.g. pavasarī paredzēts veikt nacionālo metožu salīdzinājumu, līdz šim laikam visām valstīm ir iespēja piemērot jaunas vai pielāgotas metodikas ezeru kvalitātes novērtēšanai pēc makrofītiem. 2010.g. vasarā tiek plānota metožu saskaņošana un interkalibrācija, noslēdzot šo procesu līdz 2011.g. sākumam. Lai iekļautos šajā procesā, Latvijas līdz šim interkalibētā metode tika pārstrādāta un papildināta ar Igaunijā izstrādāto metodi.

Upēs kvalitātes novērtēšanas metode pēc makrofītiem pašlaik izveidojama tikai vidēji lielās upēs, kur savākts ir pietiekošs un kvalitatīvs datu apjoms. Mazajās upēs makrofītu sugu skaits ir neliels un trofijas indeksu aprēķināšana parasti nav iespējama, lielajām upēm pašlaik nav atrasta piemērota metodika kvalitātes novērtēšanai pēc makrofītiem. Kopumā vislielākā nozīme makrofītiem upju ekosistēmā ir tieši vidēji lielās upēs, kur tie sastopami visā upē.

### ***Upju un ezeru makrozoobentoss.***

Izveidotas ezeru un upju zoobentosa taksonu, fizikāli-ķīmisko parametru un slodžu datu bāzes. Veikta piecu zoobentosa indeksu veidu piemērotības pārbaude ezeru litorāles datiem ezeru ekoloģiskās kvalitātes noteikšanai un divi pārbaudītie indeksi atzīti par izmantojamiem.

Veikta citās Eiropas valstīs biežāk pielietoto makrozoobentosa indeksu piemērotības pārbaude vidēja lieluma upju ekoloģiskās kvalitātes noteikšanai. Noteiktas ekoloģisko kvalitātes klašu robežvērtības un ekoloģiskās kvalitātes attiecība (EQR) DSFI, ASPT indeksiem un šo indeksu kombinācijai - jaunizveidotajam LCMC (*Latvian Macroinvertebrate Common Index*), kas galvenokārt raksturo organisko piesārņojumu. Indeksu robežvērtības pielietojamas arī mazo upju ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanai. Noteikts izstrādātās LCMC metodes precizitātes un ticamības intervāls. Analizētas makrozoobentosa sugu sabiedrības dominējošajos upju grunts tipos un noteiktas potenciālās references sugu sabiedrības vidēja lieluma upēm.

### ***Piekrastes un pārejas ūdeņu fitoplanktons.***

Baltijas Jūras interkalibrācijas grupa (Baltic GIG) ieteica dalībvalstīm testēt fitoplanktona sugu sastāvu indikatorus un sagatavot tos interkalibrācijai. Projektā ir veikts apjomīgs darbs fitoplanktona datubāzes sagatavošanai un indikatoru testēšanai. 2009. g. septembrī, Baltic GIG tika konstatēts, ka vairums dalībvalstīs fitoplanktona sugu sastāvu indikatoru nav izstrādāts pietiekami detalizēti, lai sekmīgi veikt to interkalibrāciju. Tāpēc Baltic GIG lēma, līdz 2011. gadam veikt tikai fitoplanktona biomasas interkalibrāciju. Vienlaikus Baltic GIG ieteica dalībvalstīm, pilnveidot fitoplanktona sugu sastāvu novērtēšanu, jo fitoplanktonu sugu sastāvs ir obligāta fitoplanktona kvalitātes elementa sastāvdaļa. Lai sekmīgi piedalītos interkalibrācijā, pēc tam izdalījām fitoplanktona biomasas kvalitātes klašu robežas tiem piekrastes un pārejas ūdeņiem ar pietiekamu datu apjomu, t. i. Rīgas līča piekrastes un pārejas ūdeņiem.

### ***Piekrastes un pārejas ūdeņu makrofīti.***

Rīgas līča pārejas ūdeņos, Rīgas līča smilšainā krastā un Baltijas jūras smilšainā krastā dominē mīkstie sedimenti. Līdz ar to, makrofīti šeit nav izmantojami ka ūdens kvalitātes indikators. Rīgas līča un Baltijas jūras akmeņainā krastā sakārtojām pieejamus makrofītu datus. Diemžēl nācās secināt, ka kvantitatīvi novērojumi tika veikti tikai kopš 1999. gada atsevišķos rajonos bez sistemātiskiem atkārtojumiem. Līdz ar to kvantitatīvus datus nevar korelēt ar dažādu eitrofikācijas spiediena lielumu.



Pamatojoties uz pieejamiem datiem, piemērots indikatoru makrofītu novērtēšanai Latvijas ūdeņos varētu izveidot no vertikāli stāvošo makrofītu kopējā seguma un oportunistisko sugu īpatsvara biomasu, bet kvalitātes klašu robežvērtības būtu jāizstrādā sadarbībā ar kaimiņvalstīm. Projekta ietvaros šobrīd esošie dati ir iekļauti datubāzē, kas atvieglo indikatoru testēšanu. Līdz ar to Latvija varētu sekmīgi pārbaudīt kaimiņvalstu izvirzītas indikatorus un to robežvērtības.

#### ***Piekrastes un pārejas ūdeņu makrozoobentoss.***

Projektā ir veikts apjomīgs darbs sakārtojot makrozoobentosa datubāzi un pēc tam testējot trīs makrozoobentosa indeksus, kurus izmanto kaimiņvalstīs: DKI (Dānija), BQI (Zviedrija) un BBI (Somija). Salīdzinot indeksu dinamiku ar eitrofikācijas spiedienu secinājām, ka BQI visjūtīgāk atspoguļo eitrofikācijas gaitu Rīgas līča piekrastes un pārejas ūdeņos. Sekojot Baltic GIG norādēm, izdalījām BQI indeksam kvalitātes klašu robežvērtības ūdens tipiem ar pietiekamu datu apjomu, t. i. Rīgas līča piekrastes un pārejas ūdeņiem. Diemžēl neizdevās iegūt kvalitātes klašu robežas korelējošus BQI ar izmaiņām eitrofikācijas spiedienā. Tāpēc pamatojām klašu robežas ar izmaiņām makrozoobentosa sugu sastāvā atbilstoši ūdens struktūrdirektīvas normatīvām kvalitātes klašu raksturojumam.

## IEVADS

Lai atrisinātu izveidojušos nelabvēlīgo situāciju Latvijas virszemes ūdeņu kvalitātes novērtēšanas sistēmas izstrādē atbilstoši Ūdeņu Struktūrdirektīvas prasībām 2008.g. 18. martā Latvijas Universitāte un Vides Ministrija noslēdza līgums „Par projekta īstenošanu vides aizsardzības jomā „Virszemes ūdeņu ekoloģiskās klasifikācijas sistēmas zinātniski pētnieciskā izstrāde atbilstoši Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 2000/60/EK (2000. gada 23. oktobris), ar ko izveido sistēmu Kopienas rīcībai ūdens resursu politikas jomā prasībām”.

Atbilstoša VAF finansēta projekta „Virszemes ūdeņu ekoloģiskās klasifikācijas sistēmas zinātniski pētnieciskā izstrāde atbilstoši Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 2000/60/EK (2000. gada 23. oktobris), ar ko izveido sistēmu Kopienas rīcībai ūdens resursu politikas jomā prasībām” tika uzsākta tikai 2008.g. jūlijā.

**Projekta mērķis:** Vides ministrijas uzdevumā veikt izpēti un izstrādāt zinātniski pamatotu priekšlikumu, lai izveidotu Latvijas apstākļiem piemērotu un ES Ūdens Struktūrdirektīvas (2000/60/EC) prasībām atbilstošu virszemes ūdensobjektu (ezeru, upju, piekrastes un pārejas ūdeņu) novērtēšanas bioloģisko kritēriju klasifikācijas metodiku un ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanas sistēmu.

Projekta 1. etapā (2008.g.) tika veikti prioritārie uzdevumi, lai sakārtotu Latvijas līdzdalību virszemes ŪO klasifikācijas interkalibrācijas procesā, apkopotu datus par ŪO bioloģisko kvalitātes elementu vērtībām, slodzēm un fizikāli-ķīmiskajiem parametriem klasifikācijas sistēmas izveidei derīgās datu kopās, pārbaudītu, vai Latvijas virszemes ūdeņu monitorings producē klasifikācijas uzdevumam atbilstošas kvalitātes datus, kā arī, lai izstrādātu klasifikācijas normatīvus tiem virszemes ŪO kategorijām/bioloģiskās kvalitātes elementiem, kuros ir vislielākās iestrādes. Projekta 2. etapā (2009.g.) tika pabeigta vērtēšanas metožu izstrāde tiem bioloģiskajiem elementiem, kur tas bija iespējams.

Visā projekta izpildes gaitā Latvijas eksperti iekļāvās ŪSD vienotās ieviešanas stratēģijas un Ģeogrāfisko Interkalibrācijas Grupu (GIG) darbā, piedaloties sanāsmēs (skat apkopojumu 14. pielikumā), kā arī gatavojot un nosūtot šo grupu darbam nepieciešamos datus.

### **Projekta uzdevumi visam projektam ir sekojoši:**

- a) Ezeri: izstrādāt Latvijas ezeru tipiem atbilstošu kvalitātes klašu robežu (augsta/laba, laba/vidēja) noteikšanas metodi pēc sekojošiem bioloģiskās kvalitātes elementiem: fitoplanktons, makrofīti, bentosa bezmugurkaulnieku fauna, zivis;
- b) Upes: izstrādāt Latvijas upju tipiem atbilstošu ekoloģiskās kvalitātes klašu robežu (augsta/laba, laba/vidēja) noteikšanas metodi pēc sekojošiem bioloģiskās kvalitātes elementiem: makrofīti, bentosa bezmugurkaulnieku faunas, zivis. Veikt priekšizpēti upju ekoloģiskās kvalitātes noteikšanas metodēm pēc fitoplanktona un mikroskopiskā fitobentosa;
- c) Piekrastes un pārejas ūdeņi: izstrādāt Latvijas piekrastes un pārejas ūdeņu tipiem atbilstošu kvalitātes klašu robežu (augsta/laba, laba/vidēja) noteikšanas metodi pēc sekojošiem bioloģiskās kvalitātes elementiem: fitoplanktons, makrofīti, bentosa bezmugurkaulnieku fauna, zivis.
- d) Sagatavot priekšlikumu Latvijas apstākļiem piemērotas un ŪSD prasībām atbilstošas ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanas sistēmas izveidošanai, īpašu uzmanību pievēršot ūdens objektu ekoloģiskās kvalitātes izvērtēšanai, pietiekamas un praktiski realizējamās monitoringa un datu apstrādes sistēmas izveidei, dažādu fizikāli-ķīmisko un bioloģisko kvalitātes elementu (indikatoru) integrēšanai vienotā nepretrunīgā ūdens objektu ekoloģiskās kvalitātes vērtējumā, „nemonitorēto” ūdens objektu kvalitātes vērtēšanas metodikai, ūdens objektu kvalitātes vērtēšanas rezultātu ziņošanai upju baseinu apgabalū apsaimniekošanas institūcijām, ES institūcijām un sabiedrības informēšanai.

- e) Piedalīties ECOSTAT un GIG ŪO kategoriju/elementu ekspertu sanāksmēs (ap 30 braucienus).
- f) Apmainīties pieredzē un saskaņot ar kaimiņvalstīm ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes vērtēšanas metodiku, organizējot braucienus uz Lietuvu, Igauniju, Somiju, Zviedriju.
- g) Sniegt regulārus informatīvu ziņojumus VIDM par interkalibrācijas procesa gaitu. Projekta darba grupa izveidota izmantojot Valsts pētījumu programmas KALME „Klimata maiņas ietekme uz Latvijas ūdeņu vidi” pētnieku tīklu.

Atskaiti ievada Kopsavilkums (Executive Summary), kurā sniegta maksimāli koncentrēta informācija par projekta gaitā sasniegto. Kopsavilkums kopā ar atskaites 3. nodaļu (metožu apraksts) izmantojams kā neatkarīgs informācijas avots.

Atskaites 1. nodaļā apkopota informācija par darbam nepieciešamo datu kopu gatavošanu, un datu izcelsmi. Dažiem bioloģiskajiem elementiem: zivis, piekrastes un pārejas ūdeņu (PPU) fitoplanktons, PPU makrofīti, PPU makrozoobentoss, dots īss ieskats attiecīgā elementa datu vākšanas vēsturē un metodikas attīstībā Latvijas ūdensobjektos. Atskaites visapjomīgākajā, 2. nodaļā aprakstīta ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes noteikšanas pēc bioloģiskajiem elementiem analīzes, salīdzināšanas un izvēles gaita, kā arī koncentrētā veidā sniegta informācija par ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes vērtēšanas metodēm pēc bioloģiskajiem elementiem.. Ekspertu sagatavotais materiāls organizēts atbilstoši virszemes ūdensobjektu kategorijai: ezeri (apakšnodaļa 2.1.), upes (apakšnodaļa 2.2.), PPŪ (apakšnodaļa 2.3.). Nobeidzot darbu pie Latvijas ŪO ekoloģiskās kvalitātes un ekoloģiskā potenciāla vērtēšanas sistēmas izstrādes, šī nodaļa varētu kļūt par pamatu attiecīgā regulējošā dokumenta izveidei <sup>1</sup>. 3. nodaļā īsi raksturota ūdensobjektu klasifikācijas interkalibrācijas gaita attiecīgajos GIGos,. Tā kā darbs pie vienotas ŪO ekoloģiskās kvalitātes vērtēšanas metodes nebūt nav uzskatāms par pabeigtu, atskaites noslēguma nodaļās iezīmēti turpmāk veicamie darbi un apkopoti ekspertu ieteikumi vērtēšanas sistēmas svarīgākā instrumenta – ūdensobjektu monitoringa programmas un datu bāzes pilnveidošanai. Tehniska rakstura papildinformācija, kas pārskatāmības labad nav iekļauta atskaites pamattekstā, sniegta tās pielikumos.

### **Projekta izpildē piedalījās un šo atskaiti sagatavoja sekojoši eksperti:**

Andris Andrušaitis (LU) – projekta zinātniskais vadītājs;  
 Indriķis Barkāns (LU, LVĢMA) – projekta koordinators;  
 Marina Čičendajeva (LU, LVĢMA) – datu bāzes;  
 Ingrīda Puriņa (Latvijas Hidroekoloģijas institūts) – ezeru un upju fitoplanktons;  
 Ieva Bārda (Latvijas Hidroekoloģijas institūts) – ezeru un upju fitoplanktons;  
 Ivars Druvietis (LU) – ezeru un upju fitobentoss;  
 Laura Grīnberga (LU Bioloģijas institūts) – ezeru un upju makrofīti;  
 Agnija Skuja (LU) – ezeru un upju bentosa bezmugurkaulnieki;  
 Andris Čeirāns (LU) – ezeru un upju bentosa bezmugurkaulnieki;  
 Jānis Birzaks (LU, Latvijas Zivju Resursu Aģentūra) – ezeru un upju zivis;  
 Bārbele Millere-Karulis (Latvijas Hidroekoloģijas institūts) – piekrastes un pārejas ūdeņu galvenais eksperts;  
 Iveta Jurgensone (Latvijas Hidroekoloģijas institūts) – PPŪ fitoplanktons;  
 Vadims Jermakovs (Latvijas Hidroekoloģijas institūts) – PPŪ makrofīti un bentosa bezmugurkaulnieki.  
 Ineta Plikša (LU) – projekta administrēšana.

<sup>1</sup> Projekta eksperti ierosina sākotnēji veidot zemāka līmeņa, pagaidu rakstura regulējošu dokumentu, kurš tiktu apstiprināts kā atbilstoši MK noteikumi tikai pēc visas sistēmas izveidošanas, testēšanas un interkalibrēšanas. Šāds dokuments būs nepieciešams sateces baseinu apsaimniekošanas plānu izstādes II kārtā.

# 1. DATU AVOTI UN DATU RAKSTUROJUMS

## 1.1. EZERI

### 1.1.1. Fitoplanktons

Projekta laikā izveidota datu bāze, kurā apkopoti LVĢMA veiktā ezeru monitoringa dati par hlorofila *a*, biogēnu, skābekļa koncentrācijām, kā arī ūdens elektrovadītspēju, caurredzamību, temperatūru un krāsainību. Datu bāzē iekļauti dati no 1977. gada līdz 2008. gadam. Garākās hidroķīmijas datu rindas konstatētas Alūksnes, Babītes, Burtnieku, Juglas, Liepājas, Rāznas un Ķīšezeram, taču hlorofila *a* dati visos ezeros pieejami tikai kopš 2002. gada. Kopumā atrodami hlorofila *a* dati par 224 ezeriem, laika posmā no 2002. līdz 2008. gadam. Hlorofila *a* dati aptver visus 9 Latvijā izdalītos ezeru tipus. Visvairāk datu pieejami par 5. tipa ezeriem (146 ezeri), kā arī 1., 2. un 6. tipa ezeriem (38, 17 un 12 ezeri) taču ļoti maz informācijas pieejams par retajiem ezeru tipiem- 3., 4., 7., 8., 9.

Fitoplanktona datu analīzei izmantoti dati, no izveidotās datu bāzes, kurā apkopoti LVĢMA veiktā ezeru monitoringa dati par fitoplanktona sastopamību (dzimta, ģints, suga, biomasa mg/l, biomasa % no kopējās) 246 ezeros, laika posmos no 2000. līdz 2001. gadam un no 2005. līdz 2008. gadam. Šajā datu bāzē nav iekļauti fitoplanktona dati par 2002. - 2004. gadu, tā kā šādas informācijas LVĢMA datu bāzē nav. Ezeri ar fitoplanktona datiem aptver 9 ezeru tipus. Visvairāk datu ir par 5. tipa ezeriem (152 ezeri), mazāk par 1., 2. un 6. tipa ezeriem (attiecīgi 37, 16 un 13 ezeri), ļoti maz datu ir par 3., 4., 7., 8. un 9. tipa ezeriem (attiecīgi 3, 7, 3, 4 un 8 ezeri). Apkopojot datus, jāsecina, ka, lielākoties fitoplanktona dati ir par vienu, retāk divu, triju gadu periodu, turklāt ne vienmēr paraugi gadu no gada ņemti vienas sezonas robežās, kas kavē ekoloģiskā stāvokļa salīdzināšanu vairāku gadu periodā.

### 1.1.2. Makrofīti

Dati par makrofītu sugu sastāvu un sastopamību ezeros, apkopoti no monitoringa atskaitēm:

- Makrofītu sugu sastāva novērtēšanas protokoli - 1998., 1999., 2001., 2002.g. Latvijas Vides aģentūra;
- Latvijas ezeru sinoptiskais monitorings, 2002. Latvijas Vides aģentūra, projekta atskaite;
- Ezeru monitoringa programmas izstrāde saskaņā ar EUROWATERNET prasībām, 2003. Latvijas Vides aģentūra, projekta atskaite;
- Ezeru atbilstība etalonstāvokļa tīklam, 2005. Latvijas Vides aģentūra, projekta atskaite.

Datu bāzē papildus datiem par makrofītu sugu sastāvu un aizauguma pakāpi pievienoti dati par ezera platību, maksimālo un vidējo dziļumu, elektrovadītspēju, pH, krāsainību, hlorofila koncentrāciju, kopējā fosfora un slāpekļa koncentrācijām, ūdens caurredzamību un fitoplanktona biomasu.

Kopumā izveidota datu bāze, kurā ietverti dati par 160 Latvijas ezeriem. Sagatavojot jaunu datu bāzi interkalibrācijas otrajam posmam, tika atlasīti dati par 139 ezeriem. Nosūtītais datu apjoms ir pilnībā pietiekošs visiem trim interkalibrācijas ezeru tipiem. Bet veidojot datu novērtēšanas metodiku balstoties uz Latvijas tipoloģiju, atsevišķiem tipiem – 2. (ļoti sekli brūnūdens ezeri ar augstu ūdens cietību), 3. (ļoti sekli dzidrūdens ezeri ar zemu ūdens cietību) un 10. (dziļi dzidrūdens ezeri ar zemu ūdens cietību) datu apjoms ir pārāk mazs (dati par 3 – 6 ezeriem), lai raksturotu tipam raksturīgo makrofītu veģetāciju, augsta/laba stāvokļa indikatorsugas un aizauguma izmaiņas ūdens kvalitātes ietekmē.

Jaunizveidotajā datu bāzē saglabāta katras valsts sastopamības skala, saglabāti dati par visām ūdensaugu grupām, kā arī raksturotas ietekmes un pievienoti dati par kopējā fosfora un slāpekļa koncentrāciju vērtībām.

### 1.1.3. Zoobentoss

Darbā tika izmantoti sekojošas Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras datu kopas:

LVĢMA datu bāze “Virszemes ūdens kvalitātes novērošanas bioloģisko datu IS”, no kuras tika izmantots:

- ezeru makrozoobentosa organismu taksonomiskais sastāvs un īpatņu skaits paraugos;
- grunts tips (%).

LVĢMA datu bāze “Virszemes ūdens kvalitātes monitorings”:

-  $\text{NH}_4^+$  (mg/l),  $\text{BSP}_5$  (mg/l),  $\text{PO}_4^{3-}$  (mg/l), hlorofils *a* ( $\mu\text{g/l}$ ),  $\text{P}_{\text{kop}}$  (mg/l),  $\text{N}_{\text{kop}}$  (mg/l),  $\text{NO}_3^-$  (mg/l),  $\text{NO}_2^-$  (mg/l), suspendētās vielas (mg/l), EVS ( $\mu\text{S/cm}$ ), pH,  $\text{O}_2$  (%),  $\text{O}_2$  (mg/l), ūdens temperatūra ( $^\circ\text{C}$ ).

LVĢMA biogēnu slodžu un zemes lietojuma veida dati.

### 1.1.4. Zivis

Darbā tika izmantoti Latvijas Zivju resursu aģentūras (LZRA) dati. LZRA rīcībā ir dati par 700 ezeru un mākslīgi izveidoto ūdenskrātuvju zivju sabiedrībām. Dati iegūti pētnieciskajā zvejā laikā no 1992.g.

Latvijā līdz šim netiek lietoti ziemeļu kombinētā acu izmēra tīkli (Nordic multi-mesh nets), kas apstiprināti kā standarts ES ezeru zivju monitoringā. Tāpēc LV perspektīvā vai nu jāizstrādā sava paraugošanas metode, vai jāmaina metode.

## 1.2. UPES

### 1.2.1. Makrofīti

Dati par makrofītu sugu sastāvu un sastopamību upēs:

- 2006.-2008.g. LVĢMA makrofītu monitorings veikts kopumā 326 upju posmos. Dati ir apkopoti, tiem pievienoti ūdens ķīmisko analīžu dati. Monitorings veikts visos upju tipos, galvenokārt vidēja lieluma un lielās upēs. Lai izmantotu datus kvalitātes metožu pārbaudei, tie jāpārbauda, salīdzinot ar lauka protokoliem;
- Interkalibrācijas procesā tiek izmantoti STAR projekta (Standardization of River Classification) dati par 24 Latvijas vidēja lieluma upēm, kas reprezentē 2 no Latvijā noteiktajiem tiem: 3.tipa – ritrāla tipa vidējas upes un 4.tipa – potamāla tipa vidējas upes.
- Datu bāzei pievienoti 2007.-2008.g. LU Bioloģijas institūta Hidrobioloģijas laboratorijā ievāktie dati par makrofītu veģetāciju vidēji lielās upēs,

Datu bāzē papildus datiem par makrofītu sugu sastāvu un aizauguma pakāpi pievienoti dati par upes platumu, vidējo dziļumu, gultnes substrātu, straumes raksturu, ūdens krāsu, gultnes stabilitāti, pētītā posma apēnojumu, piezīmes par antropogēno u.c. ietekmi.

Par 1.tipu (ritrāla tipa maza upe) un 2.tipu (potamāla tipa maza upe) datu apjoms ir nepietiekams un sagaidāms, ka šiem tiem būs grūtības izdalīt robežvērtības makrofītu sugu sastāvam un aizauguma pakāpei, lai raksturotu tipam raksturīgo makrofītu veģetāciju, augsta/laba stāvokļa indikatoraugus un aizauguma izmaiņas ūdens kvalitātes ietekmē.

Turpmāk jāapkopo LU Bioloģijas institūta dati par veģetāciju Latvijas lielajās upēs, kā arī pēc salīdzināšanas ar lauka protokoliem, jāpievieno LVĢMA dati par lielajām upēm.

### 1.2.2. Zoobentoss

Darbā tika izmantoti sekojoši, dažādu organizāciju rīcībā esoši, datu avoti:

LVĢMA datu bāze “Virszemes ūdens kvalitātes novērošanas bioloģisko datu IS”, no kuras tika izmantots:

- upju makrozoobentosa organismu taksonomiskais sastāvs un īpatņu skaits paraugos;
- grunts tips (%).

LU aģentūras “LU Bioloģijas institūts” dati no ES 5. ietvara programmas projekta EVK1 2001 – 00089 “STAR” (“Upju klasifikācijas standartizācija: struktūras metode dažādu bioloģisko apskatu rezultātu kalibrēšanai atbilstoši ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijai, izstrādātai Ūdens Struktūrdirektīvas vajadzībām” (“Standardisation of River Classifications: Framework method for calibrating different biological survey results against ecological quality classifications to be developed for the Water Framework Directive”)).

- makrozoobentosa organismu taksonomiskais sastāvs un īpatņu skaits (uz m<sup>2</sup> gultnes laukuma) no paraugiem, kas ievākti proporcionāli mikrobiotopu segumam (“multihabitat sample”) 100m garā upes posmā;

- grunts “minerālā” un “biotiskā” sastāva novērtējums 100m garā upes posmā (% , 5% “solis”).

LVĢMA datu bāze “Virszemes ūdens kvalitātes monitorings”:

- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/l), BSP<sub>5</sub> (mg/l), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/l), hlorofils *a* (µg/l), P<sub>kop</sub> (mg/l), N<sub>kop</sub> (mg/l), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l), NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg/l), suspendētās vielas (mg/l), EVS (µS/cm), pH, O<sub>2</sub> (%), O<sub>2</sub> (mg/l), ūdens temperatūra (°C).

LVĢMA biogēnu slodžu un zemes lietojuma veida dati.

### 1.2.3. Zivis

Latvijas upju ihtiofaunas izpēte ar mūsdienu metodēm (elektrozveju) uzsākta 1992.g. Sākotnēji tā tika veikta laša un taimiņa nārsta upēs, lai novērtētu lašveidīgo zivju dabiskās atražošanās rezultātus, galvenokārt Salacas, Gaujas un Ventas upju baseinos. Laikā no 2001.- 2002.g. pētījumi tika paplašināti, veicot ihtiofaunas inventarizāciju Natura2000 teritorijās. No 2004.g. pētījumi veikti visā valsts teritorijā, parauglaukumus izvēloties visos upju baseinu apgabalos.

Jāņem vērā, ka ihtioloģiskie dati vākti dažādos projektos ar to darba uzdevumos noteiktiem mērķiem, tādēļ, ne visi no mūsu rīcībā esošajiem datiem izmantojami upju ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanas sistēmas izstrādei.

Uz 2009.g. mūsu rīcībā bija dati par 173 upju zivīm. Taču jāņem vērā, ka vienā pētnieciskās zvejas reizē tiek apsekota visai ierobežota upes daļa, parasti 200- 400 m<sup>2</sup> lielā platībā. Tāpēc par kvalitatīviem un pilnīgiem faunas datiem var uzskatīt tikai tādus, kas iegūti vairākās zvejas reizēs dažādos biotopos, dažādos upes posmos (augštecē, lejtecē), vairākos gados. Sevišķi svarīgi atkārtotus pētījumus veikt lielākās upēs, kam raksturīga lielāka biotopu un faunas daudzveidība.

Šādi dati pieejami tikai par samērā nelielu daļu no visām apsekotajām upēm. No iepriekšminētajām 173 upēm atkārtoti ihtioloģiski pētījumi veikti 105 upēs.

1.2.3.1.tabula

Upju ihtiofaunas apsekojumu intensitāte

Apsekojumu skaits	Upju skaits
1	68
2	28
3	17
4	23
5	9
vairāk	28

Lai izstrādātu vērtēšanas metodi pēc zivīm, no LVĢMA saņemti upju monitoringa dati un N un P slodžu dati pa ūdensobjektiem. Daļa no šiem datiem bija jāpārveido, tā, lai upju baseini sakristu ar ūdensobjektu robežām.

Projekta izpildi kopumā būtiski ietekmēja datu trūkums, diezgan lielu to daļu bija nepieciešams iegūt, izmantojot kartogrāfiskos materiālus. No 1: 10 000 mēroga kartēm sagatavoti dati par upju kritumu, upju kritumu ūdensobjektos, upju sateces baseinu platība augšpus paraugu ievākšanas vietas, zemes izmantošana pa saimnieciskās darbības veidiem upju sateces baseinos pēc CORINA datubāzes.

Klāsteranalīzē zivju sabiedrību tipu noteikšanai izmantoti pētnieciskās zvejas dati no 142 parauglaukumiem 59 upēs.

Diskriminantanalīzē izmantoti zvejas dati no 110 upēm 413 parauglaukumiem.

Interkalibrācijas datu bāzei sagatavoti dati par 54 Latvijas upēm, iekļaujot morfoloģijas, antropogēno slodžu un zivju bioloģisko analīžu datus.

## 1.3. PIEKRASTES UN PĀREJAS ŪDEŅI (PPŪ)

### 1.3.1. Eitrofikācijas spiediens

Lai novērtētu biogēno vielu slodzes ietekmi uz piekrastes ekosistēmām un atrastu ūdeņu kvalitātes klašu robežvērtības, balstoties uz bioloģisko kvalitātes elementu reakciju uz antropogēno spiedienu, bija nepieciešams informācija par ilglaicīgo biogēno vielu slodžu dinamiku piekrastes un pārejas ūdeņos un to telpisko sadalījumu.

Ilglaicīgās eitrofikācijas spiediena izmaiņas raksturojām ar Rīgas līča lielu upju, Daugavas, Lielupes, Gaujas, un Salacas slodžu datiem. 1977. – 1996. gada slodžu dati ir publicēti Laznik *et al.* 1999.g. publikācijā, bet dati sākot no 1997. gada, aprēķināti, izmantojot LVĢMA datus, reizinot ikmēneša koncentrācijas upju ķīmijas novērojuma postenī ar ikmēneša caurplūdes novērojumiem un dālot rezultātus ar sateces baseina platības proporciju augšpus caurplūdes postenim.

Papildus upju biogēno vielu slodzēm, jūrā nonāk arī tiešās NAI ieplūdes, kas tika raksturotas ar 2005. gada novērojumiem no LVĢMA datubāzes.

Latvijas piekrastē, bez piecām lielajām upēm, vēl ieplūst aptuveni 80 mazās upītes. Tiešu mērījumi par šo upju N un P slodzēm nav, taču sateces baseinu apgabalu apsaimniekošanas plānos ir ievērtētas slodzes katram ūdens objektam atsevišķi, balstoties uz zemes lietojuma veidiem un iedzīvotāju blīvumu (Daugava, Lielupes, Gaujas un Ventas baseinu apsaimniekošanas plāni). Apsaimniekošanas plānos norādītie aprēķini uzrāda lielo upju, piemēram Daugavas, slodzes jūrai, kas ir par kārtu zemākas nekā novērotās. Iemesls ir lielajām upēm pieņemtā augstā biogēno vielu aizture, t.i. biogēnu vielu eliminācija ūdenstecē. Lai aprēķinus izmantotu biogēno vielu slodžu telpiskā sadalījumu raksturošanā, lielākajām upēm, Daugavai, Lielupei, Gaujai, Salacai, Irbei, Ventai, Bārtai un Sakai, izmantojām novērotās slodzes, bet mazajām upēm - baseina apsaimniekošanas plānos ievērtētās slodzes. Pieņemot, ka šīs slodzes piekrastes zonā nonāk caur upju grīvām, PPŪ ūdensobjekta robežās tās vienmērīgi sadalījām pa visām upju grīvām. Patiesībā biogēnās vielas jūrā nonāk arī ar gruntsūdens transportu (Li *et al.* 1999, Moore, 1999), bet to slodžu telpiskais sadalījums nav zināms. Ņemot vērā iepriekš minētos apstākļus, upju slodžu telpiskais izvietojums aptuveni parāda biogēno vielu slodžu sadalījumu Latvijas piekrastē.

Projektā neņemām vērā amonija un oksidētā slāpekļa savienojumu importu ar atmosfēras nokrišņiem virs Rīgas līča, kas sasniedz apmēram 15 % no upju slāpekļa slodzes. Līdzīga ir arī atmosfēras fosfora depozicijas un upju fosfora slodžu attiecība (Savchuk un Wulff, 2007). Ilggadējā slāpekļa depozicija ir samazinājusies (Bartnicki, 2008), tomēr ilglaicīgās upju slodžu svārstības ir lielākas nekā depozicijas ietekme, tādēļ, lai raksturotu ilglaicīgo eitrofikācijas spiediena ietekmi uz Rīgas līča un Latvijas Baltijas jūras piekrastes ekosistēmām, tiek izmantotas tikai upju slodžu dinamika.

### 1.3.2 Fitoplanktons

LHEI fitoplanktona datubāze izveidota, izmantojot ICES Vides datu formātu 3.2.3 (ICES Environmental reporting format ERF 3.2, <http://www.ices.dk/env/repfor/index.asp>). Tā ir relācionāla datubāze MS Access formātā un tās lauku nosaukumi ir izveidoti atbilstoši ICES Vides datu formātam. Kopumā, datubāzē šobrīd atrodas 42 502 ieraksti, diemžēl tikai nēdaudzī no tiem atspoguļo fitoplanktona biomasu un sugu sastāvu 1976. – 2008. gados piekrastes ūdeņos. Šajā laika posmā mainījās gan paraugu ievākšanas metodes, gan arī paraugu fiksēšanas un organismu skaitīšanas metodikas (1.3.2.1. tabula).



### **Ievākšanas metodes un paraugu fiksēšanas metodes:**

- 1975. – 1992.g. - paraugus ievāca noteiktos fiksētos dziļumos (datubāzē SMLK = 3) – 0 m; 10 m; 20 m ar batometru (Hidrobios TPN), no katra dziļuma 11 paraugu fiksēja ar 30 ml 40% formaldehīda šķīduma,
- 1993. – 1998.g. – paraugus ievāca noteiktos fiksētos dziļumos – 0 m; 2,5 m; 5 m; 7,5m; 10m ar batometru (Hidrobios TPN), 11 parauga no katra dziļuma sajaucot iegūstot integrētu paraugu no 0-10 m slāņa (datubāzē SMLNK = 2), 330ml parauga fiksēja ar 1,3 ml lugola un etiķskābes šķīduma (Willén 1962)
- 1999. – 2008.g. – ievāca integrētus paraugus slānī 0-10m ar 12m garu (d=2,5cm) plastikāta cauruli (paraugu tilpums 4,836 l) un 330ml ūdens parauga fiksēja ar 1,3ml lugola un etiķskābes šķīdumu (Willén 1962).

1.3.2.1. tabula. Paraugu skaits un ievākšanas/apstrādes metodes

Laika posms	Atsevišķos dziļumos, fiksēts ar formaldehīdu	Atsevišķos dziļumos, fiksēts ar lugolu	Integrēts paraugs no atsevišķiem dziļumiem, fiksēts ar lugolu	Integrētais paraugs ūdens slānī 0 - 10m, fiksēts ar lugolu
1976 - 1992	742	-	-	-
1993 - 1995	14	4	118	-
1996 – 1998	-	-	162	-
1999 - 2008	-	-	-	589

### **Paraugu skaitīšanas metodika**

#### **1975. – 1994.g.**

Paraugu apstrādē izmantoja koncentrēšanas jeb nosēdināšanas metodi – 11 paraugi pakāpeniski tika nosēdināti - 2 nedēļas līdz 200 ml, vienu nedēļu līdz 100 ml un vienu nedēļu līdz konstantam parauga koncentrāta tilpumam. Mikroskopēšanai izmantoja bioloģisko pētniecisko mikroskopu МБИ-3 pie palielinājumiem 105, 210 un 420x. Fitoplanktona šūnas skaitītas 0,05 – 0,1 ml nogulsnēs un to skaits litrā noteikts izmantojot koeficientu K (Руководство, 1980).

$$K = \frac{20 \times V1}{V2}, \text{ kur}$$

V1 – nosēdinātā parauga nogulšņu tilpums,

V2 – ievāktā parauga tilpums.

Fitoplanktona biomasa noteikta izejot no katras sugas vidējā šūnu tilpuma, kuru aprēķināja pēc pielīdzinot dažādas šūnu formas ģeometriskām figūrām.

Šajā laika posmā fitoplanktona paraugus skatīja LHEI speciāliste Baiba Kalveka.

## **1995. – 2008.g.**

Fitoplanktona skaitīšanā izmantoja metodi, kas apstiprināta HELCOM jūras monitoringa programmu veikšanai (HELCOM, 1998; HELCOM, 2001), šīs metodikas pamatā ir izmantota Utermöhla aprakstīta fitoplanktona skaitīšanas tehnika, izmantojot invertēto mikroskopu (Utermöl 1958).

Šajā laika posmā fitoplanktona paraugus skaitīja LHEI speciālistes Baiba Kalveka un Iveta Jurgensone.

Pirms fitoplanktona parauga skaitīšanas, paraugs tika ieliets sedimentācijas kamerā un nosēdināts vismaz 24 stundas. Nosēdinātos paraugu skatīja, izmantojot invertēto mikroskopu. Masveidīgākām sugām skatīja 1 vai 2 redzeslauka diametrus, pārējām, pusi vai visu skaitīšanas kameru. Jāizskaita vismaz 50 katra dominējošā taksona skaitāmās vienības ar aprēķinu, lai to kopējais skaits paraugā pārsniegtu 500. Fitoplanktona biomasu izteica masas vienībās  $\text{mg}/\text{m}^3$ , lai to aprēķinātu ir nepieciešams zināt katras sugas šūnu vidējo tilpumu un to skaitu. Tilpumu nosaka pielīdzinot dažādas šūnu formas ģeometriskām figūrām (Edler, 1979). Reizinot šūnu skaitu (skaitāmo vienību skaitu) ar tilpumu, iegūst katras sugas biomasu, ko summējot iegūst visa paraugā esošā fitoplanktona biomasu (Руководство, 1980).

Laika posmā līdz 1998.g. fitoplanktona biomasu tika aprēķināta manuāli, pēc tam, izmantojot fitoplanktona skaitīšanas programmu PhytoWin.

### **Datu kvalitāte:**

Analizējot fitoplanktona daudzgadīgo novērojumu rezultātus, jāņem vērā metodiska rakstura faktori, kas būtiski ietekmē datu kvalitāti. Mainot ievākšanas stratēģiju, agrāk paraugus ievāca tikai atsevišķos dziļumos, tagad ievācot integrēto paraugu 0-10 m slānī, paraugs reprezentē visu ūdens slāni līdz 10m dziļumam, kas ļauj precīzāk spriest par fitoplanktona kvalitatīvo un kvantitatīvo sastāvu fotiskajā slānī. Mainot paraugu fiksatoru, formaldehīds ir ļoti destruktīvs fiksators, kā rezultātā vicaiņi zaudēja savas vicas un tos nebija iespējams identificēt, tādēļ to proporcija kopējā biomasā bija neliela vai pat iztrūka. Laikam ejot un attīstoties modernajām tehnoloģijām, tiek gūtas jaunas zināšanas par sugu ģenētiku un taksonomiju. Reizi gadā, kopš 1996. g. Latvijas fitoplanktona speciālists piedalās HELCOM fitoplanktona ekspertu grupas sanāksmē (PEG), kur tiek pārrunāti gan metodiskie jautājumi, gan izmaiņas sugu taksonomijā. Katru gadu šo sanāksmju ietvaros, notiek fitoplanktona identifikācijas un ekoloģijas kursi. Tādējādi fitoplanktona eksperti iegūst jaunas zināšanas, kas uzlabo iegūto fitoplanktona datu kvalitāti.

### **Sugu nosaukumi:**

Lai sekmīgi savietotu daudzgadīgo datu atsevišķus failus un izveidotu vienotu fitoplanktona datu bāzi, bija nepieciešams sastādīt sugu sinonīmu tabulu, jo gadu gaitā ir manījušies sugu taksonomiskie nosaukumi. Sugu nosaukumu tabula sastādīta izmantojot:

- fitoplanktona ekspertu grupas sugu sarakstu PEG2008, kas katru gadu tiek papildināts ar jaunām identificētām sugām un izmēru klasēm (Olenina et al., 2006),
- Baltijas jūras fitoplanktona sugu sarakstu (Hällfors, 2004)

Sugu nosaukumu sinonīmu tabulā raksturots LHEI datubāzē esošais sugas nosaukums, PEG2008 vai Baltijas jūras fitoplanktona sugu sarakstā lietotais nosaukums, sugas taksonomiskā piederība (nodalījums, klase, kārtā) un literatūras avots (1. Pielikums).

#### **1.3.3. Makrofīti**

Projekta uzdevuma ietvaros ir izveidota MS Exel datubāze, kas apkopo informāciju par makrofītiem un cieto substrātu zoobentosu Rīgas līci un Baltijas jūras piekrastē. Datubāze sastāv no 5 tabulām:

Tabula „Coverage” satur informāciju par novērojuma punkta atrašanās vietu, dziļumu, substrātu, datumu, transekta numuru un datus par makroaļģu un makrozoobentosa sugu pārklājumu, ko novērtēja

nirēji, veicot 10m transekta apsekojumu. Pašlaik tabulā ir 52 ieraksti no Rīgas līcī 1999. gadā veiktiem apsekojumiem.

Tabulā „Wetweight” ir iekļauta informācija par novērojuma punkta atrašanas vietu, dziļumu, substrātu, datumu, transekta numuru, parauga ņemšanas ierīci un datiem par laboratorijā noteiktām un nosvērtām slapjā veidā makroaļģu un zoobentosa sugām. Pašlaik tabulā ir 28 ieraksti no Rīgas līcī 1999. gadā veiktiem apsekojumiem.

Tabula „Dryweight” satur to pašu informāciju kā tabula „Wetweight”, izņemot datus par sauso makroaļģu un zoobentosa sugu svaru. Tabulā ir 168 ieraksti no Rīgas līcī un Baltijas piekrastē 1999, 2006-2008. gados veiktajām paraugu analīzēm.

Tabulā „ZB abundance” ir dati par novērojuma punkta atrašanas vietu, dziļumu, substrātu, datumu, transekta numuru, parauga ņemšanas ierīci un dati par makrozoobentosa skaitu ievāktos paraugos. Tabulā ir 73 ieraksti no Rīgas līcī ievāktiem paraugiem.

Savukārt tabulā „Coverage\_video” ir apkopota informācija par novērojuma punkta atrašanas vietu, dziļumu, substrātu, datumu, transekta numuru un datus par makroaļģu un makrozoobentosa sugu pārklājumu, ko novērtēja speciālists, analizējot zemūdens videokameras 3 minūšu ierakstu. Pašlaik tabulā ir 1578 ieraksti no Rīgas līcī un Baltijas jūras piekrastē no 2006. līdz 2008. gadam veiktiem apsekojumiem.

#### 1.3.4. Makrozoobentoss

LHEI makrozoobentosa datubāze ietver vairāku pētnieku novērojumus. Dati no 1946. gada līdz 1976. gadam iekļauti ar J. Kostričkinas palīdzību. Datubāzes informācija ietver vairāku autoru darbus, tai skaitā A. Šurinas rezultātus. Dati no 1976. līdz 1993. gadam ir pārsvarā no G. Lagzdiņa, bet no 1993. gada novērojumus veikuši V. Jermakovs un M. Ceitļina. Kopumā datubāzē iekļauti dati par 2200 paraugiem.

Daudzi paraugi no 1946. līdz 1976. gadam nav noteikti līdz zemākam taksonomiskam līmenim – sugai, bet satur informāciju tikai par klasi vai dzimtu (piem. *Polychaeta*, *Amphipoda*). Kopš 1976. gada pārsvarā visi makrozoobentosa organismi tiek noteikti līdz pēc iespējas zemākam taksonomiskam līmenim. Vairāki paralēlie paraugi no stacijas tiek ņemti kopš 1993. gada. Sakot ar 2000. gadu katrā monitoringa stacijā tiek ņemti 3 paralēlie paraugi. Kopš 2001. gada monitoringa laboratorija ir izgājusi akreditācijas procedūru un notiek kvalitātes kontrole.

Datubāzi izmantojām, lai testētu makrozoobentosa indeksus, ko izmanto kaimiņvalstis. Šī indeksi ietver sugu daudzveidības rādītājus, kas balstās uz indivīdu skaitu analizētā paraugā. Šāda informācija bija pieejama tikai tiem paraugiem datubāzē, kuriem bija skaidri norādīta ievākšanas iekārta un tās darba laukums. Pārsvarā tas attiecas uz paraugiem kopš 1993. gada. Paraugiem, kuriem bija zināms indivīdu blīvums (skaits uz laukuma vienību), indivīdu skaitu aprēķināja reizinot blīvumu ar ievāktu paraugu laukumu. Tātad transformēti dati ( $\text{ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ ) bija jātransformē atpakaļ uz indivīdu skaitu paraugā. Tas izdevās veselai virknei paraugu, sākot no 1976. gada līdz 1993. gadam. Diemžēl lielākai daļai datu no 1946. līdz 1976. gadam „atpakaļtransformācija” neizdevās un šie dati netika izmantoti indeksu aprēķinos.

#### Datubāzes uzbūve

LHEI makrozoobentosa datubāze ir relacionāla datubāze *MS Access 2003* formātā. Datubāze sastāv no trim tabulām. Tabula *tblStations* satur informāciju par paraugu ņemšanas vietu un laiku, ievāktu replikātu skaitu stacijā, kausu skaitu no kā sastāv katrs replikāts, paraugu savākšanas rīkus, kā arī ūdens dziļuma un sedimenta īpatnības. Katru paraugu identificē unikāls ID numurs. Papildus, tabula *tblStationsWFDMaGeol* sniedz informāciju par ūdens objektu, kurā stacija atrodas un dots sedimenta raksturojums pēc informācijas, kas gūta no Rīgas līča ģeoloģiskās kartes. Tabula *tblSamplesModifiedWithoutTotalsAndNoSpecies* satur paraugu analīžu rezultātus katram savāktajam replikātam.

## **Sugu ekoloģiskais jūtīgums**

Makrozoobentosa indeksi balstās uz sugu iedalīšanu jutīguma klasēs. Datubāzes tabulas AZTI\_BI\_Species\_new\_Macoma un BQISensitivity satur attiecīgās jutīguma vērtības DKI, BQI un BBI indeksu aprēķiniem (2. Pielikums).

## **Sugu sinonīmi**

Lai sakārtotu sugu nosaukumus, ņemot vērā dažādus bentosa datu avotus, datubāzē izveidotas sugu sinonīmu tabulas. Pēc Baltic GIG prasībām sugu nosaukumi tika koriģēti balstoties pēc WoRMS (<http://www.marinespecies.org/>) datubāzes. Daži saldūdens bezmugurkaulnieku sugu nosaukumi, kas nav sastopami WoRMS datubāzē, sameklēti ITIS (<http://www.itis.gov/>), ZIPCODEZOO (<http://zipcodezoo.com/>), un Animalbase (<http://www.animalbase.uni-goettingen.de>).

Datubāzes tabula WoRMS\_Synonyms (1. Pielikums) satur sugu nosaukumus, kas atbilst sugu nosaukumiem LHEI datubāzē. DKI aprēķiniem tam vēl papildus ir izveidota sinonīmu tabula AztiSynonymsNew, bet BQI aprēķiniem ekoloģisko jutīgumu tabula BQISensitivity papildināta ar LHEI datubāzē sastopamajiem sugu nosaukumiem.

## 2. EKOLOĢISKĀS KVALITĀTES NOTEIKŠANAS METOŽU ANALĪZE UN SALĪDZINĀJUMS

### 2.1. EZERI

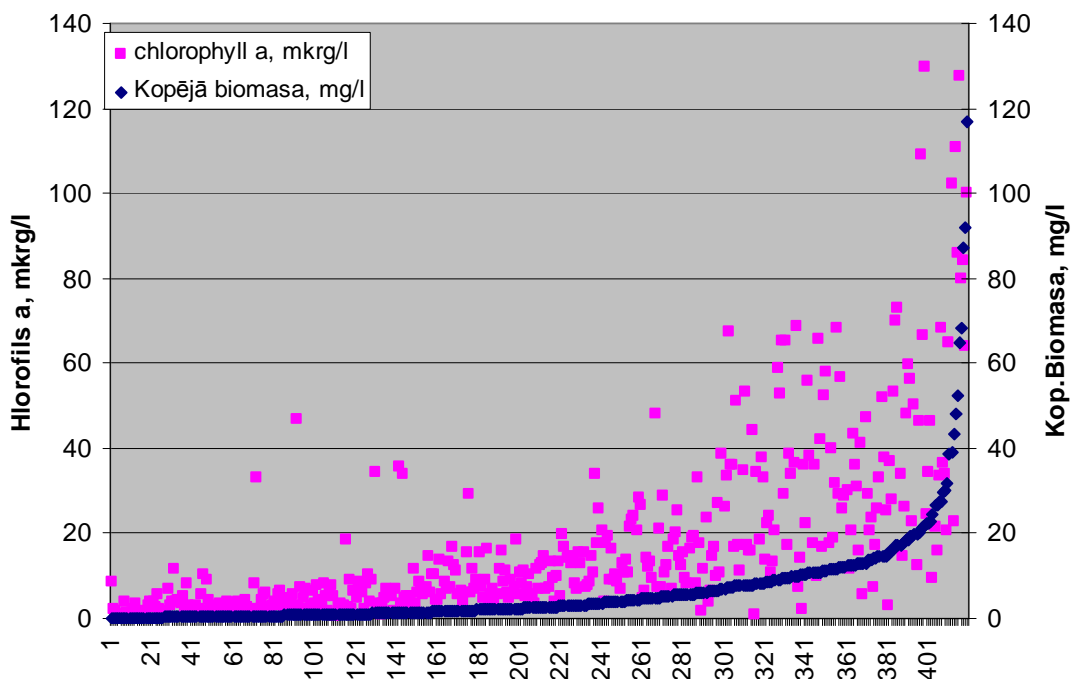
#### 2.1.1. Hlorofils *a*

Tika pārbaudīta ezeru kvalitātes noteikšanas metode pēc hlorofila, testēšanā iekļaujot sekojošus soļus: Indikatora pārbaude ar bioloģijas datiem, Indikatora saistība ar ķīmijas un ietekmes rādītājiem, Indikatora pārbaude ar references vietām un ietekmētām vietām, indikatora robežu korekcija saistībā ar Latvijas tipoloģiju un Latvijas references apstākļiem, Indikatora kļūdas novērtēšana.

#### *Indikatora pārbaude ar bioloģijas datiem*

Lai novērtētu hlorofila *a* saistību ar bioloģijas datiem tika pielietota Pīrsona korelācijas analīze, konstatējot statistiski būtiskas korelācijas starp hlorofilu *a* un fitoplanktona kopējo biomasu ( $P < 0.001$ ), kā arī ar dominējošām fitoplanktona klasēm - kramalģēm, zaļalģēm, dinofītaļģēm un īpaši zilaļģēm, jo liela daļa paraugu ievākti vasarā, zilaļģu masveida attīstības laikā. Netika konstatēta korelācija starp hlorofilu *a* un hrizofītaļģēm un haptofītaļģēm, jo šīs sugas paraugos sastopamas salīdzinoši reti (Sk. 2. Pielikums).

Lai statistiski novērtētu hlorofila *a* atkarību no kopējās fitoplanktona biomasas, tika veikta lineārās regresijas analīze. Rezultāti liecina, ka kopējā biomasā izskaidro tikai 49% no hlorofila *a* mainības. Grafiski attēlojot datus redzams, ka hlorofila koncentrācijas vērtībām raksturīga liela izkliede (2.1.1.1.att).



2.1.1.1.attēls. Hlorofila *a* datu izkliede attiecībā pret fitoplanktona kopējo biomasu.

Analizējot hlorofila *a* un kopējās biomasas datus redzams, ka vidēji paraugiem ar zemākām biomasas vērtībām atbilst augstākas hlorofila *a* vērtības un otrādi, ko apliecina arī regresijas analīzes rezultāti. Analizējot hlorofila *a* vērtības, kas neatbilst vidējām biomasas vērtībām konstatēts, ka tās sadalās divās

grupās: vērtības, kas daudz augstākas par vidējām, un vērtības, kas daudz zemākas par vidējām. Apmēram 80% gadījumu, kad hlorofila *a* vērtības ir daudz lielākas par atbilstošajām biomasas vērtībām, fitoplanktona paraugi ievākti zilaļģu “ziedēšanas” laikā. Tā kā zilaļģes akumulējas ūdens virskārtā, tad iespējams, ka hlorofila paraugos nokļūst pārāk liela aļģu masa. Šo problēmu iespējams novērst ņemot integrētos paraugus.

Savukārt, gadījumā, kad hlorofila *a* koncentrācijas ir daudz zemākas par vidējām fitoplanktona biomasām, paraugos konstatēta hrizofītaļģu un retāk arī haptofītaļģu dominance vai vismaz liels to īpatsvars.

#### *Indikatora saistība ar ķīmijas un ietekmes rādītājiem*

Lai noteiktu hlorofila *a* vispārēju saistību ar ķīmijas un ietekmes rādītājiem, sākotnēji tika pielietota Pīrsona korelācijas analīze. Tika konstatētas būtiskas korelācijas ( $P < 0.001$ ) ar hidroķīmiskajiem parametriem: kopējo fosforu, kopējo slāpekli, BSP5, kā arī ar temperatūru un Seki dziļumu. Taču netika konstatēta korelācija ar neorganiskajiem biogēniem un ietekmes rādītājiem: zemes lietojumu, iedzīvotāju blīvumu utt.. Tādējādi, jebkura no minētajām ietekmēm ūdens vidē izpaužas kā pastiprināta organisko un/vai neorganisko barības vielu ieplūde. Šajā stadijā analīzes tika veiktas pa atsevišķiem ezeru tipiem, jo humīnvielu saturs, kas veido ūdens krāsainību, kā arī pH ietekmē biogēnu pieejamību un fitoplanktona attīstību dažādu tipu ezeros.

Izmantojot galveno komponentu analīzi (PCA) tika noteikts, ka 1.tipa ezeros pirmo galveno komponenti veido galvenokārt hlorofils *a*, BSP5 un kopējais fosfors, izskaidrojot 46% no mainības, bet otro galveno komponenti veido ūdens temperatūra, kopumā izskaidrojot 66.8% no variācijas (Sk.pielikumā 4.tabula).

Veicot regresijas analīzi ar izskaitļotajiem svarīgākajiem faktoriem, konstatēts, ka lineārā regresija izskaidro 44.7% no hlorofila *a* variācijas. Izpētot datus un mēģinot atrast regresijas līknes lineāros apgabalus, konstatēts, ka vislabākā lineārā sakritība ir pie augstām ( $>42\mu\text{g/l}$ ) un zemām ( $<10\mu\text{g/l}$ ) hlorofila *a* koncentrācijām, bet vislielākā izkliede novērojama pie vidējām vērtībām, kas pēc ekoloģiskās kvalitātes klasēm atbilst labām un vidējām vērtībām.

2.tipa ezeros PCA kā pirmās galvenās komponentes svarīgākie faktori tika noteikti kopējais fosfors, BSP5 un papildus arī krāsainība, bet kā otrā principiālās komponentes svarīgākais faktors ir elektrovadītspēja, kopā izskaidrojot 62.6% mainības. Iekļaujot lineārās regresijas analīzē izvēlētos faktoros konstatēts, ka 2.ezeru tipā lineārā regresija izskaidro 52.2% no hlorofila mainības.

5.tipa ezeros PCA kā pirmās galvenās komponentes svarīgākie faktori tika noteikti kopējais fosfors, kopējais slāpeklis un BSP5, bet kā otrās galvenās komponentes svarīgākais faktors ir krāsainība, kopā izskaidrojot 74.7% mainības. Iekļaujot lineārās regresijas analīzē izvēlētos faktoros konstatēts, ka 5.tipā lineārā regresija izskaidro 66.2% no hlorofila mainības.

6.tipā, līdzīgi kā 1.tipā galvenie PCA faktori ir kopējais fosfors un BSP5, kas izskaidro 96.5% no datu mainības. Pielietojot lineāro regresijas analīzi konstatēts, ka līkne apraksta 78.4% no hlorofila mainības.

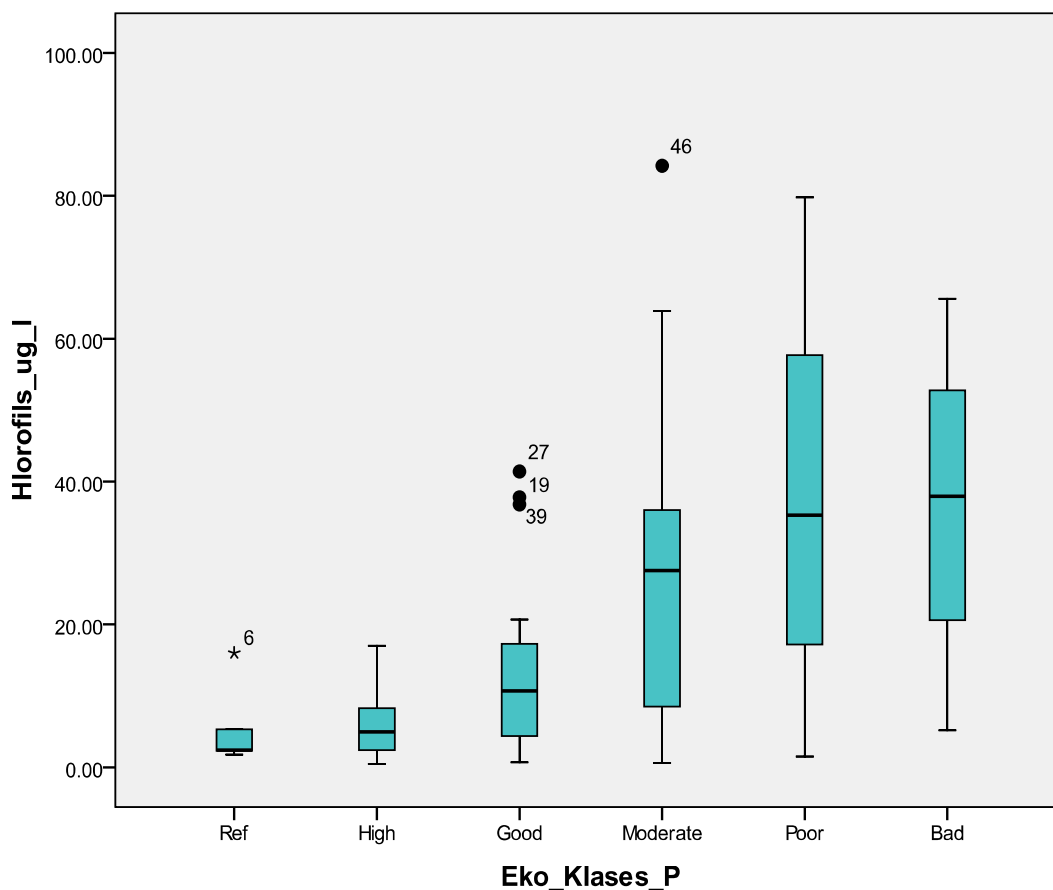
Visbeidzot 9.tipā galvenie faktori bija kopējais fosfors, BSP5 un  $\text{NH}_4\text{-N}$ , kas apraksta 81.5% no datu mainības, bet izmantojot šos faktoros par regresoriem, tie izskaidro 42.2% no hlorofila mainības.

Kopumā redzams, ka galvenie faktori, kas ietekmē hlorofila *a* koncentrācijas ir kopējais fosfors un BSP5, taču atsevišķos ezeru tipos nozīme ir arī krāsainībai, kopējam slāpeklim un amonijam.

### Indikatora pārbaude ar references vietām, ietekmētām vietām

Pamatojoties uz galveno komponentu analīzi, kā galvenais ietekmes faktors tika izvēlēts kopējais fosfors. Visiem ezeriem tika aprēķinātas gada vidējās kopējā fosfora un hlorofila vērtības, kā arī dati tika logaritmiski transformēti. Lai sakārtotu un sagrupētu ezerus atkarībā no ietekmes gradienta, tika veikta klāsteru analīze, klāsteru veidošanai izmantojot mazāko distanci starp objektiem. Iegūtā dendrogramma atspoguļo 6 klāsterus, kas atbilst potenciālajām 5 kvalitātes klasēm un references apstākļiem. Lai labāk izprastu, kādi ezeri ievietoti klāstēros, klāt pievienotas arī atbilstošās kopējā fosfora un hlorofila vērtības.

75% gadījumu hlorofila *a* vērtības atbilst pēc kopējā fosfora izveidotajām kvalitātes klasēm, tomēr skaidri redzami arī izņēmumi, kad hlorofila datus parādās neatbilstība kvalitātes klasei. Visbiežāk zemās hlorofila vērtības ezeros ar augstām kopējā fosfora vērtībām atbilst ezeriem, kuros dominē makrofīti. Līdzīga aina vērojama arī citu tipu ezeros. Veicot dispersijas analīzi pa kvalitātes klasēm nav būtisku atšķirību starp etalonstāvokļa (*Ref*), *augstas* (*High*) un labas (*Good*) kvalitātes klasēm (ANOVA,  $P=0.08$ ), kā arī starp *Moderate*, *Poor*, *Bad* klasēm (ANOVA,  $P=0.55$ ), taču konstatēta būtiska atšķirība starp *Good* un *Moderate* klasēm (Anova,  $P=0.008$ ) (2.1.1.2.att).



2.1.1.2.attēls. Hlorofila *a* vērtību sadalījums pa kvalitātes klasēm, izvēlētām pēc kopējā fosfora vērtībām.

### Indikatora robežu korekcija saistībā ar Latvijas tipoloģiju un Latvijas references apstākļiem

Veicot klāsteru analīzi pēc hlorofila 1.tipam izveidoti 6 klāsteri, kas pēc hlorofila vērtībām atbilst 5 kvalitātes klasēm un references apstākļiem. Katram ezeram aprēķinātas vidējās hlorofila vērtības. Salīdzinot ar CB GIG interkalibrētajām hlorofila vērtībām redzams, ka Latvijas 1.tipa ezeru hlorofila vērtības atbilst zemākajām interkalibrētajām robežām.

Arī 2.tipā, līdzīgi kā 1.tipā, hlorofila vērtības atbilst zemākajām interkalibrētajām vērtībām (3. Pielikums).

Ezeru 5.tipā, kurā ietilpst vairums Latvijas ezeru, aina ir daudz sarežģītāka un datu izkliede, attiecīgi, ievērojami lielāka. Aprēķinot ezeru vidējās hlorofila vērtības un veicot klāsteru analīzi, ezeri grupējas loģiskos klāsteros, kas visumā atbilst kvalitātes klasēm. Problēmas parādās tikai „Slikts - Ļoti slikts klāsterī”, kur *Slikta* kvalitātes klase neizdalās, taču atsevišķi parādās klase, ko varētu definēt kā „Ļoti, ļoti slikta”.( 3. Pielikums).

6. un 9. tipam arī veikta klāsteru analīze, taču ezeru skaits ir ļoti mazs un visas kvalitātes klases nav pārstāvētas (3. Pielikums).

Latvijas apstākļiem izvēlētās (un potenciālās) hlorofila a kvalitātes klašu robežas apkopotas 2.1.1.1.tabulā.

2.1.1.1.tabula. Latvijas ezeru tipiem atbilstošās hlorofila a references un ekoloģisko kvalitātes klašu robežas.

Latvijas ezeru tipi	ES tips	Dziļums, m	EVS, mS/cm	Krāsainība, mg Pt/l	Reference, µg/l		H/G, µg/l		G/M, µg/l		M/P, µg/l	P/B, µg/l
					Pašlaisk	Potenc.	Pašlaik	Potenc.	Pašlaik	Potenc.	Potenc.	Potenc.
1	LCB2	0-2	>165	<80	6.8	6.2	10.8	9.9	23	21	42	84
2	LCB2	0-2	>165	>80	6.8	6.2	10.8	9.9	23	21	42	84
3		0-2	<165	<80	3.7		6.5		12			
4		0-2	<165	>80	3.7		6.5		12			
5	LCB1	2-9	>165	<80	3.8	3.2	7	5.8	12	10	20	40
6	LCB1	2-9	>165	>80	3.8	4.4*	7	8.4*	12	14*	28	56
7	LCB3	2-9	<165	<80	3.1		5.4		10			
8	LCB3	2-9	<165	>80	3.1		5.4		10			
9	LCB1	>9	>165	<80	3.8	3.2	7	5.8	12	10	20	40

\*ārpus interkalibrētajām robežām.

#### Indikatora kļūdas novērtēšana

Paraugu ievākšanas biežums sezonā tieši atspoguļojas ezeru kvalitātes novērtējumā (2.1.1.2.tab). Vairumā gadījumu kvalitātes klase ir ievērojami augstāka, ja tiek ņemtas 12 mēnešu mediānas vērtības, savukārt viszemākajā kvalitātes klasē ierindojas dati, kas ievākti vienu reizi sezonā- augustā, aļģu ziedēšanas laikā. Aplūkojot 23 ezeru datus, kam hlorofila paraugi ievākti 2 reizes veģetācijas sezonā konstatēts, ka apm. 25% gadījumu ekoloģiskā kvalitāte ir par klasi sliktāka, ja tiek vērtēti tikai augusta dati. Ja uzskata, ka šāda pati statistika saglabājas arī gadījumos, kad ezeru fitoplanktons noteikts tikai 1 reizi gadā- 216 ezeru gadījumā, tad vismaz 54 no ezeriem ierindojas sliktākā kvalitātes klasē nekā



varētu būt. Tas galvenokārt attiecas uz 5.tipa ezeriem, kuru Latvijā ir visvairāk un kuriem ir vissliktākais starpgadu datu pārklājums.

2.1.1.2.tabula. Kvalitātes klašu novērtējums atkarībā no paraugu ievākšanas biežuma.

Paraugšanas biežums	Pērnādu ez., 1tips		Juglas ez., 1tips		Balvu ez., 2tips		Gulbju ez., 5tips		Lilastes ez., 5tips	
12 mēneš	15.30	Good	1.88	Ref	19.00	Good	3.00	Ref	15.94	Good
5 mēneš (vai .sezona)	17.00	Good	7.20	High	65.30	Bad	4.00	High	26.54	Moderate
2 mēneš (maijs, augusts)	18.90	Good	16.95	Good	78.00	Bad	8.25	Good	32.80	Moderate
1 mēnesis (augusts)	20.80	Good	33.20	Moderate	129.80	Bad	10.20	Moderate	55.60	Poor
4x sezonā (maijs, jūnijs, jūlijs, augusts)	18.75	Good	7.25	High	45.75	Poor	4.00	High	26.54	Moderate
3x sezonā (maijs, jūnijs sāk., augusta beigās-septembra sāk.)	19.43	Good	11.77	Good	73.77	Bad	5.73	High	34.50	Moderate

### 2.1.2. Fitoplanktons

Tā kā līdz šim Latvijai nebija izstrādāta sava metode ezeru kvalitātes noteikšanai pēc fitoplanktona sugu sastāva, tika nolemts izvēlēties kādu no CB GIG interkalibrētajām metodēm. Vispiemērotākās un savstarpēji labi salīdzināmās metodes bija Vācijas un Igaunijas. Pārbaudot un salīdzinot abas metodes ar Latvijas ezeru monitoringa datiem tika konstatēts, ka Vācijas metode ir pārāk sarežģīta un Latvijai trūkst vajadzīgo datu. Tāpēc tika izvēlēta Igaunijas metode.

Latvija kopā ar citām Baltijas valstīm iekļauta Centrālajā/Baltijas GIG (C/B GIG), kur izdalīti trīs kopēji ezeru tipi - LCB1, LCB2 un LCB3. Igaunijai ezeri ir iedalīti 9 tipos, no tiem **3 tipu dzidrūdēns** ezeri ir tālāk interkalibrēti C/B GIG vienotajā ezeru tipoloģijā (2.1.2.1.tabula).

2.1.2.1. tabula. Igaunijas ezeru klasifikācija

Descriptors:		Types of lakes							
		1 **	2 LCB2	3 LCB1	4 **	5 LCB3	6** Vörtsjärv	7** Peipsi	8**
Average depth (m)			shallow	deep					medium <1m
Water colour	clear (oligohumic; <80 Pt mg/l) brown (polyhumic; >80 Pt mg/l)		clear	clear	brown	clear	clear	clear	clear
Water hardness (alkalinity)	HCO <sub>3</sub> mg/l	>240 (calcareous)	80-240 (medium)	80-240 (medium)	<80 (soft)	<80 (soft)	80-240 (medium)	80-240 (medium)	
Conductivity	µS/cm	>400	165-400	165-400	<165	<165	165-400	165-400	
Stratification			unstratified	stratified			unstratified	unstratified	
Distance from the sea	km								< 5
Content of chlorine	mg/l								>25

Latvija, savukārt, C/B GIG ezeru vienotajā tipoloģijā bez dzidrūdēns ezeriem ir iekļāvusi arī brūnūdēns ezerus (2.1.2.2.tabula), tāpēc, neskatoties uz to, ka Igaunijas metode ir paredzēta dzidrūdēns ezeru kvalitātes noteikšanai, tā tika izmēģināta arī brūnūdēns ezeriem.

2.1.2.2.tabula. Latvijas ezeru klasifikācija

Descriptors:		Types of lakes								
		1 LCB2	2 LCB2	3**	4**	5 LCB1	6 LCB1	7 LCB3	8 LCB3	9 LCB1
Average depth (m)		<2			2-9				>9	
Water colour	clear (oligohumic; <80 Pt mg/l) brown (polyhumic; >80 Pt mg/l)	clear		clear		clear		clear		clear
Water hardness (conductivity)	hard (>165 µS/cm)	hard	hard			hard	hard			hard
	soft (<165 µS/cm)			soft	soft			soft	soft	

Igaunijā, lai novērtētu ekoloģisko kvalitāti pēc fitoplanktona, paraugi tiek ievākti 4 reizes veģetācijas

sezonā (maijs, jūlijs, augusts, septembris). Latvijas ezeru pārbaudei ar šo metodi tika iekļauti arī jūnija mēneša dati, tādejādi palielinot datu apjomu.

Lai novērtētu ekoloģisko kvalitāti pēc fitoplanktona, tiek izmantoti 4 parametri.

### 1) Hlorofils *a* (µg/l)

Tiek novērtēts epilimnijā (0,5 m) ievāktajiem paraugiem. Ekoloģiskā stāvokļa noteikšanai tika izmantotas Igaunijas noteiktās hlorofila vērtības atbilstoši LCB1, LCB2, LCB3 ezeru tipiem (2.1.2.3.tabula).

2.1.2.3.tabula. Latvijas interkalibrētās hlorofila *a* vērtības (ar zaļu krāsu Igaunijas robežvērtības)

Latvijas ezeru tipi	ES tips	Dziļums m	EVS, µS/cm	Krāsainība mg Pt/l	Reference, µg/l	H/G, µg/l	G/M, µg/l
1	LCB2	0-2	>165	<80	6.8 (6,8)	10.8 (10,8)	23 (28)
2	LCB2	0-2	>165	>80	6.8 (6,8)	10.8 (10,8)	23 (28)
5	LCB1	2-9	>165	<80	3.8 (3,2)	7.0 (5,8)	12 (13)
6	LCB1	2-9	>165	>80	3.8 (3,2)	7.0 (5,8)	12 (13)
7	LCB3	2-9	<165	<80	3.1 (3,1)	5.4 (5,4)	10 (13)
8	LCB3	2-9	<165	>80	3.1 (3,1)	5.4 (5,4)	10 (13)
9	LCB1	>9	>165	<80	3.8 (3,2)	7.0 (5,8)	12 (13)

Uz šo brīdi Latvijai salīdzinot ar Igauniju ir vienādas hlorofila *a* vērtības references un H/G ekoloģisko klašu robežās LCB2 un LCB3 tipam. Balstoties uz statistisko apstrādi starp fitoplanktona, ķīmijas datiem, ir izvēlētas jaunas potenciālās vērtības, kas tālāk arī uzrādītas pie metodes robežvērtībām (6. attēls). Pašlaik Latvijai salīdzinot ar Igauniju ir vienādas hlorofila *a* vērtības references un H/G ekoloģisko klašu robežās LCB2 un LCB3 tipam. Balstoties uz statistisko apstrādi starp fitoplanktona, ķīmijas datiem, ir izvēlētas jaunas potenciālās vērtības, kas tālāk arī uzrādītas pie metodes robežvērtībām (2.1.2.4. tab.).

Hlorofila *a* vērtības tiek ierindotas piecās ekoloģiskajās klasēs ar robežām (augsta, laba, vidēja, slikta, ļoti slikta).

### 2) Pielou vienmērīguma indekss (J')

Skala (0-1) visiem ezeru tipiem ir sadalīta vienlīdzīgi piecās ekoloģiskajās klasēs (augsta, laba, vidēja, slikta, ļoti slikta). Indekss tiek aprēķināts balstoties uz Šenona indeksa (H') un Teorētiskā daudzveidības indeksa (H<sub>max</sub>) attiecību, pieņemot, ka jo augstāka indeksa vērtība, jo labāka ekoloģiskā kvalitāte.

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

$$H' = \sum_{i=1}^{OS} p_i \cdot \ln(p_i); \quad H_{\max} = \ln(OS)$$

kur OS – sugu skaits paraugā; p<sub>i</sub> – sugu proporcionālais daudzums

### 3) Nigarda trofijas koeficients (PCQ – phytoplankton compound quotient)

Lai pēc šī koeficienta objektīvāk varētu novērtēt ezeru ekoloģisko stāvokli, tas pārveidots un piemērots atbilstoši Igaunijas ezeru fitoplanktona struktūrai, pievienojot oriģinālajai formulai papildus divas taksonus – *Cryptophyta* un *Chrysophyceae*.

$$\text{Cyanophyta}^* + \text{Chlorococcales}^* + \text{Centrales}^* + \text{Euglenophyceae}^* + \text{Cryptophyta}^* + 1$$

PCQ =

$$\frac{\text{Desmidiiales}^* + \text{Chrysophyceae}^* + 1}{\text{Cyanophyta}^* + \text{Chlorococcales}^* + \text{Centrales}^* + \text{Euglenophyceae}^* + \text{Cryptophyta}^* + 1}$$

Koeficients tiek aprēķināts, ievietojot formulā sugu skaitu attiecīgi katrai taksonomiskajai grupai, rezultātā tiek iegūta vērtība, kas atbilst tālāk noteiktām ekol. klasēm (augsta, laba, vidēja, slikta-ļoti slikta).

#### 4) **Fitoplanktona sabiedrības apraksts**

Pēc fitoplanktona biomasas tiek iedalīts četrās kategorijās ar katrai atbilstošo ekol. klasi.

- ✓ Sugu sastāvs vienmērīgs, nav iespējams noteikt dominējošās (augsta – laba)
- ✓ Vairāk par 80% dominē 3-5 sugas (vidēja)
- ✓ Vairāk par 80% dominē 1 suga (slikta)
- ✓ Dominējošās ģintis (sastāda vairāk kā 80%) – *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Radiocystis*, *Planktothrix*, *Limnothrix*, *Woronichiana*, *Anabaena* vai aļģes no *Chlorococcales* rindas, kas Hlorofila *a* daudzums ir >20 µg/l (ļoti slikta).

Par dominējošām sugām paraugā tika uzskatītas tās sugas, kas sastādīja vismaz 10% no fitoplanktona kopējās biomasas. Piem., ja šīs sugas sastādīja mazāk par 80%, paraugs tika pieskaitīts augstai-labai ekol. kvalitātei, ja dominēja 2 sugas paraugā, tad – vidējai-sliktai ekoloģiskajai kvalitātei. Par ļoti sliktu ekoloģisko kvalitāti tika uzskatīti tie paraugi, kur iepriekšminēto zilaļģu ģinšu kopējā biomasa sastādīja vismaz 80% un hlorofila vērtības bija vismaz 20 µg/l.

Datu apstrādei izmantotas Excel un SPSS 17.0 programmas. Novērtējot Latvijas pieejamos fitoplanktona datus pēc Igaunijas fitoplanktona vērtēšanas metodes, parametriem tika pielietotas Igaunijas uzrādītās vērtības, bet tālāk tekstā vērtības ir uzrādītas atbilstoši Latvijas apstākļiem (2.1.2.4. tabula).

Tā kā Latvijas 3., 4. tips nav interklaibrēts, fitoplanktona dati metodei šiem ezeru tipiem netika pārbaudīti.

Veicot statistisko apstrādi ar iegūtajiem datiem jāsecina, ka visiem dzidrūdēns ezeru tipiem, izņemto 7. un 9. tipam nelielā datu apjoma dēļ, novērota būtiska korelācijas (Pīrsona korelācija:  $p < 0,01$ ;  $p < 0,05$ ) starp parametriem Chl *a* & PCQ, kā arī vienmērīguma indeksam (*J'*) & fitoplanktona sabiedrību aprakstu, savukārt brūnūdēns ezeriem tikai vienmērīguma indeksam (*J'*) & fitoplanktona sabiedrību aprakstu. Tas izskaidrojams, jo PCQ indekss tiek aprēķināts kā piesārņotu vietu aļģu / nepiesārņotu vietu aļģu taksonu attiecība, līdz ar to augstākas Chl *a* vērtības līdzīgi korelē ar augstāku PCQ, savukārt jo nevienmērīgāka sugu sabiedrību dominānce, jo mazāks vienmērīguma indekss (4. Pielikums).

Balstoties uz ezeru ekoloģiskajām gala vērtībām, summējot datu rindā pa sezonu un gadiem kopā, ezeri tika sagrupēti ar klāsteru analīzes palīdzību, klāsteru veidošanai izmantojot mazāko distanci starp objektiem, tā uzrādot pašreizējo ezeru kvalitāti pēc fitoplanktona metodes (5. Pielikums).

Metodes atbilstību vairāk uzrādīja 1., 2. 5., 6. tipa ezeri, jo šeit konstatētas visgarākās datu rindas, pārējo ezeru tipiem metodes būtu jāpārbauda iegūstot lielāku datu apjomu. Pārbaudot pieejamos datus, jāsecina, ka neviena tipa ezers neuzrādīja ļoti sliktu stāvokli pēc fitoplanktona noteikšanas metodes: 55% uzrādīja labu, 23% - vidēju, 17% - augstu, 3% - sliktu, 1% – references ekoloģisko stāvokli.

Apkopojot rezultātus par pieejamajiem fitoplanktona parametru datiem, tika veiktas izmaiņas Igaunijas fitoplanktona novērtēšanas metodē, piemērojot tās Latvijas tipoloģijai (2.1.2.4.tabula).

2.1.2.4. tabula Fitoplanktona vērtēšanas parametri un ieteiktās robežas atbilstoši Latvijas ezeru tipoloģijai

LCB1 (Latvijai 5., 9*, 6** tips)						
		Ekoloģiskā kvalitāte				
Parametrs	Reference	Augsta	Labā	Vidēja	Sliktā	Ļoti sliktā
Hlorofils-a (epilimnijā 0,5 m) µg/l	3,2*	<5,8	>5,8 - 10	>10 - 20	>20 - 40	>40
	4,4**	<8,4	>8,4 - 14	>14 - 28	>28 - 56	>56
PCQ	2,5	<4	4 - 6,5	>6,5 - 10	>10	>10
Fitoplanktona sabiedrības apraksts	(A) Sugu sastāvs vienmērīgs, nav iespējams noteikt dominējošās	(A) Sugu sastāvs vienmērīgs, nav iespējams noteikt dominējošās	(B) Dominējošās sugas sastāda 60- 80%	(C) Vairāk par 80% dominē 3-5 sugas	(D) Vairāk par 80% dominē 1 suga	(E) Dominējošās ģintis – <i>Microcystis</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Radiocystis</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Limnothrix</i> , <i>Woronichiana</i> , <i>Anabaena</i> vai aļģes no <i>Chlorococcales</i> rindas (biomasa sastāda vairāk kā 75% no kopējās biomasas). Hlorofila daudzums ir >20 µg/l
Evenness (J)	1,0	0,81 - 1,0	0,61 - 0,80	0,41 - 0,60	0,21 - 0,40	0 - 0,20

LCB2 (Latvijai 1., 2. tips)						
		Ekoloģiskā kvalitāte				
Parametrs	Reference	Augsta	Labā	Vidēja	Sliktā	Ļoti sliktā
Hlorofils-a (epilimnijā 0,5 m) µg/l	6,2	<9,9	>9,9 - 21	>21 - 42	>42 - 84	>84
PCQ	2	<3,5	3,5 - 6	>6 - 9	>9	>9
Fitoplanktona sabiedrības apraksts	(A) Sugu sastāvs vienmērīgs, nav iespējams noteikt dominējošās	(A) Sugu sastāvs vienmērīgs, nav iespējams noteikt dominējošās	(B) Dominējošās sugas sastāda 60- 80%	(C) Vairāk par 80% dominē 3-5 sugas	(D) Vairāk par 80% dominē 1 suga	(E) Dominējošās ģintis – <i>Microcystis</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Radiocystis</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Limnothrix</i> , <i>Woronichiana</i> , <i>Anabaena</i> vai aļģes no <i>Chlorococcales</i> rindas (biomasa sastāda vairāk kā 75% no kopējās biomasas). Hlorofila daudzums ir >20 µg/l.
Evenness (J)	1,0	0,81 - 1,0	0,61 - 0,80	0,41 - 0,60	0,21 - 0,40	0 - 0,20

#### Indikatora pārbaude ar bioloģijas datiem

Lai novērtētu indeksu saistību ar bioloģijas datiem tika pielietota Pīrsona korelācijas analīze, konstatējot statistiski būtiskas pozitīvas korelācijas starp PCQ indeksu, sabiedrību aprakstu un kopējo biomasu ( $P < 0.05$ ), kā arī ar dominējošām fitoplanktona klasēm- kramaļģēm, zaļajģēm, dinofitaļģēm un īpaši zilaļģēm, jo liela daļa paraugu ievākti vasarā, zilaļģu ziedēšanas laikā. (2.1.2.5.tabula). Netika konstatēta korelācija starp indeksiem un haptofitaļģēm, jo šīs sugas paraugos sastopamas salīdzinoši reti. Vienmērīguma indeksam ir pārsvarā negatīva korelācija ar iepriekšminētajām aļģu klasēm, jo, pretēji citiem indeksiem, augstākām biomasas vērtībām atbilst zemākas vienmērīguma vērtības.

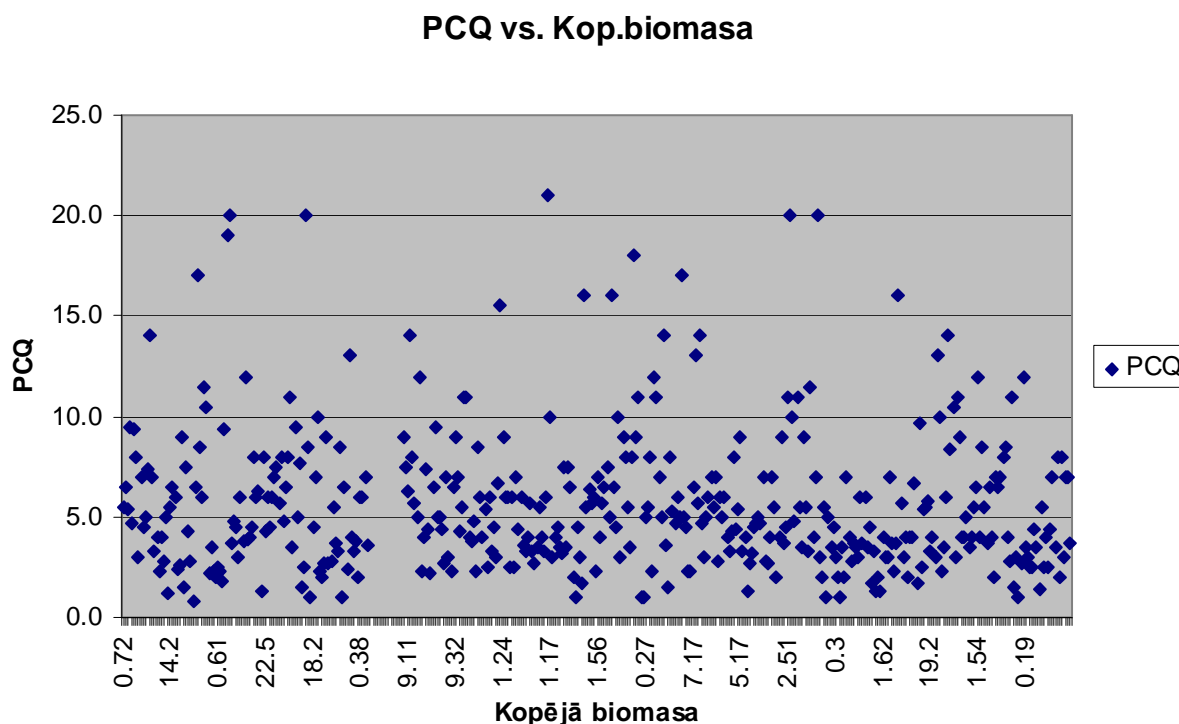
2.1.2.5.tabula. Korelācijas koeficienti starp fitoplanktona grupām un aprēķinātajiem fitoplanktona indeksiem.

		PCQ	EQ_PC Q	EQ_Comm unity	Chl	EQ_Ch1	Evennss	EQ_Even	EQ_Final
<b>Bacillariophyceae</b>	Pearson Correlation	.304**	.308**	-0.053	.299**	.373**	-.134**	0.094	.287**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.301	0.000	0.000	0.008	0.064	0.000
	N	405	405	390	396	396	390	390	420
<b>Chlorophyceae</b>	Pearson Correlation	0.077	0.061	-0.051	.337**	.267**	0.005	-0.01	.126*
	Sig. (2-tailed)	0.122	0.220	0.313	0.000	0.000	0.918	0.842	0.010
	N	405	405	390	396	396	390	390	420
<b>Chrysophyceae</b>	Pearson Correlation	-0.095	-0.067	0.063	0.042	0.031	-.144**	.121*	0.064
	Sig. (2-tailed)	0.056	0.178	0.216	0.404	0.539	0.004	0.017	0.194
	N	405	405	390	396	396	390	390	420
<b>Cryptophyceae</b>	Pearson Correlation	.104*	0.074	-.135**	.239**	.249**	.111*	-.111*	0.088
	Sig. (2-tailed)	0.036	0.135	0.008	0.000	0.000	0.028	0.028	0.070
	N	405	405	390	396	396	390	390	420
<b>Cyanophyceae</b>	Pearson Correlation	.119*	.109*	.410**	.609**	.376**	-.385**	.343**	.440**
	Sig. (2-tailed)	0.017	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	405	405	390	396	396	390	390	420
<b>Dinophyceae</b>	Pearson Correlation	0.059	0.058	0.003	.218**	.206**	-.105*	0.088	.127**
	Sig. (2-tailed)	0.239	0.245	0.947	0.000	0.000	0.038	0.084	0.009
	N	405	405	390	396	396	390	390	420
<b>Euglenophyceae</b>	Pearson Correlation	.182**	.185**	-0.039	.113*	.137**	0.007	-0.035	.114*
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.445	0.024	0.006	0.888	0.486	0.020
	N	405	405	390	396	396	390	390	420
<b>Haptophyceae</b>	Pearson Correlation	-0.006	-0.023	-0.062	0.039	0.074	-0.066	0.044	0.042
	Sig. (2-tailed)	0.907	0.648	0.224	0.442	0.140	0.195	0.386	0.392
	N	405	405	390	396	396	390	390	420
<b>Raphidophyceae</b>	Pearson Correlation	-0.026	0.005	0.07	.112*	0.066	-0.046	0.051	-0.055
	Sig. (2-tailed)	0.598	0.913	0.169	0.026	0.192	0.363	0.318	0.264
	N	405	405	390	396	396	390	390	420
<b>Xanthophyceae</b>	Pearson Correlation	0.026	0.055	0.009	.115*	.120*	-0.016	0.009	0.074
	Sig. (2-tailed)	0.606	0.271	0.858	0.022	0.017	0.754	0.859	0.131
	N	405	405	390	396	396	390	390	420
<b>Kop.biomasa mg/l</b>	Pearson Correlation	.181**	.174**	.356**	.699**	.494**	-.405**	.351**	.501**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	405	405	390	396	396	390	390	420

\* Korelācijair būtiska pe 0.05 līmeņa; \*\* Korelācija ir būtiska pie 0.01 .

Lai statistiski novērtētu indeksu atkarību no kopējās biomasas, tika veikta lineārās regresijas analīze. Rezultāti liecina, ka kopējā biomasa izskaidro tikai 7-9% no PCQ un vienmērīguma indeksu mainības. Tā kā PCQ indekss tiek aprēķināts pēc sugu skaita attiecības un sugu skaits nav tieši atkarīgs no

biomasas, tad arī nav iespējama PCQ indeksa atkarība no kopējās biomasas, kā arī citu aļģu klašu biomasas (2.1.2.1.attēls) .



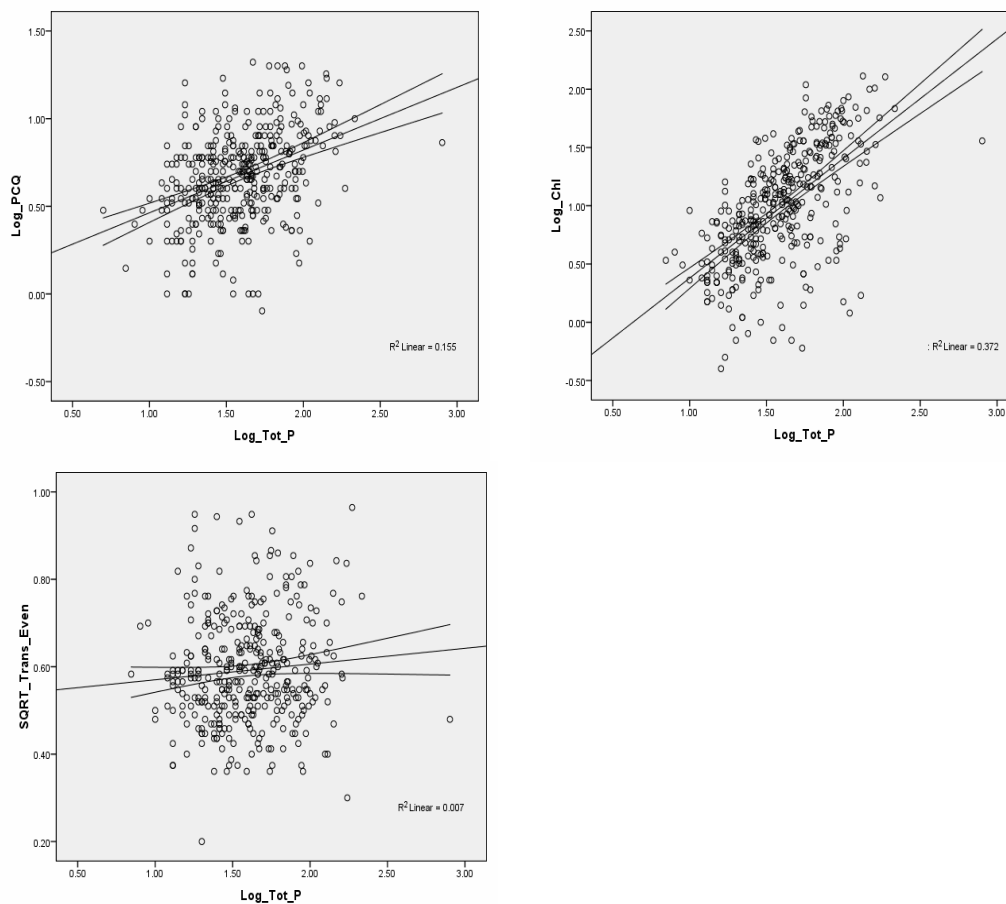
2.1.2.1.attēls. PCQ izkliede atkarībā no fitoplanktona kopējās biomasas.

#### *Indikatora saistība ar ķīmijas un ietekmes rādītājiem*

Lai noteiktu indeksu vispārēju saistību ar ķīmijas un ietekmes rādītājiem, sākotnēji tika pielietota Pīrsona korelācijas analīze. Tika konstatētas būtiskas korelācijas ( $P < 0.05$ ) ar hidroķīmiskajiem parametriem- kopējo fosforu, kopējo slāpekli, BSP5, kā arī negatīvas korelācijas ar Seki dziļumu. Taču netika konstatēta korelācija ar neorganiskajiem biogēniem.

Ar principiālo komponentu analīzi (PCA) tika noteikts, ka principiālie faktori, kas nosaka indeksu mainību ir kopējais slāpeklis un fosfors, kā arī BSP5, izskaidrojot 65% no mainības.

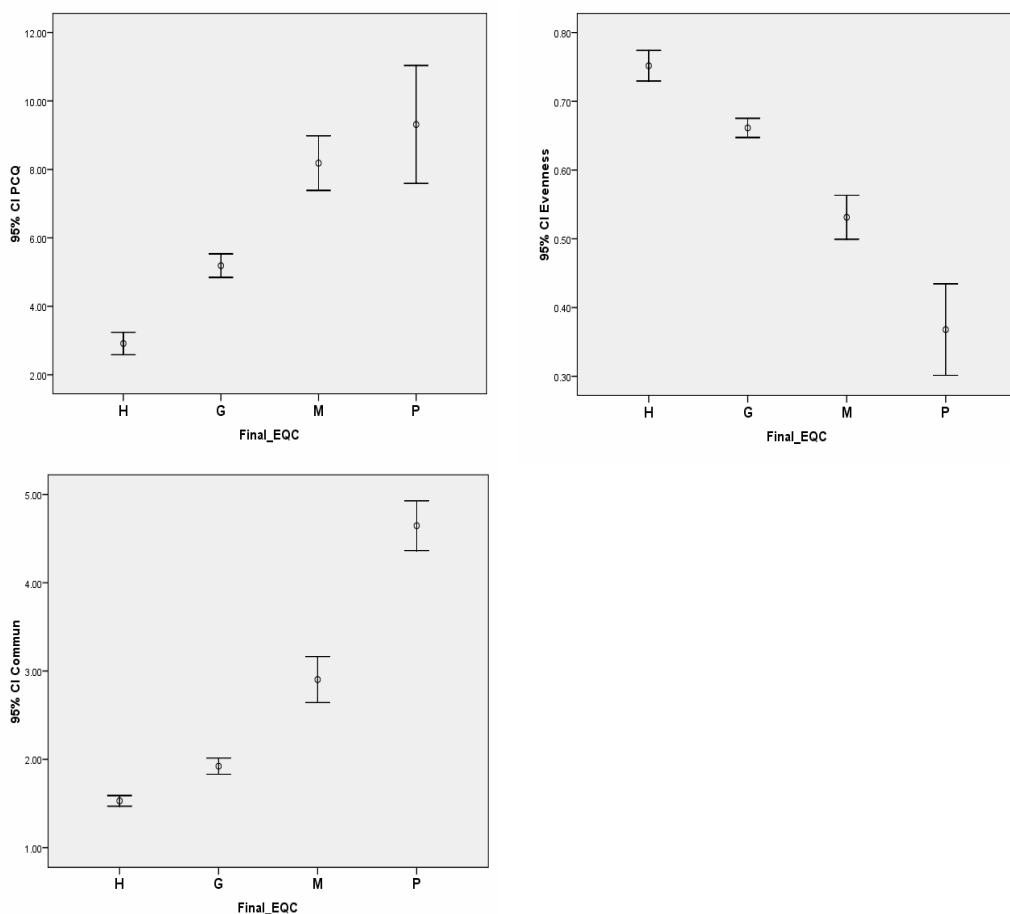
Veicot regresijas analīzi ar izskaitļotajiem galvenajiem faktoriem, konstatēts, ka lineārā regresija izskaidro tikai 7-15% no indeksu variācijas (2.1.2.2.attēls). Tikai hlorofilam a raksturīga labāka lineārā regresija ( $r^2 = 0.372$ ) ar hidroķīmijas parametriem, jo hlorofila a vērtības ir tieši atkarīgas no barības vielu pieejamības. Pārējo indeksu vērtības nav tieši atkarīgas no hidroķīmijas datiem, bet tie atspoguļo sarežģītas starpsugu attiecības.



2.1.2.2.attēls. Fitoplanktona indeksu vērtību izkliede atkarībā no kopējā fosfora koncentrācijām, to lineārās regresijas trendi un vidējās prognozes zonas.

*Indikatora pārbaude ar referenes vietām, ietekmētām vietām*

Tā kā indeksiem nav tiešas atkarības no hidroķīmiskajiem rādītājiem, nav iespējams parādīt arī tiešu indeksu saistību ar referenes un ietekmētām vietām. Taču statistikas rezultāti liecina, ka indeksi labi atšķir visas ekoloģiskās kvalitātes klases (2. 1.2.3.attēls).

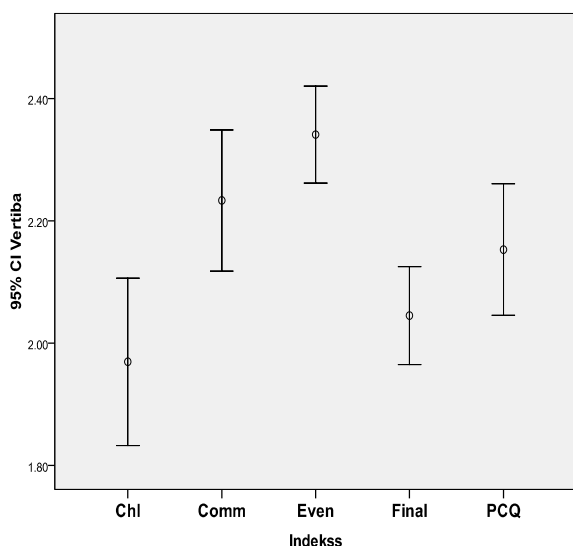


2.1.2.3.attēls. Fitoplanktona indeksu aritmētiskie vidējie un ticamības intervāli dažādās ekoloģiskās kvalitātes klasēs.

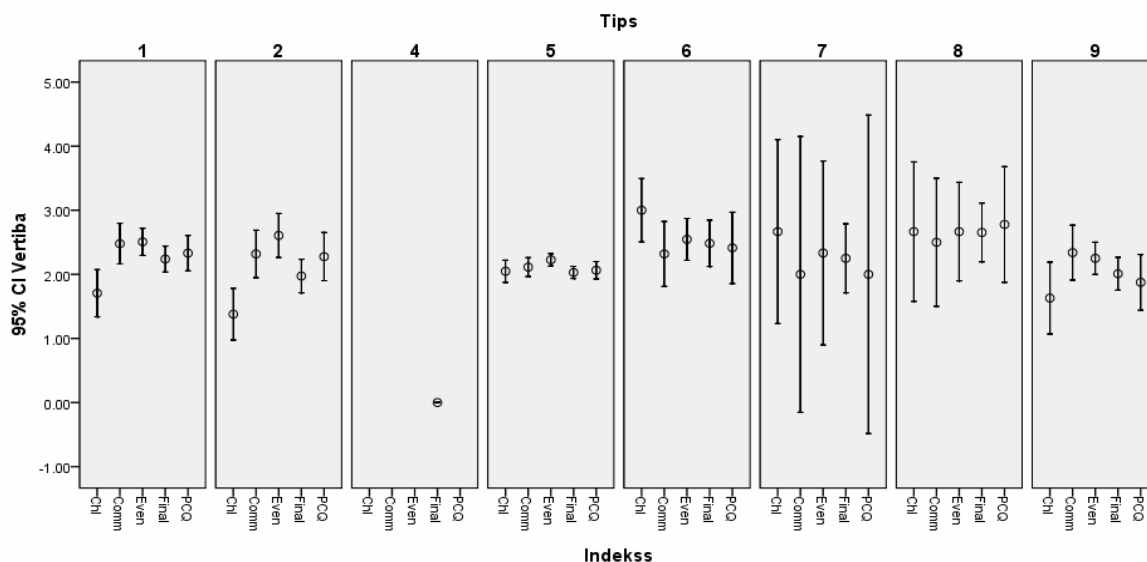
#### *Indikatora kļūdas novērtēšana*

Kā redzams 2.1.2.4.attēlā visu 4 indeksu un kopējā novērtējuma ticamības intervāli pārklājas, tātad visu indeksu rezultāti ir salīdzināmi. Kopumā visos tipos hlorofila *a* koncentrācija dod vispozitīvāko ekoloģiskās klases novērtējumu, turpretim vienmērīguma indekss - vissliktāko novērtējumu. Analizējot atsevišķus tipus redzams, ka indeksi darbojas atšķirīgi. Seklajos ezeru tipos (1.un 2.tipā), kā arī dziļajā dzidrūdēns tipā (9.tips) hlorofils dod augstāku klases novērtējumu nekā pārējie indeksi, turpretim dziļajos brūnūdens ezeros hlorofils dod sliktāku novērtējumu. Taču redzams, ka ticamības intervāli visos gadījumos pārklājas un dati ir salīdzināmi (2.1.2.5.attēls).





2.1.2.4.attēls. Fitoplanktona indeksu aritmētisko vidējo un ticamības intervālu salīdzinājums.



2.1.2.5.attēls. Fitoplanktona indeksu aritmētisko vidējo un ticamības intervālu salīdzinājums pa dažādiem ezeru tiem.

### Upju ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes klasificēšana pēc fitoplanktona.

Bioloģiskās kvalitātes elementa 'fitoplanktons' atbilstību tai vai citai ekoloģiskās kvalitātes klasei nosaka tiek izmantotjot 4 parametrus: Hlorofils *a*; *Nigarda* fitoplanktona trofijas indekss (PCQ - phytoplankton compound quotient); Fitoplanktona sabiedrības apraksts; *Pielou* vienmērīguma indekss (J - Evenness).

Vispirms katrs no šiem parametriem tiek novērtēts atbilstoši izstrādātajām kvalitātes klašu robežvērtībām (2.1.2.4. tabula).

Katra no četriem šim bioloģiskajam elementam izmantotajiem parametriem atbilstība noteiktai ekoloģiskās kvalitātes klasei tiek izteikta ar skaitlisku indeksu (I) veselos pozitīvos

skaitļos: references-augstai kvalitātes klasei tiek apzīmēta ar indeksa vērtību 5, labai-4, vidējai-3, sliktai-2 un ļoti sliktai-1.

Rezultātā tiek izrēķināts aritmētiskais vidējais no visu četru iepriekšminēto parametru matemātiskajām vērtībām, un noteikts ūdensobjekta ekoloģiskais stāvoklis, kas izteikts kā EQR, vērtējot pēc bioloģiskās kvalitātes elementa 'fitoplanktons'.

Visu parametru īpatsvars vērtēšanā pieņemts vienlīdzīgs, tādejādi, elementa kopējais EQR tiek aprēķināts kā:

$$EQR(\text{phytopl.}) = (I_{\text{Chla}} + I_{\text{PCQ}} + I_{\text{PCD}} + I_{\text{J}}) / 20 ,$$

Elementa kopējās klašu robežas EQR vienībās attiecīgi ir:

a/1-0,8

l/v-0,6

v/s-0,4

s/ļs-0,2.

Šī metode izmantota arī ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes klasificēšanai pēc bioloģiskā elementa 'makrofīti'.

#### **Piemērs ezera EQR aprēķināšanai bioloģiskajam elementam 'fitoplanktons'**

Ezers	Tips	Chl-a	J	PCQ	PCD	EQR
Eikša	L-CB1	11,5 µg/l	0,657	2,50		
	LV – 5.tips	<b>laba</b> I <sub>Chla</sub> - 4	<b>laba</b> I <sub>J</sub> - 4	<b>augsta</b> I <sub>PCQ</sub> - 5	<b>laba</b> I <sub>PCD</sub> - 4	<b>augsta</b> (4+4+5+4/20=0,85)
Ķiruma	L-CB2	52,8 µg/l	0,38	3,7		
	LV – 2.tips	<b>slikta</b> I <sub>Chla</sub> - 2	<b>ļ. sliktā</b> I <sub>J</sub> - 1	<b>laba</b> I <sub>PCQ</sub> - 4	<b>vidēja</b> I <sub>PCD</sub> - 3	<b>vidēja</b> (2+1+4+3/20=0,5)

#### **2.1.3. Makrofīti**

Ezeru kvalitātes raksturošanai tika izmantota Lakes Central-Baltic GIG ietvaros interkalibrētā Latvijas metode, ko izstrādājusi Dānijas vides konsultāciju firma CarlBro sadarbībā ar Latvijas firmu CarlBro Latvija SIA. Pēc izstrādātās Latvijas ezeru klasifikācijas, ir definēti 10 ezeru tipi, kuriem noteikti dabisko stāvokli raksturojošie rādītāji - izdalītas indikatorsugas, norādīts indikatorsugu klātbūtnes biežums un procentuālais aizaugums ar indikatorsugām, kā arī norādīts kopējais procentuālais ezera spoguļvirsmas aizaugums ar makrofītiem. Tā kā metode tika interkalibrēta ar vienošanos, ka tā tiks būtiski uzlabota un papildināta, šim mērķim tika pārbaudītas Igaunijā un Vācijā izstrādātās metodikas. Jāpiebilst, ka Vācijā izstrādāto metodiku par pamatu savai nacionālajai novērtēšanas sistēmai ņēma Lietuvas kolēģi.

Vācijā izstrādātā metode balstās uz References indeksa (Stelzer et al., 2005) aprēķinu, kur sugas sadalītas trīs grupās – A references sugas, C piesārņojuma indikatorsugas, B indifērentās sugas. Šī metode Lietuvā pielāgota diviem ezeru tipiem – LCB1 un LCB2, bet datu trūkuma dēļ vēl nav

pielāgota mīkstūdens ezeriem – LCB3 tipam. Analizējot ar Latvijas ezeru datiem, jāsecina, ka šī metode neraksturo adekvāti ezera ekoloģisko stāvokli, jo kā references sugas ir izdalītas Latvijā retās un aizsargājamās sugas, piemēram, *Lobelia dortmanna*, *Isoetes lacustris* u.c., bet kuru neesamība ezerā ne vienmēr liecina par piesārņojuma ietekmi. Šīnī metodē izdalīto un Latvijā sastopamo piesārņojuma indikatorsugu skaits ir neliels un tādēļ lielākā daļa konstatēto sugu atbilst indiferentajā sugām.

Tā kā datu materiāls par makrofītu sugu sastopamību ezeros ir ievākts, apsekojot ezeru pa perimetru, nevis pēc transektu metodes, piemērotāka ir metode, kas balstās uz vispārēju sugu sastāva analīzi un eksperta viedokli.

Igaunijā izstrādātā metode balstās uz vispārēju sugu sastāva analīzi, ietverot gan augstas kvalitātes indikatorsugu raksturojumu, gan arī piesārņojuma indikatorsugu sastopamību, to robežvērtības atbilstoši katrai kvalitātes klasei. Šī metode idejiski ir līdzīga CarlBro izstrādātajai metodei, tādēļ šī projekta ietvaros tika praktiski izmēģināta ar Latvijas datiem un piemērota katram Latvijas ezeru tipam. Šī metode būtu uzskatāma par potenciāli piemērotāko Latvijas ezeru makrofītu datu analīzei un līdz šī gada beigām tiks nosūtīta interkalibrācijas grupas vadītājam.

Ekoloģiskās kvalitātes novērtēšana ezeros pēc makrofītiem balstās uz sugu sastāva izvērtējumu un lielā mērā uz eksperta viedokli. Tā kā dažādos ezeru tipos veidojas atšķirīgs veģētācijas sastāvs, katram ezeru tipam ir atšķirīgi vērtējamie parametri. Ierobežojošais faktors novērtējuma veikšanai ir sugu skaits – konstatētas vismaz 7-8 sugas, optimāli virs 10.

Katrai kvalitātes klasei dots veģētācijas raksturojums, vairākiem parametriem noteiktas konkrētas robežas indikatorsugu sastopamībai. Gala rezultātā, pie pietiekoša sugu skaita un pietiekoša novērtējuma metodikā ietverto indikatorsugu skaita tiek iegūts ezera raksturojums atbilstoši vienai no piecām kvalitātes klasēm. Potenciālā novērtējuma metodika ir izstrādāta visiem ezeru tipiem, bet atsevišķiem tipiem - 2. (ļoti sekli brūnūdens ezeri ar augstu ūdens cietību), 3. (ļoti sekli dzidrūdens ezeri ar zemu ūdens cietību) un 10. (dziļi dzidrūdens ezeri ar zemu ūdens cietību) datu apjoms ir pārāk mazs, lai pilnībā raksturotu tipam (dati par 3 – 6 ezeriem) raksturīgo sugu sastāvu (6.Pielikums).

Ieskatam 6. Pielikuma tabulās sniegts ezeru vērtējuma salīdzinājums pēc makrofītiem izmantojot pareizi ieteikto un CarlBro izstrādāto metodi.

1. un 2. tipa ezeros densaugu sugu kopējais skaits nav uzskatāms par piemērotu indikatoru ļoti seklos ezeros. Makrofīti sastopami visā ūdens slānī neatkarīgi no ekoloģiskās kvalitātes – makrofītu ezeri. Glīveņu *Potamogeton perfoliatus* un *P.lucens* sastopamība apsekotajos ezeros ir zema un datu apjoms kopumā nepietiekams. Lielākā nozīme ir piesārņojuma indikatorsugu klātbūtnei un daudzumam. Otrā tipa ezeros trūkst datu par pavedienveidīgo zaļāļģu sastopamību. Arī 3. tipa ezeru starpā ir ūdenstilpes, kurās makrofīti sastopami visā ūdens slānī neatkarīgi no ekoloģiskās kvalitātes – makrofītu ezeri.

4. tipa ezeros novērtējumu var veikt tikai ūdenstilpēs, kurās pH ir augstāks par 6.

5. tipa ezeriem ūdensaugu sugu skaits nav piemērots indikators. Šo parametru, iespējams, vairāk nosaka ezera platība un biotopu daudzveidība ezerā.

6. tipa ezeros harofītu sastopamība nav piemērots indikators, jo harofītu augšanu ierobežo ūdens augstā krāsainība. Arī dziļums, līdz kuram sastopami iegremdētie ūdensaugi, nav piemērots indikators šī tipa ezeros ūdens krāsainības dēļ. Par svarīgāko makrofītu elementa parametru uzskatāma piesārņojuma indikatorsugu klātbūtne un augsta sastopamība ezerā.

Līdzīgi kā 5. tipa ezeros, arī 9.tipa ezeros ūdensaugu sugu skaits nav piemērots indikators, to, iespējams, vairāk nosaka ezera platība un dziļums.

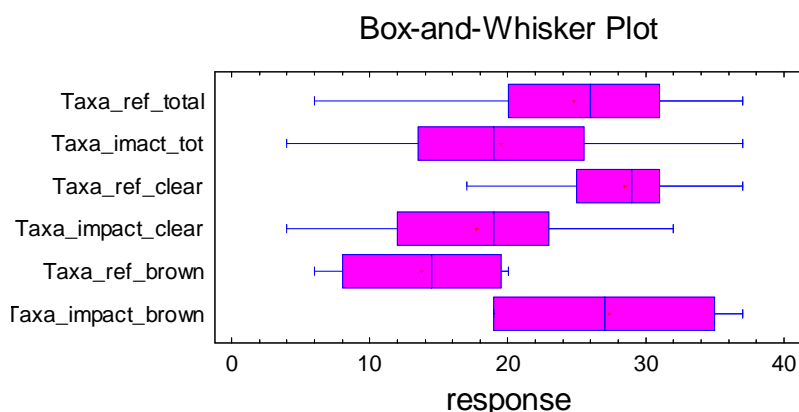
## 2.1.4. Zoobentoss

### *Makrozoobentosa indeksu pārbaude*

Materiāls un metodes. Izmatota LVĢMA bentosa datu bāze 2004. - 2008. gados ievāktajiem makrozoobentosa litorāles paraugiem. Lai pārbaudītu, kuri makrozoobentosa indeksi ir piemēroti ezeru ekoloģiskajai klasifikācijai, tika izvēlētas divas ezeru paraugkopas – i) references ezeri (noteikti pēc nebioloģiskiem parametriem), kuru ekoloģiskā kvalitāte *apriori* ir augsta, un ii) ezeri ar vissliktākajiem ķīmijas parametriem datu bāzē, kuru gaidāmā ekoloģiskā kvalitāte ir ne augstāka par vidējo. Sakarā ar nepietiekošo datu klāstu, ezeru tipi apvienoti grupās: i) dzidrūdus ezeri ar cietu ūdeni – „tipiskie” ezeri, lielākā ezeru grupa, ietilpst 1., 5., 9. tips (9 references ezeri, 15 stipri ietekmētu ezeru 21 paraugs); ii) mīkstūdens ezeri ar zemu krāsainību – mīkstūdens ekoloģisko sabiedrību - tā saucamie „lobēliju” ezeri, ietilpst 3., 7., 10. tips (3 references ezeru 4 paraugi, 1 stipri ietekmēts ezers); iii) dažāda veida brūnūdens ezeri – ļoti heterogēna grupa, kurai raksturīgs augsts humusvielu saturs ūdenī, ietilpst 2., 4., 6., 8. tips (4 references ezeri, 3 stipri ietekmētu ezeru 6 paraugi).

Izvēlēta virkne makrozoobentosa indeksu, kurus biežāk izmanto upju ekoloģiskajā novērtēšanā, vai arī tie varētu būt piemēroti ekoloģiskajai klasifikācijai spriežot pēc Interkalibrācijas Procesā Ezeru makrozoobentosa darba grupā sniegtajiem provizoriskiem rezultātiem. Indeksu aprēķināšanā izmantota ASTERICS programma (7.Pielikums). Indeksi abām paraugkopām salīdzināti izmantojot ANOVA un *Box-and-Whisker* grafiku metodes, aprēķini veikti ar STATGRAPHICS Plus programmu paketes palīdzību.

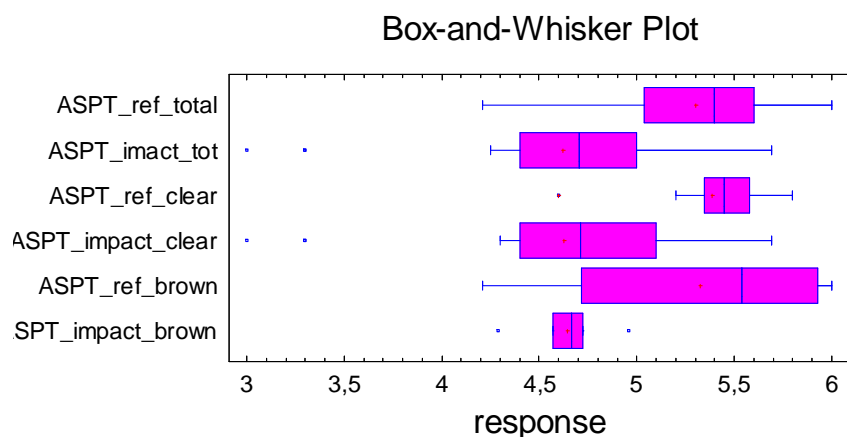
Kopējais taksonu skaits. Kopējais taksonu skaits bija augstāks references ūdenstilpēm. Tomēr, apskatot atsevišķi ezeru paraugkopas, izrādījās, ka šāda sakarība ir izteikta tikai dzidrūdus ezeriem (gan cietūdens, gan mīkstūdens), savukārt brūnūdens ezeriem references apstākļos taksonu skaits bija neliels, salīdzinot ar ietekmētiem ezeriem (2.1.4.1. attēls). Ir nepieciešami papildus dati, lai varētu noteikt, vai novērotā sakarība bija nejauša, vai atspoguļo reālas ekosistēmas īpatnības atkarībā no ezera tipa. Bez tam, šis rādītājs ir stipri atkarīgs no personāla kvalifikācijas (līdz kādam taksonomiskajam līmenim tiek noteikti organismi) un parauga apjoma. Lai gan šis rādītājs var liecināt par ekoloģisko kvalitāti, tomēr nav ieteicams to izmantot ezeru ekoloģiskās klasifikācijas izstrādē.



2.1.4.1. attēls. Kopējā taksonu skaita paraugkopu salīdzinājums: visiem references un visiem ietekmētajiem ezeriem; dzidrūdus references un ietekmētajiem ezeriem; brūnūdens references un ietekmētajiem ezeriem.

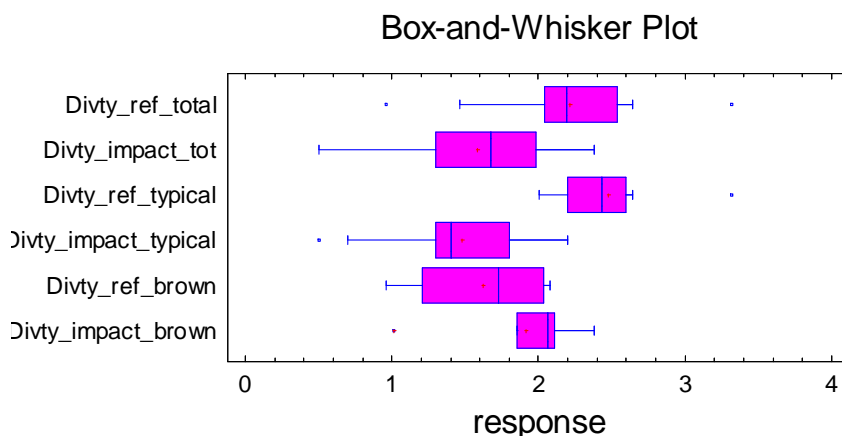
ASPT indekss būtiski atšķīrās ietekmētu un references ezeru paraugkopām (ANOVA  $p < 0.001$ ). Šī atšķirība nebija atkarīga no ezera tipa, lai gan datu izkliede bija liela un indeksa vērtības ievērojami

pārklājās references un ietekmētām ūdenstilpēm. ASPT indekss ir potenciāli piemērots ezeru ekoloģiskai klasifikācijai (2.1.4.2. attēls).



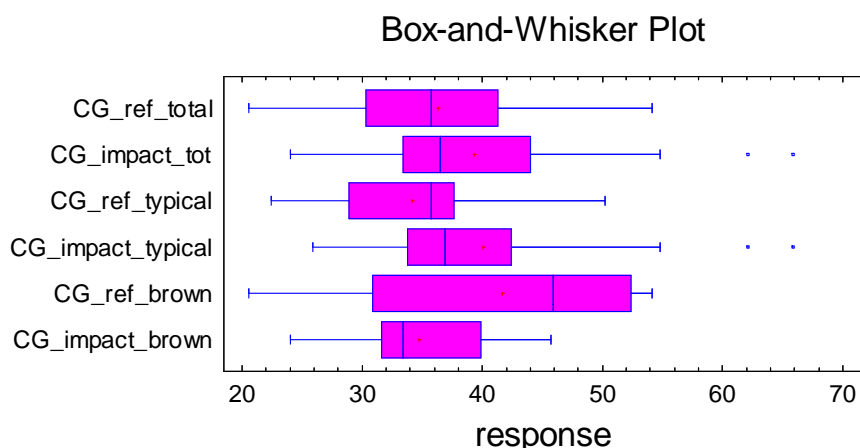
2.1.4.2. attēls. ASPT indeksa paraugkopu salīdzinājums: visiem references un visiem ietekmētajiem ezeriem; dzidrūdens references un ietekmētajiem ezeriem; brūnūdens references un ietekmētajiem ezeriem.

Šenona-Vīnera daudzveidības indekss būtiski atšķirās tikai dzidrūdens ezeru paraugkopā - gan cietūdens, gan mīkstūdens (references ezeriem vērtības no 2.04 līdz 2.54; ietekmētajam ezeram – 1.77) (2.1.4.3. attēls). Šis indekss varētu būt piemērots dzidrūdens ezeru tipiem, savukārt brūnūdens ezeros tā vērtība bija samērā zema gan references, gan ietekmētos ezeros.



2.1.4.3. attēls. Šenona – Vīnera paraugkopu salīdzinājums: visiem references un visiem ietekmētajiem ezeriem; dzidrūdens references un ietekmētajiem ezeriem; brūnūdens references un ietekmētajiem ezeriem.

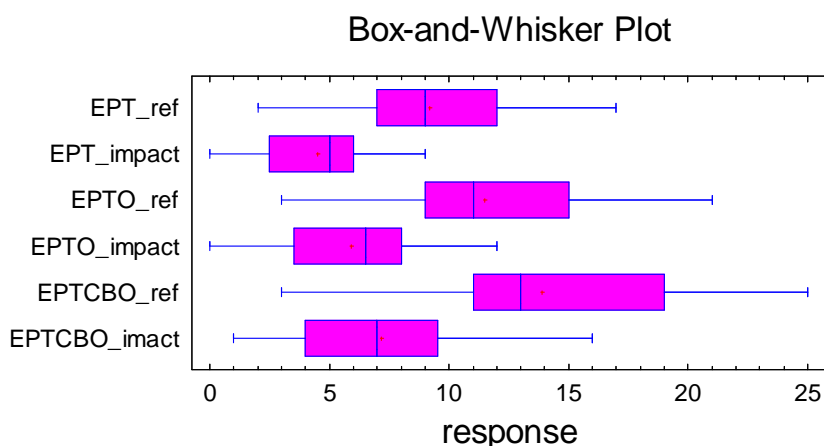
Ekoloģiskās grupas „gatherers-collectors” (“vācēji-krājēji”) īpatsvars. Šis rādītājs varētu būt būtisks, vadoties pēc Interkalibrācijas Procesā Ezeru makrozoobentosa darba grupā prezentētajiem provizoriskiem rezultātiem. Tomēr Latvijas datiem, šis rādītājs neuzrādīja statistiski būtiskas atšķirības references un ietekmētiem ezeriem (ANOVA,  $p=0.5$ ) (2.1.4.4. attēls).



2.1.4.4. attēls. Ekoloģiskās grupas „gatherers-collectors” (“vācēji-krājēji”) paraugkopu salīdzinājums: visiem references un visiem ietekmētajiem ezeriem; “tipiskajiem” (1., 5. un 9. tips) references un ietekmētajiem ezeriem; brūnūdens references un ietekmētajiem ezeriem.

Taksonomiskā sastāva kvalitātes indeksi (EPT, EPTO un EPTCBO). Ezeriem biežāk novērtē EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) vai EPTCBO (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Bivalvia, Odonata) taksonu skaitu vai īpatsvaru paraugā. Pēc interkalibrācijas procesa provizoriskiem rezultātiem, būtiska varētu būt Odonata grupas klātbūtne. Sakarā ar to, ka kopējais šīs grupas taksonu skaits paraugā parasti bija pārāk zems, lai to analizētu atsevišķi, bez augstāk minētajiem EPT un EPTCBO, tika pārbaudīts arī EPTO taksonu skaits un īpatsvars.

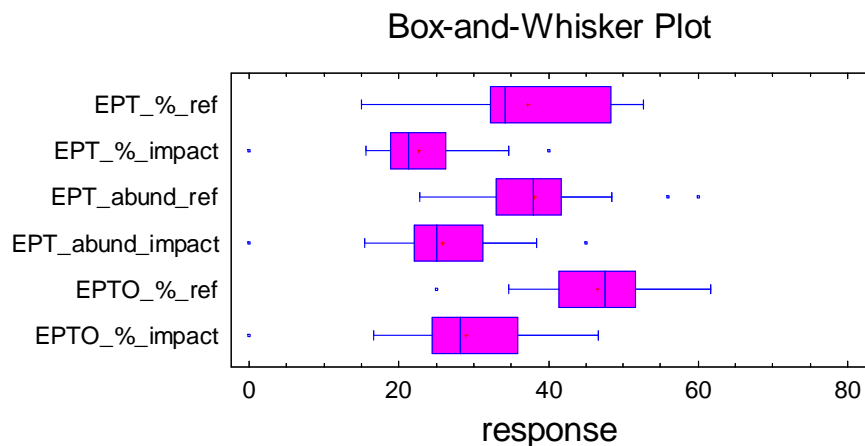
Visu trīs indeksu vērtības būtiski atšķīrās ietekmētiem un references ezeriem (ANOVA  $p < 0.0001$ ) (2.1.4.5. attēls). EPT indekss bija vispiemērotākais, jo tam bija raksturīga vismazākā pārklāšanās references un ietekmētu ezeru paraugkopām; vislielākā pārklāšanās bija EPTCBO indeksam. Jāpiezīmē, ka šie indeksi ir ļoti atkarīgi no parauga vācēja un analīzes veicēja kvalifikācijas, jo indekss pēc būtības ir taksonu skaits paraugā. Šajā gadījumā bija izteiktas atšķirības starp references un ietekmētu ezeru paraugkopām, jo abas analizēja viens un tas pats personāls. Pie tam, EPT taksonu skaitam atšķīrās vērtības tikai dzidrūdens ezeros (brūnūdens ezeriem zemas vērtības abām paraugkopām; mediāna references un ietekmētiem ezeriem attiecīgi 4 un 4.5)



2.1.4.5. attēls. EPT, EPTO un EPTCBO paraugkopu salīdzinājums references un ietekmētajiem ezeriem.

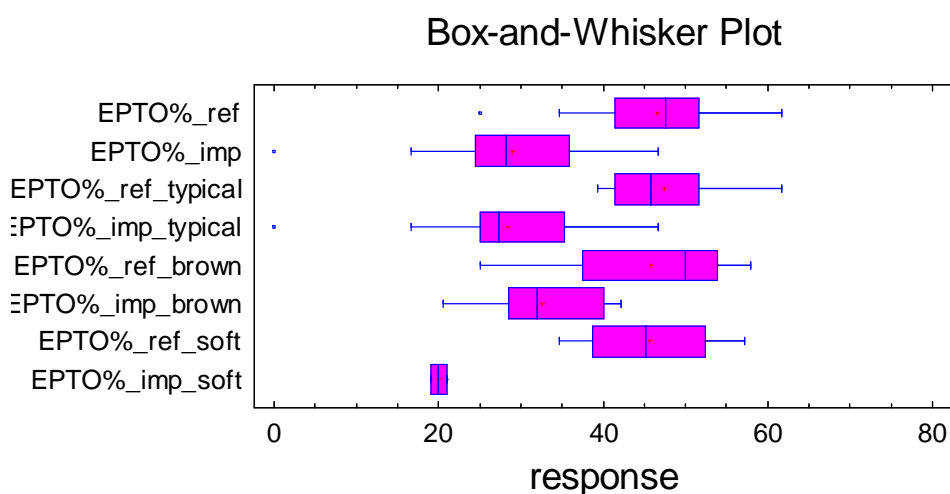
Gaidāms, ka dažādu taksonomisko grupu īpatsvars paraugā ir mazāk atkarīgs no parauga apjoma un personāla kvalifikācijas, nekā taksonu kopējais skaits. Tika pārbaudīti 3 rādītāji: EPT taksonu īpatsvars (%), EPT taksonu īpatsvars( %), ņemot vērā īpatņu skaita klases un EPTO īpatsvars (%). Vislabākie

rezultāti bija EPTO taksonu īpatsvaram (%), kam bija mazākā datu izkliede un mazākā pārklāšanās references un ietekmētu ezeru paraugkopām (2.1.4.6. attēls).



2.1.4.6. attēls. EPT (%), EPT (īpatņu skaits) un EPTO (%) paraugkopu salīdzinājums references un ietekmētajiem ezeriem.

EPTO taksonu īpatsvars paraugā līdzīgi atšķirās visiem ezeru tipiem (ANOVA  $p < 0.0001$ ), lai gan atšķirība brūnūdens ezeros bija mazāk izteikta. Tādējādi šis rādītājs ir labākais no EPT un tiem līdzīgo indeksu grupas, un to var izmantot ezeru ekoloģiskajā klasifikācijā (2.1.4.7. attēls).



2.1.4.7. attēls. EPTO (%) paraugkopu salīdzinājums "tipisko" (1., 5. un 9. tips) ezeru, brunūdens un mīkstūdens ezeru references un ietekmētajiem ezeriem.

No pārbaudītajiem piecu veidu indeksiem divi ir izmantojami ekoloģiskās kvalitātes noteikšanā (2.1.4.1. tabula).

#### 2.1.4.1. tabula. Ezeru piekrastes (litorāles) indeksu vērtējuma kopsavilkums

Indekss	Vērtība samazinoties antropogēnai ietekmei dzidrūdēns ezeros	Vērtība samazinoties antropogēnai ietekmei brūnūdēns ezeros	Rādītāja vērtējums
Kopējais taksonu skaits	Palielinās	Samazinās	Ekoloģiskās klasifikācijas izstrādē izmantot nav lietderīgi
ASPT indekss	Palielinās	Palielinās	Ir izmantojams ekoloģiskās klasifikācijas izstrādē
Šenona-Vīnera daudzveidības indekss	Palielinās	Nemainās	Izmantojamību ezeru klasifikācijā jāpārbauda ar papildus datiem
Ekoloģiskās grupas „gatherers-collectors” īpatsvars	Nemainās	Nemainās	Nav izmantojams ekoloģiskās klasifikācijas izstrādē
EPTO taksonu īpatsvars	Palielinās	Palielinās	Ir izmantojams ekoloģiskās klasifikācijas izstrādē

#### 2.1.5. Zivis

Ezeru zivju metodes izstrādes grupa ir darba sākumā, attiecīgi šī projekta ietvaros Latvijas zivju eksperta darbs aprobežojās sniedzot atbildes uz grupas vadītāja jautājumiem Pašlaik interkalibrācijas grupa diskutē par parametriem, datu bāzu veidošanu, antropogēno ietekmju novērtēšanu. Latvija ir sagatavojusi un iesniegusi zivju pētnieciskās zvejas aprakstu, resp., metodikas aprakstu un datus par 20 ezeriem, ieskaitot morfoloģiju, pētnieciskās zvejas datus, antropogēnās ietekmes datus.

#### 2.1.6. Kopsavilkums

Ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijas metodes pēc bioloģiskajiem kvalitātes elementiem izstrādātas visiem ezeru ekoloģiskajam tipiem, izņemot 10. tipu. Šā tipa ezeru Latvijā nav daudz un tie ir mazāki par 50 ha. Tādēļ upju baseinu apgabalu apsaimniekošanas plānos nav noteikti 10. ekoloģiskā tipa ezeru ūdensobjekti. Arī to 10. tipa ezeru skaits, kas ir mazāki pēc platības, ir mazs, un esošais datu apjoms neļauj izstrādāt klasifikācijas metodi.

Saskaņā ar Ūdens struktūrdirektīvas prasībām, klasifikācijas pēc bioloģiskajiem elementiem rezultāti tiek izteikti ar ekoloģiskās kvalitātes indeksa vērtībām (EQR). Atkarībā no dažādu bioloģiskās kvalitātes elementu vērtēšanas metodēm, atšķiras arī EQR aprēķināšanas metodes.

**Klasifikācijas metode pēc fitoplanktona** ir CB GIG interkalibrētā metode, kas izstrādāta Igaunijā un adaptēta Latvijas apstākļiem. Ezeru 1., 2., 5., 6. un 9. ekoloģiskajam tipam tā ietver četrus parametrus: hlorofila *a* koncentrāciju, fitoplanktona trofijas indeksu (PCQ), fitoplanktona sabiedrības aprakstu (PCD) un vienmērīguma indeksu (J). Šiem ezeru tipiem ir noteiktas kvalitātes klašu robežas katram no parametriem (hlorofilam *a* arī EQR vērtības), kā arī ir izstrādāta metode fitoplanktona kopējās EQR vērtības noteikšanai kombinējot šo četru parametru skaitliskās vērtības. Šī metode tika izmantota arī makrofītu EQR noteikšanai.

Ezeru 3., 4., 7. un 8. tipam klasifikācijas metode pēc fitoplanktona pašlaik ietver tikai vienu parametru – hlorofila *a* koncentrāciju. Tas ir saistīts ar galvenokārt ar nepietiekamu datu apjomu.

Izstrādāta metode ezeru ekoloģiskās kvalitātes vērtēšanai pēc fitoplanktona rādītājiem. Metodes atbilstību vairāk uzrādīja 1., 2. 5., 6. tipa ezeri, jo šeit konstatētas visgarākās datu rindas, pārējo ezeru tipiem metodes būtu jāpārbauda iegūstot lielāku datu apjomu.

**Klasifikācijas metode pēc makrofītiem** Ezeru interkalibrācijas grupā ir uzsācies otrais posms, kuram sagatavota jauna un papildināta datu bāze. 2010.g. pavasarī paredzēts veikt nacionālo metožu salīdzinājumu, līdz šim laikam visām valstīm ir iespēja piemērot jaunas vai pielāgotas metodikas ezeru kvalitātes novērtēšanai pēc makrofītiem. 2010.g. vasarā tiek



plānota metožu saskaņošana un interkalibrācija, noslēdzot šo procesu līdz 2011.g. sākumam. Lai iekļautos šajā procesā, Latvijas līdz šim interkalibrētā metode tika pārstrādāta un papildināta ar Igaunijā izstrādāto metodi.

Parametru skaitliskās klašu robežvērtības ir izstrādātas visiem ezeru tipiem, bet jāatzīmē, ka izstrādāt metodi pilnībā atbilstoši Latvijas apstākļiem līdz šim bija iespējams tikai 5. ezeru tipam, kur ir pietiekoši daudz datu. Atsevišķiem ezeru tipiem (1., 7., 8.) iespējams noteikt augstas/labas kvalitātes robežvērtības. Kopējās klašu robežvērtības pēc makrofītiem datu trūkuma dēļ nav iespējams noteikt 2., 3., 9. un 10. tipa ezeriem. Savukārt 4. un 6. (daļēji arī 8. tipa ezeros) ir grūtības izmantot makrofītus kā indikatororganismus, jo sugu sastāvu ezerā nosaka gk. ūdens pH un krāsainība.

**Klasifikācijas metodes pēc makrozoobentosa** izstrādi apgrūtina nepietiekams datu apjoms par vairākiem ezeru ekoloģiskajiem tipiem. Darba gaitā ezeri tika apvienoti grupās: „tipiskie ezeri”, „mīkstūdens ezeri ar zemu ūdens krāsainību”, „brūnūdens ezeri”. Ir pārbaudīta piecu zoobentosa sugu sabiedrību raksturojošo indeksu veidu piemērotība ezeru litorāles datiem. Par izmantojamiem ir atzīti divi indeksi – ASPT un EPTO, savukārt Šenona-Vīnera indekss vēl ir jāpārbauda ar papildus datiem.

Tomēr kvalitātes klašu robežas nevienam parametram pagaidām nav noteiktas. Darba turpināšanai jāiegūst detalizēti dati par ezeru sateces baseinu raksturojumu, hidroloģiju, morfoloģiju, zivsaimniecību u.c. ietekmēm, ezeru vēsturisko stāvokli, antropogēno slodzi, zemes lietojuma veidiem ezera sateces baseinā, veģetāciju ezera piekrastē un tuvākajā apkārtnē, utt. Šie dati būs nepieciešami arī darbībai Central Baltic GIG ietvaros.

**Klasifikācijas metodes pēc zivju faunas** izstrāde šobrīd ir sākumstadijā ne tikai Latvijā, bet arī Central Baltis GIG kopumā: tiek diskutēts par vērtēšanā izmantojamiem parametriem, datu bāzes izveidi un antropogēnās ietekmes novērtēšanu. Metodes tālākā attīstība Latvijā ir lielā mērā atkarīga no procesa virzības interkalibrācijas grupā.

2.1.6.1. tabula. Ezeru ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijas elementu un parametru kvalitātes klašu robežvērtības

\*\* - zīle ir cipari apzīmē un interkalibrētās robežvērtības

Tips - 1 Ļoti sekls dzidrūdēns ezers ar augstu ūdens cietību (LCB2)					
Bioloģiskās kvalitātes elementi	Bioloģiskās kvalitātes elementu parametri	Kvalitātes klašu robežas			
		H/G	G/M	M/B	B/VB
Fitoplanktons	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Hlorofils-a µg/l /EQR	9,9 /0,63 10,8/0,63**	21/0,3 23/0,3	42/0,15	84 /<0,07
	Fitoplanktona trofijas indekss (PCQ)	6	9	>9	>9
	Fitoplanktona sabiedrības apraksts (PCD)	Dominējošās sugas sastāda 60- 80%	Vairāk par 80% dominē 3-5 sugas	Vairāk par 80% dominē 1 suga	Dominējošās ģintis – <i>Microcystis</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Radiocystis</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Limnothrix</i> , <i>Woronichiana</i> , <i>Anabaena</i> vai aļģes no <i>Chlorococcales</i> rindas (to biomasa sastāda vairāk kā 75% no kopējās biomasas). Hlorofila a daudzums ir >20 µg/l.
	Vienmērīguma indekss (J)	0,80	0,60	0,40	20

<b>Makrofīti</b>	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Raksturīgie taksoni	Char, Pot	Nup, Pot	Cer, Lem, Nup	Cer, Lem, Nup
	Indikatorsugas	<i>Chara sp.</i> , <i>Nitella sp.</i>			
	Ūdensaugu sugu skaits	>15	10-15	<10	<10
	Harofītu sastopamība	4-5	2-3	1	0
	Brīvi peldošo augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
Pavedienveidīgo zaļāļģu sastopamība	1-2	3-4	5	6-7	
<b>Zoobentoss</b>	-				
<b>Zivju fauna</b>	-				
<b>Tips - 2 Ļoti sekls brūnūdens ezers ar augstu ūdens cietību (LCB2)</b>					
<b>Bioloģiskās kvalitātes elementi</b>	<b>Bioloģiskās kvalitātes elementu parametri</b>	<b>Kvalitātes klašu robežas</b>			
		<b>H/G</b>	<b>G/M</b>	<b>M/B</b>	<b>B/VB</b>
<b>Fitoplanktons</b>	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Hlorofils-a μg/l/ EQR	9,9 /0,63 10,8/0,63**	21/0,3 23/0,3	42 /0,15	84 /<0,07
	Fitoplanktona trofijas indekss (PCQ)	6	9	>9	>9
	Fitoplanktona sabiedrības apraksts (PCD)	Dominējošās sugas sastāda 60- 80%	Vairāk par 80% dominē 3-5 sugas	Vairāk par 80% dominē 1 suga	Dominējošās ģintis – <i>Microcystis</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Radiocystis</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Limnothrix</i> , <i>Woronichiana</i> , <i>Anabaena</i> vai aļģes no <i>Chlorococcales</i> rindas (to biomasa sastāda vairāk kā 75% no kopējās biomasas). Hlorofila a daudzums ir >20 μg/l.
Vienmērīguma indekss (J)	0,80	0,60	0,40	0,20	
<b>Makrofīti</b>	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Raksturīgie taksoni	Char, Pot	Nup, Pot	Cer, Lem,Nup	Cer, Lem, Nup
	Indikatorsugas	<i>Chara sp.</i> , <i>Nitella sp.</i>			
	Harofītu sastopamība	3-4	1-2	0	0
	Brīvi peldošo augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Pavedienveidīgo zaļāļģu sastopamība	1-2	3-4	5	6-7
<b>Zoobentoss</b>	-				
<b>Zivju fauna</b>	-				

Tips - 3 Ļoti sekls dzidrūdens ezers ar zemu ūdens cietību					
Bioloģiskās kvalitātes elementi	Bioloģiskās kvalitātes elementu parametri	Kvalitātes klašu robežas			
		H/G	G/M	M/B	B/VB
Fitoplanktons	Hlorofils-a µg/l /EQR	6,5/0,57	12/0,31		
Makrofīti	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Raksturīgie taksoni	Iso, Char, Bry	El, Pot, Char	-	-
	Indikatorsugas	<i>Isoetes sp., Lobelia dortmanna</i>			
	Viršūdens augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Izoetīdu sastopamība	5-6	1-4	0	0
	Elodeīdu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Peldlapu augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
Zoobentoss	-				
Zivju fauna	-				
Tips - 4 Ļoti sekls brūnūdens ezers ar zemu ūdens cietību					
Bioloģiskās kvalitātes elementi	Bioloģiskās kvalitātes elementu parametri	Kvalitātes klašu robežas			
		H/G	G/M	M/B	B/VB
Fitoplanktons	Hlorofils-a µg/l /EQR	6,5/0,57	12/0,31		
Makrofīti	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Raksturīgie taksoni	Iso, Char, Bry	El, Pot, Nup	-	-
	Indikatorsugas	<i>Sphagnum, Utricularia, Nuphar lutea</i>			
	Viršūdens augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	(Izoetīdu un harofītu sastopamība)	2-4	1	0	0
	Elodeīdu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Peldlapu augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
Zoobentoss	-				
Zivju fauna	-				

Tips - 5 Sekls dzidrūdens ezers ar augstu ūdens cietību (LCB1)					
Bioloģiskās kvalitātes elementi	Bioloģiskās kvalitātes elementu parametri	Kvalitātes klašu robežas			
		H/G	G/M	M/B	B/VB
Fitoplanktons	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Hlorofils-a µg/l /EQR	5,8 /0,55 <i>7/0,55</i>	10 /0,32 <i>12/0,32</i>	20 /0,16	40 /0,08
	Fitoplanktona trofijas indekss (PCQ)	6,5	10	>10	>10
	Fitoplanktona sabiedrības apraksts (PCD)	Dominējošās sugas sastāda 60-80%	Vairāk par 80% dominē 3-5 sugas	Vairāk par 80% dominē 1 suga	Dominējošās ģintis – <i>Microcystis</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Radiocystis</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Limnothrix</i> , <i>Woronichiana</i> , <i>Anabaena</i> vai aļģes no <i>Chlorococcales</i> rindas (to biomasa sastāda vairāk kā 75% no kopējās biomasas). Hlorofila a daudzums ir >20 µg/l.
	Vienmērīguma indekss (J)	0,80	0,60	0,40	0,20
Makrofīti	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Raksturīgie taksoni	Char, Pot	Nup, Pot	Cer, Lem, Nup	Cer, Lem, Nup
	Indikatoraugi	<i>Chara sp.</i> , <i>Nitella sp.</i> , <i>Myriophyllum alterniflorum</i>			
	Harofītu sastopamība	4-5	2-3	1	0
	Brīvi peldošo augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Pavedienveidīgo zaļalģu sastopamība	1-2	3-4	5	6-7
	Dziļums (m), līdz kuram sastopami iegremdētie augi	2.5 – 3	1.5-2.5	1-1.5	<1
Zoobentoss	-				
Zivju fauna	-				

Tips - 6 Sekls brūnūdens ezers ar augstu ūdens cietību (LCB1)					
Bioloģiskās kvalitātes elementi	Bioloģiskās kvalitātes elementu parametri	Kvalitātes klašu robežas			
		H/G	G/M	M/B	B/VB
Fitoplanktons	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Hlorofils-a µg/l/ EQR	8,4 / 0,55 7/0,55	14 / 0,31 12/0,32	28 / 0,16	56 / 0,09
	Fitoplanktona trofijas indekss (PCQ)	4	6,5	10	>10
	Fitoplanktona sabiedrības apraksts (PCD)	Dominējošās sugas sastāda 60-80%	Vairāk par 80% dominē 3-5 sugas	Vairāk par 80% dominē 1 suga	Dominējošās ģintis – <i>Microcystis</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Radiocystis</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Limnothrix</i> , <i>Woronichiana</i> , <i>Anabaena</i> vai aļģes no <i>Chlorococcales</i> rindas (to biomasa sastāda vairāk kā 75% no kopējās biomasas). Hlorofila a daudzums ir >20 µg/l.
	Vienmērīguma indekss (J)	0,80	0,60	0,40	0,20
Makrofīti	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Raksturīgie taksoni	Pot	Nup, Pot	Cer, Lem, Nup	Cer, Lem, Nup
	(Indikatorsugas)	<i>Chara sp.</i> , <i>Myriophyllum alterniflorum</i>			
	Virsūdens augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Brīvi peldošo augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Pavedienveidīgo zaļalģu sastopamība	1-2	3-4	5	6-7
	Dziļums (m), līdz kuram sastopami iegremdētie augi	1.5-2	1-1.5	0.5-1	<0.5
	Zoobentoss	-			
Zivju fauna	-				

Tips - 7 Sekls dzidrūdens ezers ar zemu ūdens cietību (LCB3)					
Bioloģiskās kvalitātes elementi	Bioloģiskās kvalitātes elementu parametri	Kvalitātes klašu robežas			
		H/G	G/M	M/B	B/VB
Fitoplanktons	Hlorofils-a µg/l/ EQR	5,4/0,57	10/0,31		
Makrofiti	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Raksturīgie taksoni	Iso, Char, Bry	El, Pot, Char	-	-
	Indikatorsugas	<i>Isoetes sp.</i> , <i>Lobelia dortman na</i>			
	Viršūdens augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Izoetīdu sastopamība	5-6	1-4	0	0
	Elodeīdu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Peldlapu augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Dziļums (m), līdz kuram sastopami iegremdētie augi	2.5 - 3	1.5-2.5	1-1.5	<1
Zoobentoss	-				
Zivju fauna	-				
Tips - 8 Sekls brūnūdens ezers ar zemu ūdens cietību (LCB3)					
Bioloģiskās kvalitātes elementi	Bioloģiskās kvalitātes elementu parametri	Kvalitātes klašu robežas			
		H/G	G/M	M/B	B/VB
Fitoplanktons	Hlorofils-a µg/l/ EQR	5,4/0,57	10/0,31		
Makrofiti	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Raksturīgie taksoni	Iso, Bry	Nup	-	-
	Indikatorsugas	<i>Isoetes sp.</i> , <i>Lobelia dortman na</i>			
	Viršūdens augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Izoetīdu sastopamība	2-4	1	0	0
	Elodeīdu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Peldlapu augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Zoobentoss	-			
Zivju fauna	-				

Tips - 9 Dziļš dzidrūdens ezers ar augstu ūdens cietību (LCB1)					
Bioloģiskās kvalitātes elementi	Bioloģiskās kvalitātes elementu parametri	Kvalitātes klašu robežas			
		H/G	G/M	M/B	B/VB
Fitoplanktons	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Hlorofils-a µg/l/ EQR	5,8 /0,55 7/0,55	10 /0,32 12/0,32	20 /0,16	40 /0,08
	Fitoplanktona trofijas indekss (PCQ)	4	6,5	10	>10
	Fitoplanktona sabiedrības apraksts (PCD)	Dominējošās sugas sastāda 60-80%	Vairāk par 80% dominē 3-5 sugas	Vairāk par 80% dominē 1 suga	Dominējošās ģintis – <i>Microcystis</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Radiocystis</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Limnothrix</i> , <i>Woronichiana</i> , <i>Anabaena</i> vai aļģes no <i>Chlorococcales</i> rindas (to biomasa sastāda vairāk kā 75% no kopējās biomasas). Hlorofila a daudzums ir >20 µg/l.
	Vienmērīguma indekss (J)	0,60	0,40	0,20	< 0,20
Makrofīti	<b>EQR kop.</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
	Raksturīgie taksoni	Char, Pot	Nup, Pot	Cer, Lem, Nup	Cer, Lem, Nup
	Indikatoraugi	<i>Chara sp.</i> , <i>Nitella sp.</i>			
	Harofītu sastopamība	4-5	2-3	1	0
	Brīvi peldošo augu sastopamība	2-3	4	5	6-7
	Pavedienveidīgo zaļāļģu sastopamība	1-2	3-4	5	6-7
	Dziļums (m), līdz kuram sastopami iegremdētie augi	2,5 - 3	1,5-2,5	1-1,5	<1
<b>Zoobentoss</b>	-				
<b>Zivju fauna</b>	-				

## 2.2. UPES

### 2.2.1. Makrofīti

Makrofītu sugu sastāva un aizauguma pakāpes izmantošanai upju ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanai publicēti "ES Ūdeņu struktūrdirektīvas 2000/60/EC ieviešana Latvijā" beigu ziņojumi un informatīvie materiāli. Projektu realizēja Dānijas vides konsultāciju firma CarlBro a/s sadarbībā ar Latvijas firmu CarlBro Latvija SIA. Pēc izstrādātās Latvijas upju klasifikācijas, ir definēti 6 upju tipi, kuriem noteikti dabisko stāvokli raksturojošie rādītāji. Attiecībā uz makrofītiem jeb ūdens floru ir izdalīta indikatorsuga – Alpu glīvene *Potamogeton alpinus*, norādīta indikatorsugas klātbūtnes biežums, pētāmā upes posma spoguļvirsmas aizaugums procentos, kā arī katram tipam dabiskam stāvoklim atbilstošu sugu saraksts. Acīmredzot datu trūkuma dēļ līdzšinējā klasifikācijā upes dabisko stāvokli raksturojošās augu sugas ir norādītas gandrīz identiskas visos upju tipos un šis sugu saraksts ir ļoti īss, potamāla tipa upēm aprobežoties ar 1-3 sugām, kas atbilstu references stāvoklim.

Eiropas Savienības pētījumu projekta STAR (Standardization of River Classification: *Framework method for calibrating different biological survey results against ecological quality classifications to be developed for the Water Framework Directive*) ietvaros izveidota jauna metodika Eiropas upju novērtēšanai, kura balstās uz Lielbritānijā lietotās standartmetodikas principiem (Holmes et al., 1999). Izmantojot šo metodi, LU Bioloģijas institūta Hidrobioloģijas laboratorijā ir ievākti datu materiāls par makrofītiem 50 vidēja lieluma Latvijas upju posmos. Šie dati ir sagatavoti interkalibrācijas vajadzībām izveidotajā datu bāzē un iesūtīti Centrāleiropas - Baltijas GIG koordinātoram.

Līdz šim pārbaudīto indeksu: upju trofiju raksturojošie makrofītu indeksi (Mean Trophic Rank, MTR; Macrophytical Biological Index for Rivers, IBMR; MIR, Polish Macrophyte Index) un saprobitātes indekss, rezultāti rāda, ka Latvijas apstākļiem vispiemērotākie ir MTR un MIR indeksi, bet Latvijas saprobitātes indekss adekvāti neparāda upes ekoloģisko stāvokli. Indeksu aprēķini veikti ar LU Bioloģijas institūta Hidrobioloģijas laboratorijā ievāktajiem datiem, iegūtie rezultāti tiks nosūtīti Centrāleiropas - Baltijas GIG koordinātoram, lai salīdzinātu ar citās valstīs iegūtajiem rezultātiem.

Tā kā visām Latvijā sastopamajām sugām nav MTR indeksa aprēķinam piešķirta trofijas pakāpes vērtība, bet makrofītu skaits Latvijas upēs kopumā nav liels, nepieciešams piešķirt pēc iespējas visām sugām trofijas vērtību, kā tas ticis darīts Polijā. Izstrādājot novērtēšanas metodiku, būtiski ņemt vērā vides faktoros, kas ietekmē veģetācijas veidošanos upē. Piemēram, strauji tekošās upēs ar smilšainu grunti arī neapēnotos posmos makrofīti nespēj iesakņoties un sugu skaits ir ļoti neliels, tādēļ svarīgi novērtējumā ietvert pamatojumu, kādēļ kvalitāti adekvāti novērtēt nav iespējams un jāizvēlas citi kritēriji.

Pašlaik iespējams ekoloģiskās kvalitātes novērtējuma sistēmas izveidi veikt tikai vidēja lielām upēm, kur ir pietiekošs datu apjoms.

Pēc aprēķinu veikšanas ar Latvijas datiem, piemērotākais Latvijas apstākļiem ir MTR indekss, tas adaptēts arī Polijā, piemērojot vairākām sugām jaunu trofijas pakāpi, atbilstoši Polijas apstākļiem. Līdzīgi varētu veidot arī indeksu Latvijai, kam nepieciešami vēl papildus aprēķini un pētījumi. Arī pašlaik norādītās robežvērtības ir jāpārvērtē atbilstoši Latvijas apstākļiem, salīdzinot ar Polijā izdalītajām.

Mean Trophic Rank (MTR) aprēķināšana:

Izmantojot datus par sugu sastāvu un to sastopamību pētītajā upes posmā, nosaka ūdeņu piesārņojuma un eitrofikācijas pakāpi. Sugām ir piešķirta trofijas pakāpe no

1 līdz 10 (1 – piesārņotu ūdeņu sugas, 10 – tīru ūdeņu sugas). Sastopamība tiek novērtēta pēc 9 ballu skalas:



$$\text{Formula: MTR} = \frac{\sum(1-10) \times (1-9)}{\sum(1-9)} \times 10$$

Novērtējums: <25 – stipri eitrofi ūdeņi  
 25 – 45 – eitrofi ūdeņi  
 45 – 65 – vāji eitrofi ūdeņi  
 > 65 – tīri ūdeņi

Piemērojot šo trofisko gradāciju ŪSD noteiktajām kvalitātes klasēm, iegūstam šāda provizoriskas ekoloģiskās kvalitātes klašu robežvērtības:

H/G	G/M	M/P	P/B
65	45	25	<25

## 2.2.2. Zoobentoss

*Vidēja lieluma upju ekoloģiskā klasifikācijas izstrāde pēc makrozoobentosa*

Indeksu izvēle makrozoobentosam. Kaimiņvalstīs biežāk lietotie indeksi ir: kopējais taksonu skaits, Šenona daudzveidības indekss, British Average Score per Taxa (ASPT), EPT taksonu daudzveidība, Danish Stream Fauna index (Dānijas Upju faunas indekss) (DSFI), saprobitātes indeksi. Statistiskā metode - RDA (*Redundancy Analysis*) Latvijas datiem diemžēl neļāva izvēlēties kādu no šiem indeksiem, jo korelācijas ar antropogēnās ietekmes rādītājiem bija vājas. Tajā pašā laikā, RDA uzskatāmi parādīja, ka pašlaik Latvijā izmantotais Saprobitātes indekss atspoguļo pārsvarā vidēja lieluma upes tipu (ritrāls vai potamāls), nevis organisko piesārņojumu un nav piemērots ekoloģiskajai klasifikācijai pēc makrozoobentosa (sk. projekta atskaiti 2008. gadam). Turpmākajā darbā tika pārbaudīti četri kaimiņvalstīs biežāk izmantotie indeksi - DSFI indekss (8. Pielikums), ASPT indekss (7. Pielikums), EPT indekss un Šenona daudzveidības indekss.

Indeksu izvēlei tika pārbaudīts, vai to vērtības references ūdenstilpēs statistiski būtiski atšķiras no vērtībām stipri ietekmētās ūdenstilpēs, kuru ekoloģiskā kvalitāte ir vidēja vai slikta.

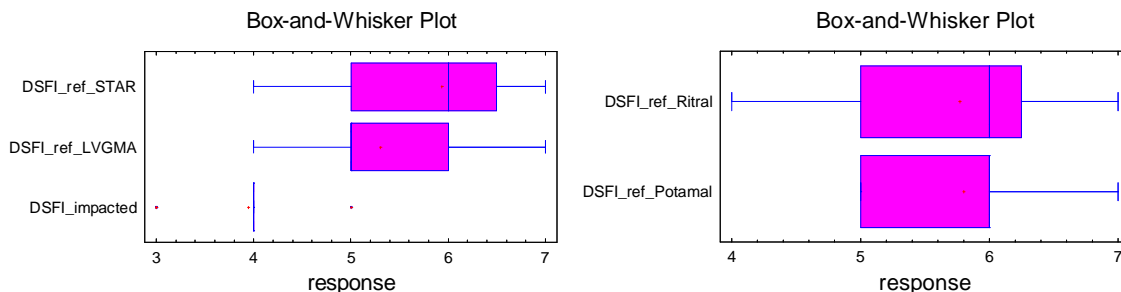
References upēm izmantoti:

- i. STAR projekta dati (2003. gads) Mergupei, Pededzei, Raunim, Rauzai, Strīķupei, Kojai (visām – augštece, vidustece, lejtece), Amulai (augštece, vidustece), Tumšupei, Līcupei, Korģei (visām – lejtece) (n=23);
- ii. LVĢMA dati Amatai 2008., Amulai 2003., Egļupei 2003., Irbei 2006., 2007., Korģei 2008., Mergupei 2003., 2007., Ogrei augšpus Lobes 2007., Pācei 2008., Pededzei 2007., Pērļupītei 2003., 2007., Pilsupei 2007., Raķupei 2006., 2007., Viesītei 2003., 2008. (n=18).

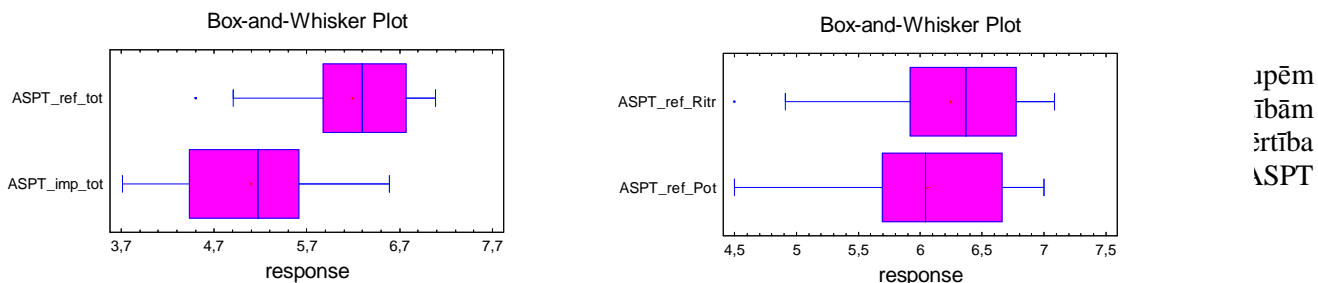
Stipri ietekmētām upēm, kuru ekoloģiskā kvalitāte ir ne augstāka kā vidējā, izmantoti LVĢMA dati Abulam 2004., 2006., 2007., Ālandei 2007., Aucei 2006., 2007., Balupei 2004., Bērzei lepus Dobeles 2006., 2007., Feimankai 2006., 2007., 2008., Īslīcei 2006., 2007., Islienai 2007., Kujai (2 punkti) 2007., Misai 2006., 2007., Mūsai (2 punkti) 2006., 2007., Platonei 2006., 2007., Rēzeknei augšpus Sūļupes 2006., 2007., Talķei 2008. (n=28).

Makrozoobentosa indeksu aprēķināšanā izmantota ASTERICS programma. Statistiskā analīze (ANOVA tabula un Box-and-Whisker diagramma) veikta izmantojot STATGRAPHICS Plus programmu.

Indeksu piemērotības pārbaude. **DSFI indekss** uzrādīja statistiski būtisku atšķirību starp ietekmētām un references vietām (ANOVA,  $p < 0.0001$ ), pie tam atšķirības starp LVĢMA un STAR datiem nebija būtiskas. Atšķirības starp ritālu un potamālu upju datiem nebija statistiski būtiskas. DSFI indekss var tikt izmantots Latvijas upju ekoloģiskās klasifikācijas izstrādē (2.2.2.1. attēls).

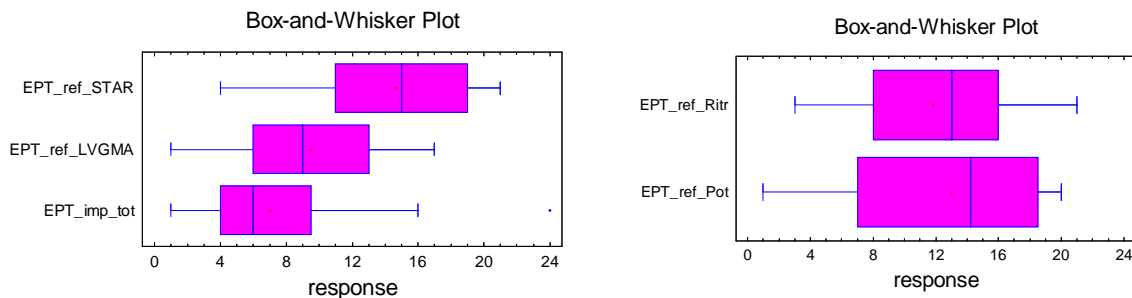


2.2.2.1. attēls. DSFI indeksa paraugkopu salīdzinājums vidēja lieluma: STAR un LVĢMA references – ietekmētām upēm (ANOVA,  $p < 0.0001$ ); ritāla - potamāla tipa upēm.



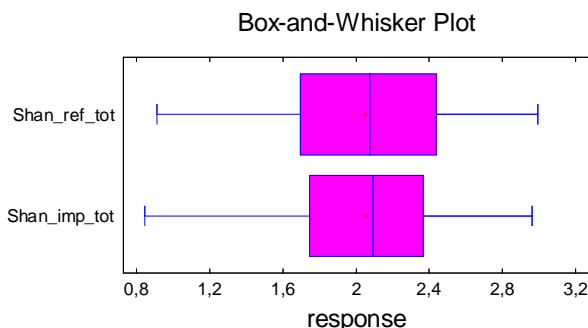
2.2.2.2. attēls. ASPT indeksa paraugkopu salīdzinājums vidēja lieluma: references – ietekmētām upēm (ANOVA,  $p < 0.0001$ ); ritāla – potamāla tipa upēm (ANOVA,  $p = 0.1$ ).

**EPT indekss** ir potenciāli ļoti piemērots ekoloģiskās klasifikācijas mērķim, jo ir mazāk atkarīgs no upes tipa (sk. 2.2.2.3. attēla labā puse); taču šis indekss ir stipri atkarīgs no parauga lieluma un analīzes veicēja kvalifikācijas. Tā EPT indeksa (taksonu skaitam) vērtība references upēm STAR un LVĢMA datiem atšķirās vairāk (mediānas attiecīgi 15 un 9), nekā vērtības references un stipri ietekmētām upēm LVĢMA datiem (mediānas attiecīgi 9 un 6; sk. sk. 2.2.2.3. attēla kreisā puse). Tādējādi, esošais datu klāsts neļāva izmantot šo indeksu ekoloģiskās klasifikācijas izstrādē Latvijas upēm.



2.2.2.3. attēls. EPT indeksa (taksonu skaitam) paraugkopu salīdzinājums vidēja lieluma: STAR un LVĢMA references – ietekmētām upēm; ritāla – potamāla tipa upēm.

**Šenona-Vīnera indekss** neatšķirās references un būtiski ietekmētām upēm (ANOVA,  $p>0.1$ ) (2.2.2.4. attēls), tādēļ nevar tikt izmantots Latvijas upju ekoloģiskās klasifikācijas izstrādei.



2.2.2.4. attēls. Šenona – Vīnera indeksa paraugkopu salīdzinājums vidēja lieluma references un ietekmētajām upēm (ANOVA,  $p>0.1$ ).

#### Ekoloģiskās klasifikācijas izstrāde saistībā ar Latvijas upju tipoloģiju

Ekoloģiskā klasifikācija upēm izstrādāta izmantojot vidēja lieluma upju datus, kas atbilst 3. un 4. tipam, kā arī mazākajām no lielajām upēm (5., 6. tips) – Irbe, Pededze (references vērtību noteikšana), Mūsa (stipri ietekmēta upe, kas izmantota datu salīdzinājumam ar references upēm); šīm 5. un 6. tipa upēm indeksu vērtības ietilpa 3. un 4. tipa upju mainības robežās.

Mazo upju (1. un 2. tips) datu klāsts nebija pietiekošs, taču arī šīm upēm praksē pielieto tās pašas ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanas metodes, kā vidējām upēm (3. un 4. tips), tādēļ mazajām ritrālām upēm (1. tips) ir izmantojama vidējām ritrālām upēm (3. tips) izstrādātā ekoloģiskā klasifikācija, bet mazajām potamālām (2. tips) – vidējo potamālo (4. tips) upju klasifikācija un ekoloģisko klašu robežas.

Lielākajām Latvijas upēm – Daugavai, Gaujas lejtecei un vidustecei, Lielupei, Ventai, Salacas lejtecei, to lielāko pieteku (Aiviekste, Lielā Jugla u.c.) lejtecēm, izstrādātā ekoloģiskā klasifikācija nav pielietojama to morfoloģisko un ekoloģisko īpatnību dēļ.

#### Ekoloģisko kvalitātes klašu robežu noteikšana

Ekoloģisko kvalitāšu klases tika noteiktas saskaņā ar Eiropas Kopienas vadlīnijām:

- i. van de Bund W. and Solimini A. 2006. Ecological Quality Ratios for ecological quality assessment in inland and marine waters. REBECCA Deliverable No. 10, European Commission DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Rural, Water and Ecosystem Resources Unit, 22 p.
- ii. Common Implementation Strategy for the Framework Directive (2000/60/EC) Guidance document No.13: “Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential”, 2005, European Communities, 47 p.

Ekoloģiskai klasifikācijai diviem izvēlētajiem indeksiem – DSFI un ASPT, noteiktas klašu robežas un tām atbilstošās ekoloģiskās kvalitātes attiecības (EQR) vērtības. Abu indeksu vidējais EQR paraugā veido LMCM (*Latvian Macrozoobenthos Common Metric*) indeksu. LMCM šobrīd ir vienīgais indekss, kas būtu jāizmanto upes ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanai pēc makrozoobentosa Latvijā.

### DSFI indeksa ekoloģisko klašu robežas

Indeksa vērtības ritrālām un potamālām upēm statistiski būtiski neatšķirās, tādēļ noteikta vienota ekoloģiskā klasifikācija abu tipu upēm. DSFI indeksu veido veseli skaitļi. References vērtība atbilst indeksa mediānai references upju paraugiem, kas šajā gadījumā bija 6. Stipri ietekmētām upēm, kuru ekoloģiskā kvalitāte nevar būt augstāka par vidējo, mediāna DSFI indeksiem bija 4. Tādējādi tika pieņemts, ka augstas kvalitātes upēm DSFI indeksa vērtība ir 6 un augstāka, labas – 5, vidējas 4, sliktas – 3, ļoti sliktas – 2 un mazāka (2.2.2.1. tabula).

2.2.2.1. tabula. DSFI indeksa (Dānijas upju faunas indesa) ekoloģisko klašu robežvērtības vidēja lieluma upēm (vienotas gan ritrāla, gan potamāla tipa upēm) un ekoloģiskās kvalitātes attiecība (EQR).

<b>Robežvērtības</b>	<b>DSFI indeksa vērtība</b>	<b>EQR</b>
References vērtība	6	1
Augsta - laba	5.5	0.92
Laba - vidēja	4.5	0.75
Vidēja - sliktā	3.5	0.58
Sliktā – ļoti sliktā	2.5	0.41

### ASPT indeksa ekoloģisko klašu robežas

Lai noteiktu references vērtību, tika aprēķināta mediāna vidēja lieluma references upju ASPT indeksiem. Ritrālām upēm (3.tips), tā bija 6.4, bet potamālām upēm (4.tips) – 6.0. Augstas – labas ekoloģiskās kvalitātes noteikšanai tika aprēķināta 25tā percentile references upēm, kuras vērtība ritrālām un potamālām upēm bija attiecīgi 5.9 un 5.7. Tika izvēlēta 25tā percentile, nevis 10tā percentile, lai mazinātu lielo datu izkliedi (ASPT vērtības references vietām no 7.0 līdz 4.5).

Dažādās ES dalībvalstīs dažādām makrozoobentosu metodēm labas vidējas klases robežas EQR variē no 0.6 līdz 0.86. LVĢMA datiem antropogēni ietekmētām upēm ASPT indeksa vērtības 60tā percentile bija 5.2, kas atbilst EQR 0.83 (abu tipu dati apvienoti, jo atšķirības nebija statistiski būtiskas, bet paraugkopas apjoms neliels). No šī EQR (0.83) tika aprēķināta ASPT indeksa robežvērtība labai-vidējai ekoloģiskai klasei. Augstāku percentili šai robežai izvēlēties nebija lietderīgi, sakarā ar lielo datu izkliedi - gan references, gan ietekmētām upēm. Tā, piemēram, 75tā percentile stipri ietekmētām upēm atbilda ASPT indeksa vērtībai 5.6, kas ir tuvu jau nākamās klases, augstas-labas ekoloģiskās kvalitātes, robežai. ASPT indeksa vidējas-sliktas un sliktas-ļoti sliktas ekoloģiskās klases robežas noteiktas pēc attiecīgajām DSFI EQR vērtībām (sk. augstāk) (2.2.2.2. tabula).

2.2.2.2. tabula ASPT indeksa ekoloģisko klašu robežvērtības 1., 3., un 2., 4. tipa upēm un ekoloģiskās kvalitātes attiecība (EQR)

<b>Robežvērtības</b>	<b>1. un 3. tips (ritrālas upes)</b>		<b>2. un 4. tips (potamālas upes)</b>	
	<b>ASPT indeksa vērtība</b>	<b>EQR</b>	<b>ASPT indeksa vērtība</b>	<b>EQR</b>
References vērtība	6.4	1	6.0	1
Augsta - laba	5.9	0.92	5.7	0.95
Laba - vidēja	5.3	0.83	5.0	0.83
Vidēja - sliktā	3.7	0.58	3.5	0.58
Sliktā – ļoti sliktā	2.6	0.41	2.5	0.41

### LMCM indeksa ekoloģisko klašu robežas

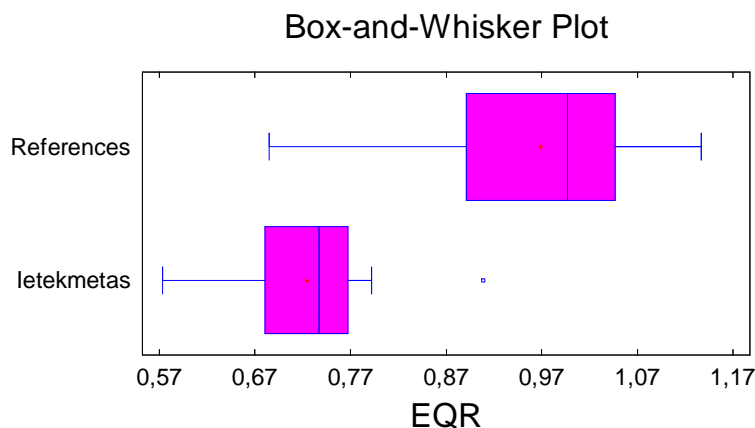
LMCM indeksa ekoloģisko klašu robežas izteiktas kā vidējais aritmētiskais no attiecīgajām DSFI un ASPT indeksu EQR robežām (2.2.2.3. tabula).

2.2.2.3. tabula. LMCM indeksa robežvērtības 1., 3. un 2., 4. tipa upēm un ekoloģiskās kvalitātes attiecība (EQR)

Robežvērtības	1. un 3. tips (ritrālas upes)			2. un 4. tips (potamālas upes)		
	DSFI EQR	ASPT EQR	LMCM	DSFI EQR	ASPT EQR	LMCM
References vērtība	1	1	1	1	1	1
Augsta - laba	0.92	0.92	0.92	0.92	0.95	0.94
Laba - vidēja	0.75	0.83	0.79	0.75	0.83	0.79
Vidēja - slikta	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Slikta – ļoti slikta	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41

### Izstrādātā upju makrozoobentosa LMCM indeksa pārbaude

Izstrādātais LMCM indekss pārbaudīts ar datiem, kas izmantoti tā izstrādē, lai noteiktu, vai tas pareizi klasificē paraugu ekoloģisko klasi – attiecīgi references upēm jāatbilst augstai ekoloģiskai kvalitātei, bet stipri ietekmētām upēm jābūt ne labākām kā vidēja ekoloģiskā kvalitāte. Aprēķinot LMCM indeksu, references paraugi atbilda augstai ekoloģiskai kvalitātei 71% gadījumu (29% gadījumu atbilda labai ekoloģiskai kvalitātei), bet stipri ietekmētu upju paraugi atbilda ne augstākai kā vidējai ekoloģiskai kvalitātei 89% gadījumos (11% gadījumu klasificēti kā atbilstoši labai ekoloģiskai kvalitātei). Šāds pareizas klasifikācijas procents vērtējams kā **augsts**, it īpaši attiecībā uz stipri ietekmētu upju paraugiem, kuriem ir īpaši būtiski nenovērtēt paraugus kā labai ekoloģiskai kvalitātei atbilstošus, ja tie patiesībā atbilst vidējai kvalitātei (2.2.2.5. attēls).



2.2.2.5. attēls. Izstrādātā LMCM indeksa ekoloģiskās kvalitātes attiecības (EQR) salīdzinājums references un ietekmētajām vidēja lieluma upēm.

Atsevišķu paraugu nepareizas klasifikācijas potenciālie iemesli ir sekojošie:

- i. Kļūdas references vietu izvēlē, kad daļa no tām patiesībā varētu neatbilst references apstākļiem; netieši par to liecina augstā makrozoobentosa indekss, it īpaši ASPT indeksa, vērtību izkliede;
- ii. Atsevišķas vietas, kas novērtētas kā stipri ietekmētas pēc ķīmiskajiem parametriem, patiesībā varētu tādas nebūt un atbilst labai ekoloģiskai kvalitātei;
- iii. Nepilnības paraugu ņemšanā (pārāk mazs parauga apjoms) un analīzē, neuzrādot visus patiesībā sastopamos taksonus; tas varētu attiekties uz LVĢMA datiem, kur atsevišķiem makrozoobentosa indeksiem references vietās bija būtiski zemākas vērtības, salīdzinot ar STAR projekta datiem;
- iv. Kļūdas nospraustajās ekoloģisko klašu robežās; taču darba gaitā tika pārbaudīti arī citi robežvērtību varianti, un šajos gadījumos pareizi klasificētu paraugu īpatsvars bija zemāks.

*Vidēja lieluma upju makrozoobentosa sabiedrību raksturojums; references sabiedrības*

#### Makrozoobentosa taksonu sastopamība atkarībā no grunts tipa

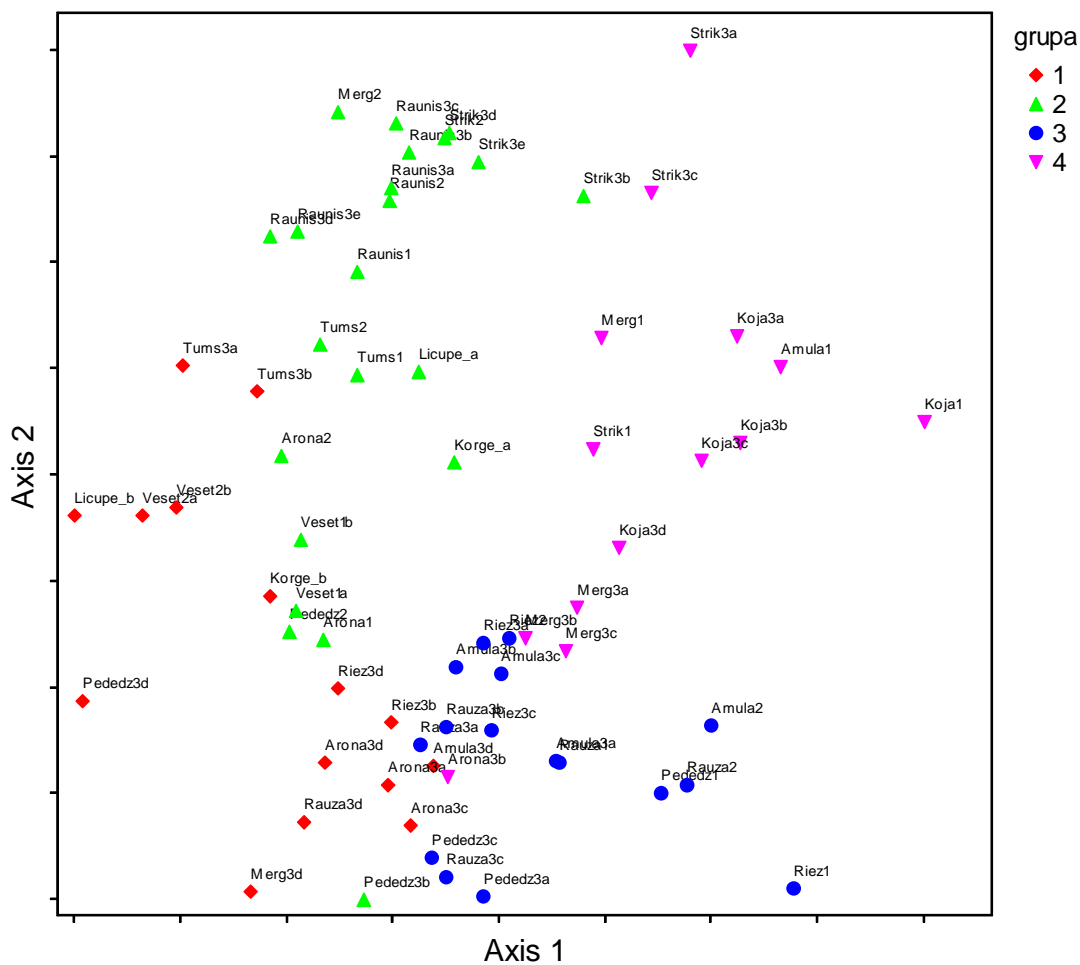
Viens no galvenajiem lokālā telpiskā mēroga abiotiskajiem faktoriem, kas ietekmē makrozoobentosa sugu sastāvu ir grunts sastāvs (piemēram, Allan 1995).

Veicot TWINSPAN klasifikācijas analīzi STAR projekta Latvijas vidēja lieluma upju makrozoobentosa paraugiem, otrajā dalījumu līmenī upes pēc makrozoobentosa taksonomiskā sastāva tika sadalītas četrās grupās. Lai interpretētu klasifikācijas analīzes rezultātus, tālāk tika veikta DCA un RDA analīze.

DCA ordinācijas grafika 1. ass statistiski būtiski ( $\alpha < 0.01$ ;  $n=67$ ) pozitīvi korelēja ar limnofilajām makrozoobentosa sugām, bet negatīvi - ar reofilajām makrozoobentosa taksonomiskajām grupām (2.2.2.6. attēls; 2.2.2.4. un 2.2.2.5. tabula).

2.2.2.4. tabula. Makrozoobentosa taksonomiskās grupas, kas statistiski būtiski korelē ar DCA 1. asi ( $\alpha < 0.01$ ;  $n=67$ )

Taksons	Korelācijas koeficients ( $n=67$ ; $\alpha < 0,001$ )
<i>Pisidium amnicum</i>	0,655
<i>Nepa cinerea</i>	0,469
<i>Anabolia laevis</i>	0,418
<i>Ancylus fluviatilis</i>	-0,409
<i>Paraleptophlebia</i> sp.	-0,449
Perlodidae Gen. sp.	-0,571
<i>Taeniopteryx</i> sp.	-0,552
<i>Elmis</i> sp.	-0,482
<i>Limnius</i> sp.	-0,512
<i>Oulimnius</i> sp.	-0,454
<i>Riolus</i> sp.	-0,517
<i>Hydraena</i> sp. Ad.	-0,671
<i>Micrasema setiferum</i>	-0,413
<i>Agapetus ochripes</i>	-0,525
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	-0,644
<i>Hydropsyche</i> sp.	-0,615
Lepidostomatidae Gen. sp.	-0,534
Polycentropodidae Gen. sp.	-0,411
<i>Psychomyia pusilla</i>	-0,453
<i>Rhyacophyla nubila</i>	-0,422
<i>Rhyacophyla</i> sp.	-0,538
<i>Antocha</i> sp.	-0,452



2.2.2.6. attēls. STAR upju paraugu makrozoobentosa datu DCA ordinācijas analīzes grafiks logaritmētiem datiem. Ar atšķirīgajām krāsām iezīmēti TWINSPAN dendrogrammas 2. daļējuma līmeņa klāsteri.

Ar DCA grafika 2. asi statistiski būtiski ( $\alpha < 0.01$ ) pozitīvi korelē gan reofilās, gan bieži sastopamās makrozoobentosa sugas, savukārt negatīvi – sugas, kas apdzīvo ar organisko materiālu bagātus substrātus, piemēram, CPOM un ūdenssūnas (2.2.2.5. tabula).

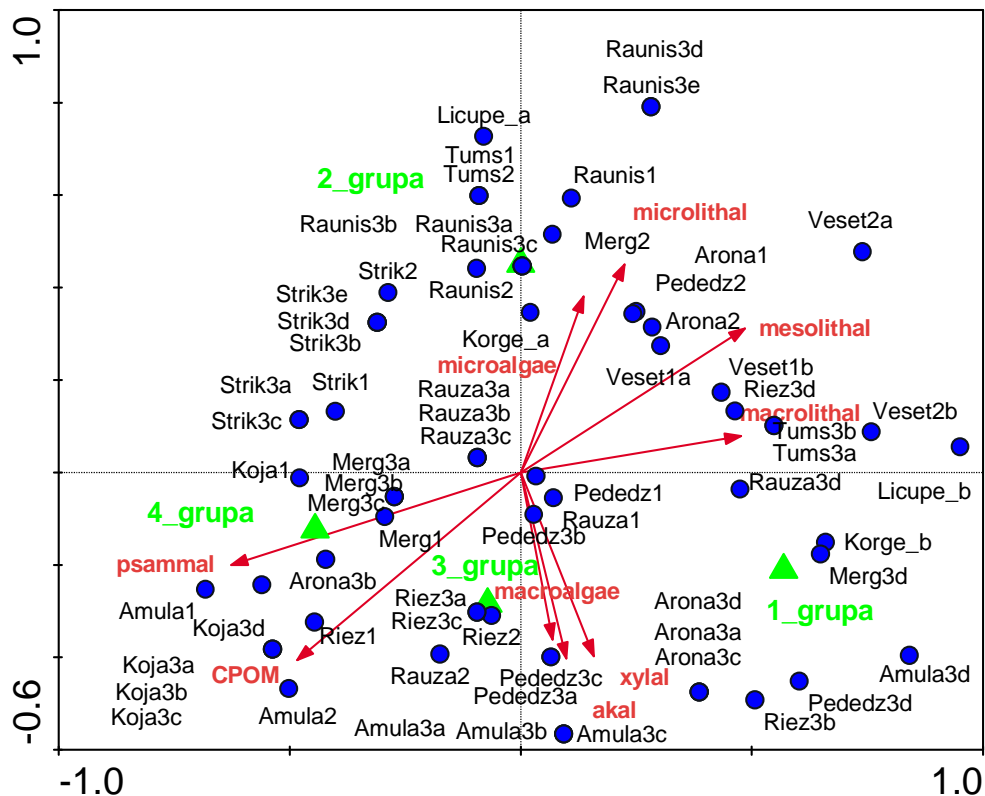
2.2.2.5. tabula. Makrozoobentosa taksonomiskās grupas, kas statistiski būtiski korelē ar DCA 2. asi ( $\alpha < 0.01$ ;  $n=67$ )

Taksons	Korelācijas koeficients (n=67; $\alpha < 0,001$ )
<i>Aulodrilus pluriset</i>	0,459
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	0,339
<i>Tubifex ignotus</i>	0,353
<i>Tubifex tubifex</i>	0,319
Tubificidae Gen. sp.	0,345
<i>Baetis rhodani</i>	0,365
Leuctridae Gen. sp.	0,305
<i>Amphinemura</i> sp.	0,368
<i>Silo pallipes</i>	0,399
<i>Lasiocephala basalis</i>	0,350
<i>Odontocerum albicorne</i>	0,458
<i>Rhyacophila nubila</i>	0,309
<i>Rhyacophyla</i> sp.	0,338
<i>Sericostoma personatum</i>	0,745
<i>Proclleon bifidum</i>	-0,45
<i>Brachycercus harrisella</i>	-0,31
<i>Caenis luctuosa</i>	-0,445
<i>Caenis</i> sp.	-0,306
<i>Heptagenia</i> sp.	-0,325
<i>Ophiogomphus cecilia</i>	-0,331
<i>Micronecta</i> sp.	-0,327
<i>Oulimnius</i> sp.	-0,715
<i>Lepidostoma hirtum</i>	-0,3
<i>Athripsodes albifrons</i>	-0,348
<i>Athripsodes cinereus</i>	-0,337
<i>Athripsodes</i> sp.	-0,609
<i>Anabolia laevis</i>	-0,332
<i>Potamophylax rotundipennis</i>	-0,434
<i>Cyrnus trimaculatus</i>	-0,37
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	-0,294
<i>Lype reducta</i>	-0,340
Lepidoptera Gen. sp.	-0,313
<i>Hexatoma</i> sp.	-0,486

Veicot RDA analīzi STAR projekta makrozoobentosa datiem un substrātu segumam %, statistiski būtiskas korelācijas ( $\alpha < 0,05$ ) taksoniem bija ar smilts, vidēja lieluma akmeņu, lielu akmeņu, CPOM, makroskopisko aļģu (grupā ietilpst arī ūdenssūnas *Fontinalis* sp.), oļu, koksnes, grants, mikroskopisko aļģu substrātiem, bet mazāk būtiskas – ar vidējo upes dziļumu un trīs substrātu tipiem – FPOM, iegremdēto makrofītu un ļoti lielo akmeņu substrātiem, kas bija mazāk raksturīgi pētītajām upēm.

Substrātu sastāvs tika sadalīts trīs grupās: 1. oļu – akmens substrāti, kas raksturīgi posmiem ar lielu straumes ātrumu; 2. smilts un CPOM substrāti; 3. – makroskopisko aļģu, ūdenssūnu, koksnes un grants substrāti. RDA grafika 1. ass atspoguļo organiskās izcelsmes materiāla daudzumu substrātā, bet 2. ass – straumes ātruma gradientu 2. attēls. Līdz ar to, pēc dominējošo substrātu sastāvu vidēja lieluma upes var iedalīt trīs grupās (2.2.2.7. attēls).





2.2.2.7. attēls. STAR upju paraugu logaritmētu makrozoobentosa datu un substrātu (%) RDA ordinācijas analīzes grafiks. Ar zaļu krāsu apzīmēti TWINSpan 2. daļījuma līmeņa klāsteri.

#### References sugu sabiedrības

Potenciālās references stāvokļa indikatoraugu vidēja lieluma upēm tika noteiktas, analizējot sugu relatīvo sastopamības biežumu (n=88) references apstākļiem atbilstošajās upēs un izmantojot literatūras datus. Pārējās sugas un citas taksonomiskās vienības tika raksturotas pēc to sastopamības biežuma: <11% upju – reti sastopami taksoni; 11-40% upju – vidēji bieži sastopami taksoni; > 40% upju – bieži sastopami taksoni (10. Pielikums).

“Bieži sastopamie taksoni” ir tipiskā vidēja lieluma upju makrozoobentosa fauna;

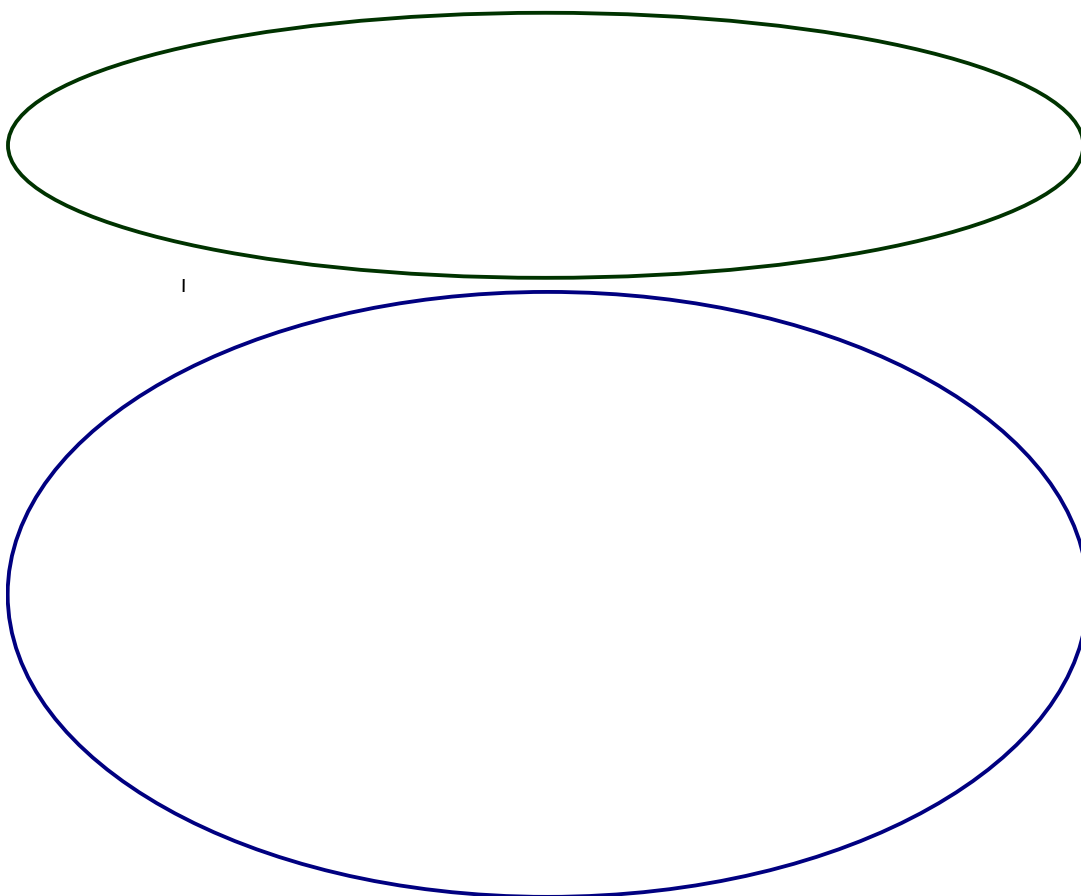
“Vidēji bieži sastopamie taksoni” – to sastopamība var mainīties, atkarībā no upes tipa, vai citiem faktoriem;

“Reti sastopamie taksoni” – šajā grupā ietilpst sugas:

- i. kuras reti sastopamas, vai to īpatņiem raksturīgs mazs blīvums;
- ii. sugas, kas samērā reti tiek ievāktas makrozoobentosa paraugos (piemēram, apdzīvo specifiskus biotopus (spāru kāpuri, divspārņu kāpuri), ātri pārvietojas (pieaugušās vaboles) u.c.);
- iii. sugas, kas nav tipiskas vidēja lieluma upēm, vai arī apdzīvo eitrofākus ūdeņus.

## *Upju ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes novērtēšana pēc makrozoobentosa.*

Praktiskās vadlīnijas upju ekoloģiskai novērtēšanai pēc makrozoobentosa ilustrē 2.2.2.8. attēls..



2.2.2.8. attēls. Shēma 1., 3. un 2., 4. tipa upju ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanai pēc makrozoobentosa.

### 1. Bioloģiskās kvalitātes noteikšanai izmantojamie parametri:

1.1. Bioloģiskās kvalitātes noteikšanai tiek izmantots DSFI (Dānijas upju faunas indekss) (Danish Stream Fauna index) un ASPT indekss (Average Score Per Taxon). Indeksu aprēķināšana, izmantojot ASTERICS programmu ir aprakstīta 1. pielikumā. DSFI indeksa apraksts pievienots 2. pielikumā un 3. pielikumā – ASPT indeksa apraksts.

1.2. Parauga ņemšana un analīze notiek saskaņā ar makrozoobentosam vispārpieņemto metodiku, un dotās vadlīnijas attiecas tikai uz parauga analīzi (protokola ar taksoniem un to skaitu) novērtēšanu.

1.3. Izmantojamas 1., 2, 3. un 4. upju tipu ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanai pēc makrozoobentosa.

1.4. DSFI un ASPT indeksi galvenokārt atspoguļo organisko piesārņojumu;

### 1.5. DSFI un ASPT indeksu EQR noteikšana

DSFI un ASPT klašu robežvērtības ir sekojošas:

2.2.2.6. tabula DSFI indeksa (Dānijas upju faunas indesa) ekoloģisko klašu robežvērtības vidēja lieluma upēm (vienotas gan ritrāla, gan potamāla tipa upēm) un ekoloģiskās kvalitātes attiecība (EQR).

Robežvērtības	DSFI indeksa vērtība	EQR
References vērtība	6	1
Augsta - laba	5.5	0.92
Laba - vidēja	4.5	0.75
Vidēja - slikta	3.5	0.58
Slikta – ļoti slikta	2.5	0.41

2.2.2.7. tabula ASPT indeksa ekoloģisko klašu robežvērtības 1., 3., un 2., 4. tipa upēm un ekoloģiskās kvalitātes attiecība (EQR)

Robežvērtības	1. un 3. tips (ritrālas upes)		2. un 4. tips (potamālas upes)	
	ASPT indeksa vērtība	EQR	ASPT indeksa vērtība	EQR
References vērtība	6.4	1	6.0	1
Augsta - laba	5.9	0.92	5.7	0.95
Laba - vidēja	5.3	0.83	5.0	0.83
Vidēja - slikta	3.7	0.58	3.5	0.58
Slikta – ļoti slikta	2.6	0.41	2.5	0.41

EQR (Ecological Quality Ratio) nosaka, dalot ASTERICS programmā aprēķināto indeksa vērtību paraugam ar references vērtību. DSFI indeksam references vērtība, neatkarīgi no upes tipa, ir 6, tādēļ  $DSFI\ EQR = \text{aprēķinātā vērtība} / 6$ .

ASPT indeksam ir atšķirīgas references vērtības ritrālām upēm – 1. un 3. tips un potamālām upēm – 2. un 4. tips, tādēļ indeksa EQR aprēķināšanai nepieciešams novērtēt upes tipu. Par ritrālām (jeb strauji tekošām) upēm uzskatā tās, kurām kritums ir  $> 1\text{ m/km}$ , bet potamālu (jeb lēni tekošu) upju kritums ir  $< 1\text{ m/km}$ . Šo informāciju parasti iegūst ar ĢIS palīdzību. Atkarībā no upes tipa, indeksa EQR aprēķinam izvēlas vienu no sekojošām formulām:

- i)  $ASPT\ EQR_{(1., 3. \text{ tips})} = \text{aprēķinātā vērtība} / 6,4;$
- ii)  $ASPT\ EQR_{(2., 4. \text{ tips})} = \text{aprēķinātā vērtība} / 6,0.$

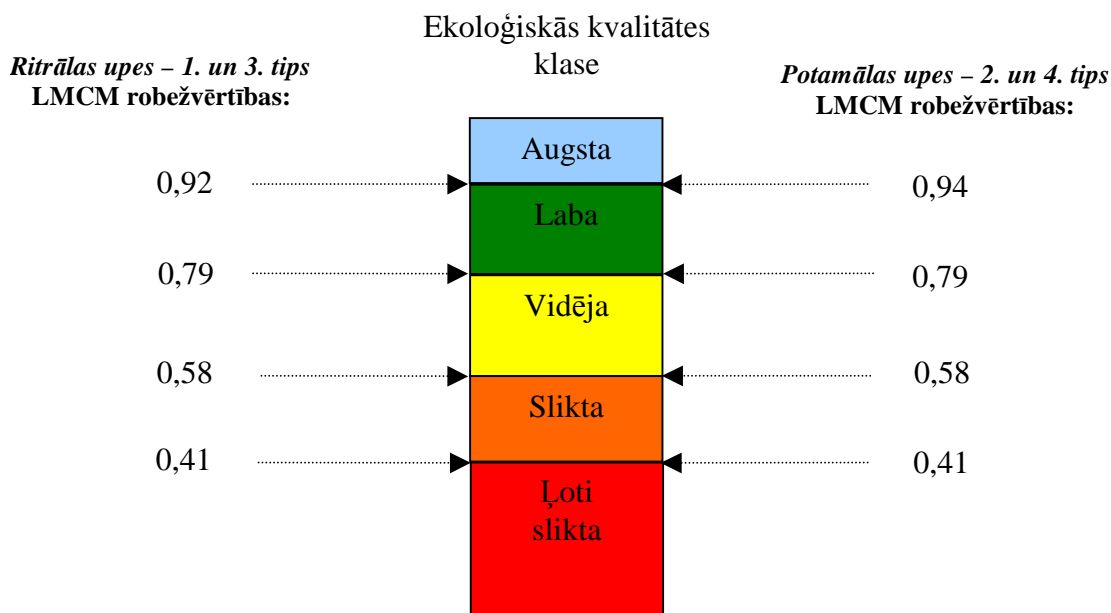
#### 1.6. LMCM indeksa aprēķināšana

LMCM (Latvian Macrozoobentos Common Metric) indekss ir vidējais aritmētiskais no divu indeksu – DSFI un ASPT EQR, tādēļ to aprēķina pēc formulas:

$$LMCM = (DSFI\ EQR + ASPT\ EQR) / 2$$

### 1.7. Ekoloģiskās kvalitātes klases noteikšana

Ekoloģiskās kvalitātes klasi paraugam nosaka pēc LMCM indeksa. Piederību kvalitātes klasei nosaka pēc sekojošas skalas (2.2.2.9. attēls):



2.2.2.9. attēls. LMCM ekoloģiskās kvalitātes klases noteikšana.

Atsevišķos gadījumos, kad datu nepilnības dēļ ir iespējams aprēķināt tikai vienu no indeksiem – DSFI vai ASPT, ir iespējams izmantot ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanā viena atsevišķa indeksa EQR, lai gan šāda novērtējuma ticamība būtiski samazinās (4.2.2.3. tabula).

2.2.2.8. tabula DSFI (1., 2., 3. un 4. tipa upēm), ASPT (ritrāla (1. un 3. tips) un potamāla (2. un 4. tips) tipa upēm) ekoloģiskās kvalitātes attiecība (EQR)

Robežvērtības	DSFI EQR	ASPT <sub>ritr (1.,3tipi)</sub> EQR	ASPT <sub>potam (2.,4.tipi)</sub> EQR
References vērtība	1	1	1
Augstas – labas klases robeža	0.92	0.92	0.95
Labas – vidējas klases robeža	0.75	0.83	0.83
Vidējas – sliktas klases robeža	0.58	0.58	0.58
Sliktas – ļoti sliktas klases robeža	0.41	0.41	0.41

### 1.8. Metodes precizitātes un ticamības intervāla noteikšana

Precizitātes un ticamības novērtēšanai ir nepieciešami vairāki paraugi, kas ievākti vienlaicīgi - vienā un tajā pašā vietā un laikā. LVGMA bentosa datu klāstā šādu paraugu nebija, tādēļ tika izmantoti STAR projekta dati augstas un labas kvalitātes upēm – 9 punkti, kuriem vienlaicīgi paņemti 3 paraugi, un 10 punkti, kuriem ņemti 2 paraugi. Katrai paraugu grupai aprēķināta LMCM indeksa precizitāte (*Precision*) un ticamības intervāla vērtība ar 95% varbūtību (*Confidence interval value*), izmantojot ASV Vides Aizsardzības aģentūras standartā No: EX000012.1 *Quality Assurance and Quality Control Data Standard* sniegtās vadlīnijas.

Precizitāte aprēķināta kā relatīvā novirze (procentos) no vidējās vērtības pēc formulas:

$$d_i = \frac{\sum (X_{1,2,..n} - X_{vid})}{(\sum X_{1,2,..n} / n)} * 100$$

Ticamības intervāla vērtība 95 % varbūtībai aprēķināta pēc formulas:

$$CIV = 0.95 * \text{standartnovirze} / \sqrt{n}$$

Vidējā relatīvā novirze nepārsniedza 10% (mediāna - 9%), tādēļ vidējo metodes precizitāti var novērtēt kā 90%. Ticamības intervāla vidējā vērtība un mediāna paraugu grupām bija  $\pm 0,03$ , un šo vērtību var uzskatīt par metodes vidējo ticamības intervālu ar 95% varbūtību (2.2.2.9. tabula).

2.2.2.9. tabula Precizitātes un ticamības intervāla vērtību variācija paraugos

	Relatīvā novirze, %	Ticamības intervāla vērtība
Variācijas robežas	0,2-20,3	0,001-0,075
Vidējais aritmētiskais (n=19)	9,6	0,031
Mediāna (n=19)	9,0	0,032

## 2. Bioloģiskā elementa kvalitātes noteikšana

### 2. 1. Metodes precizitāte un ticamības intervāls

Metodes vidējā precizitāte ir 90%. LMCM indeksa vidējais ticamības intervāls pie 95% varbūtības ir 0,03, tādēļ pieņem, ka arī ekoloģisko klašu robežu ticamības intervāls ir  $\pm 0,03$ .

### 2.2.3. Zivis

Upju zivju metožu iterkalibrācijas darba grupa sadalīta reģionālajās darba grupās- Latvija kopā ar Lietuvu, Igauniju, Vāciju, Dāniju, Holandi, Beļģiju, Franciju piedalās Lowland- Midland reģionālās grupas darbā. Nacionālās zivju metodes uz 2009.g. ir izveidotas un tiek lietotas Lietuvā, Vācijā, Holandē, Beļģijā un Francijā.

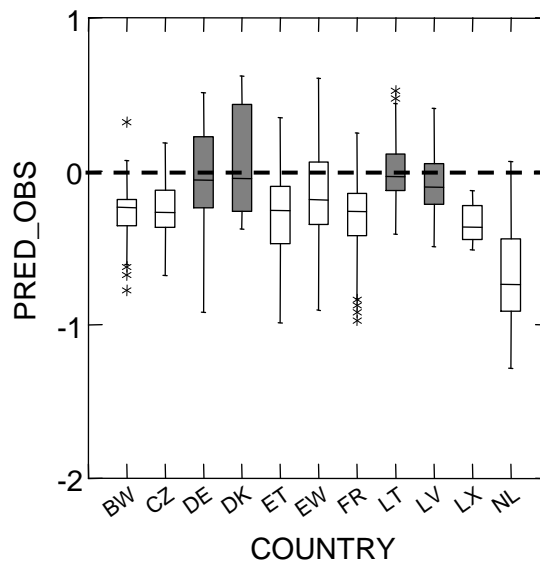
Upju ekoloģiskās kvalitātes noteikšanas metodes, kas balstītas uz zivju sabiedrību analīzi dažādās valstīs ir līdzīgas, tās sevī satur:

- 1) zivju sabiedrību tipu noteikšanu antropogēnās darbības mazskartās vai neskartās upēs;
- 2) noteiktam zivju sabiedrību tipam atbilstošo upju vai upju posmu, hidromorfoloģisko parametru noteikšana;
- 3) antropogēnas iedarbības faktoru klasifikācija un slodžu noteikšana;
- 4) zivju sabiedrību reakcijas uz antropogēno iedarbību analīze, tās vai citas ekoloģiskās kvalitātes klases piešķiršana upei vai upes posmam.

2.2.3.1. tabula. Zivju sabiedrības raksturojošie parametri, kas tiek lietoti upju ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijā

Upju tips	BE- Wallonia	BE- Flanders	CZ	EN-Walles	LT
Foreļu- alatu zona		Visi upju tipi	Visi upju tipi	Visi upju tipi	Jūtīgo sugu skaits
	Vidējais sugu skaits	Sugu skaits	Tipiskās sugas	Izmanto datus par 23 zivju sugām	Jūtīgo sugu indivīdu skaits
	Tipisko sugu skaits	Bentisko sugu skaits	Zivju skaits		Litofilo sugu skaits
	Sh-Vīnera indekss	% intoleranto sugu ind.	Reofilo sugu skaits		Litofilo sugu indivīdu skaits
	Migrējošo sugu skaits	Cottus/loach attiecība	Eiritop. sugu skaits		Toleranto sugu skaits
	Biomasa	Spec. nārsts			Toleranto sugu īpatņu skaits
	% invertivori	Vecuma sast.			Reofilo sugu īpatņu sk.
	% bentiskās zivis				Omnivoru sugu sk.
	% uz cieta substr. nārstojošas				
Barbes- plaužu zona	Sugu skaits				
	Tipisko sugu skaits				
	Līdakas biomasa				
	Līņa biomasa				
	Kopējā zivju biomasa				
	Biomasu attiecība-plēsīgās/pārējās				

Tabula 2.2.3.1. neaptver visas interkalibrācijas procesā iesaistītās valstis, taču pēc parametriem redzams, ka sistēmas, no vienas puses- ir ļoti dažādas, no otras- visas ir klasiskā IBI indeksa atvasinājumi.



2.2.3.1. attēls Interkalibrācijas rezultātu piemērs- LT indekss varētu būt piemērots Latvijai, bet potenciāli arī Dānijai un Vācijai.

### *Ihtiofaunas tipi*

Latvijas upju ihtiofaunas tipi līdz šim nav definēti. Lai veiktu šādu analīzi bija nepieciešams:

- 1) izvēlēties upes dažāda tipa upes ar pēc iespējas dabisku un neietekmētu zivju faunu;
- 2) veikt klasteranalīzi, kas ļauj grupēt (klasificēt) ihtiocenozes pēc to sastāvā ietilpstošām sugām;
- 3) salīdzināt cik lielā mērā šīs analīzes rezultāti atbilst Latvijas upju tipiem.

Klasteranalīze veikta ar Ward's metodi. Analīzē izmantoti elektrozevas rezultāti no antropogēnās darbības mazskartām upēm pēc sekojošiem kritērijiem:

- 1) upē (baseina robežās) nav aizsprostu leņķus parauglaukuma;
- 2) upes posms, kur veikta zveja, nav morfoloģiski pārveidots;
- 3) upei ir dabisks hidroloģiskais režīms.

Analīzei izmantots zivju skaits pa sugām uz laukuma vienību (100m<sup>2</sup>), lai normalizētu šo pazīmju sadalījumu tās transformētas  $\log(x+1)$  formā. Sugas, kuru īpatsvars kopējā zivju sabiedrībā vidēji mazāks par 1% analīzē netika izmantotas. Pavisam kopā analīzē izmantoti sekojoši dati pa upju tipiem (2.2.3.2.tabula)

2.2.3.2.tabula. Klasteranalīzē izmantoti dati

Upju tips	Paraugu skaits/upju skaits
I	59/28
II	3/2
III	34/17
IV	9/5
V	24/3
VI	13/4
Summa	142/59

Pēc 2.2.3.2.tabulas redzams, ka potamāla tipa upes datu masīvā ir mazpārstāvētas. To nosaka divi faktori. Tās ir līdzenumu upes, kas attīstoties lauksaimniecībai, sevišķi Lielupes UBA, morfoloģiski pārveidotas. Jāatzīst, ka šī tipa upes arī mazāk pētītas.

Pirmajā klasteranalīzes etapā noteicām optimālo klāsteru (zivju sabiedrību tipu) skaitu vienādu ar Latvijas upju tipoloģijā noteikto upju tipu skaitu N=6.

Klāsteranalīzes sākotnējo rezultātu analīze liecina, ka zivju sabiedrību tipu skaitu iespējams samazināt, vienkāršojot kopējo sistēmu. Savstarpēji līdzīgas ir I un II un IV un V klāsteros pārstāvētie parauglaukumi un upes. Dažādu tipu upes dažādos klāsteros ir pārstāvētas visai atšķirīgi. Apkopotie dati faktiski ļauj optimizēt zivju sabiedrību tipu skaitu līdz 4iem apvienojot attiecīgi I un II, IV un V klāsterus.

Tomēr, jau šajā analīzes etapā redzams, ka divi upju tipi mūsu analīzē pārstāvēti nepietiekami: 2 un 4, t.i., mazas un vidējas potamāla tipa upes. Šī tipa upes tek līdzenumu apgabalos, galvenokārt lauksaimniecības zemēs. Tāpēc lielākā daļa no tām ir pārveidotas, tām raksturīgas augstas kopējā N un P koncentrācijas. Mūsu rīcībā esošo datu apjoms ir nepietiekams, lai analīzē iekļautu lielāku skaitu antropogēnās darbības mazietekmētas šī tipa upes.

2.2.3.3.tabula. Klāsteru (zivju sabiedrību tipu) sastopamība pa Latvijas upju tipiem

Upju tipi	Klāsteri (zivju tipi)			
	I	II	III	IV
1	<b>28</b>	<b>30</b>	1	
2	3			
3	<b>29</b>	1	1	3
4	2		4	3
5	3		<b>13</b>	<b>8</b>
6			<b>13</b>	

2.2.3.4.tabula. Upju tipi (%) un zivju sabiedrību struktūras sadalījums

Upju tipi pēc pieņemtā iedalījuma	Klāsteri (zivju sabiedrību tipi)			
	I	II	III	IV
1	47,5	50,8	1,7	0,0
2	100	0	0	0
3	85,3	2,9	2,9	8,8
4	22,2	0,0	44,4	33,3
5	12,5	0,0	54,2	33,3
6	0	0	100	0

Pēc tabulā apkopotajiem datiem redzams, ka I klāstera zivju sabiedrības raksturīgas maza un vidēja lieluma upēm- 1., 2. un 3. tips. Savukārt II zivju sabiedrības tips sastopams mazajās upēs. III un IV zivju sabiedrību tipi sastopami lielajās upēs, no kurām lielākā daļa bijušas lašupes. Mūsdienās antropogēnās darbības rezultātā laša populācijas var būt zaudētas vai uzturētas mākslīgi.

2.2.3.5.tabula. Zivju sabiedrību tipiem (klāsteriem) atbilstošo upju raksturojums

Zzivju sabiedrību tips	Baseins virs parauglaik uma (km <sup>2</sup> )	Kritums (m/km)	Sugu skaits	Zivju skaits (eks./100 m <sup>2</sup> )
I	169,6	2,7	8,6	54,1
II	32,9	6,6	4,5	32,9
III	3534,2	0,6	11,6	68,7
IV	2749,0	0,7	11,6	153,8



## I zivju sabiedrību tips

Dominējošās sugas, kas sastopamas lielākajā daļā no apsekotajiem parauglaukumiem, ir bārdainais akmeņgrauzis (96.9%) un mailīte (92.3%). Kā bieži sastopamas sugas jāmin taimiņš un strauta foreles, kuras sastopamas attiecīgi 80.0% un 75.4%. Kopā šajās upēs ir konstatētas 28 zivju sugas. Tipiskas šādu upju piemērs ir Raunis, Strīkupe, Lētiža, Svētupe u.c. Šim upju tipam raksturīgs vēss ūdens (ne tik auksts kā II klāsterī pārstāvētajās upēs).

## II zivju sabiedrību tips

Raksturīgas aukstūdens tipa strauta foreles (*Salmo trutta fario*) un taimiņš (*Salmo trutta*). Raksturīgas vismazākais sugu skaits, šīm upēm tipiskas ir stenotermiskās zivju sugas. Kopā šajās upēs konstatēts mazākais zivju sugu skaits gan kopā (N=22), gan vidēji paraugā (n=4,5). Tām raksturīgas arī mazāks zivju īpatņu skaits. Par cik lielu daļu no šajās upēs dzīvojošo zivju biomasas veido maza izmēra īsi dzīvojošās sugas mailīte, bārdainais akmeņgrauzis, taimiņa un strauta foreles mazuļi, šīm upēm raksturīga arī mazāka produktivitāte.

Kā tipisks šādu upju piemērs minamas Gaujas baseina mazās upes- Vildoga, Rakšupe, Skaļupe u.c. Šīs upes būtiski atšķiras no citu tipu upēm- mazāku ūdensguves baseina platību un lielāku vidējo kritumu. Skābekļa saturs šo upju ūdenī >7 mg/l.

## III zivju sabiedrību tips

III zivju sabiedrību tipu veido piektajam un sestajam upju tipiem raksturīgas gan siltūdens, gan aukstūdens sugas. Šajā zivju sabiedrība lielākā daudzumā sastopamas karpu dzimtas zivis- sapals (*Leuciscus cephalus*), grundulis (*Gobio gobio*) un rauda (*Rutilus rutilus*), no citu dzimtu zivīm akmeņgrauzis (*Cobitis taenia*), kas biežāk sastopams vietās ar smilšainu upes gultni.

Kā tipisks šo upju piemērs minamas tādu ūdensteču kā Salaca, Gauja, Venta, Mēmele, Lielā Jugla potamāla posmi ar kritumu <1m/km.

## IV zivju sabiedrību tips

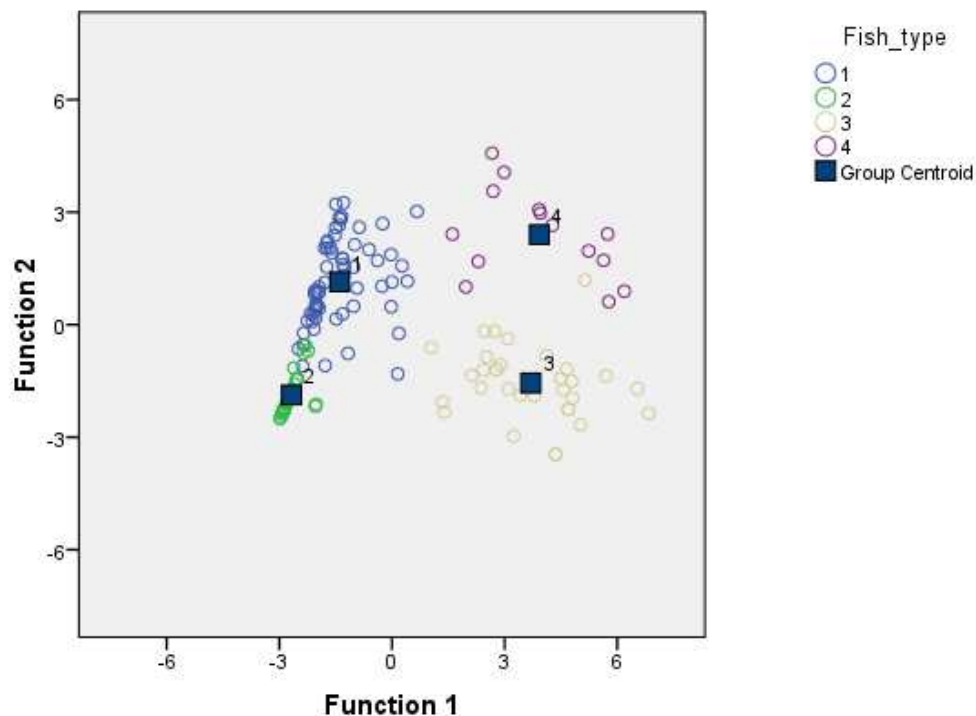
IV zivju sabiedrības tips raksturīgs lašupēm ritrāla posmos. Tas pārstāvēts ar tādām zivju sugām kā grundulis (*Gobi gobio*), sapals (*Leuciscus cephalus*), pavīķe (*Alburnoides bipunctatus*), mailīte (*Phoxinus phoxinus*), bārdainais akmeņgrauzis (*Noemacheilus barbatulus*), ap 60% parauglaukumu sastopami laša un taimiņa mazuļi. Taču būtiski atšķiras to skaits- laša mazuļu dzudzums vidēji robežās no 20- 30 eks./100m<sup>2</sup>, bet taimiņu tikai 1 eks./100m<sup>2</sup>.

Siltūdens upes, ūdens temperatūra vasarā pārsniedz 20 C, tām raksturīga lielāka sugu daudzveidība gan upē (N=32), gan parauglaukumā (n=11,6).

Lai novērtētu mūsu ieteikto zivju sabiedrību iedalījumu četros tipos, tika veikta diskriminantanalīze, par klasificējošo pazīmi izmantojot noteikto zivju sabiedrību tipu, bet par neatkarīgajām zivju skaitu pa sugām logaritmiskā formā (12. Pielikums). Lineārās diskriminantu funkciju vērtības liecina, ka rezultāti visumā sakrīt ar klāsteranalīzes rezultātiem. Tā lasim lielākās koeficienta vērtības atbilst IV tipa zivju sabiedrībām, kas raksturīgas lašupju ritrāla posmiem, kuros tipiskas sugas ir arī sapals, mailīte un pavīķe. Savukārt rauda, sandarts un akmeņgrauzis ir raksturīgs lašupju potamāla posmiem (III klāsteris), kas vienlaikus būtu definējami kā karpu dzimtas zivju upes. Mazajām aukstūdens upēm (II zivju tips) lielākie diskriminantu funkcijas koeficientu vērtības uzrāda šo upju tipisks iemītņieks-taimiņš.

Analīzes rezultāti liecina, ka 94.4% gadījumu zivju sabiedrības tips ir noteikts pareizi.

### Canonical Discriminant Functions

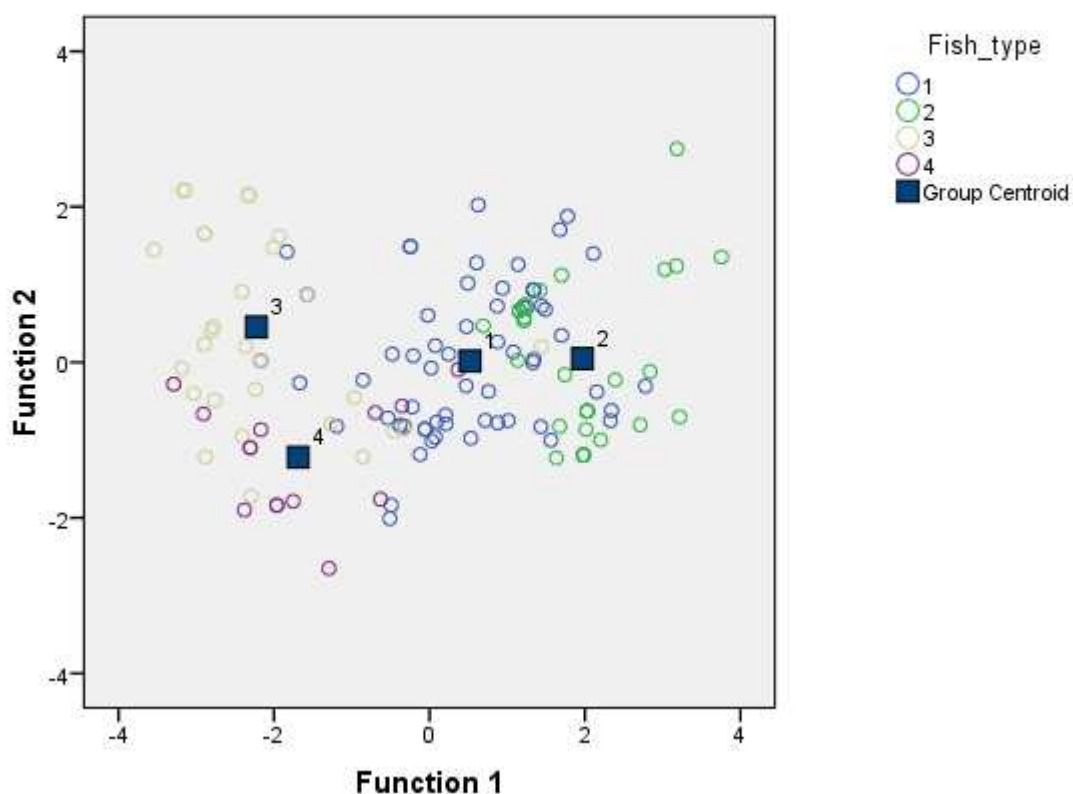


2.2.3.2.attēls Zivju sabiedrību tipu diskriminantanalīzes rezultāti

Latvijas upju tipoloģija, kurā izmantoti divi parametri, baseina platība un upes vidējais kritums, veidota neanalizējot zivju izplatību un sastopamību. Tāpēc bija nepieciešams analizēt, cik lielā mērā šī tipoloģija atbilst vai neatbilst zivju sabiedrību tipiem upēs. Šī analīze nepieciešama arī, lai prognozētu, kādam jābūt zivju sabiedrību sastāvam tajās vai citās upēs un salīdzinātu to ar faktisko zivju sabiedrību stāvokli.

Zivju sabiedrību apsekošana un analīze tiek veikta konkrētās vietās, tāpēc bija nepieciešams nedaudz modificēt vides parametrus: upes baseina vietā izmantojām SQ- upes baseina platību augšpus parauglaukuma. Otrs nozīmīgs parametrs- upes kritums raksturots ar diviem rādītājiem- upes vidējo kritumu (Slope) tās tecējuma garumā un upes kritumu (Slope\_place) parauglaukuma posmā (mazajās upēs 1km garumā, vidējās- 3km, lielajās 5 km). Tas nepieciešams, jo Latvijas apstākļos reti sastopamas „tīra” tipa- potamāla vai ritrāla upes. Parametrs- upes platums (Width), kas faktiski raksturo, kādā attālumā no tās iztekas veikta pētnieciskā zivju uzskaitē. Ūdens temperatūra, kas mērīta zvejas vietā, neietekmēja upju klasifikāciju un tika izslēgta no diskriminantanalīzes. Vides dati izteikti logaritmiskā formā.

## Canonical Discriminant Functions



### 2.2.3.3.attēls. Zivju sabiedrību tipi atkarībā no vides parametriem

Par klasificējošo pazīmi izmantojot klāster un diskriminantanalīzē izdalītos zivju sabiedrību tipus, iegūtas diskriminanta funkcijas vērtības, kuras tika izmantotas teorētiskajai vai prognozējamai upju sadalīšanai atbilstoši zivju sabiedrību tipiem. Šīs diskriminantu funkciju vērtības iegūtas no datiem par upēm, kas analīzei atlasītas kā *references* vai cilvēka darbības mazietekmētas upes.

Grupēšanas rezultāti dod apmierinošu rezultātu, jo 73,2% gadījumu vides parametri atbilst prognozētajam zivju sabiedrību tipam. Novirzes acīmredzot izskaidrojamas ar nepilnībām zivju uzskaitē vai references vietu un upju atlasē. Attiecīgi pa upju tipiem atšķiras arī dominējošās zivju sugas.

Gan klāster, gan diskriminantanalīze dod līdzīgus rezultātus, kas, pēc mūsu rīcībā esošajiem datiem par zivju sabiedrību struktūru, ļauj Latvijas upēs izdalīt četrus zivju sabiedrību tipus.

Lai noskaidrotu, cik lielā mērā un kādā virzienā mūsu analīzē izmantotās vides parametru vērtības ietekmē dažādu zivju sugu sastopamību un šo sugu īpatņu relatīvo skaitu, tika veikta korelācijas analīze. Tā parāda dažu zivju sugu, kas deva lielākās diskriminantu funkciju vērtības zivju sabiedrību klasifikācijā, saistību ar vides parametriem. Tā lasis relatīvi vairāk sastopams lielākās upēs ar vidēju kritumu, taču straujteču posmos ar cietu upes gultnes substrātu.. Taimiņš gluži pretēji- mazajās aukstūdens upēs ar lielu kritumu, arī iztaektās aukstūdens upēs. Pavīķe, līdzīgi kā lasis, sastopama lielākajās upēs, pie tam dod priekšroku siltāka ūdens apstākļiem.

Iepriekš veiktā analīze liecina, ka veidojot Latvijas upju ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijas sistēmu, jāvadās pēc sokojošas pieejas:

1. Jāatlasa antropogēnās darbības mazietekmētas upes vai upju posmi, uz šo datu bāzes jāizveido zivju sabiedrību tipoloģijas sistēma.

2. Jāanalizē, kādi vides un upju morfoloģiiskie parametri nosaka tās vai citas upes vai upes posma atbilstību noteiktam zivju sabiedrības tipam.

3. Jāanalizē, kādi no antropogēnās iedarbības faktoriem visbūtiskāk ietekmē zivju sabiedrību struktūru.

4. Balstoties uz antropogēnās iedarbības faktoru analīzi, jānosaka, kādai ekoloģiskās kvalitātes klasei atbilst konkrētais ūdensobjekts.

#### *Antropogēnās iedarbības faktori*

Parasti antropogēnās iedarbības faktoros uz upēm, līdz ar to uz upju zivju sabiedrībām, grupē sekojoši:

- 1) pieejamība ceļotājzivīm u.c. zivju sugu migrācijām (connectivity factor);
- 2) toksiskais piesārņojums (arī toxic acidification);
- 3) morfoloģiskās izmaiņas. Šī ir plašāka faktoru grupa, pie kuras var pieskaitīt antropogēnās darbības izraisītās izmaiņas upes gultnē, krastos, baseinā;
- 4) biogēnu (N, P) slodze;
- 5) izmaiņas hidroloģiskajā režīmā (kas var skart caurteci, ūdens līmeņa svārstības u.c.).

Šiem faktoriem atkarībā no to iedarbības intensitātes tiek piešķirtas ranžētas vērtības, kuras apvienojot var iegūt nosacītu kopējo (global) antropogēnās iedarbības raksturlielumu. Šāds novērtējums jāveic katrai no analīzē iekļautajām upēm un parauglaukumiem. Pēc iepriekšminētā vērtējuma veic korelācijas analīzi starp antropogēno slodžu rangiem un zivju sabiedrību raksturojošiem lielumiem zivju skaits un biomasa pa sugām, zivju skaits un biomasa pa ekoloģiskajām grupām (guilds).

Antropogēno slodžu rangu vērtību noteikšana bija sarežģīta, jo Latvijā šāds vērtējums iepriekš nav veikts, arī pieejamā informācija ir visai ierobežota. Atsevišķu slodžu gadījumā bija jāveic papildus izpēte, izmantojot kartogrāfisko materiālu, ekspedīciju un zvejas protokolu apstrāde.

Aizsprosti u.c. šķēršļi leļpus apsekotās vietas ietekmē zivju sugu skaitu, kas sastopams upē. Latvijas apstākļos tās ir tādas zivju sugas kā upes nēģis, taimiņš, lasis, vimba, sīgas ceļojošā forma, daļēji arī zutis. Jāņem vērā, ka šķērslis var būt daļēji pārvarams sugām, kas ir labi peldētāji, kā arī augsta ūdens līmeņa apstākļos. Šāds šķērslis ir, piemēram, Ventas rumba, bijušo aizsprostu sliekšņi Salacas un Rīvas upēs u.c. Kopumā Latvijā apkopota informācija par mazo HES aizsprostiem ar precīzu to atrašanās vietu u.c. informāciju. Ūdensdzirnavu aizsprostu skaits un atrašanās vieta oficiāli nav apkopota.

Upi vai upes posmu var ietekmēt arī aizsprosts augštecē. Tā ietekmē, piemēram, upē var parādīties upēm netipiskas zivju sugas.

Toksiskajam piesārņojumam Latvijas upēs ir drīzāk gadījuma raksturs, mēs ierosinām šo ietekmi neņemt vērā.

Morfoloģiskas izmaiņas upēs novērtētas izmantojot kartogrāfisko materiālu (upē kopumā kā % no pārveidotā upes garuma, pēc tam ranžējot), kā arī pēc lauka darbu žurnāliem (attiecībā uz parauga ievākšanas vietu). Izmaiņas upes baseinā kopumā novērtētas izmantojot Corine datu bāzi. Tās izteiktas kā pārveidotās (arāmzemes, urbanizēto un industriālo platību summa baseinā) baseina platības īpatsvars %, kas ranžēts 5 grupās.

Biogēnu slodzi novērtēt ir salīdzinoši sarežģīti. LVĢMA materiālos pieejami slodžu aprēķini pa ūdensobjektiem pa slodžu veidiem no dažādiem avotiem- rūpnieciskie, lauksaimnieciski, komunālie, kas izteikti kā N un P tonnās gadā. Taču nav ņemts vērā apstākļi, ka ūdensobjekti bieži nesakrīt ar upēm. Lielās un vidējās upēs var ietilpt vairāki ūdensobjekti. Sākotnējā analīzes variantā mēs izmantojām formālu slodžu aprēķinu biogēnu slodzi izsakot kā elementa t/gadā uz 1 baseina km<sup>2</sup>.

Daļai upju pieejami monitoringa dati par kopējo N un P saturu ūdenī. Sākotnējā analīzes variantā izmantojām arī šos datus, koncentrāciju skaitliskās vērtības grupējot pa procentiļēm un katrai no grupām piešķirot ranga vērtību no 1 līdz 5. Jāatzīmē, ka ne visām monitoringa stacijām biogēnu analīzes ievāktas un mērītas reizi mēnesī, t.i., 12 reizes gadā. Šis apstākļis varētu ietekmēt aprēķinātās vidējās N un P vērtības.

Izmaiņas upju hidroloģiskajā režīmā var radīt uz upes izbūvēta HES, kas strādā ūdens uzkrāšanas režīmā. Taču šīs ietekmes būtiskumu grūti novērtēt, jo nav datu par to vai šīs ietekmes rezultātā mainījušās zivju sabiedrības. Hidroloģisko režīmu ietekmē arī upju iztaisnošana un noteces pārdalīšana uz blakus esošas upes baseinu (piemēram, Palsas upes augštece savulaik pārdalīta uz Vizlas baseinu). Taču arī šīs ietekmes var novērtēt tikai nosacīti, jo nav datu par zivju sabiedrību stāvokli pirms veiktajām pārmaiņām. Sākotnējā analīzē mēs šo antropogēnās iedarbības faktoru neiekļāvām.

2.2.3.6.tabula. Antropogēnās iedarbības faktoru slodžu vērtības

Faktors	Ranžēšanas metode	Faktorslodžu vērtības				
		1	2	3	4	5
Upes pieejamība	Eksperta vērtējums	Nav aizsprostu	Daļēji pārvarams šķērslis			Nepārvarams šķērslis
Morfoloģiski pārveidojumi upē zvejas vietā	Pārveidojumu intensitātes procentiļe, kartogrāfiskais materiāls	Dabiska upe		Iztaisnota		Tehnogēni pārveidota, U profils, izmainīts straumes ātrums
Pārveidojumi tiešā parauglaukuma tuvumā upes krastos	Eksperta novērtējums, procentiļe	Līdz 10%	<10% <25%	<25% <50%	<50% <75%	Vairāk kā 75%
Morfoloģiski pārveidojumi visā upē	Eksperta vērtējums	Nebūtiski pārveidojumi	Nelieli pārveidojumi augšpus zvejas vietas	~50% no upes pārveidoti		Lielākā daļa vai visa upe taisnota
Biogēnu slodze baseinā- N	LVĢMA dati	0,1	0,2	0,3	0,4	>0,4
Biogēnu slodze baseinā- P	LVĢMA dati	0,01	0,02	0,03	0,04	>0,04
Zemes izmantošana baseinā		Līdz 50%		50- 75%		>75%

Vidējo antropogēno ietekmi nosaka kā aritmētisko vidējo no šiem 7 parametriem. Šos vidējos ranžē piecās grupās 1- 1,8; 1,8- 2,6; 2,6- 3,4; 3,4- 4,2; 4,2- 5,0.

2.2.3.7. tabula Antropogēnās ietekmes klašu vērtības analīzē iekļautajām upēm

Zivju sab. tips	Antropogēnās ietekmes klases					summa
	1	2	3	4	5	
I	74	56	32	8		170
II	43	4				47
III	71	12	1	1		85
IV	62	31	13	3	1	110
summa	250	103	46	12	1	<b>412</b>

Mūsu rīcībā esošajiem datiem piemīt acīmredzami trūkumi:

- faktiski nav pārstāvēta augstākās antropogēnās iedarbības (visdegradētākais) ekoloģiskās kvalitātes līmenis;
- pašlaik nav iespējams novērtēt antropogēnas darbības ietekmi uz upju hidroloģisko režīmu;
- nepietiekoši daudz datu par ūdens kvalitāti, t.i., biogēnu u.c. elementu tiešie mērījumi, sevišķi upēm, kuras klasificētas kā II zivju sabiedrību tipa upes.
- mūsu rīcībā ir maz datu par cilvēka darbības ietekmētām II zivju tipa upēm.

Korelācijas analīze parāda būtiskas koeficientu vērtības starp dažu zivju sugu īpatņu relatīvo skaitu un antropogēnās iedarbības faktoriem, kas raksturo morfoloģiskos pārveidojumus upē (parauglaukuma un upes līmenī). Negatīvas sakarības novērojamas tādu ekoloģiski jutīgu ceļotājzivju kā lasis un taimiņš īpatņu skaitu un kopējo antropogēnās iedarbības līmeni. Savukārt tādu sugu kā līdaka, rauda, vēdzele un grundulis īpatņu skaits pieaug, pieaugot dzīvotņu degradācijas pakāpei (13. Pielikums).

Dažādas zivju sugas apvieno ekoloģiskās grupās (guilds) par klasificējošo pazīmi izvēloties tām kopīgas īpašības - ekoloģisko jutīgumu, līdzības vairošanās un barošanās procesos, un analizē, kā šie parametri reaģē uz antropogēnās iedarbības faktoru izmaiņām.

Korelācijas analīzes rezultāti liecina, ka analīzē varētu būt problēmas ar biogēnu slodzes novērtējumu, jo šī faktora vērtības korelē tikai ar vienu no zivju sabiedrības raksturojošiem lielumiem. Nav konstatēta arī sakarība starp zemes lietošanas veidu un zivju ekoloģiskajām grupām.

Salīdzinoši labas sakarības novērojamas starp zivju ekoloģiskajām grupām un upju morfoloģiskajiem pārveidojumiem. Tā, regulētās vietās un upēs, kā arī upēs, kur nav iespējama ceļotājzivju migrācija novērojama ekoloģiski jutīgo zivju sugu īpatņu skaita samazināšanās, mazāk arī sugu - kukaiņēdāju. Pretēji tam, morfoloģiski pārveidotās un aizsprostotās upēs pieaug tādu sugu kā līdaka un vēdzeles daudzums. Šīs ir plēsīgas zivju sugas, to bioloģija lielā mērā saistīta ar lēni tekošiem vai stāvošiem ūdeņiem.

### Upju ekoloģiskās kvalitātes klašu noteikšana- diskriminantanalīzes rezultāti

Nākošais analīzes solis - zivju sabiedrības tipu upju klasifikācija pa antropogēnās iedarbības faktoru vērtībām. Diskriminantanalīze tika veikta pakāpeniski, iekļaujot arvien vairāk klasificējošo pazīmju, kas grupētas sekojoši:

- 1.Zivju skaits pa sugām N uz 100m<sup>2</sup>.
- 2.Zivju biomasa pa sugām uz 100m<sup>2</sup>.
- 3.Zivju skaits un biomasa pa ekoloģiskajām grupām (guilds).

#### I zivju sabiedrību tips

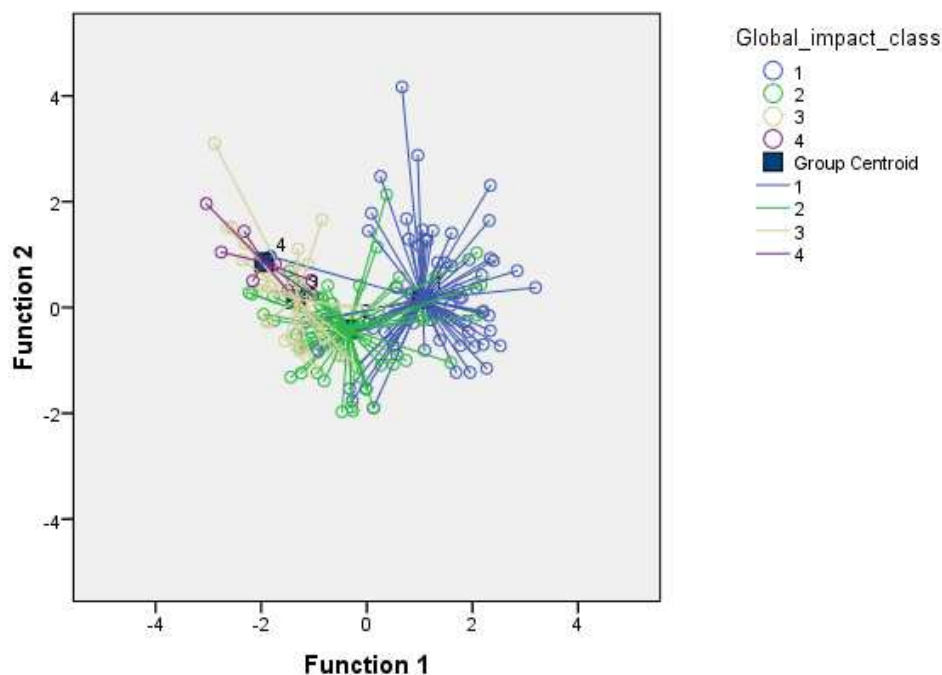
Analīzē iekļautas 170 vietas no 69 upēm.

2.2.3.8.tabula. Klasifikācijas koeficientu vērtības diskriminantanalīzē izmantojot zivju skaitu, biomasu pa sugām un zivju sugu skaitu

Parametrs	Ekoloģiskās kvalitātes klase			
	1	2	3	4
Esox lucius_log(1+N)	2,071	3,696	6,302	5,814
Gobio gobio_log(1+N)	-3,945	-3,355	-3,090	0,191
Salmo trutta_log (1+biom)	1,976	0,394	-,184	-,275
Alburnoides bipunctatus_log (1+biom)	0,123	-1,601	-1,498	-2,963
Pungitius pungitius_log (1+biom)	-2,493	-2,333	3,599	1,204
Perca fluviatilis_log (1+biom)	-1,990	-1,564	-,938	0,304
Gymnocephalus cernua_log (1+biom)	6,964	3,315	1,995	0,550
Sugas_vieta_logNsugas	34,419	34,344	29,640	23,669
Konstante	-15,819	-14,525	-12,371	-10,869

Fisher's linear discriminant functions

### Canonical Discriminant Functions



2.2.3.4.attēls. I zivju sabiedrību tipa upju klasifikācijas rezultāti pa ekoloģiskās kvalitātes klasēm

Iegūtās klasifikācijas koeficientu vērtības ļauj korekti klasificēt 60% no I tipa upēm (2.2.3.9.tabula).

2.2.3.9.tabula Klasifikācijas rezultāti<sup>b,c</sup> pēc N, biomasas (pa sugām) un sugu kopējā skaita

		Antrop. Ietekmes klase	Prognozētā piederība klasei				
			1	2	3	4	Kopā
Original	Skaitis	1	53	17	3	1	74
		2	13	29	10	4	56
		3	1	10	15	6	32
		4	0	0	3	5	8
	%	1	<b>71,6</b>	23,0	4,1	1,4	100,0
		2	23,2	<b>51,8</b>	17,9	7,1	100,0
		3	3,1	31,2	<b>46,9</b>	18,8	100,0
		4	,0	,0	37,5	<b>62,5</b>	100,0
Cross- validated <sup>a</sup>	Skaitis	1	50	17	4	3	74
		2	14	27	11	4	56
		3	1	11	13	7	32
		4	0	1	4	3	8
	%	1	67,6	23,0	5,4	4,1	100,0
		2	25,0	48,2	19,6	7,1	100,0
		3	3,1	34,4	40,6	21,9	100,0
		4	,0	12,5	50,0	37,5	100,0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case. b. 60,0% of original grouped cases correctly classified. c. 54,7% of cross-validated grouped cases correctly classified.



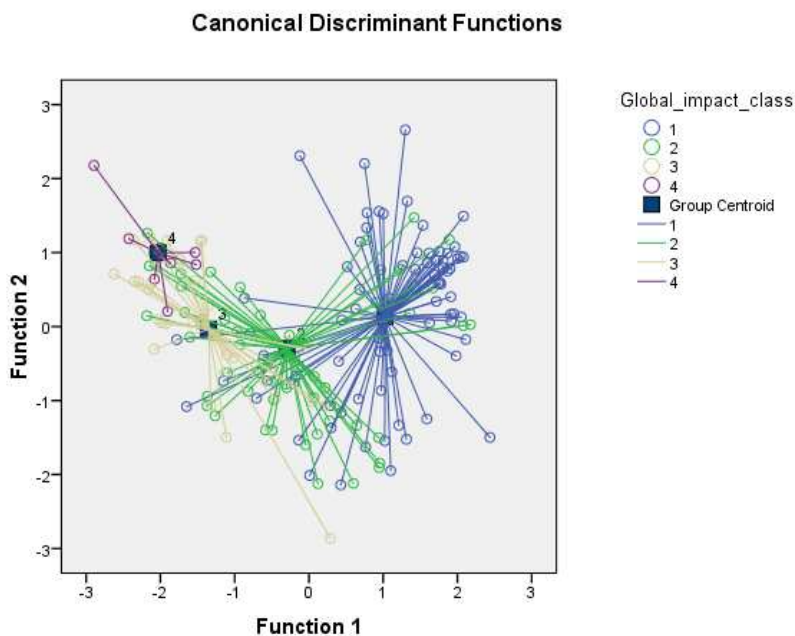
Diskriminantanalīzes rezultāti, ja zivju skaita un biomasas pasugām vietā lieto šos pašu parametrus pa ekoloģiskajām grupām, iegūst līdzīgus rezultātus.

2.2.3.10.tabula Klasifikācijas koeficientu vērtība analīzē izmantojot zivju skaitu un biomasu pa ekoloģiskajām grupām

	Ekoloģiskās kvalitātes klase			
	1	2	3	4
PEL_logBiom+1	3,619	4,370	5,511	6,777
BE_logBiom+1	2,576	2,879	2,615	5,224
INSV_logBiom+1	1,016	-,142	-1,487	-3,307
LONG_logBiom+1	-,859	-1,702	-1,480	-,517
Sugas_upē_logNsugas	30,413	30,332	26,524	21,864
(Constant)	-25,777	-25,462	-22,902	-25,874

Fisher's linear discriminant functions

Apzīmējumi: PEL - pelagiskās zivis; BE - bentiskās zivis; INSV - zivis - insektivori; LONG - caurceļotājzivis;



2.2.3.5.attēls Antropogēnās iedarbības klases (1- 4) I zivju sabiedrību tipa upēm

2.2.3.11.tabula Klasifikācijas rezultāti<sup>b,c</sup> analīzē izmantojot īpatņu skaitu un biomasu pa ekoloģiskajām grupām

		Antrop ietek mes klase	Prognozētā piederība klasei				
			1	2	3	4	Total
Original	Skaitis	1	55	16	3	0	74
		2	13	26	9	8	56
		3	0	9	12	11	32
		4	0	0	0	8	8
	%	1	74,3	21,6	4,1	,0	100,0
		2	23,2	46,4	16,1	14,3	100,0
		3	,0	28,1	37,5	34,4	100,0
		4	,0	,0	,0	100,0	100,0
Cross- valid ated <sup>a</sup>	Skaitis	1	53	17	3	1	74
		2	15	22	10	9	56
		3	0	9	12	11	32
		4	0	0	1	7	8
	%	1	71,6	23,0	4,1	1,4	100,0
		2	26,8	39,3	17,9	16,1	100,0
		3	,0	28,1	37,5	34,4	100,0
		4	,0	,0	12,5	87,5	100,0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case. b. 59,4% of original grouped cases correctly classified. c. 55,3% of cross-validated grouped cases correctly classified.

Klasifikācijas rezultāti izmantojot dažādus zivju sabiedrības raksturojošus parametrus ir līdzīgi. Abu analīžu rezultāti atbilst arī pēc bioloģiskās loģikas. Abās analīzēs pārstāvētas gan pelaģiskās, gan bentiskās sugas, kā arī zivju sugu skaits.

## II zivju sabiedrību tips

Mūsu analīzē iekļautās II zivju sabiedrību tipa upes ir antropogēni vismazāk ietekmētās. Analīzē izmantoti dati no 47 vietām 26 upēs. Lielākā to daļa ir ar mazu sateces baseinu, pēc temperatūras režīma tās ir aukstūdens upes. Divas no sugām, kuru īpatņu skaits un biomasu dod būtiskas klasifikācijas koeficientu vērtības, straute forele un vēdzele ir aukstūdens sugas. Taču jāņem vērā, ka mūsu analīze ir visai nepilnīga, jo analīzē iekļautas tikai upes ar 1. un 2. antropogēnās iedarbības klašu vērtībām. Šī zivju sabiedrību tipa upju analīzi nepieciešams turpināt, kad būs pieejami papildus dati par antropogēnās darbības vairāk ietekmētām šī tipa upēm. Analīzē iegūtās klasifikācijas koeficientu vērtības ļauj korekti klasificēt vairāk kā 90% no II zivju sabiedrību tipa upēm. Analīžu rezultāti būtiski neatšķiras, izmantojot par klasifikācijas parametriem zivju sugas vai zivju ekoloģiskās grupas, kā arī, ja tiek izmantots zivju skaits un biomasu pa ekoloģiskajām grupām.

2.2.3.12.tabula. Klasifikācijas funkcijas koeficienti diskriminantanalīzē izmantojot zivju īpatņu skaitu un biomasu pa sugām

	Ekoloģiskās kvalitātes klase	
	1	2
Leuciscus cephalus_log(1+x)	1,194	-24,801
Lota lota_log(1+x)	9,529	-244,063
Salmo trutta fario_log (1+biom)	-,077	16,948
Lota lota_log (1+biom)	-1,155	49,592
Konstante	-,736	-15,387

Fisher's linear discriminant functions

2.2.3.13.tabula. Klasifikācijas rezultāti<sup>b,c</sup> analīzē izmantojot īpatņu skaitu un biomasu pa sugām

			Prognozētā piederība klasei		
			1	2	Kopā
Original	Skaitis	1	43	0	43
		2	1	3	4
	%	1	100,0	,0	100,0
		2	25,0	75,0	100,0
Cross-validated <sup>a</sup>	Skaitis	1	42	1	43
		2	2	2	4
	%	1	97,7	2,3	100,0
		2	50,0	50,0	100,0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case. b. 97,9% of original grouped cases correctly classified. c. 93,6% of cross-validated grouped cases correctly classified.

2.2.3.14.tabula. Klasifikācijas funkcijas koeficienti diskriminantanalīzē izmantojot īpatņu skaitu un biomasu pa ekoloģiskajām grupām

	Ekoloģiskās kvalitātes klase	
	1	2
PELN_logx+1	9,903	16,713
PHYTB_logx+1	3,622	-,593
OMNIB_logx+1	-,509	-4,010
POTADB_logx+1	1,375	4,893
LONGB_logx+1	2,415	-1,689
Konstante	-9,821	-15,580

Fisher's linear discriminant functions

PEL - pelaģiskās zivis, PHYT- fitofilās zivis; OMNI- zivis- visēdāji; POTAD-puscaurceļotājas (zivis, kas veic vietēja rakstura migrācijas); LONG- ceļotājzivis; N- zivju skaits, B- biomasu

2.2.3.15.tabula Klasifikācijas rezultāti<sup>b,c</sup> analizē izmantojot īpatņu skaitu un biomasu pa ekoloģiskajām grupām

			Prognozētā piederība klasei		
			1	2	Kopā
Original	Skaitis	1	41	2	43
		2	1	3	4
	%	1	95,3	4,7	100,0
		2	25,0	75,0	100,0
Cross-validated <sup>a</sup>	Skaitis	1	41	2	43
		2	1	3	4
	%	1	95,3	4,7	100,0
		2	25,0	75,0	100,0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case. b. 93,6% of original grouped cases correctly classified. c. 93,6% of cross-validated grouped cases correctly classified.

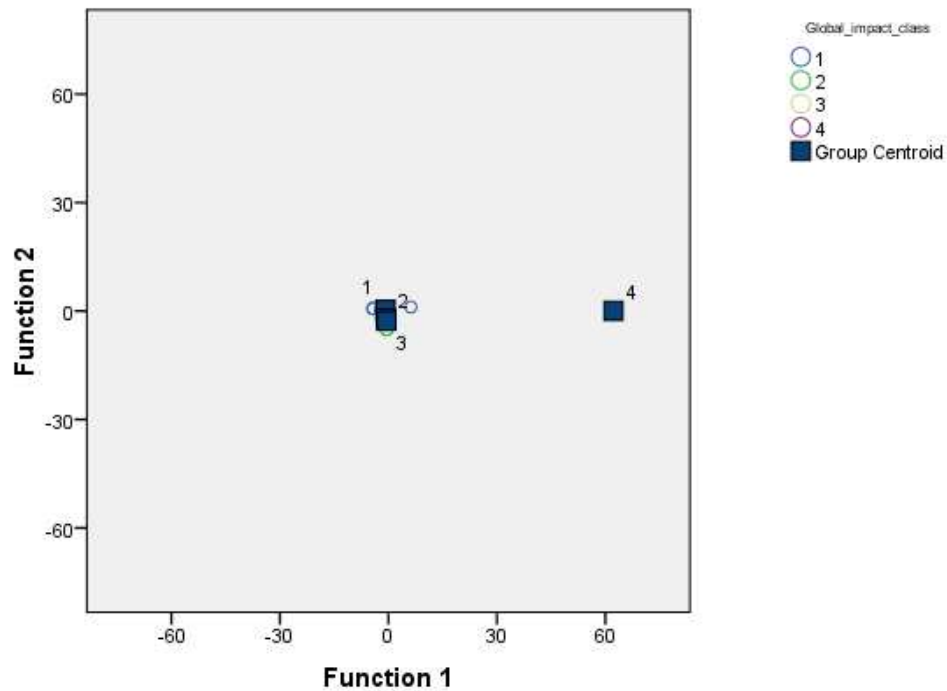
### III zivju sabiedrību tips

III zivju sabiedrību tipa upes pēc mūsu klasifikācijas sistēmas ir lašupes vai to posmi, kur dominē karpu dzimtas zivis, bet sastopamas arī lašveidīgās zivis. Analīzē iekļauti dati no 85 vietām 15 upēs. Tās ir lēnteces, kas atrodas starp samērā plašiem potamāla posmiem. Veicot III zivju sabiedrību tipa upju klasifikāciju pa ekoloģiskās kvalitātes klasēm, izmantojot zivju skaitu un to biomasu pa sugām, konstatējām, ka klasifikācijas funkcijas koeficientus faktiski nosaka sugas, kas raksturīgas stāvošiem ūdeņiem, t.i., pasliktinoties ekoloģiskajai kvalitātei, pieaug straujtecēm netipisku zivju daudzums. Klasifikācijas rezultāti liecina, ka 84% no upēm/vietām klasificēti korekti. Tomēr rezultātu grafiska analīze rāda, ka 1., 2. un 3. ekoloģiskās kvalitātes klases faktiski sakrīt. Tas liecina, ka jāpārskata sākotnējā noteiktā antropogēnās slodzes vērtība. Ticamāk, ka III zivju sabiedrību tipa upes mūsdienā apstākļos, ir antropogēni ietekmētas, t.i., 1. un 2. ekoloģiskās kvalitātes klases jānosaka kā 3. klase - vidējās kvalitātes upes.

2.2.3.16.tabula. Klasifikācijas funkcijas koeficienti izmantojot īpatņu skaitu un biomasu pa sugām

	Ekoloģiskās kvalitātes klase			
	1	2	3	4
Scardinius erythrophthalmus_log(1+x)	19,226	15,193	21,162	4156,992
Gymnocephalus cernua_log(1+x)	-26,714	-27,877	-27,067	-1315,976
Tinca tinca_log (1+biom)	-1,988	-1,571	-2,188	-43,210
Sugas_allinriver_log	148,58	124,12	117,384	124,277
(Constant)	-	-	-	-
	109,2	-76,665	-68,655	-2049,486
	60			

### Canonical Discriminant Functions



2.2.3.6.attēls Antropogēnās iedarbības klases (1- 4) III zivju tipa upēm

2.2.3.17.tabula. Klasifikācijas rezultāti<sup>b,c</sup> analizē izmantojot īpatņu skaitu un biomasu pa sugām

		Antrop. Iedarb. klase	Prognozētā piederība klasei				
			1	2	3	4	Total
Origina 1	Skaitis	1	67	3	1	0	71
		2	3	3	6	0	12
		3	0	0	1	0	1
		4	0	0	0	1	1
	%	1	94,4	4,2	1,4	,0	100,0
		2	25,0	25,0	50,0	,0	100,0
		3	,0	,0	100,0	,0	100,0
		4	,0	,0	,0	100,0	100,0
Cross- valida ted <sup>a</sup>	Skaitis	1	66	3	1	1	71
		2	3	3	6	0	12
		3	0	1	0	0	1
		4	0	0	1	0	1
	%	1	93,0	4,2	1,4	1,4	100,0
		2	25,0	25,0	50,0	,0	100,0
		3	,0	100,0	,0	,0	100,0
		4	,0	,0	100,0	,0	100,0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case. b. 84,7% of original grouped cases correctly classified. c. 81,2% of cross-validated grouped cases correctly classified.

Ņemot vērā, ka III zivju tipa upēm pieejami tiešie N un P mērījumi, kas veikti ūdens kvalitātes monitoringā, kopējās antropogēnās slodzes noteikšanai šī tipa upēs jāizmanto monitoringa rezultāti.

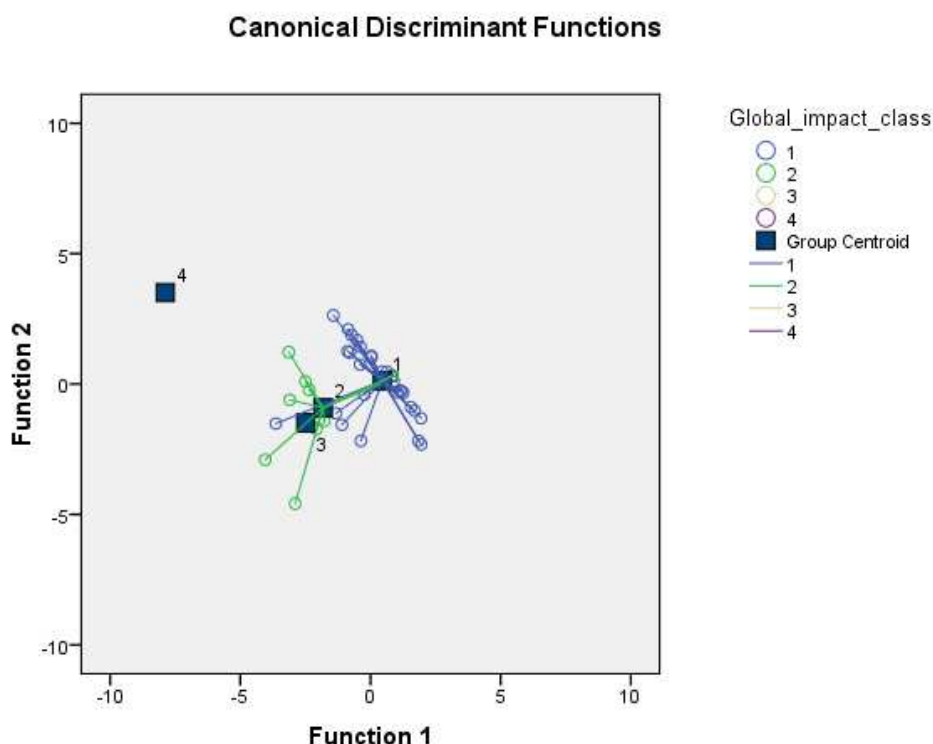
Klasifikācijas rezultāti uzlabojas, analizē izmantojot zivju skaitu un biomasu pa ekoloģiskajām grupām. Piederību tai vai citai ekoloģiskās kvalitātes klasei nosaka plēsīgo zivju- līdakas, vēdzeles un zandarta daudzums upē vai upes posmā. Iepriekš veiktā korelācijas analīze deva līdzīgu rezultātu, šīs ekoloģiskās grupas zivju skaits un biomasu pieauga palielinoties antropogēnās iedarbības klasei. Rezultātu grafiskā analīze liecina, ka arī šajā gadījumā divu klašu 2 un 3ās faktiski sakrīt, t.i., pēc mūsu rīcībā esošās informācija būtu iespējams izdalīt labas, vidējas un zemas kvalitātes upes.

Klasifikācijas rezultāti, izmantojot zivju daudzumu pa ekoloģiskajām grupām ir labāki, kā izmantojot datus par atsevišķām sugām.

2.2.3.18.tabula. Klasifikācijas funkcijas koeficienti analizē izmantojot īpatņu skaitu un biomasu pa ekoloģiskajām grupām

	Ekoloģiskās kvalitātes klase			
	1	2	3	4
PISCVB_logx+1	7,039	5,886	8,729	-5,274
PISCVN_logx+1	-19,565	-13,452	-16,636	51,049
Sugas_allinriver_log	156,247	131,02	128,672	105,769
(Constant)	-116,247	-82,695	-85,264	-84,020

Fisher's linear discriminant functions



2.2.3.7.attēls Antropogēnās iedarbības klases (1- 4) III zivju sabiedrību tipa upēm

2.2.3.19.tabula **Klasifikācijas rezultāti analizē izmantojot īpatņu skaitu un biomasu pa ekoloģiskajām grupām**

		Antrop. Iedarb. klase	Prognozētā piederība klasei				
			1	2	3	4	Total
Original	Skaitis	1	67	3	1	0	71
		2	3	6	3	0	12
		3	0	0	1	0	1
		4	0	0	0	1	1
	%	1	94,4	4,2	1,4	0,0	100,0
		2	25,0	50,0	25,0	0,0	100,0
		3	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
		4	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
Cross- validated <sup>a</sup>	Skaitis	1	67	3	1	0	71
		2	3	6	3	0	12
		3	0	1	0	0	1
		4	0	1	0	0	1
	%	1	94,4	4,2	1,4	,0	100,0
		2	25,0	50,0	25,0	,0	100,0
		3	,0	100,0	,0	,0	100,0
		4	,0	100,0	,0	,0	100,0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 88,2% of original grouped cases correctly classified.

c. 85,9% of cross-validated grouped cases correctly classified.

#### IV zivju sabiedrību tips

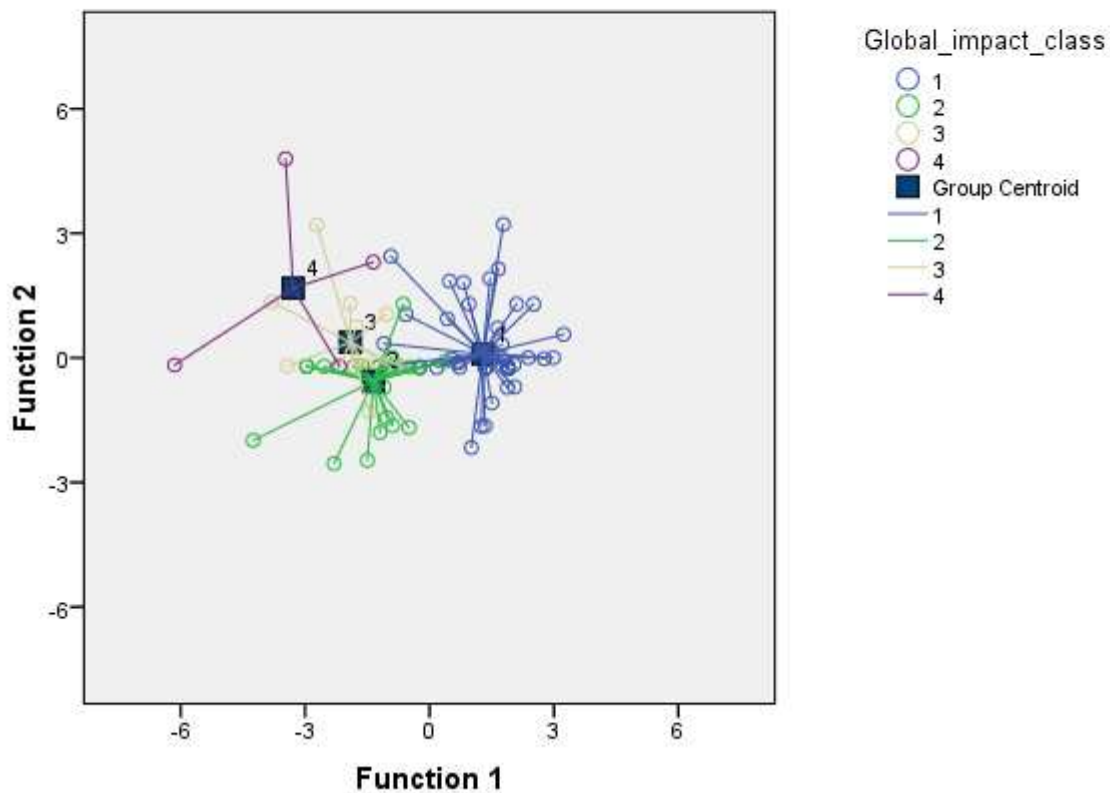
Pie IV zivju sabiedrību tipa upēm pēc mūsu piedāvātās tipoloģijas pieder lielāko Latvijas upju straujteču posmi. Analīzē iekļautas 39 upes 110 vietās. Šī tipa upēs un upju posmos, kas pieejami ceļotājzivīm, sastopamas diadromo zivju sugas- lasis, taimiņš un upes nēģis. Tajā pat laikā šeit dominē potamālam raksturīgas sugas. Šīm upēm raksturīgs relatīvi liels zivju sugu skaits. Tāpat kā III zivju sabiedrību tipa upēs, novērojama 2. un 3. ekoloģisko kvalitātes klašu pārklāšanās, kas liecina, ka upes mūsdienu apstākļos ir antropogēni ietekmētas, t.i., mūsdienās neeksistē neietekmētas III zivju sabiedrību tipa upes. Faktiski iespējams izdalīt 2. vai 3. ekoloģiskās kvalitātes klases.

2.2.3.20.tabula. Klasifikācijas funkcijas koeficienti analīzē izmantojot īpatņu skaitu un biomasu pa sugām

	Ekoloģiskās kvalitātes klase			
	1	2	3	4
Alburnus alburnus_log(1+x)	-4,589	-4,360	-1,824	5,207
Carassius carassius_log(1+x)	174,310	131,937	142,218	117,272
Stizostedion lucioperca_log(1+x)	47,492	33,294	30,238	16,611
Salmo trutta_log (1+biom)	9,424	6,982	6,424	5,558
Lota lota_log (1+biom)	-3,366	-1,521	-2,613	-2,401
Sugas_allinriver_log	124,976	101,204	95,761	83,812
(Constant)	-89,755	-59,413	-53,350	-43,666

Fisher's linear discriminant functions

### Canonical Discriminant Functions



2.2.3.8.attēls Antropogēnās iedarbības klases (1- 4) IV zivju sabiedrību tipa upēm



2.2.3.21.tabula Klasifikācijas rezultāti<sup>b,c</sup> IV zivju sabiedrību tipa upēm izmantojot īpatņu skaitu un biomasu pa sugām

		Antrop. iedarb. .klase	Prognozētā piederība klasei				
			1	2	3	4	Total
Original	Skaitis	1	54	5	2	1	62
		2	1	22	8	0	31
		3	0	5	7	1	13
		4	0	0	1	3	4
	%	1	87,1	8,1	3,2	1,6	100,0
		2	3,2	71,0	25,8	,0	100,0
		3	0	38,5	53,8	7,7	100,0
		4	,0	,0	25,0	75,0	100,0
Cross- validated <sup>a</sup>	Skaitis	1	54	5	2	1	62
		2	1	22	8	0	31
		3	0	5	6	2	13
		4	0	0	3	1	4
	%	1	87,1	8,1	3,2	1,6	100,0
		2	3,2	71,0	25,8	,0	100,0
		3	,0	38,5	46,2	15,4	100,0
		4	,0	,0	75,0	25,0	100,0

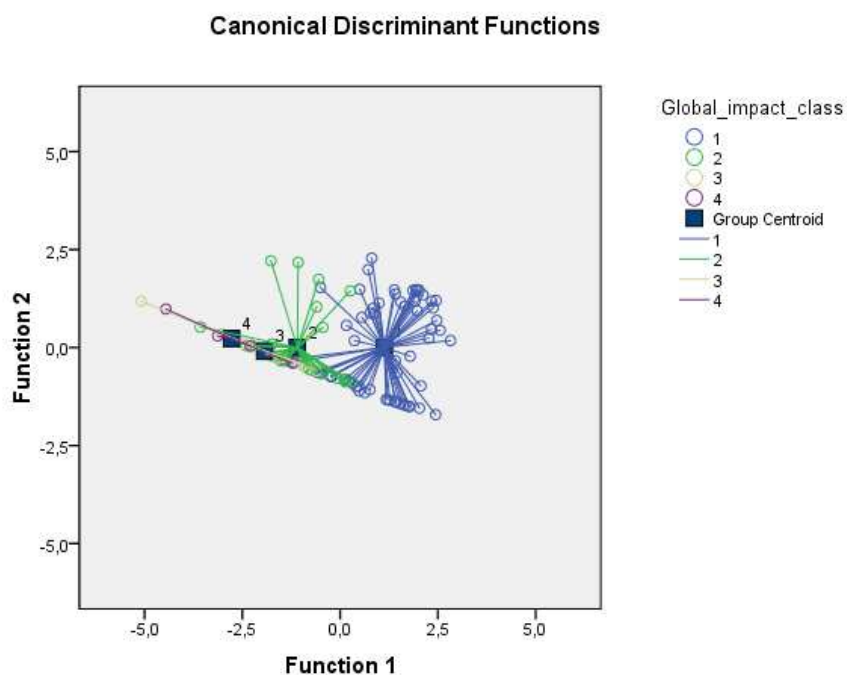
a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case. b. 78,2% of original grouped cases correctly classified. c. 75,5% of cross-validated grouped cases correctly classified.

IV zivju tipa upju ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijā izmantojot zivju skaitu un biomasu pa ekoloģiskajām grupām, iegūti līdzīgi rezultāti. Tā diadromo zivju biomasu samazinās, pieaugot antropogēnās iedarbības klasei. Līdzīgi samazinās arī upē sastopamais kopējais zivju sugu skaits.

2.2.3.22.tabula Klasifikācijas funkcijas koeficientu vērtības izmantojot zivju skaitu un biomasu pa ekoloģiskajām grupām

	Ekoloģiskās kvalitātes klase			
	1	2	3	4
LONGB_logx+1	3,107	1,740	1,145	0,917
BEN_logx+1	-5,957	-3,255	-2,304	-1,163
Sugas_allinriver_log	96,508	78,152	71,554	63,535
(Constant)	-64,910	-44,405	-38,213	-31,507

Fisher's linear discriminant functions



2.2.3.9. attēls Antropogēnās iedarbības klases IV zivju tipa upēm, klasifikācijā izmantotjot ekoloģiskās grupas

2.2.3.23.tabula. Klasifikācijas rezultāti<sup>b,c</sup> izmantojot īpatņu skaitu un biomasu pa ekoloģiskajām grupām

Antrop. iedarb. klase			Prognozētā piederība klasei				
			1	2	3	4	Total
Original	Skaitis	1	53	9	0	0	62
		2	4	17	7	3	31
		3	0	4	6	3	13
		4	0	1	1	2	4
	%	1	85,5	14,5	0,0	0,0	100,0
		2	12,9	54,8	22,6	9,7	100,0
		3	0,0	30,8	46,2	23,1	100,0
		4	0,0	25,0	25,0	50,0	100,0
Cross-validated <sup>a</sup>	Skaitis	1	53	9	0	0	62
		2	4	14	10	3	31
		3	0	5	5	3	13
		4	0	1	3	0	4
	%	1	85,5	14,5	0,0	0,0	100,0
		2	12,9	45,2	32,3	9,7	100,0
		3	0,0	38,5	38,5	23,1	100,0
		4	0,0	25,0	75,0	0,0	100,0

## 2.2.4. Kopsavilkums

Ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijas metodes pēc bioloģiskajiem kvalitātes elementiem izstrādātas upju 1., 2., 3. un 4. ekoloģiskajam tipam. 5. un 6. upju tipam klasifikācijas vēl nav, jo gan Latvijā, gan citās Eiropas valstīs nav izdevies atrast references stāvoklim atbilstošas lielās upes.

Saskaņā ar Ūdens struktūrdirektīvas prasībām, klasifikācijas pēc bioloģiskajiem elementiem rezultāti tiek izteikti ar ekoloģiskās kvalitātes indeksa vērtībām (EQR). Atkarībā no dažādu bioloģiskās kvalitātes elementu vērtēšanas metodēm, atšķiras arī EQR aprēķināšana.

**Klasifikācijas metode pēc makrofītiem** balstās uz MTR indeksa (Mean Trophic Rank) aprēķināšanu, kas ir piemērotākais Latvijas apstākļiem un ir adaptēts arī Polijā. Lai to izrēķinātu, ir jāievāc dati par makrofītu sugu sastopamību; minimālais sugu skaits aprēķiniem ir 7-8, bet optimālais – 10 un vairāk. Klasifikācija ir izstrādāta upju 3. un 4. ekoloģiskajam tipam (vidēji lielām upēm), kur ir pietiekošs datu apjoms. Mazajās upēs (1. un 2. ekoloģiskais tips) makrofītu sugu skaits ir neliels un to ļoti lielā mērā ietekmē upes aizēnojumā pakāpe. Tāpēc makrofītu izmantošana mazo upju vērtēšanai uzskatāma par nepiemērotu. Savukārt lielajām upēm (5. un 6. tips) piemērota metodika kvalitātes novērtēšanai pēc makrofītiem vēl nav atrasta. Jāņem vērā, ka vislielākā nozīme makrofītiem upju ekosistēmā ir tieši vidēji lielās upēs, kur tie sastopami visā upē.

Piedāvātās kvalitātes klašu robežvērtības MTR vērtībām 3. un 4. upju tipos ir provizoriskas. Līdz metodes adaptācijai Latvijas apstākļiem, tās ir izmantojamas tikai kā papildus parametrs ūdensobjekta ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanā.

2010. gadā CB GIG sāksies darbs pie metožu interkalibrācijas lielo upju klasifikācijai pēc makrofītiem, kurā liela nozīme būs datiem par Latvijas lielajām upēm, kas salīdzinot ar citu valstu upēm ir mazāk ietekmētas.

**Klasifikācijas metode pēc makrozoobentosa** izveidota 1., 2., 3. un 4. upju ekoloģiskajam tipam. Tās pamatā ir LCMC indekss (Latvian Macrozoobenthos Common Metric), kas ir DSFI un ASPT indeksu kombinācija un galvenokārt raksturo organiskā piesārņojuma ietekmi. Arī šajā gadījumā lielajām (5. un 6. tipa) upēm klasifikācijas metode nav izstrādāta, jo gan Latvijā, gan citās Eiropas valstīs nav izdevies atrast references stāvoklim atbilstošas lielās upes.

LMCM indekss ir vidējais aritmētiskais no DSFI un ASPT indeksu EQR. Izstrādātā klasifikācija ietver kvalitātes klašu robežvērtības gan LCMC indeksam, gan DSFI un ASPT indeksiem atsevišķi (indeksu vērtībām un EQR vērtībām), lai nepieciešamības gadījumā vērtēšanu varētu veikt arī pēc viena no šiem indeksiem. Ir noteikti arī ticamības intervāls un precizitāte LCMC indeksam.

Pašlaik upju interkalibrācijas process pēc makrozoobentosa nenorisinās aktīvi, tāpēc izstrādātā klasifikācijas metode (LMCM indekss) Latvijai jāinterkalibrē individuāli.

**Klasifikācijas metodes pēc zivju faunas** izstrāde pašlaik vēl nav pabeigta. Upju ekoloģiskās kvalitātes noteikšanas metodes, kas balstīta uz zivju sabiedrību analīzi, pamatā ir Latvijai raksturīgu zivju sabiedrību tipu noteikšana atkarībā no upju hidromorfoloģiskajiem parametriem un šo zivju sabiedrību reakcijas uz antropogēno iedarbību analīze.

Projekta gaitā ir definēti četri Latvijas upēm raksturīgi zivju sabiedrību tipi un katram no tiem noteiktas ekoloģiskās kvalitātes klases.

Latvijā pieņemtā upju tipoloģija, kurā izmantoti divi parametri – upes sateces baseina platība un upes vidējais kritums, veidota neanalizējot zivju izplatību un sastopamību. Tāpēc, lai pabeigtu šīs ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijas metodes izstrādi, nepieciešams izvērtēt, cik lielā mērā esošā tipoloģija atbilst vai neatbilst zivju sabiedrību tiem upēs.

2.2.4.1.. tabula. Upju ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijas elementu un parametru kvalitātes klašu robežvērtības

Bioloģiskās kvalitātes elementi	Bioloģiskās kvalitātes elementu parametri	Vērtība / EQR			
		H/G	G/M	M/P	P/B
<b>Tips - 1 Strauja ritrāla tipa mazā upe</b>					
Makrofīti	-				
Zoobentoss	LMCM (Latvian Macrozoobenthos Common Metric), EQR	0,92	0,79	0,58	0,41
	DSFI/ EQR	5,5/0,92	4,5/0,75	3,5/0,58	2,5/0,41
	ASPT/ EQR	5,9/0,92	5,3/0,83	3,7/0,58	2,6/0,41
Zivju fauna	-				
<b>Tips - 2 Lēna potamāla tipa mazā upe</b>					
Makrofīti	-				
Zoobentoss	LMCM (Latvian Macrozoobenthos Common Metric) EQR	0,94	0,79	0,58	0,41
	DSFI/ EQR	5,5/0,92	4,5/0,75	3,5/0,58	2,5/0,41
	ASPT/ EQR	5,7/0,95	5,0/0,83	3,5/0,58	2,5/0,41
Zivju fauna	-				
<b>Tips - 3 Strauja ritrāla tipa vidējā upe</b>					
Makrofīti	MTR (Mean Trophic Rank)	65	45	25	<25
Zoobentoss	LMCM (Latvian Macrozoobenthos Common Metric) EQR	0,92	0,79	0,58	0,41
	DSFI EQR	5,5/0,92	4,5/0,75	3,5/0,58	2,5/0,41
	ASPT EQR	5,9/0,92	5,3/0,83	3,7/0,58	2,6/0,41
Zivju fauna	-				
<b>Tips - 4 Lēna potamāla tipa vidējā upe</b>					
Makrofīti	MTR (Mean Trophic Rank)	65	45	25	<25
Zoobentoss	LMCM (Latvian Macrozoobenthos Common Metric) EQR	0,94	0,79	0,58	0,41
	DSFI EQR	5,5/0,92	4,5/0,75	3,5/0,58	2,5/0,41
	ASPT EQR	5,7/0,95	5,0/0,83	3,5/0,58	2,5/0,41
Zivju fauna	-				
<b>Tips - 5 Strauja ritrāla tipa lielā upe</b>					
Makrofīti	-				
Zoobentoss	-				
Zivju fauna	-				

## 2.3. PIEKRASTES UN PĀREJAS ŪDEŅI (PPŪ)

### 2.3.1. Eitrofikācijas spiediens

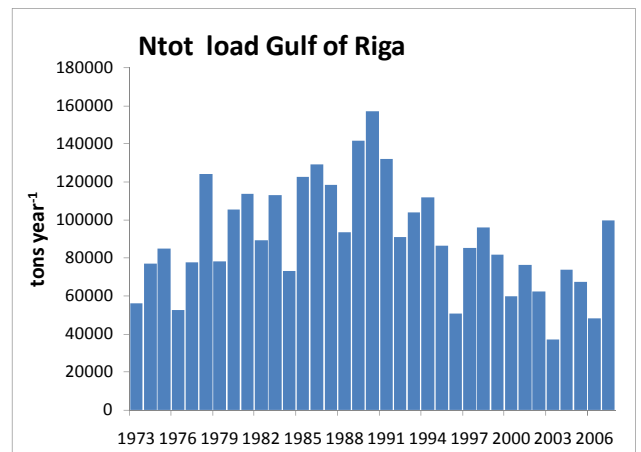
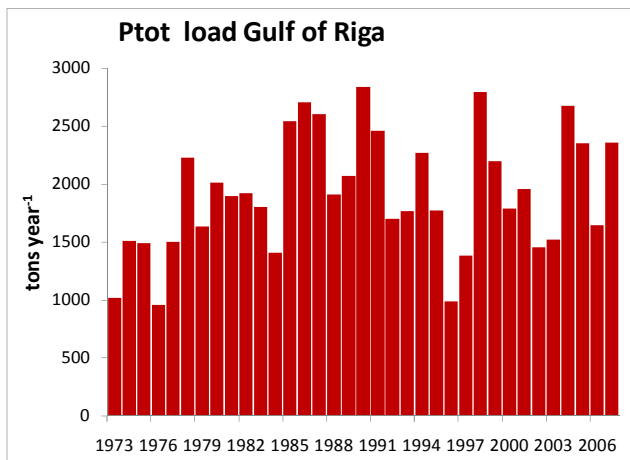
#### *Biogēno vielu slodzes Latvijas piekrastē*

Biogēnās vielas jūrā var nonākt no vairākiem sauszemes avotiem: upju grīvām, tiešajām ieplūdēm no notekūdeņu attīrīšanas iekārtām (NAI), atmosfēras slāpekļa depoziācijas un gruntsūdens transporta. Daļēji šīs biogēnās vielas tiek asimilētas fitoplanktona un makroaļģu biomasā, tādējādi ieejot bioloģiskajā apritē jau pašā piekrastes zonā. Ūdeņu masu sajaukšanās rezultātā, tās tālāk tiek transportētas uz atklāto jūras daļu.

#### *Ilglaicīgā biogēno vielu slodžu dinamika*

Upju slodzēm (2.3.1.1. attēls), kas ieplūst jūrā ar lielajām upēm, Daugavu, Lielupi, Gauju, Salacu un Ventu, ir raksturīgas lielas ilglaicīgas svārstības, ko galvenokārt izraisa noteču mainība (Laznik et al. 1999, Juhna un Kļaviņš, 2001).

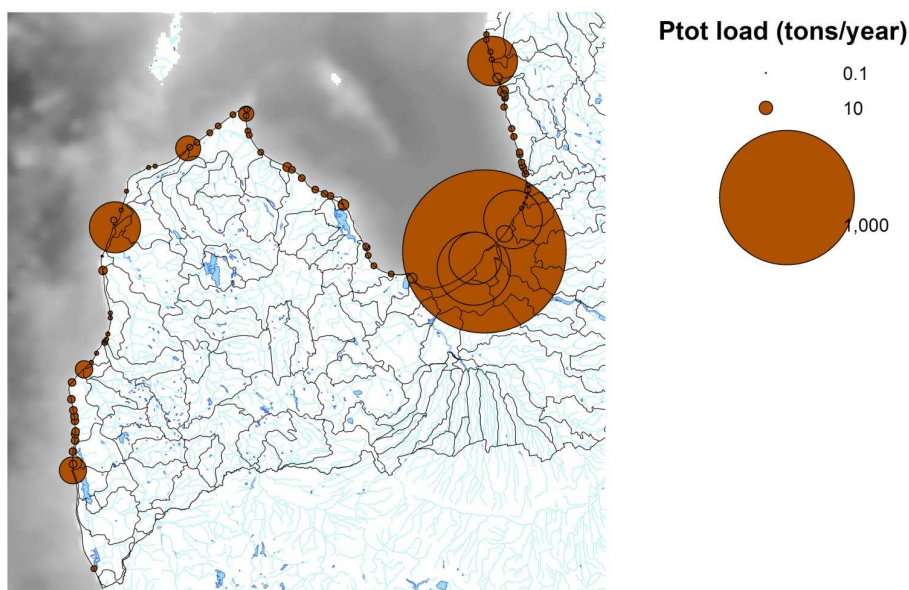
Papildus upju biogēno vielu slodzēm, jūrā nonākt arī tiešās NAI ieplūdes. Šobrīd astoņas lielākās NAI ievada attīrītos notekūdeņus Rīgas līcī un divas Baltijas jūrā, nozīmīgākā ir Rīgas ūdens attīrīšanas iekārta. Ilglaicīga tiešo notekūdeņu ieplūdes dinamika nav zināma, bet 2005. gadā NAI ieplūdes Rīgas līcī sastādīja 167.5 tonnas fosfora un 1673 tonnas slāpekļa. Rīgas līcī 2005. gadā kopējās upju fosfora un slāpekļa slodzes bija attiecīgi 14 reizes un 40 reizes lielākas, kamēr tiešās fosfora ieplūdes ar notekūdeņiem ir salīdzināmas ar vidēju upju – Salacas vai Gaujas – fosfora slodzēm.



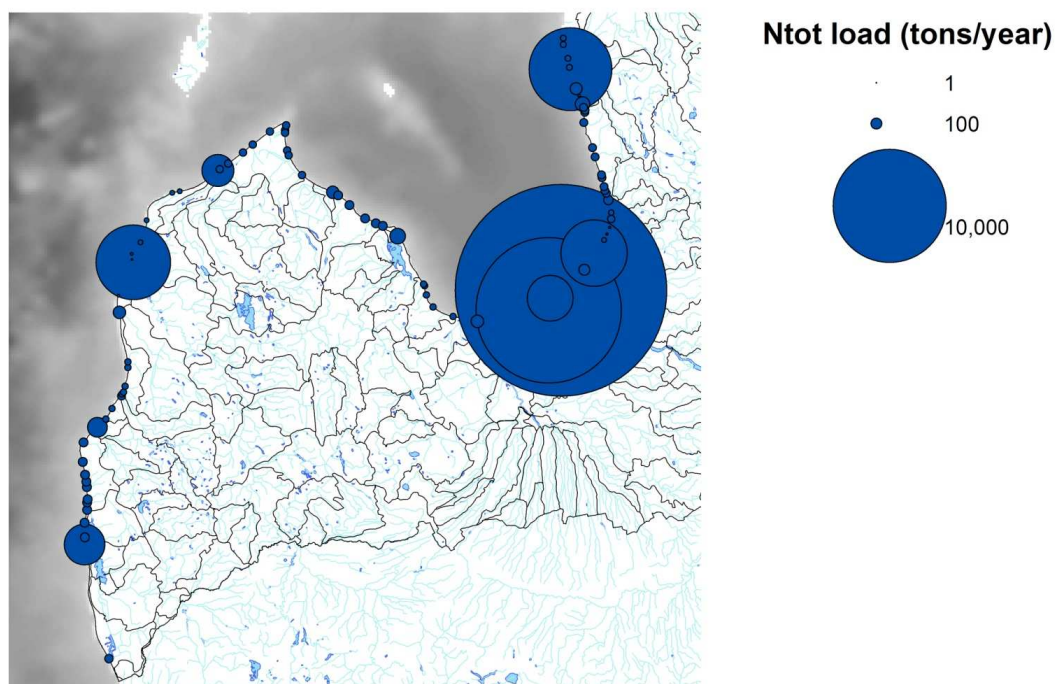
#### 2.3.1.1. attēls. Upju kopējā fosfora un slāpekļa slodzes Rīgas līcim

#### *Biogēno vielu slodžu telpiskais sadalījums*

Biogēno slodžu avoti nav vienmērīgi izvietoti krasta zonā, lielās upju grīvas koncentrētas galvenokārt Rīgas līča dienvidu daļā, bet Baltijas jūras piekrastē iepretī Ventai (2.3.1.2., 2.3.1.3. attēls). Īpaši slāpekļa gadījumā, slodzes ievērojami koncentrējas Rīgas līča dienvidu daļā, bet fosfors uzrāda arī Rīgas notekūdeņu attīrīšanas iekārtu ietekmi. Pārējā piekrastes daļā slodzes sadalās gandrīz vienmērīgi, nedaudz zemākās tās ir Baltijas jūras ziemeļu piekrastes daļā, kā arī ūdens objektos, kur ezeri aizņem lielu platību, piemēram, pie Engures un Papes ezeriem.



2.3.1.2. attēls. Fosfora slodžu telpiskais sadalījums Latvijas piekrastē, aprēķini atteicas uz 2005. gadu.



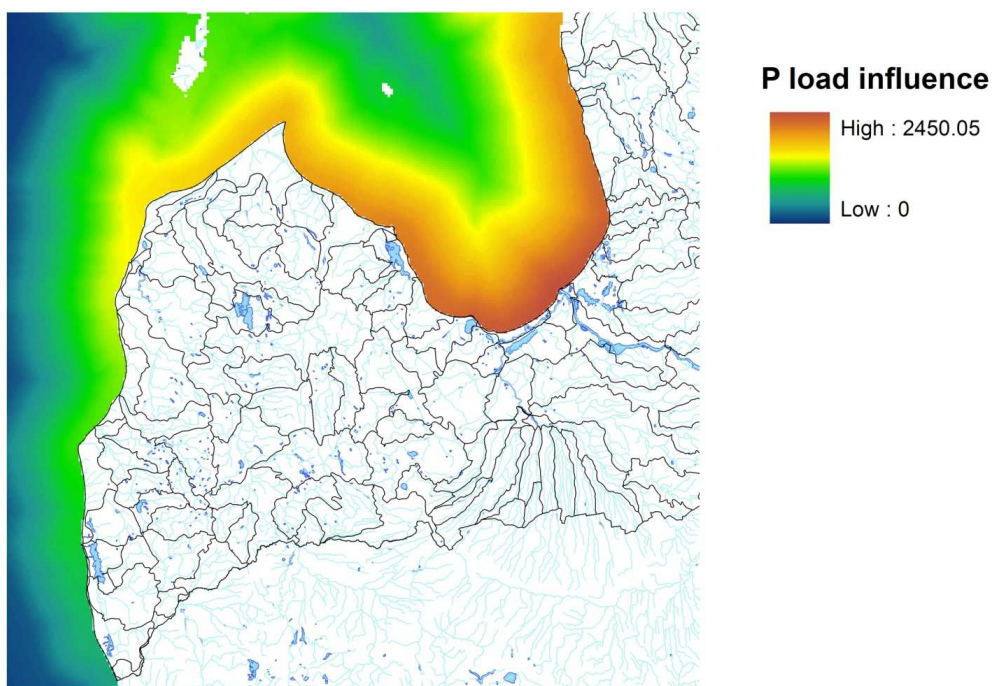
2.3.1.3. attēls. Slāpekļa slodžu telpiskais sadalījums Latvijas piekrastē, aprēķini atteicas uz 2005. gadu.

#### *Biogēno vielu slodzes ietekme piekrastes joslā*

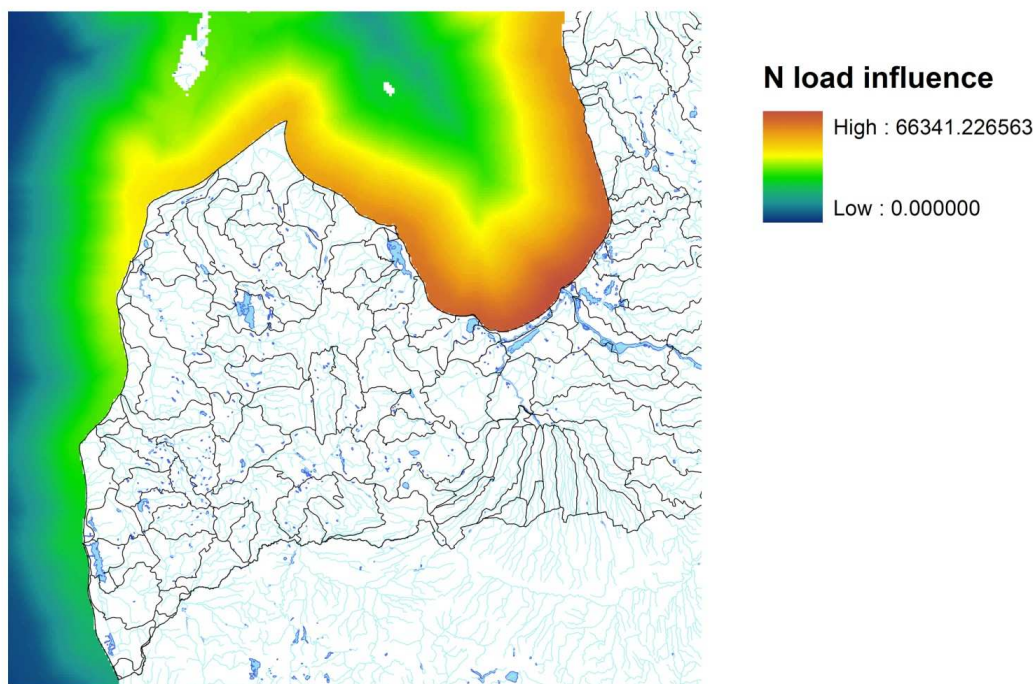
Gan Rīgas līcim, gan Baltijas Jūras piekrastei raksturīgi atklāti, lineāri krasti ar izteiktu ūdens apmaiņu starp atklātiem un piekrastes ūdeņiem, taču piekrastes ūdeņu pētījumi parāda, ka vietēju piesārņojuma avotu ietekmē, novērojamas augstākas biogēno vielu un fitoplanktona koncentrācijas, un neskatoties uz krasta atklātību, biogēno vielu ietekme piekrastes joslā ir lielāka nekā dziļūdens daļā (LHEI, 1996).

Bez fizikāla modeļa par ūdens apmaiņu un straumēm nav iespējams precīzi aprēķināt biogēno vielu slodžu ietekmi konkrētajam piekrastes posmam, tāpēc lai iegūtu priekšstatu par slodžu ietekmi un

izplatību, tika izmantota dispersijas modelēšana, pielietojot GIS metodi (Fisher et al. *in press*). Metode balstīta uz straumes izplatību gar krastu, t.i. paralēli izobātām. GIS vielu izplatību var simulēt, pieņemot, ka no katra ieplūdes avota vielas seklo zonu sasniedz ātrāk nekā dziļāko. Tādēļ pieņemām, ka „attālums”, ko vielas šķērso caur režģu šūnām ir par faktoru  $\max(1, 1 + 5 \cdot (1 + e^{0.0001 \cdot d}))$  lielāks nekā ģeogrāfiskais attālums, kur  $d$  ir ūdens dziļums metros. Tālāk, biogēno vielu ietekme samazinās inversi proporcionāli aprēķinātajam „attālumam”. Tādējādi summējot ietekmes no visiem biogēno vielu avotiem, ieguvām fosfora un slāpekļa slodzes ietekmes indeksus (2.3.1.4. attēls, 2.3.1.5. attēls). Indeksi labi atspoguļo, ka krasta zona ir pakļauta lielākai biogēno vielu ietekmei nekā atklātā jūras akvatorija, tomēr indeksi nespēj ņemt vērā, ka valdošās straumes Rīgas līcis, kā arī Baltijas jūras piekrastē, virzās pretēji pulksteņa rādītāja virzienam, līdz ar to indeksi nedaudz pārspīlē biogēno vielu slodžu ietekmi uz rietumiem no lieliem votiem. Lai kompensētu straumes ietekmi, papildus datu analīzē izmantojām arī klimatisko vasaras sāluma sadalījumu Rīgas līcī (Latvijas Universitāte 2008, 3. Pielikums).



2.3.1.4. attēls. Fosfora slodzes ietekmes indekss Latvijas piekrastē



2.3.1.5. attēls. Slāpekļa slodzes ietekmes indekss Latvijas piekrastē

### 2.3.2. Fitoplanktons

Baltic GIG sanāksmē 2009.g. maijā tika izdalīti potenciālie fitoplanktona indikatori, kam bija jāveic testēšana un jāmēģina izdalīt iespējamās kvalitātes robežvērtības:

- kopējā fitoplanktona vasaras biomasa,
- vasaras zaļāļģu (*Chlorophyceae*) biomasa,
- vasaras hrizofītaļģu (*Chrysophyceae*) biomasa,
- vasaras oscilatoriju (*Oscillatoriales*) biomasa,
- diatomeju/dinoflagelātu attiecība pavasarī, ja ir pietiekams datu apjoms
- atsevišķu indikatorsugu vasaras biomasa:

*Aphanizomenon flos-aquae*,

*Nodularia spumigena*,

*Dinophysis spp.*,

*Skeletonema costatum*,

*Cylindrotheca closterium*,

*Cyclotella choctawhatcheeana*

Ņemot vērā Rīgas līča vasaras sugu sukcesijas īpatnības tika izvirzīts priekšlikums testēt arī:

- vasaras kriptofītaļģu (*Cryptophyceae*) biomasu,
- vasaras primneziofītaļģu (*Prymnesiophyceae*) biomasu,
- atsevišķu indikatoru sugu vasaras biomasa:

*Eutreptiella spp.*,

*Pyramimonas spp.*

Fitoplanktona parametru testēšanā ar GAM modeli izmantoti Rīgas līča un Baltijas jūras fitoplanktona monitoringa dati no 1993. – 2008. gadam, pavasarim no aprīļa līdz maijam un vasarai no jūnija līdz septembrim.



Lai izvērtētu, vai šie parametri ir izmantojami, kā testēšanas objekti Rīgas līcim un Baltijas jūrai, tika veikts to procentuālais sastopamības biežuma novērtējums visos paraugos (2.3.2.1. tabula).

2.3.2.1. tabula. Fitoplanktona parametru procentuāli sastopamais biežums paraugos

	Rīgas līča atklātā daļa	Rīgas līča piekraste	Rīgas līča pārejas ūdeņi	Baltijas jūra
Paraugu skaits n	173	73	185	17
<i>Chlorophyceae</i>	99%	99%	98%	77%
<i>Chrysophyceae</i>	11%	23%	12%	50%
<i>Oscillatoriales</i>	13%	41%	33%	45%
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	87%	92%	94%	73%
<i>Nodularia spumigena</i>	37%	38%	39%	27%
<i>Skeletonema costatum</i>	21%	52%	47%	64%
<i>Cyclotella choctawhatcheeana</i>	2%	7%	4%	14%
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1%	12%	4%	23%
<i>Cryptophyceae</i>	72%	99%	93%	82%
<i>Prymnesiophyceae</i>	57%	73%	66%	82%
<i>Eutreptiella</i>	33%	60%	54%	64%
<i>Pyramimonas</i>	71%	96%	88%	82%

Atsevišķas grupas un sugas, kā piemēram, *Chrysophyceae*, *Oscillatoriales*, *Nodularia spumigena* un *Skeletonema costatum* paraugos ir sastopamas reti, bet diatomejas *Cylindrotheca closterium*, *Cyclotella choctawhatcheeana* sastopamas ļoti reti (>20 %). Lai retas sugas izmantotu kā indikatorus, ir iespējams izmantot tikai to klātbūtni fitoplanktona cenožē un pastāv risks, ka novērtēšanas rezultāti būs atkarīgi no ievāktā paraugu daudzuma. Bet sugām, kas ir sastopamas bieži kā indikatoru var izmantot to biomasu. Visām Baltic GIG izdalītajām sugām un grupām GAM modeļiem tika testētas korelācijas ar eitrofikācijas spiedienu Rīgas līcī un Baltijas jūrā, attiecīgi, retām sugām, izmantojot to klātbūtni paraugā un bieži sastopamām – biomasu. GAM (generalized additive models, Hastie & Tibshirani 1986) ir līdzīgs lineāras regresijas modelim, bet attēlo datus kā faktoru, lineāru koeficientu un nelineāru funkciju kombināciju. Atšķirība no lineāras regresijas, GAM piedāvā, modeļos izmantot datu transformāciju un modelēt datu novirzes no modeļa ar no normālā sadalījuma atšķirīgām funkcijām. Līdz ar to, sugu klātbūtni modelēja logit transformāciju ar datu novirzi, atbilstoši binomiālam sadalījumam, savukārt sugu biomasai aprēķinājām logaritmu un modelējām tā novirzi no modeļa, atbilstoši normālām sadalījumiem. Papildus parametriem, kas raksturo eitrofikācijas spiedienu (kopējā slāpekļa un fosfora koncentrācija paraugā, N un P ieplūdes Rīgas līcī, upju notece) tika ņemti vērā arī citi vides faktori, kas varētu ietekmēt fitoplanktona attīstību, piemēram, vēja ātrumu, sāļumu un temperatūru, kā arī sadalījumu ūdens tips.

2.3.2.2. tabula. Reti sastopamo vasaras indikatoru sastopamības sakarības ar vides faktoriem. Ticamības līmenis ( $p < 0.05$ ) ir apzīmēts ar + (pozitīva sakarība), vai – (negatīva sakarība), vai nelineāras sakarības formu raksturojumu.

	Vejš	Sājums	Temp.	Ntot	Ptot	N ieplūdes	P ieplūdes	Upju notece	Izskaidr. novirze
<i>Chrysophyceae</i>		min. 5,5 PSU					+		9,58%
<i>Oscillatoriales</i>					-	-	+		26,4%
<i>Nodularia spumigena</i>	-	+	+		+	-	+		13,7%
<i>Skeletonema costatum</i>						-	+		20,5%
<i>Prymnesiophyceae</i>					-	-	+		69,4%
<i>Eutreptiella</i>		min. 5,5 PSU	-	-	+			-	24,3%
<i>Pyramimonas</i>		+	+		+	-			31,5%

Modelēšanas rezultāti, sugām, kas sastopamas reti un vienai no LHEI izvirzītajām indikatora sugām (2.3.2.2. tabula) uzrādīja gan pozitīvas, gan negatīvas sakarības ar izvēlētajiem vides faktoriem, taču to izskaidrojamības novirze bija zema ( $> 30\%$ ). Līdz ar to indikatoru tikai vāji atspoguļo eutrofikācijas spiedienu. Primnesiofītaļģes (*Prymnesiophyceae*), pie kurām pieder arī potenciāli toksiskā *Chrysochromulina spp.*, vairāk sastopamas pie zemākām kopējā fosfora koncentrācijām, sasniedzot noteiktu minimālo vērtību, tās daudzums vairs nemainās, zemām slāpekļa ieplūdēm, bet pozitīvi reaģē uz fosfora ieplūdēm. Prazinofītaļģe *Pyramimoinas spp.* uzrādīja pozitīvas sakarības ar ūdens temperatūru, sāļumu un kopējā fosfora pieaugumu, sasniedzot noteiktu kopējā fosfora koncentrāciju tās daudzums vairs nemainās un negatīvi reaģēja ar slāpekļa ieplūdēm (3.1.2.2.tabula).

Kopumā var secināt, ka kopējam fosfora daudzumam ir lielāka ietekme uz indikatoru sugu sastopamību nekā kopējam slāpeklim un neviena no šīm sugām neuzrādīja pozitīvas sakarības ar kopējā slāpekļa daudzumu un slāpekļa ieplūdēm, bet tomēr šīs sugas reaģē uz slāpekļa un fosfora ieplūžu attiecību.

2.3.2.3. tabula. Bieži sastopamo vasaras indikatoru biomasas sakarības ar vides faktoriem. Ticamības līmenis ( $p < 0.05$ ) ir apzīmēts ar + (pozitīva sakarība), vai – (negatīva sakarība), vai nelineāras sakarības formu raksturojumu.

	Vejš	Sājums	Temp.	Ntot	Ptot	N ieplūdes	P ieplūdes	Upju notece	Izskaidr. novirze
Kopējā biomasa			Opt. 15°C	+					33,5%
<i>Chlorophyceae</i>		-			+	-	+		39,1%
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>			+	+		-			28,6%
<i>Cryptophyceae</i>			+	+	-				28%

Kopējā fitoplanktona vasaras biomasa uzrādīja pozitīvu sakarību ar kopējo slāpekli un tās attīstībai optimālo ūdens temperatūru 15 °C. Zaļāļģes *Chlorophyceae* pozitīvi korelēja gan ar kopējo fosforu, gan tā ieplūdēm un negatīvi ar sāļumu un slāpekļa ieplūdēm. Cianobaktērija *Aphanizomenon flos-aquae* un

kriptofītaļģes *Cryptophyceae* abas pozitīvi korelēja ar ūdens temperatūru un kopējo slāpekļa daudzumu, bet negatīvi *Aphanizomenon flos-aquae* ar slāpekļa ietilpšību un *Cryptophyceae* ar kopējo fosfora daudzumu (2.3.2.3. tabula).

Kā jau vasaras sukcesijas sugām raksturīgs, tām nepieciešama augsta ūdens temperatūra, un to biomasa galvenokārt uzrāda pozitīvu sakarību ar kopējā slāpekļa daudzumu. Līdzīgi kā iepriekšējā modelī, kur tika testētas retāk sastopamo sugu sastopamības sakarības ar vides faktoriem, arī šajā gadījumā nevar izdalīt konkrētu indikatora sugu vai grupu, kas reaģētu uz vairākiem eitrofikācijas rādītājiem, bet pastāv to reakcija uz slāpekļa un fosfora daudzuma attiecību ūdenī.

Lai izprastu vasaras sukcesijas sugu sastāvu un atrastu iespējamās, labākās fitoplanktona indikatora sugas tika veikta sugu biomasas klasteru analīze, izmantojot logaritmizētas ģints biomasas ar Eiklīda attālumiem un Ward klasteru veidošanas metodi, kā rezultātā izdalīja septiņus klasterus ar tajos raksturīgajām planktonaļģu ģintīm:

**Klasteris 1** - *Achnanthes*, *Amphiprora*, *Amphora*, *Amylax*, *Anabaenopsis*, *Aneumastus*, *Apedinella*, *Asterionella*, *Botryococcus*, *Caloneis*, *Chlorogonium*, *Chroomonas*, *Chrysophyceae*, *Closterium*, *Cocconeis*, *Coelosphaerium*, *Cosmarium*, *Cosmioneis*, *Craticula*, *Crucigeniella*, *Cyanodictyon*, *Cymatopleura*, *Cymbella*, *Dinobryon*, *Diploneis*, *Epithemia*, *Eudorina*, *Euglena*, *Euglenales*, *Eutreptia*, *Flagellates*, *Fragilaria*, *Glenodinium*, *Golenkinia*, *Gonium*, *Gonyaulax*, *Gyrosigma*, *Hannaea*, *Hemiselmis*, *Katodinium*, *Kirchneriella*, *Lagerheimia*, *Lemmermanniella*, *Licmophora*, *Limnothrix*, *Mallomonas*, *Mastogloia*, *Meridion*, *Micractinium*, *Oscillatoriales*, *Pandorina*, *Peridiniella*, *Peridiniopsis*, *Petroneis*, *Phacus*, *Phormidium*, *Planktothrix*, *Pleurosigma*, *Preperidinium*, *Pseudo.nitzschia*, *Pseudopedinella*, *Pterosperma*, *Rhabdoderma*, *Romeria*, *Scrippsiella*, *Selenastrum*, *Spirulina*, *Surirella*, *Synechococcus*, *Synura*, *Tabellaria*, *Tabularia*, *Tetraselmis*, *Tetrastrum*, *Thalassionema*, *Treubaria*, *Tryblionella*, *Urosolenia*, *Westella*;

**Klasteris 2** - *Actinastrum*, *Anabaena*, *Ankistrodesmus*, *Attheya*, *Aulacoseira*, *Chlamydomonas*, *Coelastrum*, *Cryptomonas*, *Cylindrotheca*, *Desmodesmus*, *Diatoma*, *Dinophyceae*, *Gomphosphaeria*, *Gymnodinium*, *Leucocryptos*, *Melosira*, *Microcystis*, *Navicula*, *Oblea*, *Pediastrum*, *Planctonema*, *Planktolynghya*, *Prorocentrum*, *Protoperidinium*, *Pseudanabaena*, *Raphidocelis*, *Rhoicosphenia*, *Stephanodiscus*, *Synedra*, *Telonema*, *Tetraëdron*;

**Klasteris 3** - *Actinocyclus*, *Aphanizomenon*, *Dinophysis*, *Ebria*;

**Klasteris 4** - *Amphidinium*, *Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Chroococcus*, *Crucigenia*, *Cyclotella*, *Desmodesmums*, *Dictyosphaerium*, *Eutreptiella*, *Heterocapsa*, *Katablepharis*, *Merismopedia*, *Nitzschia*, *Scenedesmus*;

**Klasteris 5** - *Chaetoceros*, *Monoraphidium*, *Skeletonema*, *Thalassiosira*;

**Klasteris 6** - *Chrysochromulina*, *Coscinodiscus*, *Plagioselmis*, *Pyramimonas*, *Teleaulax*;

**Klasteris 7** - *Coelomonas*, *Cryptophyceae*, *Nodularia*, *Oocystis*, *Snowella*, *Woronichinia*.

Summējot biomasas ģintīm attiecīgajā klasterī, tās visos paraugos ir lielākas par nulli, līdz ar to, izveidotie klasteri ir sastopami gandrīz visos ievāktajos paraugos (2.3.2.4. tabula). Tālāk GAM modeļiem testējām, vai klasteru biomasas būtu iespējams izmantot kā indikatorus, kas uzrāda nozīmīgas korelācijas ar eitrofikācijas spiedienu. Salīdzinot ar iepriekš testētajiem sugu indikatoriem, klasteru biomasām ir nedaudz labākas sakarības ar vides faktoriem (lielākā izskaidrojošā novirze, sk. 2.3.2.5. tabula).

2.3.2.4. tabula. Fitoplanktona sugu klasteru procentuāli sastopamais biežums paraugos

	Rīgas līča atklātā daļa	Rīgas līča piekraste	Rīgas līča pārejas ūdeņu	Baltijas jūra
Paraugu skaits n	174	73	185	17
Klasteris 1	58%	74%	79%	95%
Klasteris 2	95%	99%	99%	100%
Klasteris 3	100%	100%	100%	100%
Klasteris 4	99%	99%	100%	100%
Klasteris 5	99%	100%	99%	100%
Klasteris 6	100%	99%	97%	100%
Klasteris 7	100%	100%	100%	82%

**Klasteri 1** veido ļoti plašs sugu saraksts no dažādām klasēm, kas uzskatāmas kā dominējošo planktonaļģu pavadošās sugas, jo to skaitāmo vienību skaits un biomasa ir neliela un to sastopamības biežums Rīgas līcī, kur ir vislielākais paraugu skaits, ir zemāks par 80%. **Klastera 2** sugas gan Rīgas līcī, gan Baltijas jūrā ir sastopamas vairāk kā 95% paraugu, taču to īpatsvars kopējā fitoplanktona biomasā arī ir neliels un uzrādīja, galvenokārt sakarības ar klimata izmaiņām, tādēļ šo abu klasteru sugas nebūtu vēlams izmantot kā indikatorus.

**Klasteri 3** veido četras sugas, katra no dažādām klasēm. Šajā klasterī ietilpst Baltic GIG izvirzītā un jau iepriekš analizētā cianobaktērija *Aphanizomenon flos-aquae*. Gan individuālie sugas, gan klastera modelēšanas rezultāti parāda, ka optimālā attīstības ūdens temperatūra ir 15 °C, kas vairākārt ir minēts literatūrā, kā temperatūras optimums *Aphanizomenon flos-aquae* attīstībai (Balode, Puriņa, 1995; Edler, 1978; Simonsen, 1962; Николаев, 1950, 1951, 1953, 1954). Šī suga tāpat arī uzrādīja pozitīvu sakarību ar kopējā slāpekļa daudzumu, kaut arī vājāku, bet negatīvu korelāciju ar slāpekļa un pozitīvu ar fosfora ietilpšību (2.3.2.3. tabula). Ne tikai *Aphanizomenon flos-aquae*, bet arī heterotrofais vicināis *Ebria tripartita*, kas arī atrodas šajā klasterī, spēj savienot autotrofo un heterotrofo barošanās tipu, un ir viena no galvenajām fizioloģiski - bioķīmiskām īpatnībām, kas nodrošina to masveidīgu attīstību ar organiskām vielām bagātā vidē. Iespējams, ka zilaļģu uzplaukumu vasarā nosaka iepriekšējā (pavasara) kramaļģu planktona vai arī litorālo makrofitu sadalīšanās, kuri izdala ūdenī daudz slāpekli saturošu organisko vielu (Kononen, 1992).

**Klasteri 4** ietilps dažādu klašu desmit sugas, starp kurām ir arī LHEI izvirzītā eglēnaļģe *Eutreptiella spp.*. Klastera kopējā analīze uzrādīja pozitīvu sakarību ar fosfora un negatīvu ar slāpekļa ietilpšību, bet *Eutreptiella spp.* līdzīgi korelēja nevis ar ietilpšību, bet gan ar kopējo biogēnu daudzumu (2.3.2.2. tabula). Klastera visas sugas negatīvi korelēja ar temperatūru, kas liecina, ka tās labāk attīstās vēsākos ūdeņos. Arī literatūrā, gan mezokosma eksperimentos, gan lauka datu pētījumos *Eutreptiella* pozitīvi korelē ar kopējā fosfora daudzumu, un šī aļģes tiek raksturota kā oportunistiska suga, kas ātri reaģē palielinoties biogēnu daudzumam ūdenī, sasniedzot īslaicīgus ziedēšanas apjomus. Tā ir pielāgoties spējīga suga, kurai ir izteikta vertikālā migrācija un cistu veidošana (Olli et al., 1996, Jaanus et al., 2009). Ņemot vērā iepriekš teikto, nevar izslēgt, ka oportunistiskās sugas, kā *Eutreptiella spp.* varētu tikt uzskatītas kā vides stāvokļa pasliktināšanas radītājs.

**Klasteris 5** sastāv no trim kramaļģēm un vienas zaļāļģes, kuru vidū ir Baltic GIG izvirzītā *Skeletonema costatum*, kas arī ir oportunistiska suga. Ziemeļu Baltijas jūras pētījumos uzrādīja savstarpējās sakarības ar kopējo un izšķīdušo slābekli (Jaanus et al., 2009). Mūsu Rīgas līča fitoplanktona datu GAM modeli *Skeletonema costatum* negatīvi korelēja ar slāpekļa un pozitīvi ar fosfora ietilpšību. Zaļāļģe *Monoraphidium contortum* literatūrā aprakstīta kā suga, kas sastopama Baltijas jūras ziemeļu daļā gan pie augstām fosfora koncentrācijām un zemas slāpekļa/fosfora attiecības, gan zemām fosfora koncentrācijām un augstas slāpekļa/fosfora attiecības, līdz ar to šī suga tiek izvirzīta kā iespējama eitrofikācijas indikatora suga (Kononen, 1988; Andersson et al., 1996, 2006).

**Klasteris 6** veido piecas sugas no četrām dažādām grupām, to skaitā LHEI izvirzītās primneziofītaļģes (*Ptymnesiophyceae*), kriptofītaļģes (*Cryptophyceae*) un prazinofītaļģe *Pyramimonas spp.*. Visas, gan individuālos modeļos, gan klastera analizē uzrādīja pozitīvu korelāciju ar temperatūru, kas liecina, ka šīs ir izteiktas vasaras sukcesijas sugas, un negatīvu sakarību ar slāpekļa ieplūdēm (2.3.2.2. tabula 2.3.2.3. tabula, 2.3.2.5. tabula).

Prymneziofīt aļģe *Chrysochromulina spp.* sastopamības biežuma korelācijā ar vides apstākļiem, labāk attīstās pie zemām kopējā fosfora koncentrācijām, sasniedzot noteiktu minimālo vērtību, tās daudzums vairs nemainās, zemām slāpekļa ieplūdēm, bet pozitīvi reaģē uz fosfora ieplūdēm. Literatūrā *Chrysochromulina spp.* ir aprakstīta kā miksotrofa suga, kas var attīstīties barības vielām nabadzīgā vidē, pretēji citiem autotrofiem un heterotrofiem vicaiņiem (Nygaard & Tobiesen, 1993, Samuelsson, 2002). Baltijas jūras ziemeļu daļas pētījumos, pēc perioda ar zemām neorganiskā fosfora koncentrācijām, konstatēts maksimālais *Chrysochromulina spp.* skaitāmo vienību skaits un 34% no kopējās fitoplanktona biomasas vasaras otrajā pusē (Andersson et al., 1996, Hajdu et al., 1996). Potenciāli miksotrofais vicainis *Pyramimonas spp.* sastopamības biežuma un vides faktoru attiecību modelī pozitīvi korelēja ar kopējo fosfora daudzumu un negatīvi ar slāpekļa ieplūdēm, pretēji kriptofītaļģēm *Cryptophyceae* – *Plagioselmis prolunga*, *Teleaulax spp.*, kuru biomasu uzrādīja pozitīvas sakarības ar kopējo slāpekli, bet negatīvas ar kopējo fosforu (2.3.2.2. tabula 2.3.2.3. tabula). Vairākos mezokosma eksperimentos, literatūrā, ir aprakstīts, ka barības vielām bagātos ūdeņos potenciāli miksotrofie vicaiņi ievērojami attīstās kopā ar heterotrofajiem un autotrofajiem vicaiņiem, piemēram, *Plagioselmis prolunga* (Samuelsson et al., 2002; Andersson et al., 2006).

**Klasteris 7** ietilpst sešas saldūdens, iesāļu ūdens sugas, kuru optimālā attīstības temperatūra ir no 11 – 20° C (Николаев, 1953) negatīvi korelēja ar sāļumu un pozitīvi ar slāpekļa ieplūdēm (2.3.2.4. tabula). Šajā klasterī ietilpstošās sugas nebūtu vēlams izmantot kā indikatoru organismus, jo saldūdens un iesāļu ūdeņu sugu attīstība galveno kārt ir atkarīga no vides fizikālajiem faktoriem – temperatūras un sāļuma.

Kopumā, ņemot vērā klasteru sugu kopas, to sastopamības biežumu un sakarības ar vides faktoriem varētu mēģināt izdalīt indikatoru sugu kopas klasteriem 3; 5 un 6.

2.3.2.5. tabula Vasaras fitoplanktonu klasteru biomasas sakarības ar vides faktoriem. Ticamības līmenis ( $p < 0.05$ ) ir apzīmēts ar + (pozitīva sakarība), vai – (negatīva sakarība), vai nelineāras sakarības formu raksturojumu

Klasteris	Vējš	Sāļums	Temp.	Ntot	Ptot	N ieplūdes	P ieplūdes	Upju notece	Izskaidrojošā novirze
1.							+	-	30,4%
2.	-	-				min.		max.	40,3%
3.		Opt. 5,5 PSU	Opt. 15°C	+		-	+		40,8%
4.			-			-	+		21,4%
5.						-			48,1%
6.			+	-		-	+		43,1%
7.		-				+			29,3%

### 2.3.3. Makrofīti

Fitobentoss varētu būt viens no labākajiem vides indikatoriem piekrastes ūdeņos. Makrofīti integrē informāciju par vides stāvokli vairāk kā viena veģetācijas perioda garumā un atspoguļo to caur sabiedrības struktūru vai dažādām izplatības īpatnībām (Baltic Sea GIG, 2007). Vēsturiski pētījumi rāda, ka Latvijas piekrastes ūdeņos sastopamas vairāk nekā 50 makrofītu sugas (2.3.3.1. tabula), toties kvantitatīvi apsekojumi pieejami tikai kopš 1990. g. beigas.

2.3.3.1. tabula. Latvijas piekrastes ūdeņos sastaptas makrofītu sugas

Taxa	Avots:			
	Skuja, 1924	Kumsare et al, 1974	Trei, 1976, 1977, 1986	Kukk, 1993
<b>Rhodophyta</b>				
1. <i>Anfeltia plicata</i> (Huds.) Fries.	+	-	-	-
2. <i>Asterocytis ramosa</i> (Thwaites in Harvey) Gobi ex Schmitz	-	-	+	+
3. <i>Polyides rotundus</i> (Huds.) Grev.	-	-	+	+
4. <i>Callithamnion roseum</i> (Roth.) Lugh.	+	-	+	+
5. <i>Ceramium tenuicorne</i> (Kütz.) Waern	+	+	+	+
6. <i>Ceramium rubrum</i> (Huds.) C. Ag.	-	-	+	+
7. <i>Furcellaria lumbricalis</i> (Huds.) Lamour.	+	+	+	+
8. <i>Hildenbrandtia rubra</i> (Sommerf.) Menegh.	+	+	+	+
9. <i>Phyllophora truncata</i> (Pallas) Zinova f. <i>Angustissima</i> (C. Ag.) Sjöstedt	-	-	+	+
10. <i>Polysiphonia nigrescens</i> (Huds.) Grev.	+	+	+	+
11. <i>Polysiphonia violacea</i> (Roth.) Spreng.	+	+	+	+
12. <i>Rhodomela confervoides</i> (Huds.) Silva	+	+	+	+
<b>Phaeophyta</b>				
1. <i>Pilayella littoralis</i> (L.) Kjellm.	+	+	+	+
2. <i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillw.) Lyngb.	+	+	+	+
3. <i>Sphacelaria arctica</i> Harvey	+	-	+	+
4. <i>Sphacelaria plumigera</i> Holmes	-	-	+	+
5. <i>Pseudolithoderma subextensum</i> (Waern) Lund	+	+	+	+
6. <i>Elachista lubrica</i> Rupr.	+	-	+	+
7. <i>Stictosiphon tortilis</i> (Rupr.) Reince	+	+	+	+
8. <i>Dictyosiphon foeniculaceus</i> (Huds.) Grev.	+	+	+	+
9. <i>Dictyosiphon shordaria</i> Aresch.	+	-	-	-
10. <i>Eudesme virescens</i> (Carm.) J. Ag.	+	-	+	-
11. <i>Chorda filum</i> (L.) Stackh.	+	+	-	-
12. <i>Fucus vesiculosus</i> L.	+	+	+	+
<b>Chlorophyta</b>				
1. <i>Ulotrix tenerrima</i> Kütz.	+	+	-	+
2. <i>Ulotrix subflaccida</i> Wille	+	-	-	+
3. <i>Ulotrix zonata</i> (Weber et Mohr.) Kütz.	-	+	-	-
4. <i>Capsosiphon fulvescens</i> (C. Ag.) Setch. Et Gardn.	-	-	+	-
5. <i>Enteromorpha ahlneriana</i> Bliding	+	+	+	+
6. <i>Enteromorpha intestinalis</i> (L.) Link	+	+	+	+
7. <i>Enteromorpha prolifera</i> (O.F. Müll.) I. Ag.	+	+	+	+
8. <i>Enteromorpha pilifera</i> Kütz.	-	-	+	+
9. <i>Percusaria percursa</i> (C. Ag.) Bory in Dupperrey	+	-	+	-
10. <i>Chaetomorpha linum</i> (O.F. Müll.) Kütz.	+	+	-	+
11. <i>Cladophora fracta</i> (O.F. Müll.) ex Vahl Kütz.	+	+	-	+
12. <i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kütz.	+	+	+	+
13. <i>Cladophora rupestris</i> (L.) Kütz.	+	+	+	+
14. <i>Rhizoclonium riparium</i> (Roth) Harvey	+	+	+	+
15. <i>Urospora penicilliformis</i> (Roth) Aresch.	+	-	+	+
16. <i>Oedegonium</i> sp.	-	-	+	+
17. <i>Spirogyra</i> sp.	+	-	+	+
18. <i>Zygnema</i> sp.	+	-	+	+

Taxa	Avots:			
	Skuja, 1924	Kumsare et al, 1974	Trei, 1976, 1977, 1986	Kukk, 1993
<b>Charophyta</b>				
1. <i>Chara aspera</i> Willd.	+	-	+	+
2. <i>Chara baltica</i> Bruz. em wahist.	+	-	+	-
3. <i>Chara canescens</i> Desv. et Lois.	+	-	+	+
4. <i>Chara connivens</i> Salzm.	+	-	-	-
5. <i>Chara tomentosa</i> L.	+	-	-	-
6. <i>Tolypella nidifica</i> Braun.	+	-	+	+
<b>Magnoliophyta</b>				
1. <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	-	-	+	+
2. <i>Najas marina</i> L.	-	-	+	+
3. <i>Potamogeton filiformis</i> Pers.	-	-	+	+
4. <i>Potamogeton pectinatus</i> L.	-	-	+	+
5. <i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	-	-	+	+
6. <i>Ranunculus baudothii</i> Godr.	-	-	+	+
7. <i>Ruppia maritima</i> L.	-	-	+	+
8. <i>Zannichellia palustris</i> L.	-	-	+	+
9. <i>Zostera marina</i> L.	-	-	+	+
10. <i>Schoenoplectus lacustris</i> L. Palla	-	-	+	+
11. <i>Schoenoplectus tabernaemontanii</i> (C. Ch. Gmel.) Palla	-	-	+	+
12. <i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla	-	-	+	+
13. <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud	-	-	+	+

#### *Makrofītu indikatora izveidošana kaimiņvalstīs*

Kaimiņvalstīs, kur makrofītu monitoringam senākas tradīcijas, šobrīd ir izstrādātas dažas ūdens kvalitātes novērtēšanas sistēmas, izmantot makrofītu indikatorus. Metožu apraksti ir publicēti dažādās Baltic GIG atskaitēs.

#### Lietuva

Balstoties uz faktu, kā *Furcellaria* ir dominējoša aļģu suga Lietuvas piekrastē, Lietuvas kolēģi piedāvā izmantot kā vides indikatoru *Furcellaria* dziļumizplatību (2.3.3.2. tabula, 2.3.3.3. tabula). Etalonstāvokli noteica pēc 1950<sup>tos</sup> gados veiktiem pētījumiem (Kireeva, 1960).

Dziļumizplatības limiti vides stāvokļiem noteikti pēc ekspertu viedokļa. Metodei nav veikta statistiskā analīze un nav skaira metodes reakcija uz eitrofikācijas spiedienu (LT\_Depth limit of *Furcellaria lumbricalis*, 2009).

2.3.3.2. tabula. Ūdens kvalitātes klašu robežas makrofītu kvalitātes elementam Lietuvā, Baltijas jūras piekrastē, piekrastes ūdeņiem

Water quality status	Maximum depth limit, m	EQR	Description
Reference	>=20	1.00	Maximum depth limit according to historical data (pre-eutrophication) time
High	18.0 – 19.9	> 0.90	Maximum depth limit according to historical data (pre-eutrophication) time
Good	15.0 – 17.9	0.90 – 0.75	Recent depth limit which did not change significantly
Moderate	9.0 – 14.9	0.74 – 0.45	Decline in the most valuable dense overgrowths
Poor	5.0 – 8.9	0.44 – 0.25	Loss of the most valuable dense overgrowths
Bad	< 5.0	< 0.25	Loss of the red algae

2.3.3.3. tabula Ūdens kvalitātes klašu robežas makrofītu kvalitātes elementam Lietuvā, Baltijas jūras piekrastē, pārejas ūdeņiem

Water quality status	Maximum depth limit, m	EQR	Description
Reference	>=18	1.00	Maximum depth limit according to historical data (pre-eutrophication) time
High	17.0 – 17.9	> 0.94	Maximum depth limit according to historical data (pre-eutrophication) time
Good	14.0 – 16.9	0.94 – 0.78	Recent depth limit which did not change significantly
Moderate	9.0 – 13.9	0.77 – 0.50	Decline in the most valuable dense overgrowths
Poor	4.0 – 8.9	0.49 – 0.22	Loss of the most valuable dense overgrowths
Bad	< 4.0	< 0.22	Loss of the red algae

### Igaunija

Igaunija izmanto trīs parametrus vides novērtēšanā: fitobentosa dziļumizsplatību, *Fucus vesiculosus* dziļumizsplatību un daudzgadīgo aļģu proporciju sabiedrībās.

Etalonstāvokli noteica pēc vēsturiskiem datiem un ekspertu viedokļa (2.3.3.4. tabula). Robežas starp klassēm noteiktas pēc C scenārija, kas ir aprakstīts Andersen et al.(2004).

2.3.3.4. tabula. EQR vērtības Igaunijas fitobentosa klasifikācijā

High	Good	Moderate	Poor	Bad
0-20 %	20-50 %	50-70 %	70-90 %	>90 %

Metode ir oficiāli akceptēta Igaunijas vides ministrijā. Pašlaik notiek metodes validācijas process (Estonian Metrics description, 2009).



## Polija

Polija piedāvā izmantot savos ūdeņos indeksu, kas balstās uz biomasas attiecībām starp „pozitīvām” un „negatīvām” sugām (2.3.3.5. tabula) :

2.3.3.5. tabula. Sugu klasifikācija Polijas makrofītu indeksam

N o	„Positive” taxa	Symbol of group	N o	„Negative” taxa – eutrophication indicators	Symbol of group
1.	<i>Fucus vesiculosus</i>	f	1.	<i>Pilayella littoralis</i> i <i>Ectocarpus</i>	p
2.	<i>Furcellaria lumbricalis</i>		2.	<i>Enteromorpha</i> spp.	
3.	<i>Coccolytus truncatus</i>		3.	<i>Cladophora glomerata</i>	
4.	<i>Dictyosiphon</i>		4.	<i>Chaetomorpha linum</i>	
5.	<i>Polysiphonia</i> spp.	f <sub>p</sub>			
6.	<i>Chara</i> spp.	ch			
7.	<i>Tolypella nidifica</i>				
8.	<i>Zostera marina</i>	z			
9.	<i>Potamogeton</i> spp.				
1	<i>Zannichellia palustris</i>				
1	<i>Ruppia maritima</i>				
1	<i>Myriophyllum spicatum</i>				
1	<i>Ceratophyllum demersum</i>				
1	<i>Ranunculus baudotii</i>				

$$\text{Polish macrophyte index} = \frac{\sum_{z=1}^7 z}{\sum_{p=1}^4 p}$$

Rezultāta tiek piedāvāts izmantot biomasas attiecības starp sugu grupu z un p. Etalonstāvokli noteica pēc ekspertu viedokļa. Robežas starp klassēm noteiktas, izmantojot ekspertu viedokli (2.3.3.6. tabula). Metode nav oficiāli apstiprināta un nav statistiski testēta. Notiek metodes testēšana Puck līcī un citās piekrastes teritorijās.

2.3.3.6. tabula Kvalitātes klašu robežas Polijas makrofītu indeksam Puck līcī

EQR	Ecological status
$0.9 \leq \text{EQR} \leq 1$	high
$0.6 \leq \text{EQR} < 0.9$	good
$0.4 \leq \text{EQR} < 0.6$	moderate
$0.2 \leq \text{EQR} < 0.4$	poor
$0.2 <$	bad

## Vācija

Vācijā pašlaik tiek izmantotas divas metodes: BALCOSIS izmanto piekrastes ūdeņos B3 tipā (kas atbilst B12 Baltic GIG tipoloģijā) ar makrofītu un *Zostera* audzēm un ELBO metodi, kas izmantojama seklos fjordos un lagūnās (tips B1+2) ar mazu sāļumu un mieturālgu un augstāko augu veģetāciju.

BALCOSIS veido 7 parametri: 1. *Fucus* dziļumizplatība, 2. *Zostera* dziļumizplatība, 3. Oportunistu sugas *Zostera* audzēs (% no biomasas), 4. *Furcellaria* īpatsvars (% no biomasas), 5. Oportunistu sugu

Īpatsvars uz cietiem substrātiem, 6. *Fucus* kopējais pārklājums uz cietiem substrātiem, 7. noteikto daudzgadīgo sugu klātbūtne (Rolf Karez, German Macrophyte Methods, 2009).

ELBO metode izstrādāta mikstām gruntīm ar mazu viļņu ietekmi un lielu sāļuma variabilitāti.

Metode balstās uz pieņemumu ka eitrofikācijas rezultātā notiek veģetācijas nomaiņa no mieturaļģēm (etalonstāvoklis) caur augstākiem augiem līdz pat pilnīgai veģetācijas iznīkšanai (slikts stāvoklis) (Rolf Karez, ELBO for GIG partners, 2009).

Metodēm katram parametram ir noteiktas vides stāvokļa robežas. Katra metode apvieno parametrus vienā kopējā vides novērtējumā. Robežas starp klasēm pārsvarā balstās uz ekspertu viedokļa.

### Dānija

Dānija izmanto vairākus parametrus, kas pārsvarā balstās uz empīriskās modelēšanas (2.3.3.7. tabula):

2.3.3.7. tabula. Makrofītu kvalitātes elementa novērtēšanā Dānijā

	Abundance	Disturbance of sensitive species"	Diversity
Total cover of erect algal species	Best response (restrains: need data on water depth were cover is less 100%)		
cumulative algal cover of the total algal community	Less good response compared to "total cover"(Advanses: is independent of water depth)		
Cover of opportunistic species	Weaker response		
Cover of late-successional species	Weaker response	Weaker response	
The fraction of opportunistic species		Good response	
The number of late-successional species		Good response	Good response (can be seen as an indicator for diversity)

Metodes ir statistiski testētas un parāda nozīmīgu likumsakarību ar sāļumu un slāpekļa koncentrāciju.

Pašlaik nav plānots apvienot augstāk minētos parametrus vienā kopējā indeksā (Carstensen et al, 2008, Carstensen, J. & Krause-Jensen, D., 2009, Danish metrics, 2009).

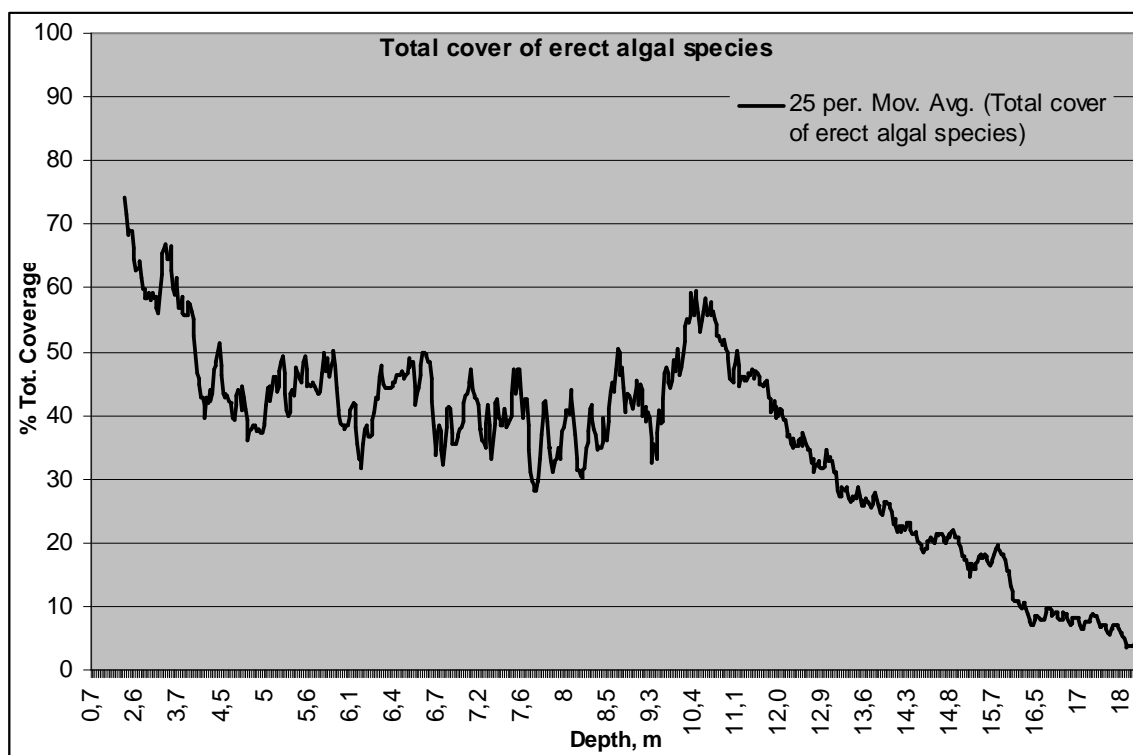
### Zviedrija

Zviedrija izmanto vairāku sugu dziļumizsplatības indeksu. Atkarībā no rajona tiek izmantotas no 3 līdz 9 sugām. Pēc sugu dziļumizsplatības tiek piešķirtas balles. Vērtējot iegūtās balles tiek reķinātas vidējās vērtības, kas arī veido indeksu. Robežvērtības veidotas pēc ekspertu viedokļa. Metode nav validēta attiecībā pret eitrofikācijas un piesārņojuma spiedieniem (SE assesment method flora, 2009).

### Makrofitu indikatora izveidošana Latvijas piekrastes ūdeņos

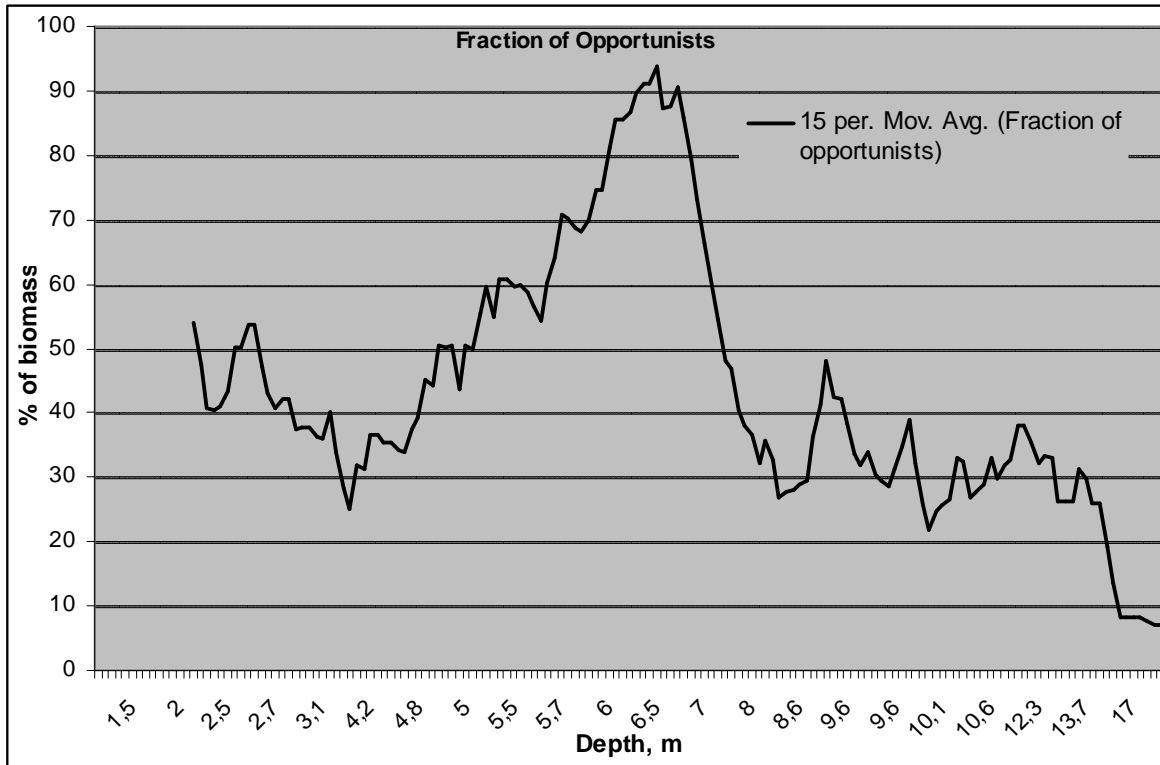
Ņemot vērā Rīgas līcī un Baltijas jūras piekrastē bentiskās veģetācijas īpatnības, kas pārsvarā aug uz cieta substrāta, kā arī sugu dominancēs īpatnības katrā piekrastes rajonā (jo Baltijas piekrastē dominē *Furcellaria*, bet Rīgas līcī pārsvarā *Fucus*), netiek rekomendēts izmantot vides novērtējumam atsevišķas makroaļģu sugas (piem. *Fucus vesiculosus* vai *Furcellaria lumbricalis*). Būtu vēlams vides vērtējumā izmantot plašākus parametrus, kas ļautu tos izmantot visos piekrastes tipos ar bentisko veģetāciju. Izmantojot kaimiņvalstu pieredzi būtu vēlams apsvērt iespēju izmantot Latvijas piekrastēs novērtējumā tādus parametrus kā **vertikāli stāvošo makrofitu kopējais pārklājums** un **opportunistisko sugu īpatsvars (% no biomasas)**.

Analizējot kopējo makroaļģu pārklājumu, tiek novēroti divi maksimumi. Viens piekrastē, kur ir labi gaismas apstākļi bet stipra viļņu ietekme, bet otrs 10 m dziļumā, kas ir saistīts ar labiem augšanas apstākļiem Baltijas jūrā 2.3.3.1. attēls).



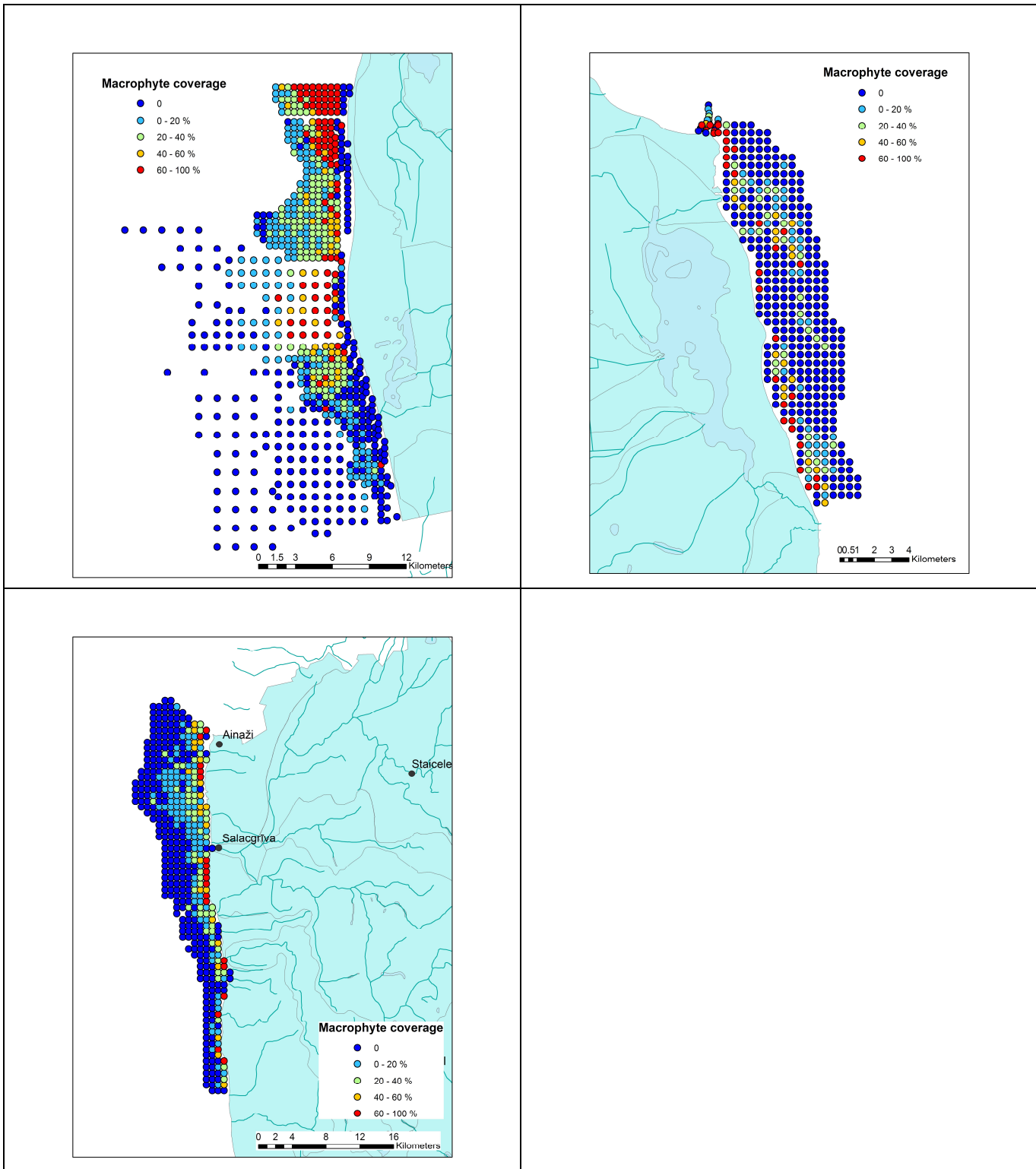
2.3.3.1. attēls. Kopējā makrofitu aļģu pārklājuma dinamika Baltijas jūra un Rīgas līcī

Paraugu kopa, ko var izmantot oportunistisko sugu īpatsvara analīzei, ir neliela - 157 paraugi. Oportunistisko sugu sadalījums Baltijas jūrā un Rīgas līcī arī ir dažāds. Baltijas piekrastē pārsvarā dominē *Ceramium*, *Sphacelaria*, *Polysiphonia*, bet Rīgas līcī dominē *Sphacelaria*, retāk *Ceramium*. Par cik oportunistiskās sugas nav izturīgas pret viļņu ietekmi, to blīvums ir lielāks dziļos ūdeņos. Tas labi izskaidro novēroto oportunistisko sugu īpatsvara maksimumu 6 - 7 m dziļumā (2.3.3.2. attēls).



2.3.3.2.attēls. Oportunistisko sugu īpatsvara izmaiņas paraugos

Kopējā algu pārklājuma telpiskais sadalījums (2.3.3.3. attēls) uzrāda plašus makroaļģu laukus Baltijas piekrastē ar 100% pārklājumu. Lielāks blīvums ir novērots uz ziemeļiem no Papes –Jūrmalciema un Bernātu piekrastē, kur vides stāvoklis ir labāks par ūdeņiem dienvidpusē. Rīgas līcī liels makrofītu blīvums ir sastopams piekrastē. Tomēr Mērsraga piekrastē, kas var būt mazāk eitroficēta, atsevišķās vietās makrofīti lielā blīvumā aug tālāk no krasta.



A

B

2.3.3.3. attēls. Kopējā aļģu pārklājuma telpiskās izmaiņas Baltijas jūrā pie Papes (A) un Rīgas līcī pie Mērsraga (B) un Salacgrīvas (C).

Par cik ilglaicīgi kvantitatīvi makrofitu novērojumi nav pieejami un esoši dati arī neatspoguļo nozīmīgu telpisku eitrofikācijas spiediena gradientu, indikatoru izstrāde ir problemātiska. Projekta ietvaros šobrīd

esošie dati ir iekļaut datubāzē, kas atvieglo indikatoru testēšanu. Līdz ar to Latvija varētu sekmīgi pārbaudīt kaimiņvalstu izvirzītas indikatorus un to robežvērtības.

Baltic GIGā vēl būtu jāvienojas par apmierinošiem tipoloģijas nosacījumiem, kas ļautu skaidri noteikt kādas valsts savā starpā izsāk interkalibrāciju. Tālāk sekos sugu salīdzināšana, datu apjoma novērtēšana, klašu robežu validācija un t.t. Pašlaik notiek interkalibrācijas vadlīniju izstrādes process. Vēlāk interkalibrācija virzīsies, balstoties uz vadlīniju ieteikumiem. Fitobentosa grupā, iespējams, tiks panākta vienošanās par viena, kopējā parametra interkalibrāciju (piem. kopējs makrofitu pārklājums).

#### 2.3.4. Makrozoobentoss

Bentisko bezmugurkaulnieku (makrozoobentosa) kvalitātes elementa novērtēšanai Baltijas jūras piekrastes ekosistēmās kaimiņvalstīs šobrīd izmanto vairākus indeksus, kas ietver sugu sastāvu, to ekoloģisko jutīgumu un indivīdu skaitu. Par cik dažas valstis, piemēram Somija un Zviedrija, šos indeksus jau ir sekmīgi interkalibrējušas (ES Komisijas lēmums 2000/60/EC), Latvijai būtu parocīgi izvēlēties makrozoobentosa novērtēšanai kādu no indeksiem, kas jau tiek izmantots kaimiņvalstīs. Pašlaik tie ir DKI, BQI un BBI, kā arī AMBI indekss, kas ir DKI indeksa komponente.

AMBI (Borja et al. 2000), DKI (Borja et al. 2007), BQI (Rosenberg et al. 2004) un BBI (Perus et al. 2007) ir indeksi, kas raksturo bentiskās faunas stāvokli mīkstās gruntīs. DKI indeksu izmanto Dānijā, BQI Zviedrijā un BBI Somijā. Visi indeksi iedala sugas jutīguma klasēs un apraksta jutīgo sugu īpatsvaru cenozē. DKI sugu jutīgumu balsta pēc AMBI klasifikācijas, kamēr BQI un BBI izmanto citas, BQI jutīguma vērtības. Papildus jutīgu sugu īpatsvaram visi indeksi, izņemot AMBI, ņem vērā arī sugu skaitu un indivīdu skaitu, no kā aprēķina dažādus sugu daudzveidības mērus.

#### AMBI

AMBI indekss ir vidējais sugu jutīgums paraugā, izmantojot piecas AMBI jutīguma klases (Borja et al. 2000).

$$AMBI = \frac{0 \cdot \%I + 15 \cdot \%II + 30 \cdot \%III + 45 \cdot \%IV + 60 \cdot \%V}{100},$$

kur %I - %V ir relatīvais indivīdu skaits procentos no I. līdz V. AMBI jutīguma klasē.

#### DKI

$$DKI = \frac{\left(1 - \frac{AMBI}{7}\right) + \frac{H'}{H'_{max}} \cdot \left(1 - \frac{1}{N_{tot}}\right) + \left(1 - \frac{1}{S}\right)}{2}$$

DKI (Borja et al. 2007) paplašina AMBI indeksu ar trim komponentiem, kur  $\frac{H'}{H'_{max}}$  ietver relatīvo sugu daudzveidību izmantot Šanona – Vīnera (Shannon – Wiener) indeksu  $H'$ . Otrā vienādojuma komponente pasliktina ekoloģisko kvalitāti, ja paraugā ir zems indivīdu skaits  $N_{tot}$  vai mazs sugu skaits  $S$ . Līdz ar to DKI ir salīdzināms tikai starp paraugiem ar vienādo ievākšanas laukumu.

Šanona – Vīnera (Shannon – Wiener) indekss  $H'$  nosaka sugu sastāva vienmērīgumu un kopējo sugu skaitu  $S$ , balstoties uz katras sugas relatīvā skaitā paraugā  $p_i$ . Indekss sasniedz maksimālu vērtību, ja relatīvais skaits katrai sugai ir vienāds.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2 p_i$$

### BQI

BQI indekss (Rosenberg et al. 2004) pieņem, ka retas sugas ir ekoloģiski jūtīgas. Sugu retumu – jutīguma vērtības  $ES50_{0.05i}$  Baltijas jūras sugām ir publicētas Blonqvist et al, 2007, vienkāršojot skalu līdz četrām jūtīguma klasēm. Papildus, augsts sugu skaits palielina BQI indeksu bet mazs kopējais indivīdu skaits  $N_{tot}$  to pazemina.

$$BQI = \left[ \sum_{i=1}^S \frac{N_i}{N_{tot}} \cdot ES50_{0.05i} \right] \cdot \log_{10}(S + 1) \cdot \left( 1 - \frac{5}{5 + N_{tot}} \right)$$

### BBI

BBI indekss (Perus et al. 2007) ietver tās pašas komponentes kā DKI, aizstājot sugu sastāva novērtējumu AMBI indeksa vietā ar attiecību  $\frac{BQI}{BQI_{max}}$ , kur  $BQI_{max}$  ir augstākā novērotā BQI vērtība katrā ūdeņu tipā.

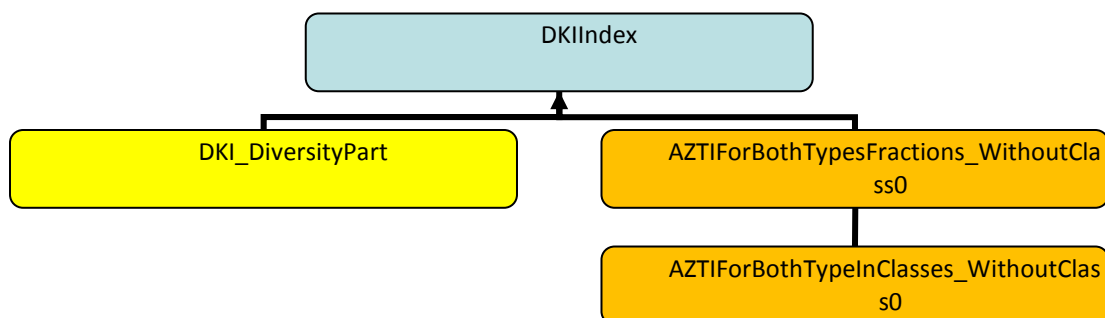
$$BBI = \frac{\left( 1 - \frac{BQI}{BQI_{max}} \right) + \frac{H'}{H'_{max}} \cdot \left( 1 - \frac{1}{N_{tot}} \right) + \left( 1 - \frac{1}{S} \right)}{2}$$

### Indeksu aprēķins

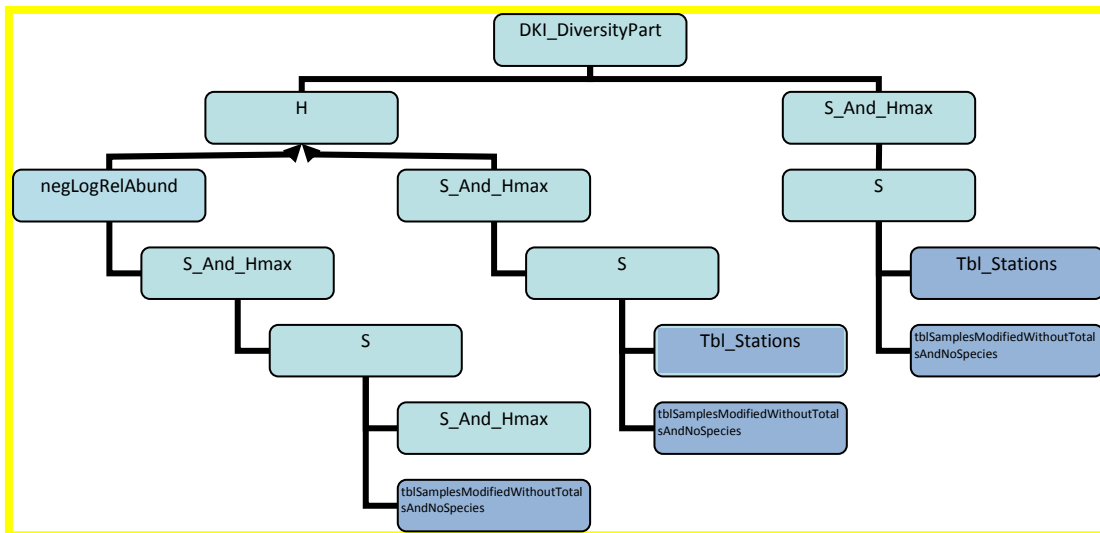
Indeksa aprēķins ir kodēts query ķēdēs LHEI makrozoobentosa datubāzē.

### DKI aprēķins

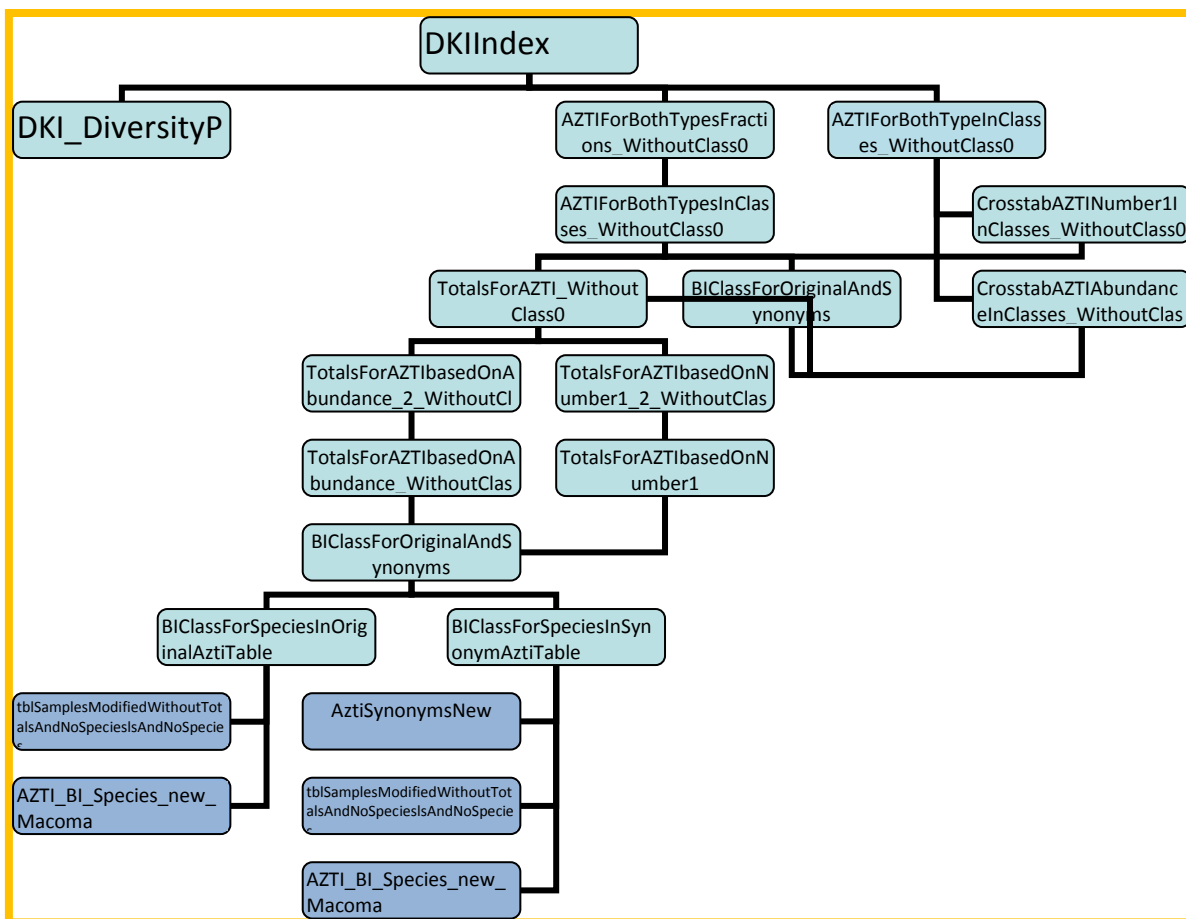
DKI aprēķinus veic query ķēde **DKIIndex** (2.3.4.1. attēls), kas kombinē DKI indeksā iekļautos daudzveidību mērus (2.3.4.2. attēls) ar sugu ekoloģiskā jūtīgumu novērtēšanu (2.3.4.3. attēls).



2.3.4.1. attēls DKI aprēķins (dzeltens: daudzveidības mēru aprēķins, oranžs: sugu ekoloģiskā jūtīguma novērtēšana)



2.3.4.2. attēls. Daudzveidības mēru aprēķins DKI indeksam (gaiši zils: datubāzes query, zils: datubāzes tabula)

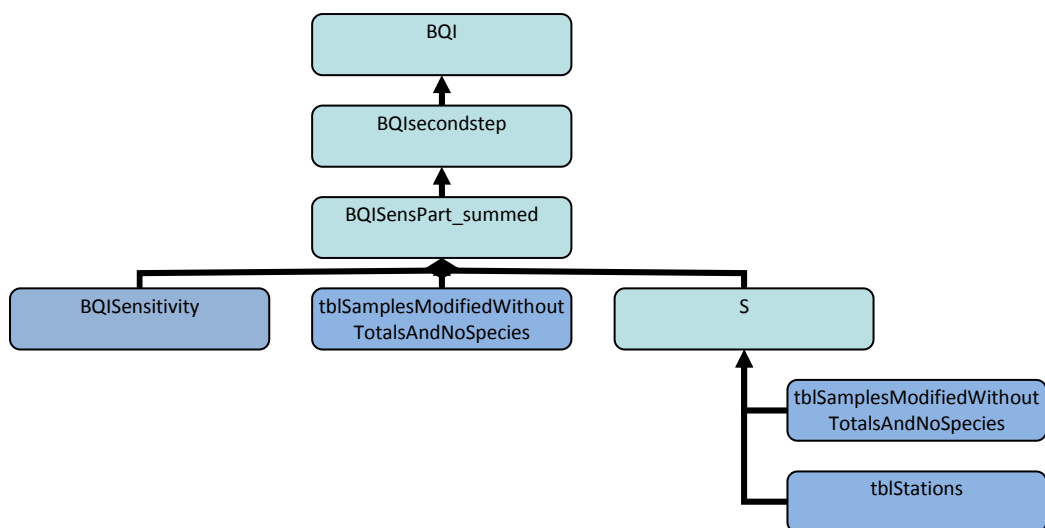


2.3.4.3. attēls. Sugu ekoloģiskā jūtīguma novērtēšana DKI indeksam (gaiši zils: datubāzes query, zils: datubāzes tabula)



## BQI aprēķins

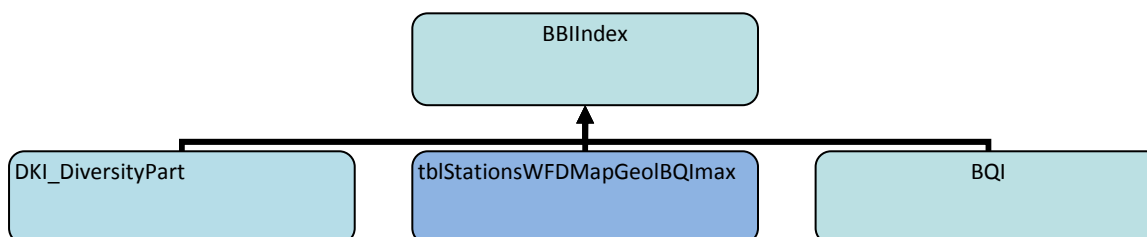
BQI aprēķinu katram replikātam kodē query ķēde **BQI** (2.3.4.4. attēls).



2.3.4.4. attēls. BQI indeksa aprēķins (gaiši zils: datubāzes query, zils: datubāzes tabula)

## BBI aprēķins

BBI aprēķinu veic query ķēde **BBIIndex** (2.3.4.5. attēls), kas balstās uz query BQI, stacijas tabulu ar papildu laukumu BQImax (tblStationsWFDMaGeolBQImax), kā arī DKI aprēķinu starprezultātu query DKI\_DiversityPart.



2.3.4.5. attēls. BBI indeksa aprēķins (gaiši zils: datubāzes query, zils: datubāzes tabula)

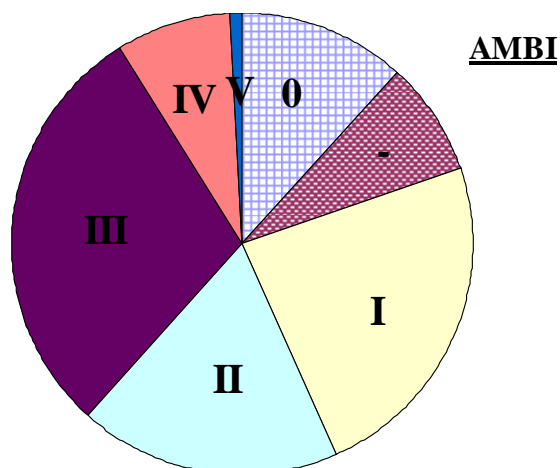
## Makrozoobentosa indeksa izvēle

Lai izraudzītos Latvijas piekrastes un pārejas ūdeņiem piemērotāku makrozoobentosa indeksu, pārbaudījām, vai sastopamas makrozoobentosa sugas ar šiem indeksiem var ekoloģiski klasificēt. Tālāk testējām, vai indeksi spēj atspoguļot Rīgas līča ilglaicīgo eutrofikācijas dinamiku. Datus no Baltijas jūras piekrastes tipiem daļēji iekļāvām analizē, bet lai analizētu ilglaicīgas izmaiņas datu apjoms nav pietiekams.

## Sugu ekoloģiskā klasifikācija

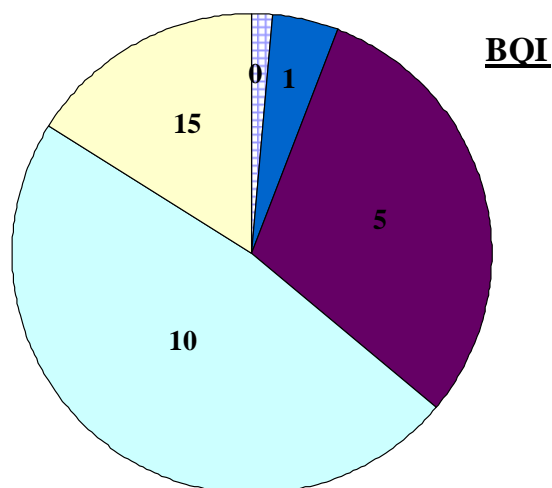
Kopā Rīgas līča un Latvijas Baltijas jūras piekrastes paraugos sastopamas 136 makrozoobentosa sugas. AMBI sugu sarakstā nav atrodamas vai jūtīgums nav noteikts 20% no sugu skaita (2.3.4.6. attēls). Dažām, galvenokārt retām sugām, kas nebija BQI sarakstā, bija piešķirtas jūtīguma vērtības pēc ekspertu uzskata, salīdzinot tās ar vērtībām, ko izmanto kaimiņvalstīs, līdz ar to BQI sarakstā (2.3.4.7. attēls) jūtīgums nav definēts tikai 1% no sugām. Toleranto sugu īpatsvars gan AMBI, gan BQI sarakstos ir vienāds – 30%, bet ļoti jūtīgo sugu īpatsvars BQI sarakstā ir mazāks nekā AMBI sarakstā.

Līdz ar to gan indeksi kas izmanto BQI jūtīgumu sarakstu (BQI, BBI), gan tie, kas balstas uz AMBI sarakstu (DKI, AMBI) principā ir izmantojāms arī Latvijas piekrastes un pārejas ūdeņos.



AMBI jūtīgums	Sugu skaits
Nav sarakstā	11 (8%)
0	16 (12%)
I	32 (24%)
II	25 (18%)
III	20 (29%)
IV	11 (8%)
V	1 (1%)

2.3.4.6. attēls. Rīgas līcī un Latvijs Baltijas jūras piekrastē sastopamo makrozoobentosa sugu sadalījums pēc AMBI ekoloģiskā jūtīguma (“-“ - nav sarakstā; **0** – jūtīgums nav noteikts; **I** - ļoti jūtīgas sugas; **II** - indiferentās sugas; **III** - tolerantās sugas; **IV** - otrās kārtas oportunistiskās sugas; **V** - pirmās kārtas oportunistiskās sugas).



BQI jūtīgums	Sugu skaits
Nav sarakstā (0)	2 (1%)
1	6 (4%)
5	41 (30%)
10	65 (49%)
15	22 (16%)

2.3.4.7. attēls. Rīgas līcī un Latvijs Baltijas jūras piekrastē sastopamo makrozoobentosa sugu sadalījums pēc BQI ekoloģiskā jūtīguma (**0** – nav sarakstā; **1** – ļoti tolerantas; **5** - tolerantās; **10** - jūtīgas un **15** – ļoti jūtīgas pret traucējumiem).

### **Indeksa reakcija uz ilglaicīgu eitrofikācijas spiedienu**

#### *Statistiskā modelēšana*

Detalizētākai analīzei izmantojām tikai Rīgas līča piekrastes datus, jo Baltijas jūras piekrastes daudzgadīgo datu apjoms analīzei ir nepietiekams.

Makrozoobentosa indeksu korelāciju ar faktoriem, kas raksturo eitrofikācijas spiedienu Rīgas līcī testējām ar GAM modeļu palīdzību. Eitrofikācijas spiedienu modeļos atspoguļoja slāpekļa un fosfora slodzes Rīgas līcim paraugu ņemšanas gadā, kā arī fosfora slodzes ietekmes indeksu Latvijas piekrastē, kas attēlo slodžu telpisko izplatību. Lielās autokorelācijas dēļ slāpekļa slodzes ietekmes indekss netika

ņemts vērā. Modeļos iekļāvām arī ūdens tipu, sedimenta sastāvu, kā arī vidējo piegrunts sāļumu paraugu ņemšanas vietā un gadā. Lai atspoguļotu eitrofikācijas spiedienu, bez fosfora ietekmes indeksa izmantojām arī klimatisko vasaras sāļuma sadalījumu Rīgas līcī (Latvijas Universitāte 2008, 3. Pielikums), kas raksturo saldūdens ietekmi.

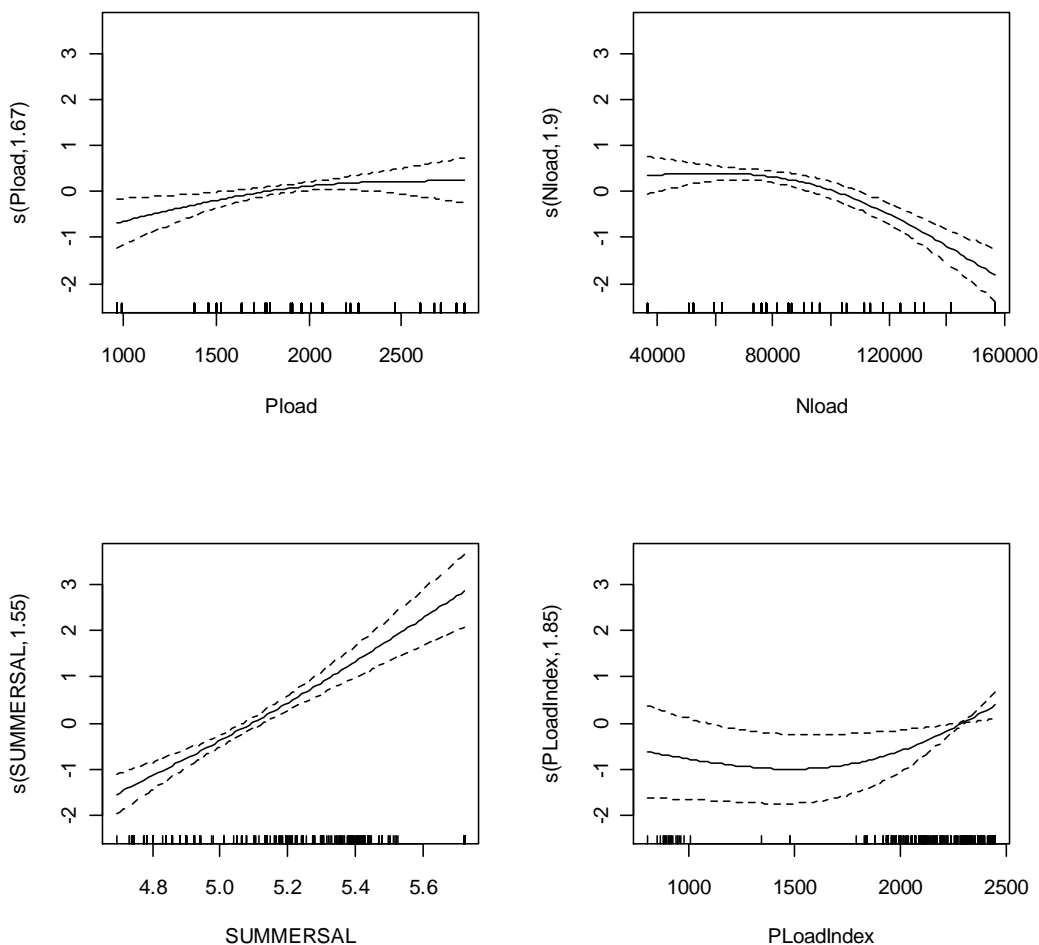
Indeksus varēja attēlot ar faktoru un izlīdzināto funkciju kombināciju, bet izlīdzināto funkciju formu ierobežojām līdz trim mezgliem. DKI indeksu transformējām ar eksponentu 2, lai uzlabotu atbilstību normālam sadalījumam.

### **Korelācija ar eitrofikācijas spiedienu**

Statistiski nozīmīgas izrādījās slāpekļa un fosfora slodzes, fosfora slodzes ietekmes indekss, kā arī klimatiskais vasaras sāļuma sadalījums Rīgas līcī. Visus indeksus nedaudz, bet statistiski nozīmīgi, ietekmēja arī sedimentu sastāvs un ūdens tips. Modeļa izskaidrošanas spēja samazinājās secībā BQI (izskaidrojamā novirze 23 %,  $R^2_{adj} = 0.22$ ) > BBI (izskaidrojamā novirze 15 %,  $R^2_{adj} = 0.14$ ) > DKI<sup>2</sup> (izskaidrojamā novirze 9.2 %,  $R^2_{adj} = 0.09$ ).

BQI indekss atspoguļo telpiskās atšķirības Rīgas līcī, jo lielā ietekme BQI dinamikā (2.3.4.8. attēls) ir vasaras sāļumam kā saldūdens ietekmes raksturlielumam, bet fosforu slodzes izplatības indeksam korelācijas ir ekoloģiski neizskaidrojamas, jo BQI uzlabojas tuvu lielām fosfora avotiem. Ilglaicīgās BQI izmaiņas korelē ar fosfora un slāpekļa slodzēm. Augstu slāpekļa slodžu ietekmē bentisko cenožu stāvoklis būtiski pasliktinājās un BQI pazeminājās, turpretī fosfora slodzes BQI indeksu ietekmēja mazs un pat nedaudz palielināja. Atšķirīgo reakciju uz slāpekļa un fosfora slodzēm iespējams izskaidrot ar fitoplanktona pavasara sedimentāciju, kas varētu būt īpaši palielināta pie augstām upju notecēm pavasara palu laikā.

Arī BQI indeksam korelācija ar eitrofikācijas spiedienu diemžēl izskaidro tikai nelielu daļu tā ilglaicīgas dinamika (izskaidrojamā novirze 23 %,  $R^2_{adj} = 0.22$ ). Līdz ar to problemātiski, balstīt kvalitātes klašu robežas uz korelāciju ar slodžu indeksiem.



2.3.4.8. attēls. Eitrofikācijas spiedienu ietekme uz BQI indeksu

### 2.3.5. Piekrastes un pārejas ūdensobjektu ekoloģiskās kvalitātes klasificēšana

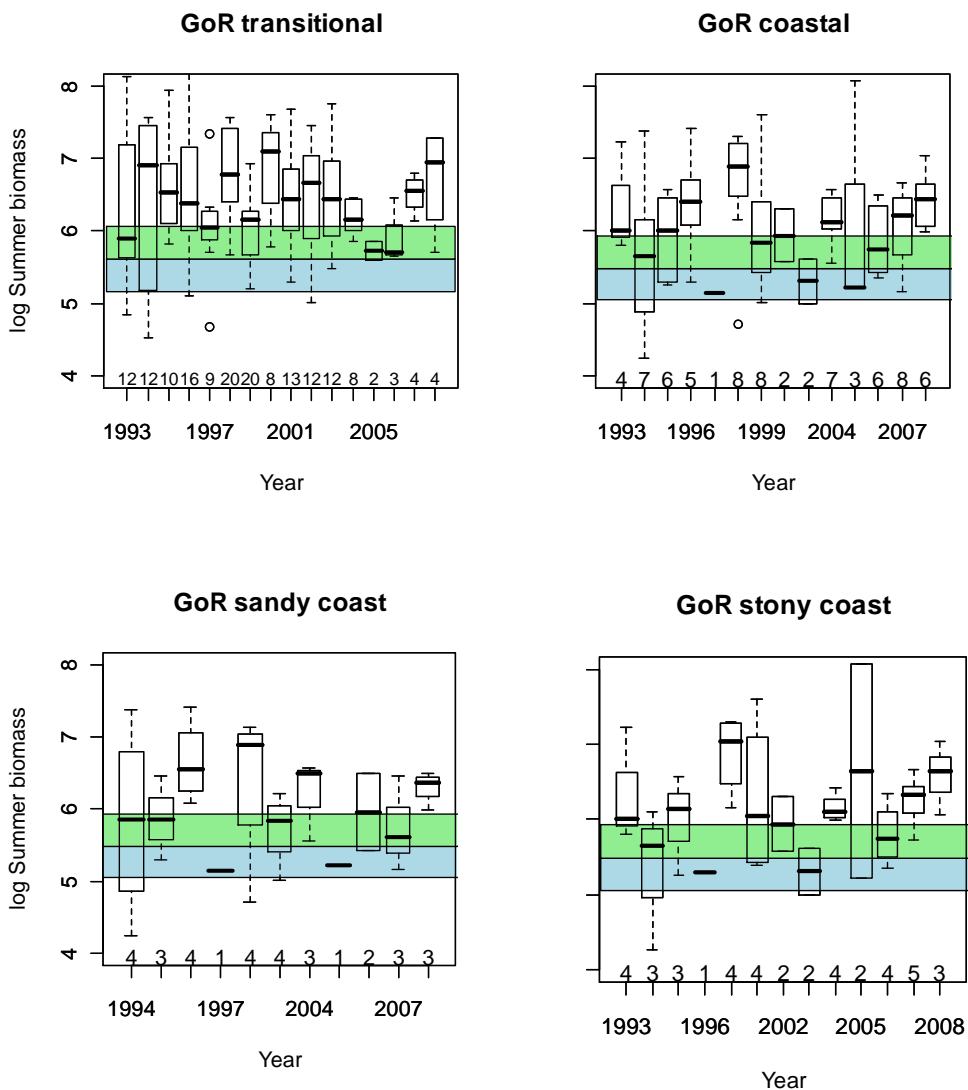
#### *Fitoplanktons*

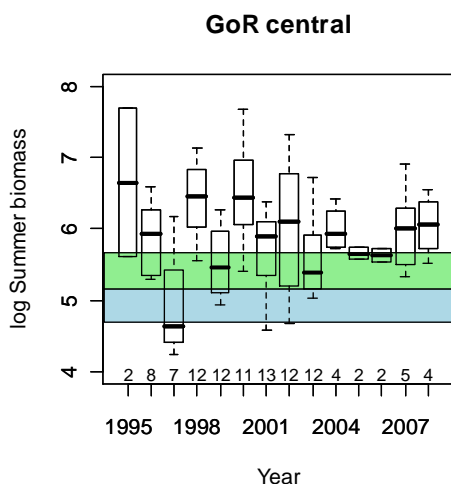
Lai sekmīgi piedalītos interkalibrācijā, Latvijai jāizdala kvalitātes klašu robežas vasaras fitoplanktona kopējā biomasai savos piekrastes un pārejos ūdens tipos. Iepriekšējā analīze parādīja, ka fitoplanktona biomasu ir vājā sakarībā ar eitrofikācijas spiedienu, tāpēc kvalitātes klašu definīciju nebalstījām uz sakarībām ar eitrofikācijas spiedienu, bet izmantojām korelācijas ar ūdens caurspīdību - Secchi dziļumu. Ūdens caurspīdību līcī mērīta kopš 1950. gadiem un šim parametram Aigars et. al. (2008) jau ir izdalījis kvalitātes klašu robežas Rīgas līča centrālā daļā un pārejas ūdeņos, kas ar lineārās regresijas modeļiem pielīdzinātas vasaras fitoplanktona biomasas koncentrācijām (2.3.5.1. tabula). Rīgas līča piekrastes ūdeņiem, kam caurspīdības robežvērtības nebija pieejamas, bet ņemot vērā, ka ūdeņi ir duļķaināki nekā pārejas ūdeņi, izmantojām centrālā daļas un pārejas ūdens robežvērtību izsvērto vidējo vērtību, piešķirot pārejas ūdeņu robežvērtībām dubulta īpatsvaru.

2.3.5.1. tabula. Etalonstāvokļa un kvalitātes klašu robežas augstam/labam stāvoklim un labam/vidējam stāvoklim. Rīgas līča centrālā daļā iekļauts salīdzinājumam

	Rīgas līča centrālā daļā $R^2_{adj} = 0.27$		Rīgas līča pārejas ūdeni $R^2_{adj} = 0.35$		Rīgas līča piekrastes ūdeni
	Caurspīdība m	Biomasa $mg\ m^{-3}$	Caurspīdība m	Biomasa $mg\ m^{-3}$	Biomasa $mg\ m^{-3}$
Etalonstāvoklis	6	110	5	175	155
Augsts/labs	5	175	4	275	250
Labs/vidējs	4	290	3	430	380

Izmantojot izdalītās robežvērtības ūdens kvalitātes novērtējumam (2.3.5.1. attēls), salīdzinot tās ar fitoplanktona biomasas mediānu attiecīgajā ūdens tipā, pārejas ūdeņi galvenokārt uzrādīja sliktāku nekā labu ūdens kvalitāti, ko varētu skaidrot ar to, ka, piemēram, gados ar vienu vākumu sezonā uzrāda augstu ūdens kvalitāti, bet gados ar trim vai vairākiem, labu vai sliktāku. Šī tendence norāda, ka paraugu skaitam sezonā jābūt vismaz trim paraugiem piekrastes ūdeņu objektos, bet pārejas ūdeņos, kur datu izkliede ir vēl lielāka, vismaz pieciem paraugiem, un ņemot vērā lielās biogēno vielu slodžu svārstības, šie indikatori ir jāanalizē katru gadu.





2.3.5.1. attēls Rīgas līča ūdens kvalitātes novērtējums, izmantojot vasara fitoplanktona kopējo biomasas: zilais laukums – augsta kvalitāte, zaļais laukums – labā kvalitāte. Virs x-ass ir atzīmēts paraugu skaits attiecīgajā vasaras sezonā. Rīgas līča centrālā daļā iekļauts salīdzinājumam.

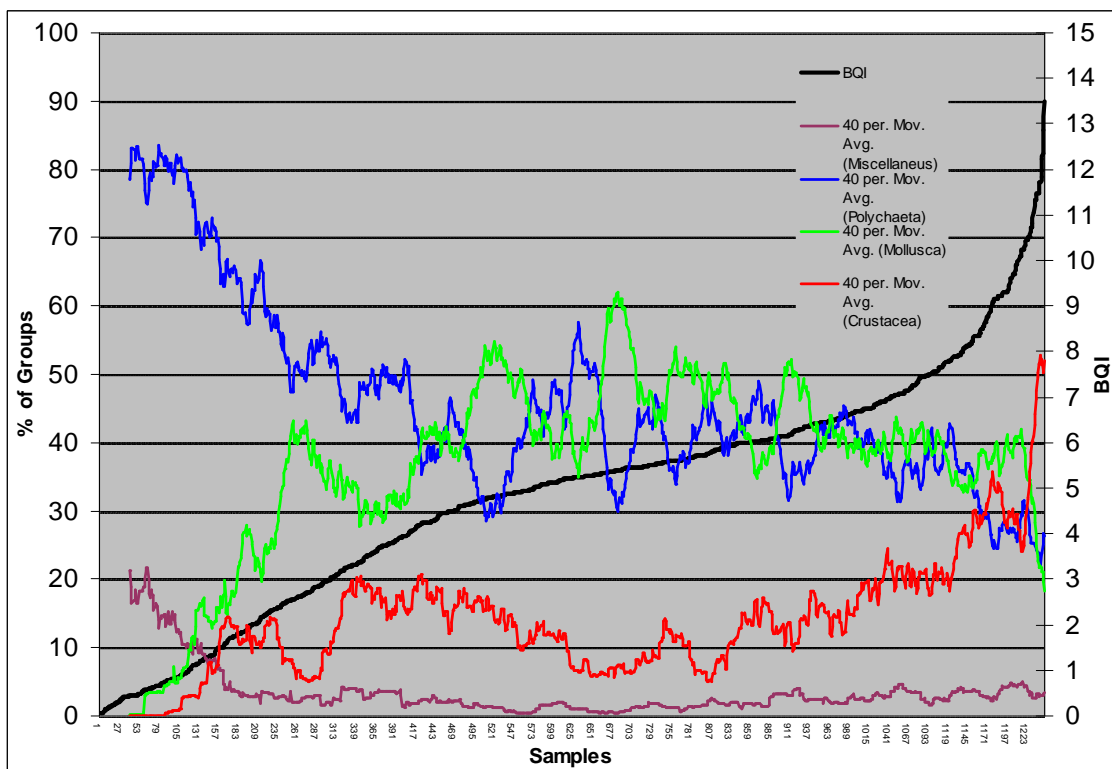
### *Makrozoobentoss*

#### **BQI indeksa kvalitātes klašu robežas**

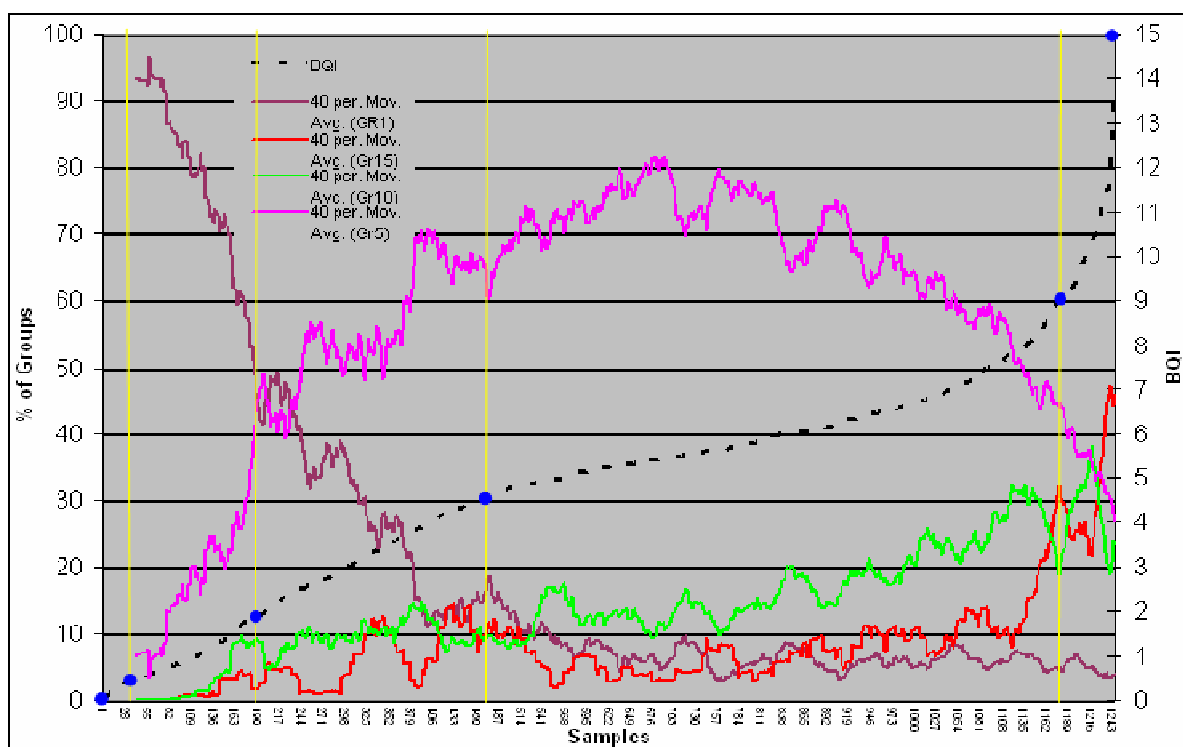
Makrozoobentosa indeksa interkalibrācija ar kaimiņvalstīm balstās uz izstrādātiem nacionālām kvalitātes klašu robežām. Tāpēc, blakus datu apkopojumam Baltic GIG makrozoobentosa darba grupai, koncentrējamies uz kvalitātes klašu robežvērtību izdalīšanu Latvijas ūdens tipiēm.

BQI indekss Latvijas piekrastes un pārējas ūdens objektos tikai vāji korelē ar biogēnu vielu slodzēm paraugu ņemšanas gadā. Korelācijas ar piegrunts sāļumu paraugu ņemšanas gadā un daudzgadīgo vidējo sāļumu virsējā slānī toties norāda, ka cenozes stāvoklis upju grīvu tuvuma pasliktinājās un ka kopumā pastāv lielas telpiskas atšķirības piesārņojuma ietekmē uz bentiskām cenzēm, kas pārklājās ar daudzgadīgām slodžu izmaiņām. Līdz ar to grūti izdalīt BQI kvalitātes klašu robežas, izmantojot BQI izmaiņas uz pieaugošo biogēnu vielu slodzēm. Lai tomēr nonākt pie klašu robežvērtībām, analizējam bentisko cenožu reakciju uz pieaugošo BQI indeksu.

Palielināties BQI indeksam (2.3.5.2. attēls , 2.3.5.3. attēls ) pakāpeniski pieaug jūtīgu sugu īpatsvars bentiskās cenzēs un samazinājās tolerantu sugu īpatsvaru. BQI kvalitātes robežvērtības izdalījām pie būtiskām izmaiņām bentiskos cenzēs, atbilstoši ūdens ietvardirektīvas normatīvām kvalitātes klašu aprakstam (2.3.5.2. tabula ). Klasifikācijai šīs robežas jāsalīdzina ar mediānu BQI katrā ūdensobjektā.



2.3.5.2. attēls. Bez mugurkaulnieku jūtīguma grupu īpatsvara izmaiņas BQI indeksa gradientā Rīgas līča piekrastes ūdeņos. Ar ziliem punktiem un dzeltenām vertikālām svītrām atzīmētas cenozes stāvokļa robežas (Gr1 ļoti tolerantas; Gr5 tolerantas; Gr10 jūtīgas un Gr15 ļoti jūtīgas sugas).



2.3.5.3. attēls. Bez mugurkaulnieku jūtīguma grupu īpatsvara izmaiņas BQI indeksa gradientā Rīgas līča pārejas ūdeņos. Ar ziliem punktiem un dzeltenām vertikālām svītrām atzīmētas cenozes stāvokļa robežas (Gr1 ļoti tolerantas; Gr5 tolerantas; Gr10 jūtīgas un Gr15 ļoti jūtīgas sugas).

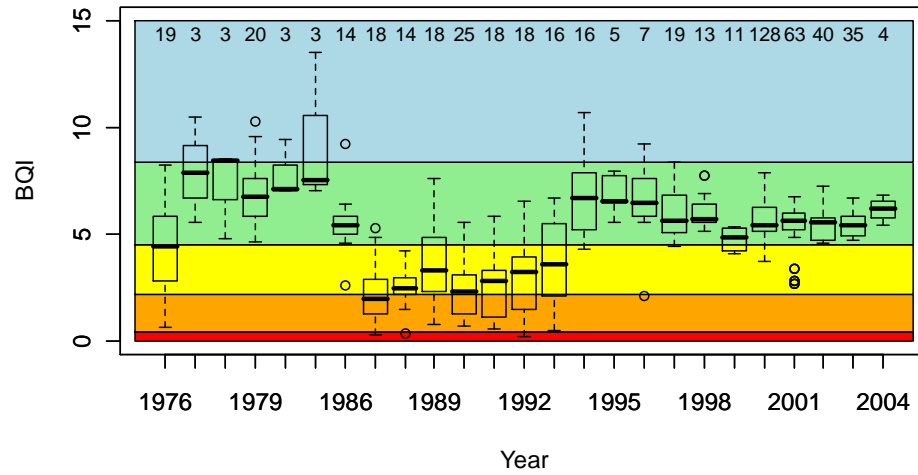
## BQI indeksa vides kvalitātes robežas dažādos ūdenstipos

	Rīgas līča smilšainais krasts			Rīgas līča pārejas ūdeņi		
	Raksturojums	BQI	EQR		BQI	EQR
Etalon- stāvoklis	Sabiedrībās dominē jūtīgās un ļoti jūtīgās pret traucējumiem sugas.	14	1.00	Sabiedrībās dominē jūtīgās un ļoti jūtīgās pret traucējumiem sugas.	15	1.00
Augsts stāvoklis	Jūtīgo sugu īpatsvars sabiedrībās >20%, sasniedzot 40-50%. Ļoti jūtīgo sugu īpatsvars >10%. Toleranto sugu īpatsvars sabiedrībās <50%.	13 – 9.2	0.93 - 0.66	Jūtīgo sugu īpatsvars sabiedrībās >30%. Ļoti jūtīgo sugu īpatsvars >20%. Toleranto sugu īpatsvars sabiedrībās <40%.	14 – 8.4	0.93 – 0.60
Labs stāvoklis	Toleranto sugu īpatsvars sabiedrībās >50%. Ļoti toleranto pret piesārņojumu sugu īpatsvars <10%. Jūtīgo sugu īpatsvars krietni >10%.	9.2 – 4.2	0.66 – 0.30	Toleranto sugu īpatsvars sabiedrībās >50%. Ļoti toleranto pret piesārņojumu sugu īpatsvars <20%. Jūtīgo sugu īpatsvars krietni >10%.	8.4 – 4.5	0.60 – 0.30
Vidējs stāvoklis	Toleranto sugu īpatsvars sabiedrībās >30%. Ļoti toleranto pret piesārņojumu sugu īpatsvars krasi pieaug.	4.2 – 2.2	0.30 – 0.16	Toleranto sugu īpatsvars sabiedrībās >40%. Ļoti toleranto pret piesārņojumu sugu īpatsvars krasi pieaug un pārsniedz 20%	4.5 – 2.2	0.30 – 0.15
Slikts stāvoklis	Ļoti toleranto pret piesārņojumu sugu īpatsvars bentiskās sabiedrībās >50%. Toleranto sugu īpatsvars stipri samazinās.	2.2 – 0.4	0.16 – 0.029	Ļoti toleranto pret piesārņojumu sugu īpatsvars bentiskās sabiedrībās >50%. Toleranto sugu īpatsvars stipri samazinās.	2.2 – 0.4	0.15 – 0.027
Ļoti slikts stāvoklis	Praktiski bezskābekļa vide. Faunas nav vai sastopami atsevišķi mazzsugu eksemplāri.	0.4 – 2.2	0.029 – 0.00	Praktiski bezskābekļa vide. Faunas nav vai sastopami atsevišķi mazzsugu eksemplāri.	0.4 – 0.0	0.027 – 0.0

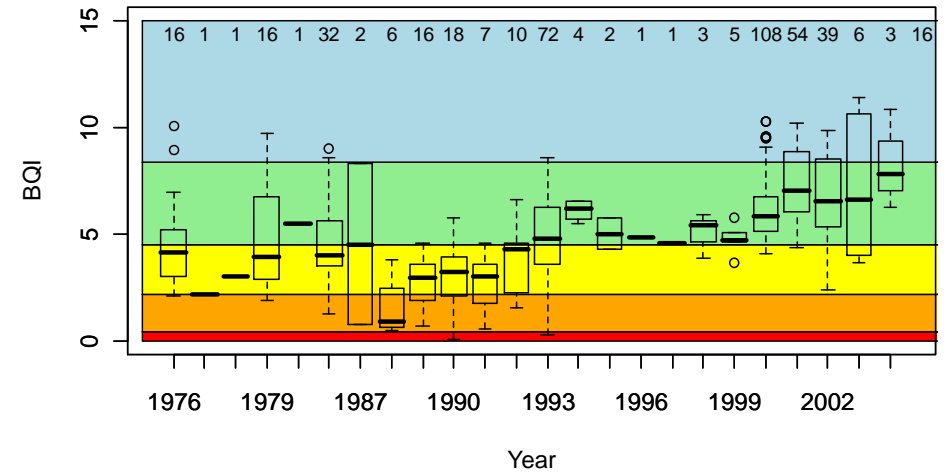
BQI indekss samērā labi atspoguļo vides stāvokļa izmaiņas dažādās ūdenstilpnēs ( Pārsvārā bentiskās cenozes uzrāda labu vides stāvokli. Eitrofikācijas kulminācijā ap 1990. gadā stāvoklis Rīgas līča pārejas ūdeņos nokrīt līdz vidējam vai pat sliktam, bet piekrastes ūdens objektos šis kritums nav tik izteikts.



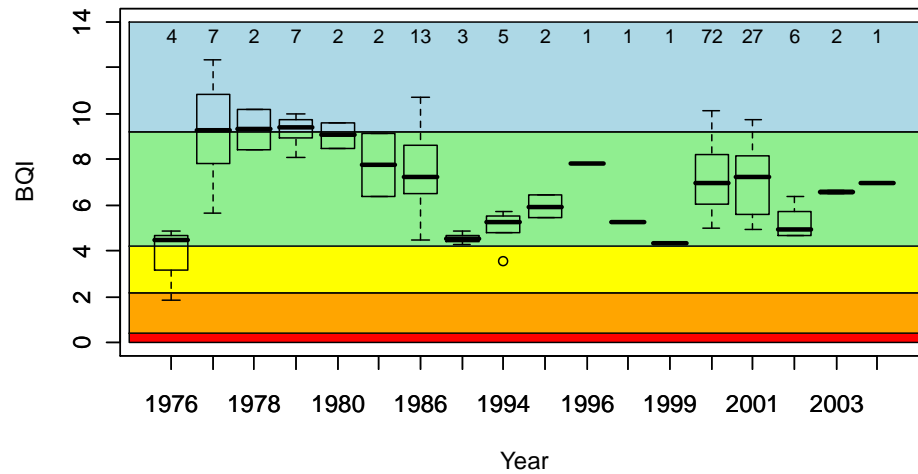
GoR transitional <= 15 m



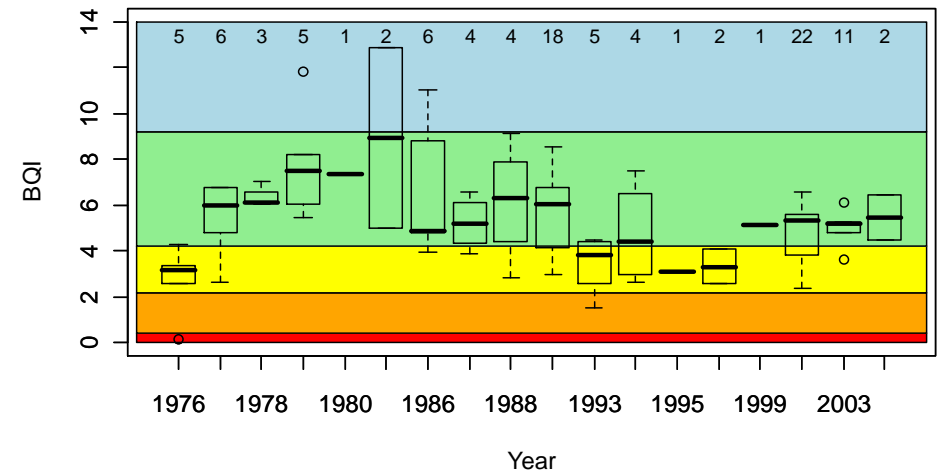
GoR transitional > 15 m

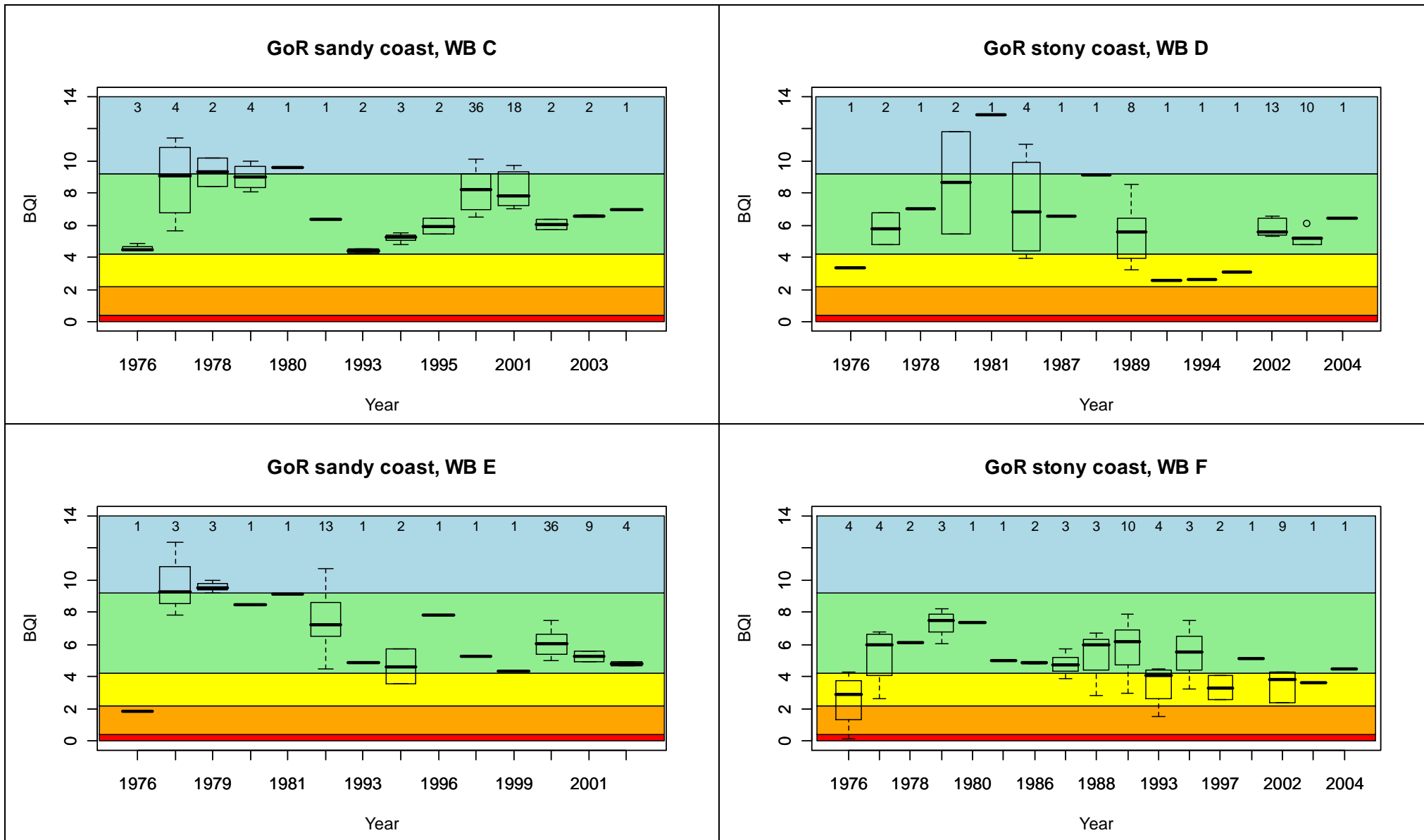


GoR sandy coast



GoR stony coast





2.3.5.4. attēls BQI indeksa dinamika Rīgas līča piekrastes un pārejas ūdens tipos. Cipari attēlu augšdaļā uzrāda paraugu skaitu. Ar krāsām nodalītas vides kvatitātes robežas: zils – augsts stāvoklis, sarkans – ļoti slikts stāvoklis.

### 2.3.6. Kopsavilkums

#### Pārejas ūdeņi

Latvijā ir tikai viens pārejas ūdensobjekts un viens pārejas ūdeņu tips – Rīgas līča pārejas ūdeņi. Šobrīd tam ir izstrādātas ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijas metodes pēc makrozoobentosa un fitoplanktona.

Saskaņā ar Ūdens struktūrdirektīvas prasībām, klasifikācijas pēc bioloģiskajiem elementiem rezultāti tiek izteikti ar ekoloģiskās kvalitātes indeksa vērtībām (EQR). Uz doto brīdi kvalitātes klašu EQR robežvērtības ir noteiktas parametram „BQI makrozoobentosa indekss”.

**Klasifikācijas metodes pēc fitoplanktona**, saskaņā ar Baltijas jūras interkalibrācijas grupas lēmumu, līdz 2011.gadam tiks interkalibrētas tikai attiecībā uz vasaras fitoplanktona biomasu, jo fitoplanktona sugu sastāva indikatori vairumam valstu nav izstrādāti pietiekoši detalizēti.

Šobrīd klasifikācijas metode pēc fitoplanktona Rīgas līča pārejas ūdeņiem ietver skaitliskās robežvērtības augstas/labas un labas/vidējas kvalitātes klasei, parametriem „Seki dziļums” un „vasaras fitoplanktona kopējā biomasa”. Šīs robežvērtības paredzēts interkalibrēt ar kaimiņvalstīm, paralēli attīstot arī uz fitoplanktona sugu sastāvu un hlorofila *a* koncentrāciju balstītas klasifikācijas metodes.

**Klasifikācijas metodes pēc makrofītiem** izveidi ierobežo nepietiekams datu apjoms. Par labāko risinājumu šobrīd tiek uzskatīta kaimiņvalstu izstrādātu kvalitātes klašu robežu testēšana uz Latvijas datiem.

#### Piekrastes ūdeņi

Vispilnīgākā ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijas sistēma šobrīd ir izstrādāta piekrastes ūdeņu tipam „Rīgas līča mēreni atklātais smilšainais krasts”. Tā ietver trīs bioloģiskās kvalitātes elementu parametrus: BQI makrozoobentosa indeksu, fitoplanktona biomasu un hlorofila *a* koncentrāciju. Piekrastes ūdeņu tipam „Rīgas līča mēreni atklātais akmeņainais krasts” klasifikācijas sistēma ietver divus parametrus – fitoplanktona biomasu un hlorofila *a* koncentrāciju, savukārt Baltijas jūras piekrastes ūdeņu tipiem klašu robežvērtības ir noteiktas tikai hlorofila *a* koncentrācijai.

Saskaņā ar Ūdens struktūrdirektīvas prasībām, klasifikācijas pēc bioloģiskajiem elementiem rezultāti tiek izteikti ar ekoloģiskās kvalitātes indeksa vērtībām (EQR). Uz doto brīdi kvalitātes klašu EQR robežvērtības ir noteiktas parametram „BQI makrozoobentosa indekss”.

**Klasifikācijas metodes pēc fitoplanktona** izstrāde ir norisinājusies līdzīgi kā pārejas ūdeņiem, ar lineārās regresijas modeļiem nosakot sakarību starp vasaras fitoplanktona kopējo biomasu un ūdens caurredzamību (Seki dziļumu). Tā kā datu apjoms par Baltijas jūras piekrastes ūdensobjektiem ir mazs, kvalitātes klašu robežas bija iespējams noteikt tikai Rīgas līča piekrastes ūdeņiem. Šobrīd ir noteiktas skaitliskās references vērtības un augstas/labas, labas/vidējas kvalitātes klašu robežvērtības Rīgas līča piekrastes ūdeņu tipiem. Klasifikācijas metodi nepieciešams papildināt ar EQR references vērtībām un kvalitātes klašu robežām

**Klasifikācijas metodes pēc makrofītiem** izveidi ierobežo nepietiekams datu apjoms. Par labāko risinājumu dotajā etapā tiek uzskatīta kaimiņvalstu izstrādātu kvalitātes klašu robežu testēšana uz Latvijas datiem.

2.3.6.1. tabula. Pārejas un piekrastes ūdeņu ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijas elementu un parametru kvalitātes klašu robežvērtības

Bioloģiskās kvalitātes elementi	Bioloģiskās kvalitātes elementu parametri	Kvalitātes klases				
		R/H	H/G	G/M	M/B	B/VB
<b>Tips – Pārejas ūdeņi</b>						
Fitoplanktons	Caurspīdība, m		4	3		
	Biomasa, mg m-3		275	430		
Makrofīti	-					
Zoobentoss	BQI makrozoobentosa indekss/EQR	>14/0,93	8.4/0.60	4.5/0.30	2,2/0.15	<0.4/0.029
Zivju fauna	-					
<b>Rīgas līča mēreni atklātais smilšainais krasts (CW 12 a)</b>						
Fitoplanktons	Hlorofils <i>a</i> , mg m-3	1.8	2.2	2.7		
	Biomasa, mg m-3	155	250	380		
Makrofīti	-					
Zoobentoss	BQI makrozoobentosa indekss	>13/0.93	9.2/0.66	4.2/0.30	2.2/0.16	<0.4/0.029
<b>Rīgas līča mēreni atklātais akmeņainais krasts (CW 12 a)</b>						
Fitoplanktons	Hlorofils <i>a</i> , mg m-3	1,8	2.2	2.7		
	Biomasa, mg m-3	155	250	380		
Makrofīti	-					
Zoobentoss	BQI makrozoobentosa indekss					
<b>Dienvidastrumu atklātais smilšainais krasts (CW 13)</b>						
Fitoplanktons	Hlorofils <i>a</i> , mg m-3	1,2	1.3	1.6		
Makrofīti	-					
Zoobentoss	-					
<b>Dienvidastrumu atklātais akmeņainais krasts (CW 13)</b>						
Fitoplanktons	Hlorofils <i>a</i> , mg m-3	1,2	1.3	1.6		
Makrofīti	-					
Zoobentoss	-					

## 3. Klasifikācijas metožu interkalibrācijas gaita

### 3.1 Ezeri

#### 3.1.2. Makrofīti

Ezeru interkalibrācijas procesā ir aizsācies otrais posms, kura īstenošanai katrai valstij 2009.g. septembrī bija jāiesūta jauna parauga datu bāze, kas ir ticis izdarīts arī no Latvijas puses. Pēc 2010.g. 1.janvāra izmaiņas datu bāzē vairs netiks veiktas.

2009.g. laikā Latvijai bija uzdevums vietējā līmenī piemērot metodiku ezeru ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanai pēc makrofītiem. 2010.g. pavasarī paredzēt veikt nacionālo metožu salīdzinājumu, vasarā tiek plānota metožu saskaņošana un interkalibrācija, noslēdzot šo procesu līdz 2011.g. sākumam.

#### 3.1.3. Makrozoobentoss

2008. gada septembrī Central Baltic Lake GIG sanāksmē Norvičā, Anglijā tika veikta ezeru interkalibrācijas procesa plānošana: 2008. – 2009. gads – datu iesniegšana; apkopošana un datu bāzes testēšana; pirmo likumsakarību noteikšana; izstrādātas dalībvalstu ekoloģiskās kvalitātes noteikšanas metodes; 2010. – rezultātu salīdzināšana; harmonizācijas pirmā pakāpe; ziņojuma pirmais variants; 2011. – rezultāti un gala ziņojums. Tika sniegta informācija arī par WISER projektu.

Šobrīd ir iesniegti ezeru zoobentosa dati izmēģinājuma datu bāzei, bet trūkst dati par ezeru sateces baseinu raksturojumu, hidroloģiju, morfoloģiju, nepārtrauktību, zivsaimniecību, citām ietekmēm, vēsturisko ezeru stāvokli, antropogēno slodzi, trofiju un specifisko sintētisko piesārņojumu, zemes lietojuma veidu un veģetāciju piekrastē (15m platā joslā) un tuvākajā 100m apkārtnē.

### 3.2. Upes

#### 3.2.1. Fitoplanktons un hlorofils

#### 3.2.2. Makrofīti

Pašlaik izveidotā datu bāze, kā arī upju kvalitātes novērtēšanai izveidotais Latvijas saldūdeņu indikatorsugu katalogs ir nosūtīts Rivers Central Baltic GIG koordinatoram, lai to varētu pārbaudīt ar citu valstu datiem.

Pēc sanāksmes 2009.g. aprīlī dalībvalstis vienojās nosūtīt datus par nitrātu vērtībām, kurās sastopami upju makrofīti, dati tika nosūtīti 2009.g. jūlijā.

2010.g. sāksies darbs pie lielo upju interkalibrācijas, kur paredzamas lielas grūtības atrast augstas un labas kvalitātes upju posmus, tādēļ tiks gaidīti dati no Latvijas, kas, iespējams, varēs piedāvāt mazāk ietekmētu upju datus.

#### 3.2.3. Makrozoobentoss

Projekta laikā eksperti ir iepazinušies ar Central Baltic GIG River zoobentosa upju interkalibrācijas rezultātiem un tie tika pielietoti vidēja lieluma upju ekoloģiskās klasifikācijas izstrādē.

Šobrīd upju zoobentosa interkalibrācijas process aktīvi nenotiek, tāpēc Latvijas upju ekoloģiskās klasifikācijas metodi pēc zoobentosa būtu jāinterkalibrē individuāli.

### 3.3. Piekrastes un pārejas ūdeņi.

#### 3.3.1. Fitoplanktons

Kaut arī testēšanas rezultāti norāda uz atsevišķu sugu vai klasteru piemērotību ūdens kvalitātes novērtēšanai, Baltic GIG sanāksmē 2009. g. septembrī diskutējās nolēma, ka šobrīd fitoplanktona sugu sastāva indikatorus nav iespējams interkalibrēt. Izņemot Vāciju, neviena dalībvalsts šobrīd nav izvirzījusi fitoplanktona sugu sastāva indikatorus un nav izveidojusi tiem atbilstošas kvalitātes klašu robežvērtības. Līdzīgi kā Latvijai, arī pārējām valstīm ir iestrādes, atsevišķu fitoplanktona sugu un grupu testēšanā, un iesāktais darbs ir jāturpina (Jaanus et al., 2009). Rīgas līča un Baltijas jūras datu analīze parāda, ka atsevišķas grupu un sugu biomasa neuzrāda labas sakarības ar vides – eitrofikācijas faktoriem, ka labāk būtu analizēt un meklēt indikatoru sugu kopas klasteru analīzē, kuru sastopamība parādās visos analizējamajos paraugos, un veikt šo klasteru analīzi ne tikai biomasai, bet arī skaitāmo vienību skaitam.

Baltic GIG sanāksmē 2009. g. Septembrī secināja, ka šobrīd nevienai dalībvalsti izstrādāts fitoplanktona novērtēšanas sistēmu, kas atbilst visām normatīvām prasībām direktīvā (**Error! Reference source not found.**). dalībvalstis vienojās, ka turpinās darbu pie sugu sastāva indikatoru analīzes un, lai interkalibrācijas procesā sasniegtu rezultātus, paralēli hlorofila *a* koncentrācijai šobrīd interkalibrēs tikai vasaras fitoplanktona kopējo biomasu.

5.3.1.1. tabula

Fitoplanktona novērtēšanas sistēmas Baltic GIG dalībvalstīs. Zaļā krāsa norāda, ka indikators ir apstiprināts nacionālajā līmenī un oficiāli tiek izmantots, oranžā, ka indikatora robežvērtības ir izstrādes stadijā

Member state/ Parameter covered	Taxonomic composition	Abundance	Frequency and intensity of algal blooms	Biomass	Chlorophyll <i>a</i>
Denmark			1		x
Estonia	1			x	x
Finland	1		1	x	x
Germany	x			x	x
Latvia	1			1	x
Lithuania				1	x
Poland	1			1	x
Sweden				x	x

**Dānija** - ir izveidota novērtēšanas sistēma katrā nacionālajā ūdens tipā, kā indikatoru izmanto hlorofilu *a*, ir iestrādes aļģu ziedēšanas indikatora izmantošanā.

**Igaunija** - izveidota novērtēšanas sistēma katrā nacionālajā ūdens tipā, kā indikatoru izmanto hlorofilu *a* un fitoplanktona kopējo biomasu:

## Fitoplanktona kvalitātes klašu robežās Igaunijas ūdens tipos

Type	QE	indicator	unit	period	Ref. value	H/G	G/M	M/P	P/B	
Southeastern GoF (incl. Narva Bay) (I) 25°41'-28°03' 59°24'-59°50'	Phytoplankton	Chlorophyll <i>a</i>	μg/l	Jun-Sep	2,5	3,0	3,7	7,6	11,4	
			EQR			0,83	0,68	0,33	0,22	
		Biomass	mg/l	Jun-Sep	0,45	0,54	0,67	1,32	2,05	
			Transparency	m	Jun-Sep	4,8	4,2	3,6	2,4	1,6
				EQR			0,88	0,75	0,50	0,33
Pärnu Bay (II) 24°16'-24°35' 58°15'-58°23'	Phytoplankton	Chlorophyll <i>a</i>	μg/l	Jun-Sep	3,0	3,6	4,5	9,1	13,6	
			EQR			0,83	0,67	0,33	0,22	
		Biomass	mg/l	Jun-Sep						
			Transparency	m	Jun-Sep	4,2	3,7	3,2	2,0	1,5
				EQR			0,88	0,76	0,48	0,36
Western GoF (III) 23°21'-25°41' 59°13'-59°49'	Phytoplankton	Chlorophyll <i>a</i>	μg/l	Jun-Sep	1,8	2,2	2,7	5,5	8,2	
			EQR			0,82	0,67	0,33	0,22	
		Biomass	mg/l	Jun-Sep	0,28	0,34	0,42	0,84	1,26	
			Transparency	m	Jun-Sep	6,0	5,2	4,5	2,8	2,1
				EQR			0,87	0,75	0,47	0,35
Western archipelago, outer part (IV) 21°44'-23°33' 57°52'-59°19'	Phytoplankton	Chlorophyll <i>a</i>	μg/l	Jun-Sep	1,1	1,3	1,6	3,3	5,0	
			EQR			0,85	0,69	0,33	0,22	
		Biomass	mg/l	Jun-Sep	0,29	0,35	0,44	0,88	1,32	
			Transparency	m	Jun-Sep	8,3	7,4	6,5	3,9	3,0
				EQR			0,89	0,78	0,47	0,36
Western archipelago, inner part (V) 22°34'-23°46' 58°32'-59°01'	Phytoplankton	Chlorophyll <i>a</i>	μg/l	Jun-Sep	1,6	1,9	2,4	4,8	7,1	
			EQR			0,84	0,67	0,33	0,23	
		Biomass	mg/l	Jun-Sep	0,10	0,12	0,15	0,30	0,45	
			Transparency	m	Jun-Sep	6,5	5,7	4,9	3,1	2,3
				EQR			0,88	0,75	0,48	0,35
Gulf of Riga (VI) 22°03'-24°28' 57°46'-58°34'	Phytoplankton	Chlorophyll <i>a</i>	μg/l	Jun-Sep	2,0	2,4	3,0	6,2	9,3	
			EQR			0,83	0,67	0,32	0,22	
		Biomass	mg/l	Jun-Sep	0,22	0,27	0,33	0,67	1,00	
			Transparency	m	Jun-Sep	5,5	4,9	4,2	2,6	2,0
				EQR			0,89	0,76	0,47	0,36

**Somija** - izveidota novērtēšanas sistēma katrā nacionālajā ūdens tipā, kā indikatoru izmanto hlorofilu *a* un fitoplanktona kopējo biomasu, tiek strādāts pie robežvērtību izstrādes atsevišķām fitoplanktona indikatoru sugām, piemēram, cianobaktērijas *Aphanizomenon flos-aquae*, kā arī fitoplanktona ziedēšanas intensitātes indikatora izmantošanu, balstoties uz Algaline datiem.

**Vācija** - izveidota novērtēšanas sistēma katrā nacionālajā ūdens tipā, kā indikatoru izmanto hlorofilu *a* un fitoplanktona kopējo biomasu, *Cyanobacteria*, *Chlorophyceae* vidējā biomasas vasarā un dinoflagelātu/diatomeju attiecību pavasarī.

## 4. IETEIKUMI MONITORINGA PILNVEIDOŠANAI

### Ezeru fitoplanktons.

Lai veiksmīgāk varētu izmantot fitoplanktona rezultātus no LVĢMA, ieteiktu pārskatīt pieejamo datu bāzi, pārbaudot ievadīto sugu biomasu, to procentuālo daudzumu, jo bieži vien sugām ar nelielām biomasām tiek uzrādītas tikai nulles, vietām kopējā fitoplanktona biomasas pārsniedz 100%, sugām ar varietāti biomasas ievadīta dubultā utt., iepriekšminētais neveicina uzticamību uzrādītajiem datiem.

Kas attiecās uz fitoplanktona paraugu ievākšanas biežumu, ieteicams paraugus vākt vismaz 4 reizes veģetācijas sezonā (maijs, jūlijs, augusts, septembris), lai objektīvāk varētu novērtēt ezera kvalitāti. Gadījumos, ja paraugu ievākšanas apjoms tiek reducēts līdz divām reizēm gadā, nekādā gadījumā nevajadzētu ievākt tikai maijā un septembrī, šādi rezultāti neuzrādīs adekvātu ezera ekoloģisko stāvokli pēc fitoplanktona, ko pierādīja arī savstarpēja korelācija pārbaudot fitoplanktona parametrus un to ievākšanas laiku.

### Ezeru makrofīti.

Pirmkārt, atjaunojot makrofītu monitoringu ezeros, būtu ieteicams strādāt, izmantojot transektu metodi, kas ir piemērotāka monitoringam. Otrkārt, ir atsevišķi elementi, kas līdz šim Latvijā nav tikuši vērtēti un nākotnē tiks ietverti indikatoru skaitā - maksimālais dziļums, līdz kuram sastopami ūdensaugi un fitobentosa sugu sastāvs. Treškārt, monitoringa tīklā būtu jāiekļauj ezeri, kuros veikti pētījumi jau iepriekšējos gados un kuri atbilst augstai – labai kvalitātei.

### Upju makrofīti

Pašlaik pielietotā metodika jāpapildina ar konkrētākām norādēm vērtējamā posma izvēlei – izvēloties makrofītu novērtējumam upei raksturīgu, pēc iespējas neapēnotu posmu. Aprakstot pētījuma vietu, precīzi jāraksturo upes grunts sastāvs, straumes ātrums, apēnojums (pa gabaliņam no katra)

### Ezeru un upju zoobentoss

Pavasaris un / vai vasara tiek uzskatīta par vispiemērotāko sezonu paraugu ievākšanai, lai noteiktu bioloģisko kvalitāti (Johnson 1999, Turak et al., Hewlett 2000 un Heino 2003 cit. pēc (Timm et al. 2008). – Tā kā zoobentosa paraugus galvenokārt iespējams ievākt vienreiz gadā – tad atkārtoti ievācot paraugus, tie jāievāc vienā un tajā pašā sezonā, lai nepalielinātu datu izkliedi.

Lauka protokolu pilnveidošana – lai iegūt pilnīgāku priekšstatu par paraugu ievākšanas vietu, kas nepieciešams datu analīzē un interpretācijā, kā arī, lai ievāktu nepieciešamos datu Central Baltic GIG Lake Macroinvertebrate darba grupai. Protokolu piemēri pievienoti pielikumā (15. un 16. pielikums).

Paraugu ievākšana mazajās upēs;

### Piekrastes un pārējas ūdeņu fitoplanktons

Izmantojot izdalītās robežvērtības ūdens kvalitātes novērtējumam (**Error! Reference source not found.**), salīdzinot tās ar fitoplanktona biomasas mediānu attiecīgajā ūdens tipā, pārējas ūdeņi galvenokārt uzrādīja sliktāku nekā labu ūdens kvalitāti, ko varētu skaidrot ar to, ka, piemēram, gados ar vienu vākumu sezonā uzrāda augstu ūdens kvalitāti, bet gados ar trim vai vairākiem, labu vai sliktāku. Šī tendence norāda, ka paraugu skaitam sezonā jābūt vismaz trim paraugiem piekrastes ūdeņu objektos, bet pārējas ūdeņos, kur datu izkliede ir vēl lielāka, vismaz pieciem



paraugiem, un ņemot vērā lielās biogēno vielu slodžu svārstības, šie indikatori ir jāanalizē katru gadu.

### **Piekrastes un pārejas ūdeņu makrozoobentoss**

Ievācot paraugos makrozoobentosa monitoringam jāņem vērā bentisko bezmugurkaulnieku sadalījuma īpatnības Baltijas jūrā un Rīgas līcī. BQI indekss adekvāti neatspoguļos vides stāvokli, ja paraugi tiks ņemti seklāk par 3 m, jo pašā piekrastē ir dabiski zems zoobentosa sugu skaits (grunts mobilitātes un stiprās viļņu ietekmēs dēļ) un dabiski liela *Crustacea* grupas dominance, kas vienmēr uzrādīs vides augstu vai etalonstāvokli.

Analīze uzrāda arī nelielu datu apjomu piekrastes rajonā. Lai adekvāti novērtēt katru ūdensobjektu ir nepieciešams palielināt paraugu ievākšanas staciju skaitu piekrastē. Ieteicams katrā ūdensobjektā ievākt informāciju vienu reizi gadā ne mazāk kā no trim punktiem ar trim paralēliem atkārtojumiem. Akmeņainā piekrastē, kur praktiski nav iespējams ievākt pietiekoši daudz mīksto grunšu paraugu ir jāveic papildus pētījumi ar mērķi izstrādāt vides novērtēšanas parametrus, kas balstās uz fitobentosa un, iespējams, cieto grunšu zoobentosa datiem.

## **5. TURPMĀK VEICAMIE DARBI**

### **Ezeru fitoplanktons**

Datu apjoms bija nepietiekams, lai objektīvi novērtētu 7., 8., 9. tipa ezerus, kā arī 3. un 4. tipa ezerus, kas vispār nav iekļauti kopējā interkalibrācijā, tāpēc turpmākā darbā būtu nepieciešams strādāt ar šiem tipa ezeriem, kā arī skatīt iespējamo indikatorsugu atbilstību konkrētam ezeru tipam un kvalitātes klasei, (piemēram, 8. tipa ezeram pieejamajos datos, fitoplanktona suga *Gonyostomum semen* sastādīja 14-82% no fitoplanktona kopējās biomasas. Šī suga varētu būt kā indikators, jo raksturīga disēitrofiem brūnūdens ezeriem ar augstu trofiju).

### **Ezeru un upju makrofīti**

Ezeru ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanas metodika interkalibrējama Lakes Central-Baltic GIG. Jāturpina dalība interkalibrācijas otrajā posmā.

Vidēji lielām upēm MTR indeksa piemērošanai nepieciešami aprēķini ar visu pieejamo datu materiālu, lai varētu noteikt Latvijas makrofītu sugām trofijas pakāpi.

Jāturpina datu analīze, lai novērtētu, vai visiem upju tipi ir iespējams veikt makrofītu novērtējumu monitoringa punktu vietās. Pašlaik pielietotā metodika, iespējams, jāpapildina ar konkrētākām norādēm vērtējamā posma izvēlei. Turpināms darbs pie metodikas izveides, kas ļautu novērtēt lielo upju ekoloģisko kvalitāti.

### **Ezeru makrozoobentoss**

Datu bāzu papildināšana un pilnveidošana (dati 2., 3., 4., 6., 7., 8. un 10. ezeru tipi).

Nepieciešams iegūt detalizētus datus par ezeru sateces baseinu raksturojumu, hidroloģiju, morfoloģiju, nepārtrauktību, zivsaimniecību, citām ietekmēm, vēsturisko ezeru stāvokli, antropogēno slodzi, trofiju un specifisko sintētisko piesārņojumu, zemes lietojuma veidu un veģetāciju piekrastē (15m platā joslā) un tuvākajā 100m apkārtnē. - Šādi dati šobrīd jāiesniedz Central Baltic Lake GIG zoobentosa interkalibrācijas grupai. – Daļēji šo jautājumu varētu atrisināt, pilnveidojot paraugu ievākšanas vietu lauka protokolus (15. un 16. pielikums).

Citās valstīs pielietoto ezeru makrozoobentosa indeksu aprēķināšana un piemērotības pārbaude Latvijas apstākļiem.

Ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijas izstrāde ezeriem. References sugu sabiedrību definēšana.

Aktīva līdzdalība Central Baltic GIG ezeru makrozoobentosa ekspertu grupā, iesniedzot visus nepieciešamos datus un interkalibrējot ezeru ekoloģiskās kvalitātes noteikšanas metodi.

## Upju makrozoobentoss

Datu bāzu papildināšana un pilnveidošana (mazo upju dati). Dati par hidromorfoloģiskajām slodzēm.

Ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijas izstrāde mazajām un lielajām upēm, kā arī vidēja lieluma upju ekoloģiskās kvalitātes klasifikācijas pilnveidošana, references sugu sabiedrību definēšana. - Izveidotā LCMC indeksa papildināšana, vai jauna indeksa izstrāde, kas raksturotu hidromorfoloģiskās degradācijas ietekmi.

Aktīva līdzdalība Central Baltic GIG upju makrozoobentosa ekspertu grupā un upju ekoloģiskās kvalitātes noteikšanas metodes interkalibrēšana.

## Piekrastes un pārejas ūdeni

### Eitrofikācijas spiediens

Slāpekļa un fosfora emisijas piekrastē šobrīd ir aplēstas ūdens baseina apsaimniekošanas plānos, bet aplēšu rezultātus nav verificētas un īpaši lielām upju baseiniem uzrāda par kārtu pazeminātas slodzes. Lai turpmāk novērtētu slodžu ietekmi uz piekrastes ūdens objektiem, nepieciešams upju baseinu apsaimniekošanas plānos izmantoti modeļi precizēt un izveidot ērti lietojamu un pieejamu GIS datubāzi ar slāpekļa un fosfora slodžu telpisko sadalījumu. Tālāk būtu nepieciešams izmantot hidroloģisku modelēšanu, lai noskaidrotu slodžu izplatību un ūdens apmaiņu pašā piekrastes joslā.

Baltijas jūras piekrastē jāveido pieeju ilglaicīgu lielu upju slodžu izmaiņām, īpaši Ventas slodžu datiem.

### Fitoplanktons

Jāturpina darbs pie fitoplanktona sugu sastāv indikatoriem un to robežvērtībām. Baltijas jūras piekrastē jāpaplašina monitoringu, lai turpmāk datu apjoms pietiktu indikatoru izstrādei un interkalibrācijai.

### Makrofīti

Kvantitatīvu vākumu trūkumu dēļ makrofītu aļģu dati Latvijā neatspoguļo ilglaicīgas izmaiņas vai telpiskas atšķirības eitrofikācijas spiedienā pietiekami, lai Latvijā patstāvīgi izstrādātu šim elementam kvalitātes klašu robežas. Turpmākie darbi būtu jākoncentrējas uz līdzdalību Baltic GIG sanāksmēs un kaimiņvalstu izstrādātu indikatoru testēšanu Latvijās piekrastes ūdeņos.

### Makrozoobentoss

Baltijas jūras piekrastē būtu jāpaplašina monitoringu lai turpmāk izstrādātu kvalitātes klašu robežas Baltijas jūras ūdens tipiēm vai pārbaudīt kaimiņvalstu izstrādātas robežvērtības. Šeit varētu mēģināt raksturot makrozoobentosa cenožēs telpiskā eitrofikācijas spiedienu gradientā.

Akmeņainā piekrastē, kur praktiski nav iespējams ievākt pietiekoši daudz mīksto grunšu paraugu ir jāveic papildus pētījumi ar mērķi izstrādāt vides novērtēšanas parametrus, kas balstās uz fitobentosa un, iespējams, cieto grunšu zoobentosa datiem.

### Interkalibrācija

Nākošu Baltic GIG sanāksme plānota jau 2010. gada februārī Lietuvā. Par cik interkalibrācijas darba grafika ir saspringtā, jau 2010. gada pavasarī būtu jāiesniedz ECOSTAT grupai interkalibrētas kvalitātes klašu robežas. Latvija ir izredzes, sekmīgi piedalīties fitoplanktona biomasas un makrozoobentosa interkalibrācijā vismaz Rīgas līča ūdens tipos, ja tā spēj nodrošināt ekspertu piedalīšanas GIG sanāksmē un rast finansējumu, GIG sanāksmes rezultātu apstrādei.

## Citētā literatūra

Allan D.J. 1995. Stream ecology, Structure and function of running waters, London: 388 p.

Anonymous 2002. Manual for the Application of the AQEM System. A Comprehensive Method to Assess European Streams Using Benthic Macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Developed and Written by the AQEM Consortium. Version 1.0, February 2002 (<http://www.aqem.de/mains/products.php>).

Anonymous 2004. AQEM European stream assessment program. English Manual, Version 2.3, released on April 2004 ([http://www.fliessgewaesser-bewertung.de/downloads/aqem\\_assessment\\_software\\_manual\\_english\\_2\\_3.pdf](http://www.fliessgewaesser-bewertung.de/downloads/aqem_assessment_software_manual_english_2_3.pdf)).

Barbour M.T., Gerritsen J., Snyder B.D. and Stribling J.B. 1999. "Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition." U.S. Environmental Protection Agency, Washington, Document No. 841-B-99-002.

Common Implementation Strategy for the Framework Directive (2000/60/EC), Guidance document Nr.13: "Overall Approach to the Classification of Ecological Status and Ecological Potential", 2005, European Communities, 47 p.

Lakes and watercourses, Environmental quality criteria. 2000. Swedish Environmental Protection Agency: 102 p.

Skriver J., Friberg N. and Kirkegaard J. 2000. Biological assessment of running waters in Denmark: introduction of the Danish Stream Index (DSFI). Verh. Internat. Verein. Limnol. Vol. 27, 1822-1830.

Timm H., Mardi K. and Möls. 2008. Macroinvertebrates in Estonian streams: the effects of habitat, season, and sampling effort on some common metrics of biological quality Estonian Journal of Ecology, 57-1, 37-57.

van de Bund W. and Solimini A. 2006. Ecological Quality Ratios for ecological quality assessment in inland and marine waters. REBECCA Deliverable No. 10, European Commission DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Rural, Water and Ecosystem Resources Unit, 22 p.

Stelzer D., Schneider S., Melzer A., 2005: Macrophyte-based assessment of lakes – a contribution to the implementation of the Water Framework Directive in Germany. – Intern. Rev. Hydrobiol., 90(2): 223-237.

Aigars, J., Müller-Karulis, B., Martin, G., Jermakovs, V. 2008. Ecological quality boundary-setting procedures: the Gulf of Riga case study. Environmental Monitoring and Assessment 138 (1-3), 313 – 326, DOI 10.1007/s10661-007-9800-5

Andersen, J. H., D.J. Conley, and S. Hedal. 2004. Palaeoecology, reference conditions and classification of ecological status: The EU Water Framework Directive in practice. Mar. Poll. Bull.49: 283-290.

Andersson A., Hajdu S., Haecky P., Kuparinen J., Wikner J., 1996. Succession and growth limitation of phytoplankton in the Gulf of Bothnia (Baltic Sea), Marine Biology 126: 791-801

Andersson A., Samuelsson K., Haecky P., Albertsson J., 2006. Changes in the microbial food web due to artificial eutrophication, Aquatic Ecology 40:299-313

Arbejdsrapport fra DMU nr. 256. <http://www.dmu.dk/Pub/AR256.pdf>

- Balode M., Purina I., 1995. The Occurrence Of Toxik Cyanobacteria in the Gulf of Riga. First International Congress on Toxic Cyanobacteria, 20 - 24 August 1995, Ronne, Denmark, 6
- Baltic Sea GIG. 2007. Milestone report 6. Quality element: Macroalgae.
- Bartnicki, J. 2008. Atmospheric nitrogen depositions to the Baltic Sea during 1995-2006. HELCOM Indicator Fact Sheets 2008. Online. Viewed Oct 05, 2009.  
[http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2008/en\\_GB/n\\_deposition/](http://www.helcom.fi/environment2/ifs/ifs2008/en_GB/n_deposition/)
- Blinova E. I. 1974. Revision of distribution and stocks commercial agar-reach algae *Furcellaria* in the Baltic sea in the coast of Latvia. Materiali Vsesojuznogo sovechanija po morskoi algologii – makrofitobentosu. M.,
- Blinova E. I. and Tolstikova N.E. , 1972. Stocks of commercial agar-reach algae *Furcellaria fastigiata* (Huds.) J.V. Lamour. in the coast of Lithuania, Rastitel'nye Resursy 8 (3), pp. 380–388 (in Russian).
- Blomqvist, M., Cederwall, H., Leonardsson, K., Rosenberg, R. 2007. Bedömningsgrunder för kust och hav Bentiska evertebrater 2006, rapport till Naturvårdsverket 2007-04-11, Sweden, p.70. (in Swedish)
- Borja, A., Franco, J., Perez, V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European Estuarine and Coastal Environments. Marine Pollution Bulletin 40, 1100 - 1114.
- Borja, A., Josefson, A.B., Miles, A., Muxika, I., Olsgard, F., Phillips, G., Rodríguez, G., Rygg, B. 2007. An approach to the intercalibration of benthic ecological status assessment in the North Atlantic ecoregion, according to the European Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin 55, 42 – 52.
- Buchse F.B., 1866. Algen des Rigaschen Meerbusens. Correspondenzbl. Naturf.-Ver., Riga, N15.\*
- Carstensen, J. & Krause-Jensen, D., 2009: Fastlæggelse af miljømål og indsatsbehov ud fra ålegræs i de indre danske farvande. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 48 s.
- Carstensen, J., Krause-Jensen, D., Dahl, K. & Henriksen, P. 2008: Macroalgae and phytoplankton as indicators of ecological status of Danish coastal waters. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. 90 pp. - NERI Technical Report No. 683. <http://www.dmu.dk/Pub/FR683.pdf>
- Danish metrics,2009. Baltic GIG materiāli.
- Edler L.,1979. Phytoplankton succession in the Baltic Sea Taxonomy and ecology of mikroalgae in marine and brackish water environment Proc. Nord. Tvärminne Zool. Stat. Aug. 24-31, 1978.- Acta bot. fenn.1979. N110, 75-78
- Edler, L.(ed.), 1979. Recommendations on methods for Marine Biological Studies in the Baltic Sea. Phytoplankton and Chlorophyll. Baltic Marine Biologists Publication No5, 38.
- Eichwald, E. 1852. Dritter Nachtrag zur Infusorienkunde Russlands. - Bull. Soc. Imp. Naturalistes Moscou, 25 (1), 388-536.\*
- Estonian Metrics description. 2009. Baltic GIG materiāli.
- Fischer DT, White JW, Botsford LW, Largier J, Kaplan DM (in press) A GIS-based Tool for Representing Larval Dispersal for Marine Reserve Selection. The Professional Geographer.
- Fischer J. (L). 1778. Versuch einer Naturgeschichte von Livland. Leipzig. \*
- Fischer J. B. 1784. Zusätze zu seinem Versuch einer Naturgeschichte von Livland. 2, Auflage, Königsberg .\*
- Friebe W. Ch. 1805. Oeconomisch - technische Flora für Liv - , Ehst - und Kurlands. Riga. \*

- Grindel D. H. 1803. Botanisches Taschenbuch für Liv -, Kur - und Ehtlands. - Riga, 1-378.\*
- Hajdu S., Larsson U., Moestrup Ö., 1996. Seasonal variation of *Chrysochromulina spp.* species (*Prymnesiophyceae*) in a coastal area and nutrient-enriched inlet of the northern Baltic proper, Bot Mar 39: 281-295
- Hällfors G., 2004. Checklist of the Baltic Sea phytoplankton species (including some heterotrophic protist groups). Baltic Sea Envir. Proc. 95, 1-208
- Hastie, Trevor, and Tibshirani, R. 1986. Generalized Additive Models (with discussion). Statistical Science Vol 1, No 3, 297-318
- HELCOM, 1998. Guidelines for the Monitoring Programme for the third stage. Part D. Biological determinants. Balt. Sea Envir. Proc. 27 D, 1 – 161
- HELCOM, 2001. Manual for marine monitoring in the COMBINE programme of HELCOM, Part C. <http://sea.helcom.fi/Monas/CombineManual2/PartC/CFrame.thm>
- Jaanus A., Toming K., Hällfors S., Kaljurand K., Lips I., 2009. Potential phytoplankton indicator species for monitoring Baltic coastal waters in the summer period, Hydrobiologia 629: 157-168
- Juhna, T., Kļaviņš, M. 2001. Water-quality changes in Latvia and Riga 1980 – 2000: Possibilities and problems. Ambio 30: 4 – 5, 306–314
- Kalnozols P. A., 1973. The distribution and ecology of benthic algae in the Gulf of Riga. Annual report of the Riga Department of All- Union Institute of Fisheries Research and Oceanology. 100–109 (in Russian).
- Karez, R. 2009. ELBO for GIG partners, Baltic GIG materiāli.
- Karez, R. 2009. German Macrophyte Methods. Baltic GIG materiāli.
- Kautsky H., Martin G., Mäkinen A., Borgiel M., Vahteri P. & Rissanen J. 1999. Structure of phytobenthic and associated animal communities in the Gulf of Riga. – Hydrobiologia, 393: 191-200.
- Kireeva M. S. 1960. Marine algae distribution and biomass in the Baltic Sea. Trudy WNIRO, Riga. tom 42 pp. 195-205. (in Russian).
- Kireeva M. S. 1960. Marine algae distribution and biomass in the Baltic Sea. Trudy WNIRO, Riga. tom 42 pp. 195-205. (in Russian).
- Kononen K., 1988. Phytoplankton summer assemblages in relation to environmental factors at the entrance to the Gulf of Finland during 1972-1985., Kieler Meeresforsch-ungen 6 (Sonderheft): 281-294
- Kononen K., 1992. Dynamics of the Toxic Cyanobacterial Blooms in the Baltic Sea, Finish Marine Research, No 261, Helsinki, 1 -29
- Korolev A., Fetter, M., 2003. The mapping of benthic biocenoses in the coastal zone of Latvia. ICES CM2000/T, 11 pp.
- Kukk, H. 1993. Floristic composition of the phytobenthos and its long-term changes in the Gulf of Riga, the Baltic Sea. Proc. Estonian Acad. Sci. Ecol., 3: 85-91.
- Kumsare, A., Yurane, A. and Liepa, R. 1974. Algoflora and simplier coast of the southern part of the Gulf of Riga. Biology of the Baltic Sea. Riga, Zvaigzne, p. 130-143 (in Russian).
- Latvijas Universitāte 2008. Virszemes ūdeņu ekoloģiskās klasifikācijas sistēmas zinātniski pētnieciskā izstrāde atbilstoši Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 2000/60/EK (2000. gada 23. oktobris), ar ko izveido sistēmu Kopienas rīcībai ūdens resursu politikas jomā prasībām. Tehniskā atskaite par 2008. gadu, 141 pp.

- Laznik, M., Stålnacke, P., Grimvall, A., Wittgren, H.B. 1999. Riverine input of nutrients to the Gulf of Riga – temporal and spatial variation. *Journal of Marine Systems* 23(1-3), 11-25
- Lepik E. 1925. Põisadru (*Fucus vesiculosus* L.) ja selle majanduslik tähtsus. - *Agronomia*, 5 (4), 135-144.\*
- LHEI. 1996. Latvijas Universitātes Hidroekoloģijas institūts. Atskaite par līgumdarbu “Municipālo piesārņojuma avotu ietekmes novērtēšana uz Baltijas jūras piekrastes ūdeņu kvalitāti”, 90 p.
- Li, L., D. A. Barry, F. Stagnitti, and J.-Y. Parlange. 1999. Submarine Groundwater Discharge and Associated Chemical Input to a Coastal Sea, *Water Resour. Res.*, 35(11), 3253–3259
- Lisivnenko L. N. 1957. Characteristics of spawning and reproduction conditions of spring spawning herring in the Gulf of Riga. *Trudi Latv. otd. VNIRO*, v.2, 19-28. (in Russian).
- LT\_Depth limit of *Furcellaria lumbricalis*. 2009. Baltic GIG materiāli.
- Martin G. 2000. Phytobenthic communities of the Gulf of Riga and the inner sea of the West-Estonian Archipelago. *Diss. Biol. Univ. Tartu.*, 64.
- Martin G., 1999. Distribution of phytobenthos biomass in the Gulf of Riga (1984-1991). – *Hydrobiologia*, 393: 181-190.
- Martin G., 1999. Phytobenthos monitoring study in saulkrasti and Mersrags areas. Report. Tallinn.
- Moore, W.S. 1999. The subterranean estuary: a reaction zone of ground water and sea water, *Mar. Chem.* 65 (1999), pp. 111–125.
- Muravski V., Badulin V., Korolev A. 1986. Monitoring of *Furcellaria* in South Eastern Baltic. Underwater Fisheries Researches. PINRO. Murmansk. 98-104. (in Russian).
- Nygaard K., Tobisen A., 1993. Bacterivory in algae: a survival strategy during nutrient limitation, *Limnol Oceanogr* 38: 273-279
- Olenina I., Hajdu S., Andersson A., Edler L., Wasmund N., Busch S., Göbel J., Gromisz S., Huseby S., Huttunen M., Jaanus A., Kokkonen P., Ledaine I., Niemkiewicz E., 2006. Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. *Baltic Sea Envir. Proc.* 106, 1-144
- Olli K., Heiskanen A.-S., Seppälä J., 1996. Development and fate of *Eutreptiella gymnastica* bloom in nutrient-enriched enclosures in the coastal Baltic Sea, *Journal of Plankton Research* 18: 1587-1604
- Perus, J., Bonsdorff, E., Bäck, S., Lax, H., Villnäs, A., Westberg, V. 2007. Zoobenthos as indicators of ecological status in coastal brackish waters: A comparative study from the Baltic Sea. *Ambio* 36 (2-3), 250 – 256.
- Polish macrophyte index. 2009. Baltic GIG materiāli.
- Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, H., Cederwall, H., Dimming, A. 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 39, 728 – 739.
- Samuelsson K., Berglund J., Haecky P., Andersson A., 2002. Structural changes in an aquatic microbial food web caused by inorganic nutrient addition, *Aquat Microb Ecol* 29: 29-38
- Savchuk, O.P., Wulff, F. 2007. Modeling the Baltic Sea eutrophication in a decision support system. *Ambio* 36(2-3), 141-148.
- Schmidt F. 1855. Flora des silurischen Bodens von Estland , Nord-Livland und Ösel. - *Arch. Naturk. Liv -, Ehst - und Kurland* , II Ser. 2, 539-580.\*

SE assesment method flora. 2009. Baltic GIG materiāli.

Simonsen R., 1962. Untersuchungen zur Systematik und Ökologie der Bodentiatomeen der Westlichen Ostsee. - Inf. Rew. ges. Hydrobiol. Syst., 1, S., 1 - 44

Skuja H. 1924. Mersraga - Ragaciema piekrastes alges. - Acta Univ. Latviensis, 10, 337-392.

Trei T., 1976. Buryja i krasnyje vodorosli v pribreshnykh vodakh zapadnoi Estonii. – Zvaigzne, Riga, 1-87. (in Russian).

Trei T., 1977. Green algae and charophytes in the coastal waters of Western Estonia.- Publ. VNIRO, 124, 27-30, (in Russian).

Trei T., 1986. Floristic composition of the phytobenthos in Pärnu Bay and around Kihnu Island. – Proc. Estonian Acad. Sci., Biol., 35, 1, 56-60, (in Russian).

Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt int. Verein. theor. angew. Limnol. 9: 1-38.

Willén, T., 1962. Studies on the phytoplankton of some lakes connected with or recently isolated from the Baltic. Oikos. 13: 169-199.

Winkler C. 1877. Literatur und Pflanzenverzeichnis der Flora Baltica.-Arch. Naturk. Liv -, Ehst - und Kurlands, Ser II, 7 (4), 385-490.\*

Николаев И. И., 1950 а. Основные эколого - географические комплексы фитопланктона Балтийского моря и их распределение Ботанический журнал Том 35 Но 6 М, 602 - 611

Николаев И. И., 1951. Арктический комплекс в фитопланктоне Балтийского моря Тр. Вис. гидробиол об - ва Т. 3, 194 - 203

Николаев И. И., 1953. Фитопланктон Рижского залива Труды Латв. отд. ВНИРО вып. 1 Рига, 115 - 172

Николаев И. И., 1954. “О цветении” воды Балтийского моря Труды Латв. отд. ВНИРО Том 26, 210 – 220

Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. 1980, Гидрометеиздат, Л., 80 - 99.

(\* literatūra, citēta pēc Baltic Sea GIG, 2007, Martin, 1999, 2000).

