

Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut



Ilmatsalu ja Rahinge paisjärvede limnoloogilise seisundi määramine



Vastutav täitja

Prof. Ingmar Ott

Tartu, 2014

Sisukord

Sissejuhatus	3
1 Materjal ja meetodika	4
1.1 Vee abiootilised omadused	5
1.2 Bakterplankton	7
1.3 Fütoplankton	8
1.4 Suurtaimed	11
1.5 Suurselgrootud	12
1.6 Kalad	16
1.7 Koormus	17
2 Tulemused	19
2.1 Ilmatsalu paisjärv	19
2.1.1 Vee abiootilised omadused	19
2.1.2 Bakterplankton	19
2.1.3 Fütoplankton	20
2.1.4 Suurtaimed	22
2.1.5 Kalad	24
2.1.6 Koormus ja sissevoolava vee kvaliteet	28
2.2 Rahinge paisjärv	31
2.2.1 Vee abiootilised omadused	31
2.2.2 Bakterplankton	32
2.2.3 Fütoplankton	32
2.2.4 Suurtaimed	33
2.2.5 Kalad	35
2.2.6 Koormus ja sissevoolava vee kvaliteet	39
2.3 Rahinge ja Ilmatsalu paisjärve suurselgrootud	42
3 Kokkuvõte ja ettepanekud tervendamiseks	44
4 Kasutatud kirjandus	49
5 Lisad	53

Sissejuhatus

Iga vee-ökosüsteemi tuleb käsitleda isereguleeruva süsteemina ja ökoloogiline seisund peab olema vähemalt heas seisundiklassis. Viimast hinnatakse EL Veepoliitika Raamdirektiivist nõuetest lähtuvalt. Kui jõgi on paisutatud, siis on tegemist tugevasti muudetud veekoguga. Seejuures on looduslikule jõele esitatavate kriteeriumite vastavus heale või väga heale seisundiklassile ebatõenäoline niikaua, kuni säilib pais. Põhimõtteliselt võib olla paisjärvede seisund vooluveekogude kriteeriumeid kasutades hea või väga hea juhul, kui veevahetus on ülikiire ja morfomeetriliselt on tegemist väga pika ja kitsa veekoguga. Rahinge ja Ilmatsalu paisjärved on ilmselgelt järvelise olemusega.

Kui võrrelda toitesoolade sisalduste seisundinäitajate väärtusi jõgedes ja järvedes, siis need on vooluveekogudes hoopis suuremad. See on ka loogiline, sest vooluves ei saa olla nende tarbijaid sellises koguses, kui seisuves. Seisuves on samade toitesoolade väärtuste juures eutrofeerumisnähtused ilmekamad. Kui vooluveekogust on tehtud kunstlik seisuveekogu, siis selle tasakaaluliseks ökosüsteemiks muutmiseks tuleb kas pais likvideerida või üritada muuta tingimusi, nii, et olud sarnaneksid kõige lähedasemale looduslikule järvetüübile. Paisjärvede puhul on selleks enamasti Eesti II järvetüüp: madal, kihistumata, keskmise karedusega.

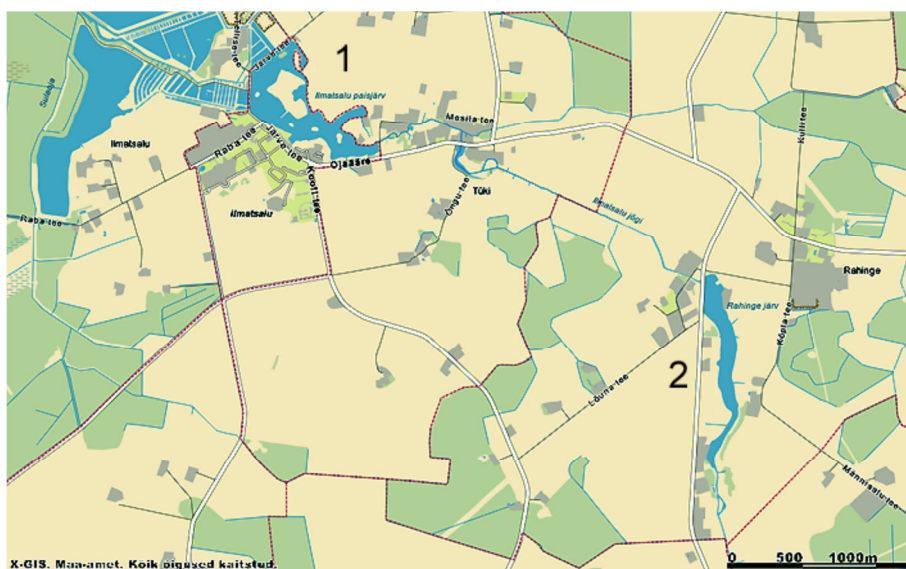
Tervendamiseks on vaja niisiis teada: 1) milline on ökoloogiline seisund (jõgede järgi pole see kindlasti ei väga hea ega ka hea, järvede järgi hinnates võib olla milline iganes); 2) kas koormus valglalt on talutav; 3) kas esineb settest lähtuvat sisekoormust. Õige tervendamismeetodi valikul tulevad kõne alla setete eemaldamine, setete töötlemine ja väliskoormuse vähendamine (rajades eelvoolule biotiike, looduslikke puhveralasid jms). Tulemusi võib anda ka biomanipulatsioon. Võib piirduda ka korrastamistöödega, mis ei taga küll head ökoloogilist seisundit (nt. setete osaline eemaldamine, taimede eemaldamine/niitmine), kuid leevendavad olukorda ja aitavad kaasa veekogu paremaks kasutamiseks. Praeguse töö programm koostati järgmiselt. Kui seisund on kesine või halvem ja väliskoormus talutav, siis peaks uurima kas ja kui suur on koormus settes. Setet peaks eemaldama sel juhul nii palju, et oleks tagatud vähemalt veekogu hea seisund. Kui seisund on hea või väga hea, võib teha rekreatiivsetel eesmärkidel korrastustöid, mis ei riku ökoloogilist seisundit. Kui seisund on kesine või halvem ja väliskoormus talumatu, peab uurima valgala reostusallikaid ja kavandama meetmekava.

Töös kirjeldatakse kahte paisjärve, esitatakse nende eripärad, talitlemise peamised mõjurid, liikide seisund ning veekogu ökoloogiline seisund. Hinnatakse koormustaluvust. Hinnatakse ka Ilmatsalu jõge, millel paisud asuvad ja mille enda kehv hüdrokeemiline või bioloogiline seisund võib paisjärvi mõjutada. Antakse soovitusi paisjärvede seisundi tervendamiseks. Töödest võtsid osa järgmised EMÜ PKI Limnoloogiakeskuse töötajad: prof. I. Ott; PhD. H. Timm; PhD. H. Tammert; BSc. R. Laarmaa; MSc. M. Lehtpuu; MSc. T. Krause; MSc. A. Palm; MSc. M. Sepp, K. Ott; EMÜ vee ja maismaa ökosüsteemide rakendusbioloogia magistrant T. Teppo.

1 Materjal ja meetodika

Uuritavad paisjärved (**joonis 1.1.**) asuvad Tartu maakonnas Tähtvere vallas Ilmatsalu jõel, mis suubub Emajõkke veidi enne Tallinna - Tartu maantee Kärevere silda. Jõe kogupikkus on 23 km, valgala 116 km². Rahinge pais asub ligikaudu 17 km ning Ilmatsalu pais 20 km jõe lähtest. Allpool Ilmatsalu paisjärve asuvad endise kalakasvatuse tiigid.

Ilmatsalu paisjärve pindala on 22,1 ha (ametlikult pole sügavust antud), Rahinge paisjärvel 11,6 ha (suurim sügavus 2,9 m, keskmine 1,7 m).



Joonis 1.1. Uurimisala. 1 - Ilmatsalu, 2 - Rahinge paisjärv

1.1 Vee abiootilised omadused

Proovid järvedest koguti 3. juulil 2014 ja vooluveekogudest 3. juunil, 3. juulil, 5. septembril ja 25. septembril. Määrati järgmised vee füüsikalised ja - keemilised näitajad veekogude keskosast: vee värvus, elektrijuhtivus, vee läbipaistvus (SD), pH, hapnikusisaldus (O_2), aluselisis (HCO_3^-), temperatuurijaotus (T); toiteelementide (N-NH₄, N-NO₃, üldlämmastik (N-üld), PO₄, üldfosfor (P-üld) sisaldused, lahustunud orgaaniline aine (kollase aine - Y) ning lahustunud ainete sisaldus (TDS). Kloriidid määrati Keskkonnauuringute Keskuse Tartu laboris. Sisse- ja väljavooludest mõõdeti multisensoriga mõõdetavad parameetrid (pH, elektrijuhtivus, hapnikusisaldus, temperatuur, redokspotentsiaal) ja laboris aluselisis, kollane aine, üldfosfor ja üldlämmastik.

Vee läbipaistvus mõõdeti valge, 30 cm läbimõõduga Secchi kettaga ja väljendati täpsusega 0,1 m. Vee värvust hinnati visuaalselt poole läbipaistvuse sügavuses. Vee temperatuur, vees lahustunud hapniku sisaldus, küllastusprotsent (O_2 %), lahustunud ainete üldsisaldus, vee elektrijuhtivus, pH määrati multisensoriga YSI – 6600. Üldaluselisis (HCO_3^-) määrati tiitrimisel soolhappega (Unifitsirovanye..., 1977). Määramise absoluutne viga oli 0,03 mg-ekv/l. Kollase aine sisaldus määrati spektrofotomeetriselt lainepikkusel 380 nm.

Üldfosfor ja ortofosfaadid määrati kolorimeetriselt askorbiinhappe ja molübdaatreaktiiviga. Eeskiri põhineb F. Koroleffi meetodil (Reports..., 1977; Grasshoff *et al.*, 1981). Üld-P määramiseks mineraliseeriti proov eelnevalt kaaliumperoksodisulfaadiga. Määramise suhteline viga oli 5%.

Nitraatioon määrati nitritiks taandatuna (Cu-Cd-kolonnis) kolorimeetriselt (543 nm) sulfanüülamiidi ja n-(1-naftüül)-etüleendiamiindihüdrokloriidiga. Nitritioon määrati F. Koroleffi meetodil (Koroleff, 1982). NO₃⁻ määramise täpsus oli 2 %. Üldlämmastiku määramiseks proov eelnevalt mineraliseeriti kaaliumperoksodisulfaadiga ja tekkiv NO₃⁻ määrati UV spektrofotomeetriselt. Analüüsi täpsus on 0,03 mg N/l.

Ammooniumioon määrati kolorimeetriselt indofenoolsinisega Koroleffi meetodil (Hansen & Koroleff, 1999). Määramise suhteline viga oli 5,5%.

Vee karedust hinnati P. Nõgese ja I. Oti (2003) järgi (tabel 1.1.1). Eesti järved on jaotatud vee aluselisisuse ja elektrijuhtivuse põhjal kolmeks.

Tabel 1.1.1. Eesti järvede jaotus vee aluselise (HCO_3^-) ja elektrijuhtivuse (E) põhjal

	HCO_3^- mg-ekv/l	HCO_3^- mg/l	E $\mu\text{S}/\text{cm}$
Kare vesi	> 3,9	> 240	> 400
Keskmiselt kare	1,3-3,9	80-240	165-400
Pehme vesi	< 1,3	< 80	< 165

Järve tüüp ja seisund hinnati **tabeli 1.1.1** kohaselt. Mõlemad paisjärved kuuluvad sellekohaselt EL Veepoliitika Raamdirektiivi II tüüpi (madalad, keskmise karedusega kihistumata veekogud). Ökoloogiline seisundiklass füüsikalise-keemiliste näitajate (üld-N, üld-P, SD ja pH) väärtuste põhjal hinnati, arvestades EL Veepoliitika Raamdirektiivi (VRD) nõudeid (Veepoliitika..., 2002) ja keskkonnaministri 28. juuli 2009. a. määruse nr. 44 lisa 5 (Pinnaveekogumite ..., 2009; **tabel 1.1.2**).

Tabel 1.1.2. Maismaa seisuveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid füüsikalise-keemiliste seisundinäitajate väärtuste järgi (Nõges, Ott, 2003, Pinnaveekogumite..., 2009)

<i>Seisundinäitaja</i>	<i>Ühik</i>	<i>Väga hea klass</i>	<i>Hea klass</i>	<i>Kesine klass</i>	<i>Halb klass</i>	<i>Väga halb klass</i>
Tüüp II – keskmise karedusega madal järv (<i>andmete aritm. keskmine</i>)						
pH		7-8	>8-8,3	>8,3-8,8	>8,8-9 või 6-<7	<6 või >9
Üldfosfor	$\mu\text{g}/\text{l}$	<30	30-60	>60-80	>80-100	>100
Üldlämmastik	$\mu\text{g}/\text{l}$	<500	500-1000	>1000-1500	>1500-2000	>2000
Secchi ketta nähtavus	m	>3	2-3	1-<2	<1	<1

Vee abiootilisi näitajaid hinnati ka vooluveekogude näitajate alusel. EV keskkonnaministri määruse kriteeriumid on esitatud **tabelis 1.1.3**.

Tabel 1.1.3. Vooluveekogude pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid füüsikalise-keemiliste üldtingimuste väärtuste järgi (Pinnaveekogumite..., 2009).

Näitaja	Väga hea	hea	kesine	halb	väga halb
Hapnikuküllastuse %	>60	50-60	<50-40	<40-35	<35
BHT ₅ , mgO/l	<2,2	2,2-3,5	<3,5-5	>5-7	>7
Üldlämmastik, mg/l	<1,5	1,5-3	>3-6	>6-8	>8
Üldfosfor, mg/l	<0,05	0,05-0,08	>0,08-0,1	>0,1-0,12	>0,12
Ammoonium, mg/l	<0,1	0,1-0,3	0,3-0,45	0,45-0,6	>0,6
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	<6-9>

1.2 Bakterplankton

Veeproovid koguti mikrobioloogiliseks analüüsiks steriilsetesse pudelitesse 0,3 m sügavuselt järve pindmisest kihist. Heterotroofsete bakterite üldarv (BÜA), mis iseloomustab veekogu troofsuse taset, määrati otsesel loendamisel epifluorestsentsinvertmikroskoobiga (Nikon Eclipse Ti) 1000 x suurendusel isopoorfiltritel pooride läbimõõduga 0,22 µm. Rakud värviti nukleinhaptevärvi DAPI'ga (kontsentratsioon 1 µg ml⁻¹). Heterotroofsete bakterite üldarvu hindamiseks kasutati Eesti järvede andmete põhjal tehtud hindamissüsteemi (tabel 1.2.1). Saprobakterite arvukus (SAPRO) leiti standardmeetodi agaril kasvatatud kolooniate loendamisel 7. päeval. Külvid inkubeeriti toatemperatuuril. Saprobakterite arvukuse hindamiseks kasutati Eesti järvede andmete põhjal tehtud hindamissüsteemi (tabel 1.2.1). Biokeemilise hapnikutarbe (BHT₅) määramiseks mõõdeti orgaanilise aine lagunemisel neeldunud hapniku hulk järve pindmises veekihis 5 päeva jooksul. BHT₅ hindamiseks kasutati Eesti järvede andmete põhjal koostatud hindamissüsteemi (tabel 1.2.2) ja jõgede puhul vastavat keskkonnaministri määrust (Pinnaveekogumite..., 2009; tabel 1.1.3).

Tabel 1.2.1. Bakterite üldarvu ja saprobakterite arvukuse hindamise skaala.

Arvukuse tase	Bakterite üldarv 10 ⁶ rakku ml ⁻¹	Saprobakterite arvukus rakku ml ⁻¹
Madal	0-3	<400
Keskmine	3,1-6	400-1200
Kõrge	6,1-12	1201-3200
Väga kõrge	>12,1	>3201

Tabel 1.2.2. Järve toitelisuse hindamisskaala biokeemilise hapnikutarbe alusel.

Tase	BHT ₅ mg O ₂ l ⁻¹
Mesotroofsed	0,5-2
Eutroofsed	2,1-6
Hüpertroofsed	6,1-14

1.3 Fütoplankton

Kvantitatiivsed proovid võeti järve keskosast. Pudelisse pandud proovid fikseeriti koheselt Lugoli lahusega (joodi ja kaaliumjodiidi lahus). Igast proovist sadestati 3 ml spetsiaalses loenduskambris ja loendati rakud invertmikroskoobi abil, sõltuvalt nende suurusest suurendustel 10 x 40, 10 x 20 ja/või 10 x 10. Biomass arvutati vetikate ruumalade mõõtmise kaudu (Hillebrand *et al.*, 1999). Vetikate erikaaluks võeti 1. Kvalitatiivsed proovid liigilise koosseisu täpsustamiseks koguti veesambast ja järelveol paadi järel Apsteini kahe võrguga, silma suurustega 20 ja 50 µm. Need proovid integreeriti. Pigmentide, klorofüllü (Chla, Chlb, Chlc) ja karotinoidide (Car) sisaldused määrati spektrofotomeetriliselt 96% etanooli ekstraktis (kaks paralleelproovi) ja arvutati Jeffrey & Humphrey (1975), Lorenzeni (1967) ja Stricklandi ning Parsons (1972) võrrandite järgi.

Tabelis 1.3.1. on esitatud fütoplanktoni näitajate klassifikatsioon vastavalt Veepoliitika Raamdirektiivile (Veepoliitika..., 2002). Teises järvetüübis kasutati Chla sisaldust (Chla), fütoplanktoni koondindeksit (FKI), ühetaolisuse indeksit (J) ja koosluse kirjeldust. Chla ja liikide arvu ja FKI hindamisel kasutati troofsusklassifikatsiooni Kõvaski ja Miliuse (1982) kriteeriumide järgi, kuid veidi muudetud kujul, arvestades hilisemaid uurimistulemusi Eesti väikejärvedel (**tabel 1.3.2**). Järve ökoloogilise seisundi hindamisel fütoplanktoni alusel kasutatakse veel ka ekspertarvamust (näiteks indikaatorliike, dominantliikide vaheldumist kasvuperioodi jooksul jne.).

Fütoplanktoni kogubiomassiga koos esitatakse tähtsamate vetikahõimkondade (sini-, räni-, rohe-, ikkes-, kold-, neel-, vaguvibur- ja silmviburvetikate ning rafidofüütide ja eriviburvetikate) biomassid.

Nygaardi fütoplanktoni koondindeks esitati siin modifitseeritud kujul (Ott & Laugaste, 1996),

kohandatuna Eesti oludele. Fütoplanktoni koondindeks (FKI) arvutati järgmise valemi järgi:

$$FKI = \frac{Cy. + Chloroc. + Centr. + Eugl. + Cryp. + 1}{Desm. + Chr + 1},$$

kus

Cy. – sinivetikate liikide arv,

Chloroc. – algrohevetikate liikide arv,

Centr. – ketasränivetikate liikide arv,

Eugl. – silmviburvetikate liikide arv,

Cryp. – neelvetikate liikide arv,

Desm. – ikkesvetikate liikide arv,

Chr. – koldvetikate liikide arv.

Ühtlus J (Pielou, 1975) arvutati Shannoni liigierisusindeksi kaudu järgmiselt:

$$J = H' / H'_{\max},$$

kus

H' – Shannoni liigierisus,

H'_{\max} – teoreetiline liigierisus (biomass, mis jaguneks ühtlaselt proovis leitud liikide vahel).

J väärtused jäävad vahemikku 0-1. Skaala on jaotatud võrdselt igas järvetüübis viide klassi ning seisundikriteeriumid on kõigis järvetüüpides samasugused (tabel 1.3.1). J on ökoloogilise seisundiga võrdeline – mida suurem J väärtus, seda parem ökoloogiline seisund.

Tabel 1.3.1. Fütoplanktoni näitajate kriteeriumid

Tüübi nr.	Kvaliteedi-klass	Chl <i>a</i> , µg/l	Fütoplanktoni kooslus*	Fütoplanktoni koondindeks (FKI)	Ühtlus (J)
2	väga hea	<10	A	<3,5	0,81-1

2	hea	10-20	A	3,5-6	0,61-0,80
2	kesine	20-30	B	>6-9	0,41-0,60
2	halb	30-50	C	>9	0,21-0,40
2	väga halb	>50	D	>9	0-0,20

Fütoplanktoni näitajate hindamiskriteeriumid, mida ei kasutata vastavas Keskkonnaministri määruses (Pinnaveekogumite..., 2009) on tabelis 1.3.2. Fütoplanktoni koosluse kirjeldus hinnang on järgmine:

Väga hea. Viie sagedamini esineva liigi summaarse biomassi % proovi biomassist on <60. Loendusproovi fütoplanktoni biomass ≤ 3 mg/l. Kriteeriumite vasturääkivuse korral on otsustavaks hinnangut andva eksperdi arvamus, mis omakorda peab tuginema liikide indikaatorväärtuste hinnangule (Ott, 1987; Maileht, 2008). Kui liigi *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chla väärtuse järgi (Chla väärtus on <10 $\mu\text{g/l}$).

Hea. Viie sagedamini esineva liigi summaarse biomassi % proovi biomassist on 60-80. Loendusproovi fütoplanktoni biomass ≤ 3 mg/l. Kriteeriumite vasturääkivuse korral on otsustavaks hinnangut andva eksperdi arvamus, mis omakorda peab tuginema liikide indikaatorväärtuste hinnangule. Kui liigi *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chla väärtuse järgi (Chla väärtus on vahemikus 10-20 $\mu\text{g/l}$).

Kesine. Biomass on >3 mg/L ja samal ajal domineerivad 2-5 liiki (summaarne biomass >80%). Kui kriteeriumid annavad vasturääkiva tulemuse, siis on otsustavaks ekspertarvamus. Kriteeriumite vasturääkivuse korral on otsustavaks hinnangut andva eksperdi arvamus, mis omakorda peab tuginema liikide indikaatorväärtuste hinnangule. Kui liigi *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chla väärtuse järgi (Chla väärtus on vahemikus >20-30 $\mu\text{g/l}$).

Halb. Üks liik domineerib biomassi osas >80 %. Kui liigi *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chla väärtuse järgi (Chla väärtus on vahemikus >30-60 $\mu\text{g/l}$).

Väga halb. Domineerivad tsüanobakteritest perekondade *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Radiocystis*, *Planktothrix*, *Limnothrix*, *Woronichinia*, *Anabaena* esindajad või rohevetikatest *Chlorococcales* >50% loendusproovi biomassist (rohkem kui üks liik) ja samal ajal on klorofüll-a sisaldus >20 $\mu\text{g/l}$. Kui liigi *Gonyostomum semen* biomass on suurim, siis hinnatakse kooslust Chla väärtuse järgi (Chla väärtus on >60 $\mu\text{g/l}$).

Tabel 1.3.2. Fütoplanktoni näitajate hindamise kriteeriumid. * - liikide arv on hüpertroofsetes järvedes sageli madal

Parameeter	Ühik	Madal, oligotroofne	Keskmine, mesotroofne	Kõrge, eutroofne	Ülikõrge, hüpertroofne
------------	------	------------------------	--------------------------	---------------------	---------------------------

Biomass	mg/l	< 3	3-15	15-30	> 30
Liikide arv loendusproovis		< 20	21-40	41-60	> 61*

1.4 Suurtaimed

Uuritavatel järvedel läbiti paadiga kogu kaldajoon ning sõltuvalt järve suuruselt tehti iga 150-200 meetri tagant profiile. Igal profiilil (uuritav ala, mis algab veepiirist ning ulatub veesisese taimeestiku maksimaalse levikusügavuseni) registreeriti veetaimeestiku liigiline koosseis, liikide ohtrused ning nende maksimaalsed levikusügavused. Eraldi hinnati ka suurte niitvetikate ohtrust. Töövahendina kasutati mõõtudega nõõri otsas taimekonksu.

Veetaimeestiku ja selles asetleidnud muutuste kirjeldamiseks on taimed jagatud kolme erinevasse ökoloogilisse rühma – kaldaveetaimed, ujulehtedega ja ujutaimed ning veesisesed taimed (Arber, 1920; Sculthorpe, 1967). Liikide ohtruse hinnangud anti veetaimede ökoloogiliste rühmade jaoks eraldi. Ohtrusi hinnati vastavalt Braun-Blanquet (1964) skaalale (1-5) ning see omab järgmisi väärtusi:

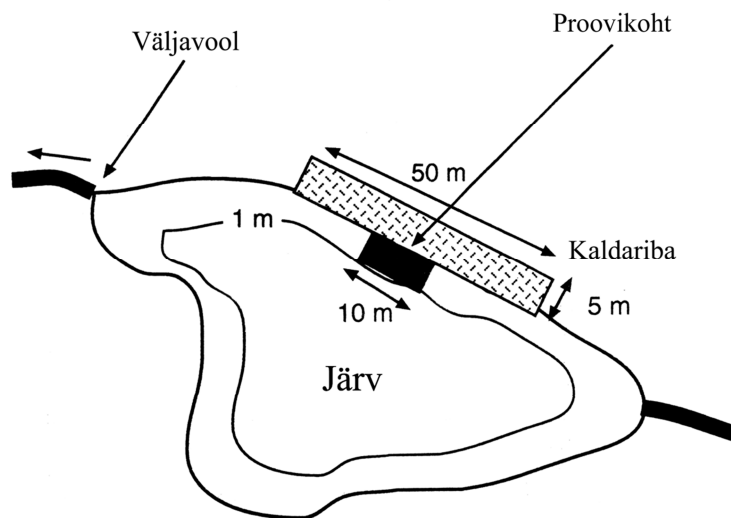
- 1 – kohati üksikud taimed või väikesed kogumikud;
- 2 – siin-seal mõõdukal hulgal;
- 3 – sageli kohatav, keskmisel hulgal;
- 4 – palju, dominant või subdominant;
- 5 – massiliselt leviv dominant.

Töös rõhutati peamiselt neid ohtruste muutusi, kus kahe uurimiskorra erinevus on enam kui üks pall, sest väiksemad erinevused võivad olla tingitud erinevate uurijate erinevatest hinnangutest tingitud veast. Erinevate veetaimeestiku võõndite (kaldavee- ja ujulehtedega taimed) laiuste mõõtmiseks kasutati Maa-Ameti geoportaali kaardirakendusi (Maa-Ameti geoportaal, 2014). Ökoloogilise seisundi hinnang anti vastava EV Keskkonnaministri määruse (Pinnaveekogumite..., 2009) põhjal.

1.5 Suurselgrootud

Suurselgrootute proovid võeti 8. mail 2014 Ilmatsalu paisjärvest idakalda (58,388 N; 26,57 E), Rahinge paisjärvest loodekalda (58,378 N; 26,606 E) äärest. Proovid võeti ühelaadilise põhjaga kaldalõigu (prooviala) keskmisest osast (proovikohest), mis oli ca 10 m pikk (joonis 1.5.1). Loomi püüti nelinurkse standardkahvaga (raami serva pikkus 25 cm, sõelaava läbimõõt 0,5 mm, varre pikkus 1 m) (European..., 1994). Kokku võeti liitproovid, mis koosnesid 5 juhuslikult paigutatud tõmbeproovist piki põhja ning kvalitatiivsest proovist (Johnson, 1999, Medin jt., 2001). Iga üksik tõmbeproov kattis 1 m pikkuse osa (0,25 m²) järvepõhjust. Kvalitatiivne proov hõlmas nii prooviala tüüpilist kui ülejäänud elupaiku.

Püütud materjal fikseeriti kohapeal 96% piiritusel; loomad loendati ja määrati laboris. Kahvaproovide loomad määrati stereomikroskoobi all (suurendus 7-40 korda) võimalust mööda enamasti liigini, välja arvatud surusääsklased, väheharjasussid ja vesilestad, kelle määramine nõuab suuremat suurendust.



Joonis 1.5.1. Litoraali suurselgrootute proovikoha näidis järves

Seisundi iseloomustamiseks hinnati taksonite üldarv koos kvalitatiivse prooviga (T), Shannoni erisusindeks H' (Johnson 1999), ASPT indeks (Armitage jt., 1983, lisa 1), EPT indeks ehk *Ephemeroptera*, *Plecoptera* ja *Trichoptera* (ühepäevikuliste, kevikuliste ja

ehmestiivaliste) taksonite arv proovis (Lenat, 1988) ning Rootsi happelisusindeks A (Johnson 1999, lisa 1). Et tegelikult on tegu tugevasti muudetud vooluveelõikude, mitte looduslike järvedega, arvutati ka vooluvetele kohane Taani vooluvete indeks (DSFI) (Skriver et al., 2000, lisa 1). Taksonirikkus, H', ASPT, EPT ja DSFI on seisundiga võrreldised, happelisusindeks aga happelisustasemega pöördvõrdeline.

Peale seisundit otseselt iseloomustavate tunnuste arvutati üldine asustustihedus N (isendeid ruutmeetri kohta) ja MESH-indeks (Timm et al., 2011), mis iseloomustab põhja tüüpi ja voolukiirust uurimisalal, hinnatuna elustiku järgi. N ning H' hinnati viie jala- või tõmbeproovi alusel, muude suuruste puhul arvestati ka kvalitatiivset proovi.

Tabelis 1.5.1 esitatakse bioloogilise seisundi määratlused suurselgrootute järgi kuuele seisunditunnusele Eesti järvedest ning vooluvetest (Pinnaveekogumite... 2009). Seisundi koondhinnang anti järgmiselt. Igale indeksile omistati saadud kvaliteediväärtusele vastav punktide arv: 5 (väga hea), 4 (hea), 2 (kesine) ja 0 (halb või väga halb). Halb ja väga halb seisund üksiku indeksi tasemel võrdsustati, sest nende eristamiseks polnud piisavalt andmeid. Seejärel iga proovikoha viie indeksi punktid summeeriti (maksimumsumma 25). Summa 23-25 (90-100%) tähistas kokkuvõttes väga head, 18-22 (70-90%) head, 10-17 (40-70%) kesist, 6-9 (20-40%) halba ja 0-5 (<20%) väga halba seisundit. Kui kasutada ainult nelja indeksit, siis on maksimumväärtus 20 ning vastavad vahemikud 18-20 (väga hea), 14-17 (hea), 8-13 (kesine), 6-7 (halb) ja <6 (väga halb).

Tabel 1.5.1. Suurselgrootute etalontingimused ja klassipiirid Eesti järvedele ning vooluvetele. Järvede pindala on alla 100 km², kui seda pole eraldi näidatud. R - etalontase, H - väga hea (sinine), G - hea (roheline), M - kesine (kollane), P - halb (oranž) ja B - väga halb (punane) seisund

Tunnus	Tüüp/elupaik	R	H	G	M	P või B
Järvede kriteeriumid						
T	väga kare	28	>25	22-25	17-21	<17
T	keskmise karedusega, taimed	35	>32	28-32	21-27	<21
T	keskmise karedusega, liiv ja/või kivid	27	>24	22-24	16-21	<16
T	keskmise karedusega, kivid, >100 km ²	16,5	>15	13-15	10-12	<10

T	pehme, pruun	16	>14	13-14	10-12	<10
T	pehme, hele	22	>20	18-20	13-17	<13
T	rannajärv	23	>21	18-21	14-17	<14
EPT	väga kare	5	>5	4-5	3	<3
EPT	keskmise karedusega, liiv ja kivid	9	>8	7-8	5-6	<5
EPT	keskmise karedusega, taimed	6	>5	5	4	<4
EPT	keskmise karedusega, kivid, >100 km ²	6,5	>6	5-6	4	4
EPT	pehme, pruun	4,5	>4	4	3	<3
EPT	pehme, hele	7	>6	6	4-5	<4
EPT	rannajärv	4	>4	3-4	2	<2
H'	väga kare	2,8	>2,5	2,2-2,5	<2,2-1,7	<1,7
H'	keskmise karedusega, taimed	3,1	>2,8	2,4-2,8	<2,4-1,8	<1,8
H'	keskmise karedusega, liiv	1,9	>1,7	1,5-1,7	<1,5-1,1	<1,1
H'	keskmise karedusega, kivid	2,6	>2,4	2,1-2,4	<2,1-1,6	<1,6
H'	keskmise karedusega, kivid, >100 km ²	1,7	>1,5	1,4-1,5	<1,4-1	<1
H'	rannajärv	2,5	>2,2	2-2,1	<2-1,5	<1,5
H'	pehme, pruun	2,3	>2	1,8-2	<1,8-1,4	<1,4
H'	pehme, hele	2,7	>2,5	2,2-2,5	<2,2-1,6	<1,6
ASPT	väga kare	5,8	>5,3	4,7-5,3	<4,7-3,5	<3,5
ASPT	keskmise karedusega, liiv ja taimed	5,7	>5,1	4,5-5,1	<4,5-3,4	<3,4
ASPT	keskmise karedusega, kivid	6,3	>5,7	5,1-5,7	<5,1-3,8	<3,8
ASPT	keskmise karedusega, kivid, >100 km ²	5,6	>5	4,5-5	<4,5-3,4	<3,4
ASPT	pehme, pruun	6,7	>6	5,3-6	<5,3-4	<4
ASPT	pehme, hele	6,3	>5,7	5,1-5,7	<5,1-3,8	<3,8
ASPT	rannajärv	5,8	>5,3	4,7-5,3	<4,7-3,5	<3,5
A	väga kare	7	>6	6	4-5	<4
A	keskmise karedusega, liiv ja taimed	7	>6	6	4-5	<4

A	keskmise karedusega, kivid	8	>7	6	5	<5
A	keskmise karedusega, kivid, >100 km ²	9	>8	7-8	5-6	<5
A	rannajärv	7	>6	6	4-5	<4
A	pehme, pruun	1	0-1	2-3	4-5	>5
A	pehme, hele	5	5	4 või 6	3 või 7	<3 või >7
Vooluvete kriteeriumid						
Tunnus	Valgala, voolukiirus ja aluskivim	R	H	G	M	P või B
T	<100 km ² , kiire	29	>26	23-26	17-22	<17
T	<100 km ² , aeglane	18	>16	14-16	11-13	<11
T	100-1000 km ² , kiire	35	>32	28-32	21-27	<21
T	100-1000 km ² , aeglane	29	>26	23-26	17-22	<17
T	>1000 km ²	33,5	>30	27-30	20-26	<20
EPT	<100 km ² , kiire	13	>12	10-12	8-9	<8
EPT	<100 km ² , aeglane	9	>8	7-8	5-6	<5
EPT	>100 km ²	16,5	>15	13-15	10-12	<10
EPT	Emajõgi allpool Võrtsjärve, kiire	7	>6	6	4-5	<4
H'	<100 km ² , lubjakivi	2,4	>2,1	1,9-2,1	<1,9-1,4	<1,4
H'	<100 km ² , liivakivi ning >100 km ²	3	>2,7	2,4-2,7	<2,4-1,8	<1,8
ASPT	<100 km ² , aeglane	6,1	>5,5	4,9-5,5	<4,9-3,7	<3,7
ASPT	<100 km ² , kiire	6,6	>5,9	5,3-5,9	<5,3-4	<4
ASPT	>100 km ²	6,9	>6,2	5,5-6,2	<5,5-4,1	<4,1
DSFI	DSFI <10000 km ² , v.a. Emajõgi allpool Võrtsjärve	7	6-7	5	4	<4

Seisundit hinnati kahte moodi: 1) nii, nagu uuritav veekogu oleks järv, ja 2) nii, nagu ta oleks vooluveekogu (jõgi). Vooluvete puhul kasutati happelisusindeksi asemel Taani indeksi.

Proovivõtu ja seisundi hindamise täpsem kirjeldus on vastavas juhendis (Timm & Vilbaste, 2010).

1.6 Kalad

Katsepüügil Rahinge ja Ilmatsalu paisjärvedel kasutati teadusotstarbelisi mitmeosalisi tamiilist nakkevõrke (Nordic tüüp). Mõlemal veekogul püüti samasuguse püünisekomplektiga. Võrgu kõrgus on 1,8 m ja pikkus 30 m. Püügid lähtusid Euroopa standardeeritud püügimetoodikast EN – 14 757:2005 'Water quality – sampling of fish with multi-mesh gillnets'. Võrgud jagunesid bentilisteks e. uppuvateks ja pelaagilisteks (ujuvateks). Erinevate võrgusilmade arv ühes võrgus oli 12 ja võrgusilma läbimõõt erinevates paneelides suurevalt: 5, 6.25, 8, 10, 12.5, 15.5, 19.5, 24, 29, 35, 43, 55. (Modifitseeritud variandil on täiendavalt lisatud ka \varnothing 65 ja 85 mm silmasuurus.) Selliseid võrke oli neli, kaks ujuvat ja kaks uppuvat. Tüübist sõltuvalt püüavad nad kas veepinna ülakihti või põhjalähedast veekihti. Metoodika eeldab, et püügipiirkonnas oleks veesise taimestiku katvus alla 70 % ja vee sügavus vähemalt 1,5 m.

Võrdlusandmete saamiseks kasutati katsepüükidel lisaks veel kolme jõhvist (0,17 mm niit, halli värvusega, firma SHIP) 30 m pikkusi ja 1,8 m kõrgusi nakkevõrke, millest iga üksiku silmasuurus oli järgnev: \varnothing 30, 45, 60 mm. Püügil olid võrgud 12 tundi (1 võrguöö püük).

Kokku oli püügil 7 nakkevõrku, võrguliini kogupikkus 210 meetrit. Võrguliini otsmised punktid fikseeriti koordinaatide määrajaga (GPS) Garmin GPSMAP64s Võrguliinide otsmised punktide koordinaadid Rahinge paisjärve katsepüügil:

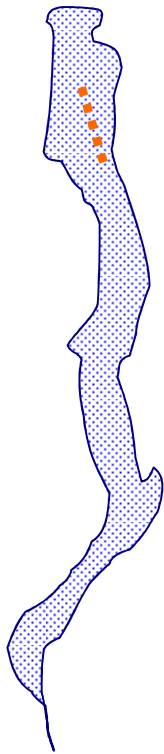
58°22'40,10''N;026°36'28,94''E-58°22'33,40N'';026°36'33,33''E ja Ilmatsalu paisjärve katsepüügil: 58°23'27,5''N;026°33'30,29''E-58°23'33,8''N;026°33'22,69''E . Võrguliinide asetused paisjärvede püügil on esitatud **joonisel 1.6.1.**

Kalad analüüsiti värskelt, vahetult pärast püüki. Kaalumise täpsus oli 0,1 g (määrati täiskaal TW). Kaladel mõõdeti nii standardpikkus (SL) kui ka täispikkus (TL) 1 mm täpsusega, aruandes kasutatakse täispikkust. Ahvenate vanus määrati lõpuskaaneluudelt (*operculum*), haugide vanus määrati sõlgluudelt (*cleithrum*) ja särgede vanus pikkusjaotuste alusel, kasutades teiste Eesti lõunaosa väikejärvede andmeid võrdlusmaterjalina.

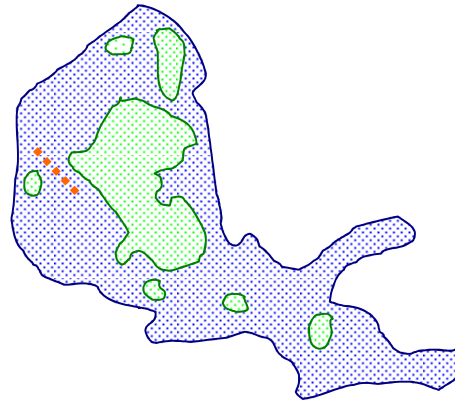
Rahinge ja Ilmatsalu paisjärvede kohta leiti kogutud andmete alusel kalaliikide arvukus ja mass, keskmine saak võrguöö kohta (WPUE) ja NPUE (isendite arv erinevast materjalist ja silmasuurusega nakkevõrkude kohta). Nakkevõrgu silmasuuruse läbimõõt (\varnothing mm) tähendab praeguses aruandes kahe järjestikuse sõlme vahelist kaugust. Vastavuse saamiseks

kalapüügieeskirjas märgitud silmasuurustega tuleks arvu korrutada kahega (näiteks 30 mm tähendab 2 x 30 e 60 mm püügieeskirja alusel).

2014. a. katsepüügi ajal 24.-25.septembril (mõlemal veekogul püüti samal ööl), oli õhutemperatuur püügi ajal 8-9°C, öösel 5-7°C, tuul oli 2 -6 m/s (puhanguti kuni 12 m/s), valdavalt lõunast ja lõunaedelast.



RAHINGE



ILMATSALU

Joonis 1.6.1. Võrguliinide paigutus 2014. a. katsepüügil Rahinge ja Ilmatsalu paisjärvel

1.7 Koormus

Mõlema paisjärve sisse- ja väljavoole mõõdeti projekti käigus neli korda (3.06., 3.07.; 5.09. ja 25.09.14). Hinnati vooluhulki ning võeti veeproovid (**joonis 1.7.1 ja 1.7.2**), selgitamaks hüdrooloogilist režiimi, koormust, vee- ja ainebilanssi ning koormustaluvust. See on osa limnoloogilistest töödest, mis peaksid andma vastuse, kas paisjärvi on vaja tervendada ja kui seda teha, siis millised võiksid olla moodused olukorra parandamiseks. Vooluhulkade mõõtmisel arvestati A. Maastiku (2006) koostatud vooluhulkade hindamismeetoditega ja kasutati ujukmeetodit. Parema tulemuse saamiseks peaks vaatlusi jätkama kogu aasta jooksul. Paisjärve sissevool peaks peegeldama jõe hüdrokeemilist seisundit ülesvoolu ning väljavool

tema enda seisundit. Veebilansi koostamisel kasutati keskkonnaregistri avalikku teenust

Ilmatsalu paisjärve

(<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main#HTTTPy9Lwo9vn7FzLua1EfZiYlhLiq3W3Hp>)

ja Rahinge paisjärve

(<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main#HTTTPdi0aoWp8R9Dm6acZWeq7ZUZXH9wYsn>) kohta. Arvestasime, et 2014. aastal tavalist suurvett polnud lumeta talve pärast.

Koormuse arvutustes kasutasime peale sissevoolude ka valgala seda osa, mis jääb paisjärve vasak- ja paremkaldale. Kasutasime A. Iitali jt (2010) väljatöötatud fosfori ärakande koefitsiente. Fosforit peetakse siseveekogudes peamiseks toiteaineks. Valgla nende osade piirid eristati Maa-Ameti geoportaali vastavast kaardirakendustest arvestades kõrgusjooni. Kaardilt arvutati maakasutustüübid ja nende pindalad.

Vee omadustest mõõdeti üldlämmastikku, üldfosforit, kollast ainet ja aluselisust. Kõik need näitajad iseloomustavad koormust järvele. Ühendite kogused ja vahekorrad annavad ülevaate võimalikust sise- või välisreostusest.



Joonis 1.7.1. Ilmatsalu paisjärve sisse- (SV) ja väljavoolu (VV) proovipunktid.



Joonis 1.7.2. Rahinge sisse- ja väljavoolu proovipunktid. SV- sissevool; VV – väljavool.

2 Tulemused

2.1 Ilmatsalu paisjärv

2.1.1 Vee abiootilised omadused

Järve vesi oli pruunikaskollane, läbipaistvus 0,8 m. Kollast ainet (lahustunud orgaanilist ainet) oli keskmiselt (15 mg/l). Vesi oli hapnikuga alaküllastunud (O_2 85,8%). Vesi oli nõrgalt aluselise (pH 8,24). Üldfosfor oli 0,099 mgP/l ja fosfaatioone leitud 0,003 mgP/l.

Üldlämmastiku sisaldus oli väga kõrge, 3,185 mgN/l. Ka nitraatlämmastikku oli palju (0,94 mgN/l), ammooniumioone oli 0,039 mgN/l ja nitriteid leitud 0,074 mgN/l. Vesi oli väga kare, HCO_3^- oli 5,2 mg-ekv/l, elektrijuhtivus oli 550 μ S/cm. Kloriidide sisaldus oli 20 mg/l, mis näitab kergest reostust valgalalt (piirväärtus ongi 20 mg/l). Sellises koguses kloriidide sisaldus muudab juba lahustunud ionide koostist ja on magevee organismide ainevahetusele mitteomane.

Ilmatsalu paisjärv (VRD tüüp II) on madal, heleda ja kareda veega. Veeseisund oli üldfosfori järgi (0,099 mgP/l) kesine, üldlämmastiku järgi (3,185 mgN/l) väga halb, läbipaistvuse järgi (SD 0,8 m) halb ja pH järgi (8,24) hea.

2.1.2 Bakterplankton

Heterotroofsete bakterite üldine arvukus oli Ilmatsalu paisjärves madala taseme ülemisel piiril $2,7 \times 10^6$ rakku/ml. Saprobakterite arvukus 4880 rakku/ml oli seevastu väga kõrge.

Biokeemiline hapnikutarve, mis viitab bakteritele kergesti lagundatava lahustunud orgaanilise aine sisaldusele, oli toiteainerohkete järvede tasemel (tabel 2.1.2.1).

Järve seisund oli bakterite üldarvu järgi väga hea, saprobakterite arvukuse alusel kesine, biokeemilise hapnikutarbe järgi hea. Bakterite järgi on järves kõrge orgaanilise aine sisaldus.

Tabel 2.1.2.1. Ilmatsalu paisjärve heterotroofsete bakterite üldarv (BÜA), saprobakterite arvukus (SAPRO) ja biokeemiline hapnikutarve (BHT₅).

Järv	Kuupäev	BÜA, 10 ⁶ rakku/ml	SAPRO rakku/ml	BHT ₅ mg O ₂ /l
Ilmatsalu	3.07.2014	2,7	4880	3,8

2.1.3 Fütoplankton

Ilmatsalu paisjärve fütoplankton oli liigirohke (47 liiki) ja rühmad omavahel tasakaalustatud. Näitajate väärtused pinnaproovis on esitatud **tabelis 2.1.3.1**. Kooslus oli iseloomulik järvedele, kus on palju suurtaimi. Leiti vaid üks eksemplar ühest sinivetikaliigist, mis pole sooja suve kohta üldse iseloomulik nähtus. Tavaliselt on suvel sinivetikad dominandid. Palju oli pseudoplanktereid ning suurtaimedega seotud liike – euglenofüüdid (**Foto 2.1.3.1; 2.1.3.2**) ja krüptofüüdid. Kindlad biomassi dominandid puudusid, aga arvukamad olid neelvetikad, koldvetikad ja paar algrohevetikat.

Tabel 2.1.3.1. Ilmatsalu paisjärve fütoplanktoni näitajad 3. juulil 2014 koos ökoloogilise seisundi hinnanguga (sinine – väga hea; roheline – hea).

Näitaja	Ühik	Väärtus
Klorofüll <i>a</i>	mg/m ³	2,09
Koosluse kirjeldus		Väga hea
Ühtluse indeks	%	0,83
Koondindeks		4,1
Biomass	g/m ³	3,14

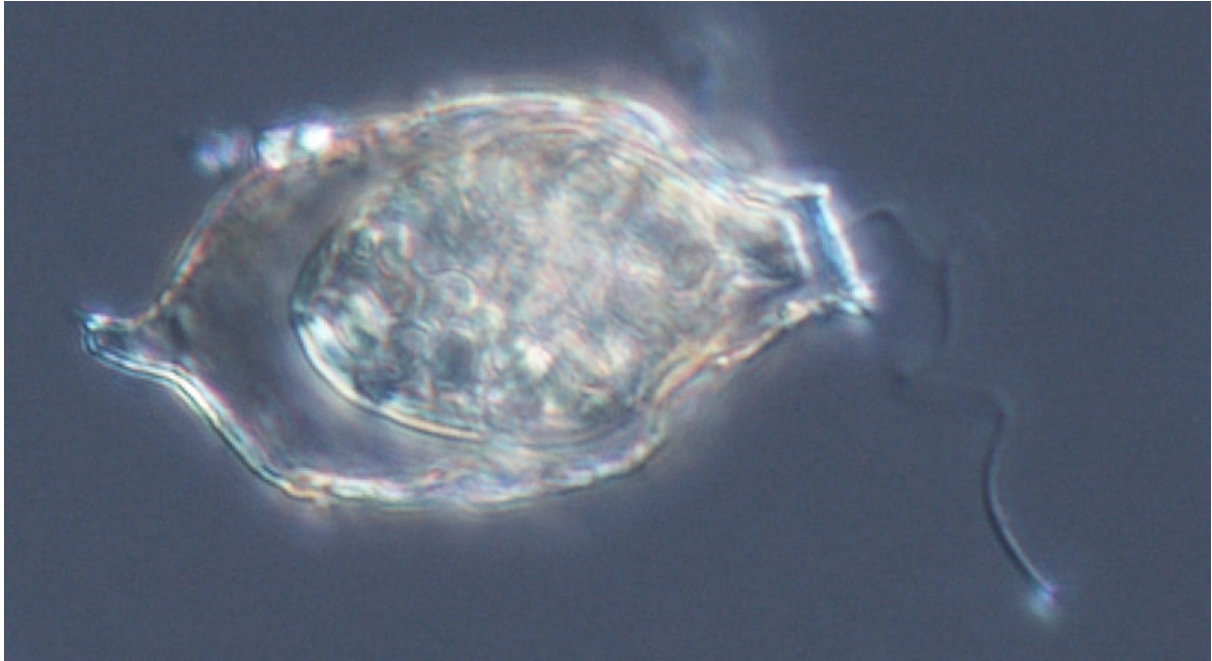


Foto 2.1.3.1. Silmviburvetikas *Strombomonas* Ilmatsalu paisjärvest. Pikkus 42 μm (Foto I. Ott).

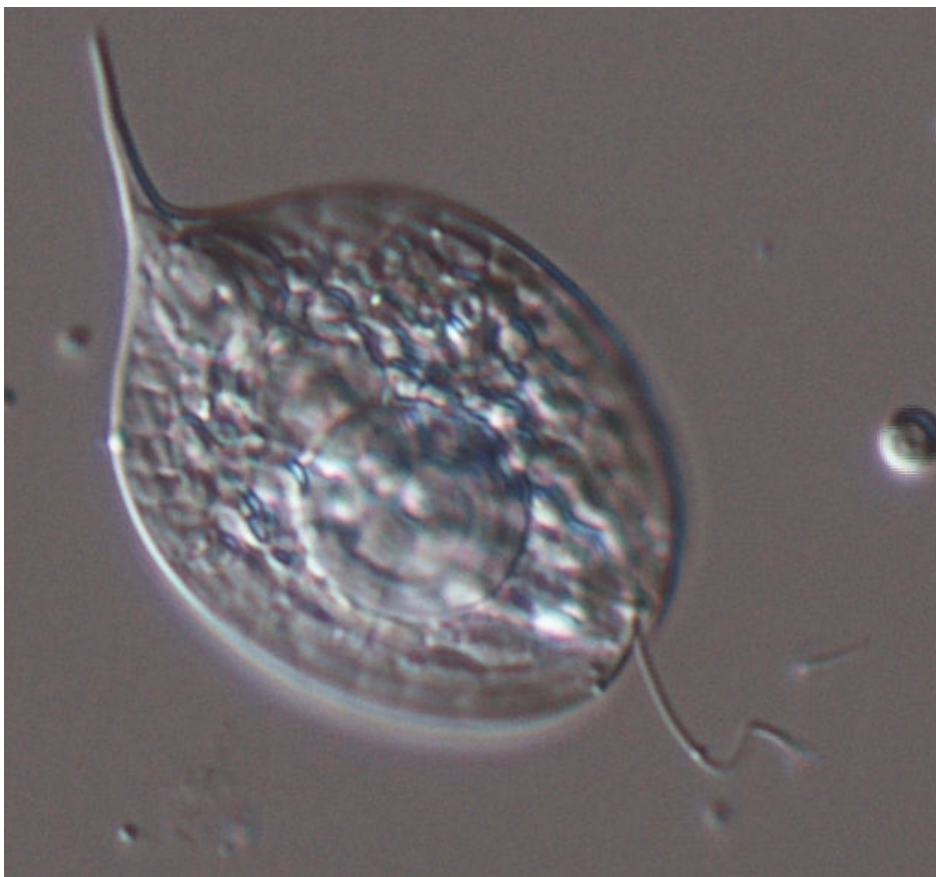


Foto 2.1.3.2. Silmviburvetikas *Phacus pleuronectes* Ilmatsalu paisjärvest. Pikkus 34 μm (Foto I. Ott)

Fütoplanktoni alusel oli Ilmatsalu paisjärve ökoloogilise seisundi hinnang väga hea.

2.1.4 Suurtaimed

Ilmatsalu paisjärve taimestikku ei ole varasematel aastatel uuritud. 2014. aastal täheldati järves 29 liiki makrofüüte. Neist 21 liiki kaldaveetaimi, 5 liiki ujulehtedega ja ujutaimi, 3 liiki veesiseseid taimi. Kaldaveetaimede hulk ja arv oli keskmine, peamiselt domineeris pilliroog (*Phragmites australis*), ohtramalt esines ka jõgi-kõõluslehte (*Sagittaria sagittifolia*), harulist jõgitakjat (*Sparganium erectum*) ning laialehist hundinuia (*Typha latifolia*). Ujulehtedega taimestik oli küllaltki liigivaene, ohtramalt esines kollast vesikuppu (*Nuphar lutea*) ja ujuvat penikeelt (*Potamogeton natans*), mida leidis kõige ohtramalt järve kirdesopis, mujal hajusamalt. Kollane vesikupp oli levinud ühtlaselt, kuid hajusalt kogu järve kaldavööndi ulatuses. Ujutaimedest olid üksnes lemled (*Lemna* sp.) vähesel määral levinud järve lõunaotsas, kaldaveetaimestiku vahel, kus vee liikumine oli vähene. Veesisene taimestik oli liigivaene ning vähearvukas, ohtramalt leidis üksnes räni-kardheina (*Ceratophyllum demersum*, foto 2.1.4.1) ja kaelus-penikeelt (*Potamogeton perfoliatus*). Räni-kardhein levis kaldataimestiku servas järve põhja- ning kirdeosas hõreda vööndina. Mujal leidis teda ohtramalt kuni 1,5 m sügavuseni.



Foto 2.1.4.1. Räni-kardhein (Foto H. Timm)

Järve taimestik oli eri osades küllaltki varieeruv, kuigi põhiliigid jäid samaks. Põhjaosas valdas pilliroostik, mille vahel leidis siin-seal järvkaislat (*Schoenoplectus lacustris*) ning harilikku kalmust (*Acorus calamus*). Siin oli veesisene taimestik vähene ning selle moodustas üksnes räni-kardhein. Järve lõunapoolses otsas oli vesi praktiliselt seisev ning siin moodustas peamise osa kaldaveetaimestikust laialehine hundinui. Vees kasvas tukkadena ohtralt harilikku luigelille ning harulist jõgitakjat. Nende vahel esines lemleid ning kollast vesikuppu. Ilmatsalu paisjärve seisundit võib suurtaimede põhjal 2014. aastal hinnata kesiseks. Järve taimestiku kesisele seisundile viitab eelkõige räni-kardheina suur suhteline ohtrus, mändvetiktaimede puudumine kogu järves ning niitjate rohevetikate suur rohkus.

Liik/uurimisaasta	2014
Kaldaveetaimestiku levikusügavus (m)	0,8
Veesisese taimestiku levikusügavus (m)	1,5
Kaldaveetaimed	
<i>Acorus calamus</i> L. - harilik kalmus	x
<i>Agrostis stolonifera</i> L. - valge kastehein	1
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L. - harilik konnarohi	1
<i>Butomus umbellatus</i> L. - harilik luigelill	3
<i>Carex</i> spp. - tarnad	3
<i>Epilobium hirsutum</i> L. - karvane pajulill	2
<i>Epilobium palustre</i> L. - soo-pajulill	1
<i>Equisetum fluviatile</i> L. em Ehrh. - konnaosi	3
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim. - harilik angervaks	1
<i>Geranium palustre</i> L. - soo-kurereha	1
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br. - harilik parthein	3
<i>Lythrum salicaria</i> L. - harilik kukesaba	2
<i>Phragmites australis</i> (Cavan.) Trin ex Steud. - harilik pilliroog	4
<i>Rumex hydrolapathum</i> Huds. - jõgioblikas	1
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L. - jõgi-kõõlusleht	3
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla - järvkaisel	1
<i>Scirpus sylvaticus</i> L. - metskõrkjas	2

<i>Solanum dulcamara</i> L. - harilik maavits	2
<i>Sparganium erectum</i> sl. L. - haruline jõgitakjas	3
<i>Typha latifolia</i> L. - laialehine hundinui	3
<i>Typha angustifolia</i> L. ahtalehine hundinui	2
Ujulehtedega ja ujutaimed	
<i>Lemna minor</i> L. - väike lemmel	1
<i>Lemna trisulca</i> L. - ristlemmel	1
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith - kollane vesikupp	3
<i>Polygonum amphibium</i> L. - vesi-kirburohi	2
<i>Potamogeton natans</i> L. - ujuv penikeel	3
Veesisesed taimed	
<i>Ceratophyllum demersum</i> L. - räni-kardhein	3
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L. - kaelus-penikeel	3
<i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber - muda-penikeel	1
Niitjad vetikad	2

2.1.5 Kalad

Ilmatsalu paisjärve kalastik koosnes võrgupüügi saakide alusel kaheksast liigist, mis on väikese paisjärve kohta väga hea tulemus. Saagis olid esindatud ahven, haug, kiisk, latikas, mudamaim, nurg, särg ja viidikas. Katsepüügi kogusaak on esitatud alljärgnevas tabelis

2.1.5.1.

Tabel 2.1.5.1. Liikide esinemine ja osakaal Ilmatsalu katsepüügi kogusaagis 2014. a. septembris. N - isendite arv, TW - kaal

LIIK	ahven	haug	kiisk	latikas	mudamaim	nurg	särg	viidikas	Kokku
N	7	2	28	12	9	13	155	78	304
% N	2,3	0,66	9,22	3,95	2,96	4,28	50,99	25,66	100

TW, g	952	636	243	809	15,9	327	2935	444	6362
% TW	14,97	9,99	3,83	12,72	0,25	5,14	46,13	6,98	100

Suuresilmalised võrgud püüdsid kokku 6 kala, saagi kogukaal 1,47 kg. Saaki püüdsid kõik kolm püügil olnud erineva võrgusilma suurusega võrku (\varnothing 30 mm, 45 mm, 60 mm). Kaks kolmandikku kaladest püüdis võrgusilm \varnothing 30 mm, kaaluliselt püüdsid kõik kolm võrgusilma suurust enamvähem poolekilose saagi. Liikidest oli saagis rohkem nurgu ja latikat (mõlemast liigist kaks isendit). Tabatud nurud olid pikkustega 19,5 ja 24,2 cm (TL) – nakkevõrgu silmasuurus \varnothing 30 mm, latikad aga TL = 20,2 ja 39,7 cm. Neid püüdsid \varnothing 30 mm ja \varnothing 60 mm silmasuurusega võrgud. Neist viimane, 625 g kaalunud (TW) latikas, oli ka Ilmatsalu paisjärve katsepüügi suurimaks püütud kalaks ([foto 2.1.5.1](#)). Lisaks püüdis võrk silmasuurusega \varnothing 45 mm ahvena (TL = 29,6 cm, TW = 352 g, ♀, vanusrühm 5+, [foto 2.1.5.2](#)). Haugi (TL = 34,1 cm, TW = 211,2 g, ♀, vanusega 2+) püüdis võrk silmasuurusega \varnothing 30 mm.



Foto 2.1.5.1. Ilmatsalu paisjärvest 2014 .a septembris katsepüügi saagis tabatud 40 cm pikkune (TL) latikas kaalus 625 g (TW).

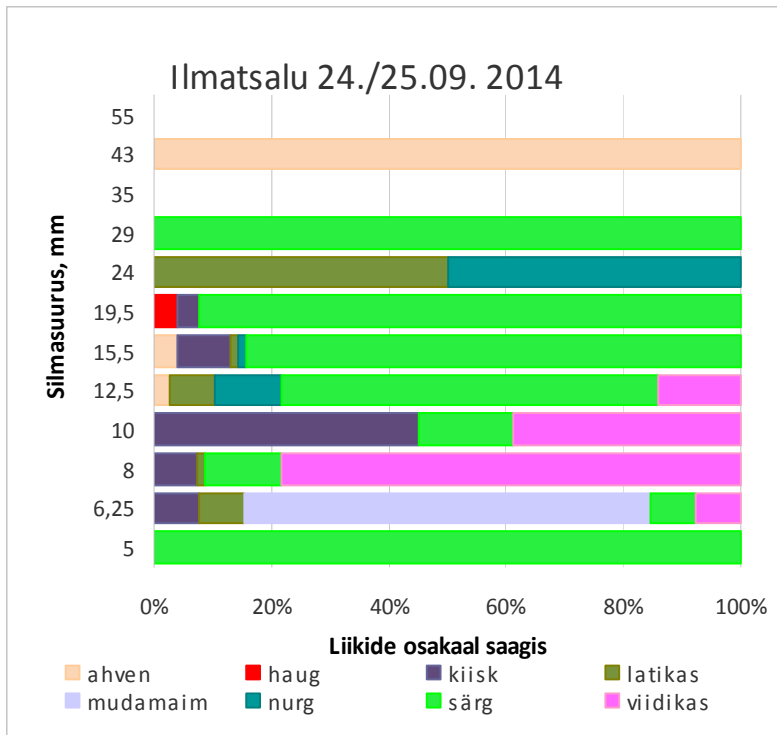


Foto 2.1.5.2. Suurimad 2014. a. katsepüügiga Ilmatsalu paisjärvest püütud ahvenad olid vanusrühmadest 5+ ja 7+ ning jäid püügil nakkevõrgu silmasuurustesse \varnothing 43 mm (Nordic-tüüp) ja \varnothing 45 mm (jõhvõrk).

Sektsoonvõrkude saagid Ilmatsalu paisjärves

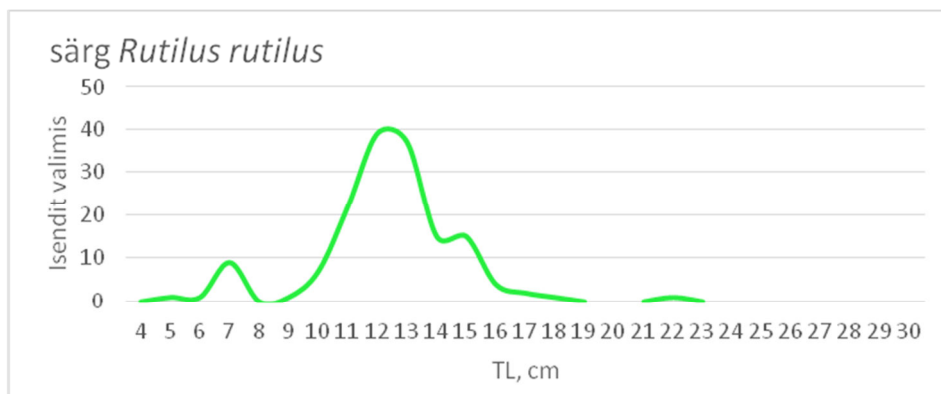
Ilmatsalu paisjärvest püüdi sektsoonvõrkudega 298 kala, mis kuulusid kaheksasse liiki: lisaks ahvenale ja särjele olid püügis esindatud veel haug, kiisk, latikas, mudamaim, nurg ja viidikas ja **(joon. 2.1.5.1)**. Saagi kogumass oli 4,9 kg. Pooled kalad Nordic-tüüpi seirevõrgus olid särjed, kes tabati võrgusilmadega vahemikus \varnothing 5 – 19,5 mm ja lisaks \varnothing 29 mm. Suurim püütud särj oli kehamõõtmega: 21,2 cm (TL), 114,7 g (TW). Särgede pikkusjaotus on esitatud **joonisel 2.1.5.2**. Ilmatsalu paisjärvel eristus selgelt arvukaima vanusrühmana grupp 3+. Ahvenaid oli Nordic-tüüpi võrgus vaid kuus isendit, erinevatest vanusrühmadest ja nad nakkusid võrgusilmadesse \varnothing 12,5, 15,5 ja 43 mm. Suurim ahven oli 31,3 cm (TL), 425,1 g (TW), vanusega 7+. Kiisk oli saagis esindatud märksa arvukamalt (29 isendit), suurima neist (TL = 14,4 cm, TW = 29,2 g) püüdis võrgusilm \varnothing 19,5 mm. Mudamaimu (kokku 10 isendit), pikkusvahemikus TL 5,8 - 6,6 cm, kaaluvahemik TW = 1,5 – 2,2 g, püüdis võrgusilm \varnothing 6,25 mm. Viidikas oli saagis märgatavalt arvukam (79 isendit) ja esindatud võrgusilmades \varnothing 6,25 kuni 12,5 mm, pikkusvahemikus 5,7 - 13,1 cm, kaaluvahemikus 1,3 – 14,7 g. Latikas esines saagis noorte vanusrühmadena. Püütud 11 latikat jäid kehapikkuselt vahemikku 5,3 – 16,5 cm, kaaludes seejuures 1,2 - 36,5 g, võrgusilmad \varnothing 6,25 - 24 mm. Latikale sarnaselt esines

Nordic tüüpi seirevõrguga püügis ka nurg. Neid püüti 12 isendit: kõik noored kalad, kelle kasvuparameetrid olid järgnevad: TL = 9,4 – 14,3 cm, TW = 7,2– 31,6 g).. Haugi (TL = 41,2, TW = 434,4 g, ♂, vanus 3+) jäi katsepüügil võrgusilma \varnothing 19,5 mm.



Joonis 2.1.5.1. Kalaliikide jaotumine sektsioonvõrgu erinevatesse silmasuurustesse Ilmatsalu paisjärve katsepüügis 2014. a. septembris.

Keskmiselt oli 'Nordic'-tüüpi seirevõrgus 74,5 isendit (NPUE), mis on tavalise septembrikuise püügi saagi kohta Eesti väikejärvedega võrreldes alla keskmise tulemus. Samas oli seirevõrgu saagi keskmine kaal (WPUE) 1223,9 g väga lähedane Eesti väikejärvede viimase kümnendi keskmise tulemusega.

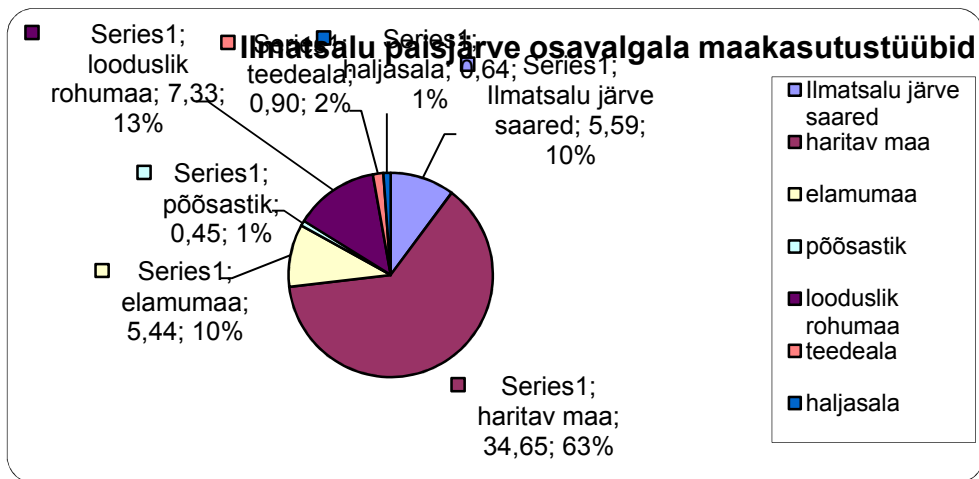


Joonis 2.1.5.2. Särje pikkusjaotus Ilmatsalu paisjärve 2014. a. katsepüügis

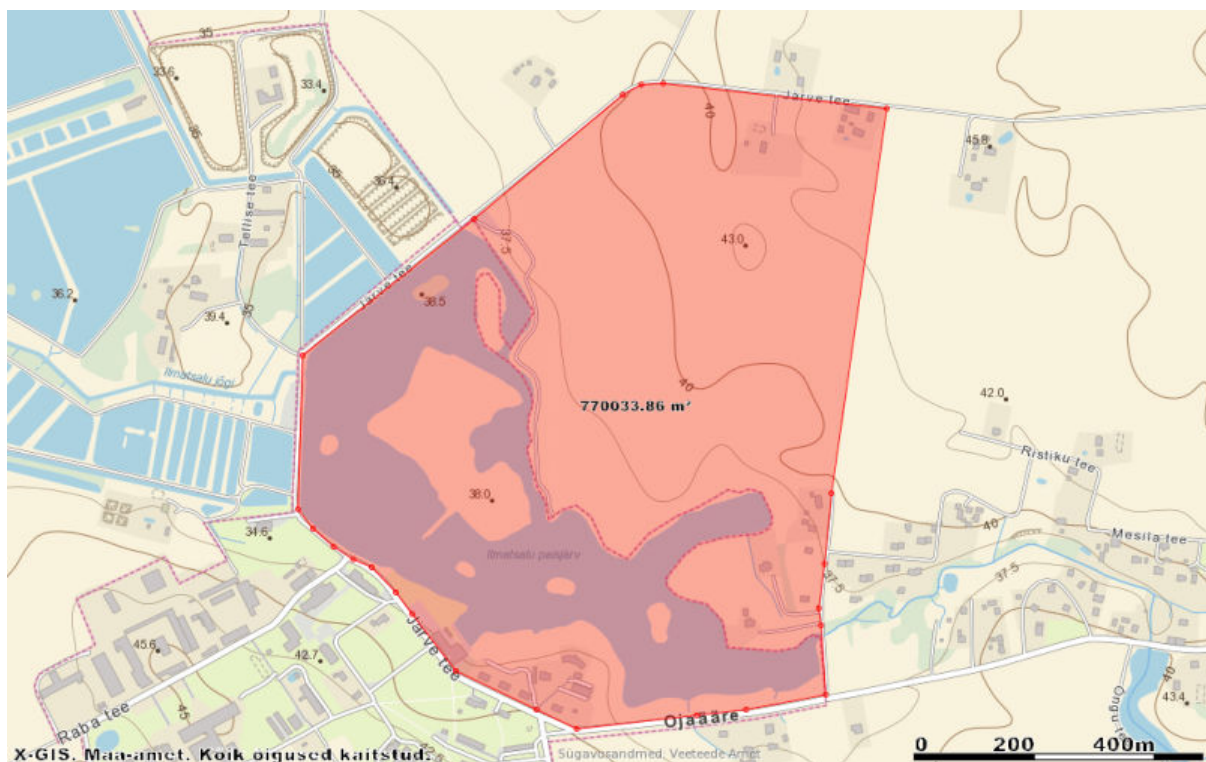
Ilmatsalu paisjärve katsepüügi põhjal on ahvena järelkasv vähene. Samas oli röövliigi haugi toidu analüüsi põhjal surve ahvena ja särje järelkasvule ühtlane. Haug ei eelistanud toitumisel mingit kindlat liiki, vaid kasutas kõiki kättesaadavaid saakloomi.

2.1.6 Koormus ja sissevoolava vee kvaliteet

Oluline on teada majandatavate veekogude koormustaluvust. Kuna peamine ja esmasproduktiooni limiteeriv toiteaine on siseveekogudes fosfor, siis kõige parem on hinnata koormustaluvust selle elemendi koormuse alusel. **Joonisel 2.1.6.1** on esitatud Ilmatsalu paisjärve osavalgla maakasutustüüpide proportsioonid ja **joonisel 2.1.6.2** vastav ala kaart. Kui peamisest sissevoolust saame teada ülesvoolu paiknevatest allikatest, siis parem – ja vasakkalda koormuse peab sellele juurde liitma kogukoormuse selgitamiseks. Arvutustes on väljavoolu kaudu ärakantav fosfori kogus maha lahutatud. Koormus sellelt alalt järve oli $0,07 \text{ gP/m}^2 \cdot \text{a}$.



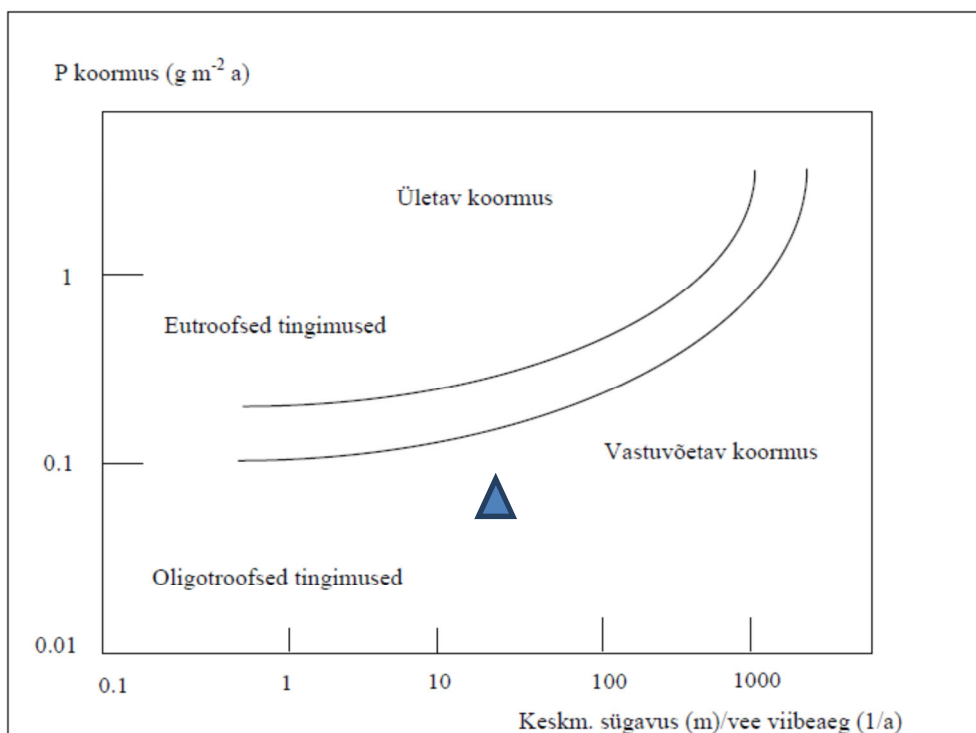
Joonis 2.1.6.1. Ilmatsalu paisjärve osavalgala maakasutuse jaotus



Joonis 2.1.6.2. Ilmatsalu paisjärve osavalgala kaart, mille alusel arvutati P ärakande koefitsiendid.

Kui arvestada juurde ka Ilmatsalu jõest sissekanduv P koormus, siis saame kogukoormuse. Kuna vaatlused keetsid aastast vaid kolmandiku, siis aastase koormuse saamiseks pidime tegema lihtsustuse ja suurendama koormust 2/3 võrra. Neid arvutusi on vaja paisjärve

koormustaluvuse hindamiseks Vollenweideri (1975) mudelis. Viimases arvestatakse keskkonnanäitajate keskmiist sügavust ja vee viibeaga. Mida suuremad viimaste nimetatud näitajate väärtused, seda rohkem P koormust järv talub. Paisjärvede puhul on eripäraks väga intensiivne veevahetus (Ilmatsalu arvestasime selleks 26 korda aastas, mis pole just väga kõrge) ja väike keskmine sügavus. Ilmatsalu koormustaluvus on esitatud **joonisel 2.1.6.3**. Valgla eripära kajastub ka tulemustes. Kuna see on paisjärvedest kõige alumine ja looduslike maakasutustüüpide osakaal on temas suurem kui mujal, siis on igati loogiline, et toiteainete koormus oli suhteliselt väike. Mõlema paisjärve puhul on tänu intensiivsele veevahetusele ja suhteliselt väiksele pindalale fosfori kinnipidamine järves väike. Suurema fosforikoormuse andsid kalda-alad ja väiksema Ilmatsalu jõgi.



Joonis 2.1.6.3. Ilmatsalu järve koormustaluvus.

Analüüsides Ilmatsalu sisse- ja väljavoolu vee omadusi (**tabel 2.1.6.1**) selgus, et vesi oli väga kare. Juunis ja juulis on olnud fosforisisaldused järvede skaala järgi halvas või väga halvas -, jõgedes järgi kesises või halvas klassis. Kõik mõõdetud üldlämmastiku sisaldused olid järvede

skaala alusel väga halvast ökoloogilise seisundi klassis, jõgede kriteeriumite alusel heas ja kesises klassis. Kollase aine (lahustunud orgaanilise aine) sisaldus kõikus kasvuperioodi jooksul keskmisel või kõrge tasemel.

Tabel 2.1.6.1. Ilmatsalu paisjärve sisse- ja väljavoolu (Ilmatsalu jõe) vee omadused 2014. a.

Näitaja	Ilmatsalu sissevool	Ilmatsalu väljavool	Ilmatsalu sissevool	Ilmatsalu väljavool	Ilmatsalu sissevool	Ilmatsalu väljavool	Ilmatsalu sissevool	Ilmatsalu väljavool
Kuupäev	3.06.2014	3.06.2014	3.07.2014	3.07.2014	5.09.2014	5.09.2014	25.09.2014	25.09.2014
Aluselisis, HCO ₃ mg-ekv/l	5,6	5,3	5,45	5,25	5,45	5,4	5,5	5,2
Elektrijuhtivus, µS/cm	566	553	538	550	564	522	497	467
Kollane aine, mg/l	11,4	11,9	16,3	15,0	14,2	13,6	12,7	11,7
TOT-N mgN/l	2,31	2,571	3,263	3,158	4,975	4,667	2,62	2,3
TOT-P mgP/l	0,090	0,113	0,092	0,101	0,034	0,045	0,038	0,040

2.2 Rahinge paisjärv

2.2.1 Vee abiootilised omadused

Rahinge paisjärve vesi oli pruunikaskollast värvi ning vee läbipaistvus ehk Secchi ketta nähtavus (SD) 1,1 m. Veetaseme oli segunenud ning hapnikuga alaküllastunud (O₂ 7,5 mg/l ehk 75%). Vesi oli nõrgalt aluseline, vee pH 7,8. Üldaluselisis oli 5,45 mg-ekv/l ja elektrijuhtivus 497 µS/cm. Nende näitajate põhjal oli vesi väga kare. Üldfosfori sisaldus (üld-P) oli kõrge, 0,079 mgP/l, millest fosfaate (PO₄³⁻) oli 0,016 mgP/l. Üldlämmastiku sisaldus (üld-N) oli väga kõrge, 3,16 mgN/l, sellest moodustasid peaaegu poole ehk 1,57 mgN/l nitraadid (NO₃⁻). Ka ammoniumioone (NH₄⁺) ja nitriteid (NO₂⁻) leidis palju, vastavalt 0,064 ja 0,023 mgN/l. Lahustunud humiainete ehk kollase aine sisaldus oli samuti suur, 14,9 mg/l. Kloriidide sisaldus oli 13 mg/l, mis on kõrge tasemel, aga ei viita otsesele reostusohule. Rahinge paisjärv on tugevasti muudetud veekogu ja selliste veekogude seisundit tuleb hinnata võimalikult sarnase loodusliku tüübi alusel. Seepärast käsitleme Rahinge paisjärve keskmiselt kareda veega madala järvena (EL Veepoliitika Raamdirektiivi tüüp II). Järve seisund oli pH

(7,8) järgi väga hea, üld-P (0,079 mgP/l) ja SD (1,1 m) järgi kesine ning üld-N (3,16 mgN/l) järgi väga halb.

2.2.2 Bakterplankton

Heterotroofseid baktereid oli Rahinge järves madalal tasemel (tabel 2.2.2.1). Saprobakterite arvukus 3430 rakku/ml oli väga kõrge. Bakteritele kergesti kättesaadava lahustunud orgaanilise aine sisaldust peegeldav biokeemiline hapnikutarve oli rohketoiteliste järvede tasemel (tabel 2.2.2.1).

Bakterite üldarvu alusel oli Rahinge järve seisund väga hea, saprobakterite arvukuse põhjal kesine ja biokeemilise hapnikutarbe järgi hea.

Tabel 2.2.2.1. Rahinge paisjärve heterotroofsete bakterite üldarv (BÜA), saprobakterite arvukus (SAPRO) ja biokeemiline hapnikutarve (BHT₅).

Järv	Kuupäev	BÜA, 10 ⁶ rakku/ml	SAPRO rakku/ml	BHT ₅ mg O ₂ /l
Rahinge	3.07.2014	2,6	3430	3,0

2.2.3 Fütoplankton

Rahinge paisjärve fütoplankton oli hõre ja liigivaene (26 liiki) ja rühmad omavahel tasakaalustatud. Näitajate väärtused pinnaproovis on esitatud tabelis 2.2.3.1. Kooslus oli iseloomulik järvedele, kus on palju suurtaimi. Leiti vaid üks eksemplar ühest sinivetikaliigist, mis pole sooja suve kohta üldse iseloomulik nähtus. Palju oli pseudoplanktereid ning suurtaimedega seotud liike – euglenofüüdid (Foto 2.2.3.1), krüptofüüdid. Kindlad biomassi dominandid puudusid, aga arvukaim oli neelvetikas *Chroomonas acuta*. Ainus leitud sinivetikas, *Aphanothece*, on väga väikeste mõõtmetega. Väikeste mõõtmetega sinivetikad on iseloomulikud madala troofsusega järvedele.

Tabel 2.2.3.1. Rahinge paisjärve fütoplanktoni näitajate väärtused ja seisundi hinnang (sinine – väga hea).

Näitaja	Ühik	Väärtus
Klorofüll a	mg/m ³	1
Koosluse kirjeldus		Väga hea
Ühtluse indeks	%	0,85
Koondindeks		3,2
Biomass	g/m ³	1,1

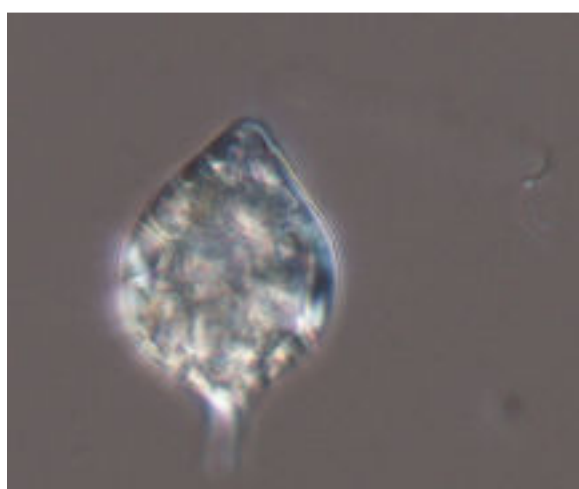


Foto 2.3.2.1. Silmviburvetikas *Lepocinclis* sp. Pikkus 37 µm (Foto I. Ott).

Fütoplanktoni alusel oli Rahinge paisjärve ökoloogilise seisundi hinnang **väga hea**.

2.2.4 Suurtaimed

Rahinge paisjärve taimestikku ei ole varasematel aastatel uuritud. 2014. aastal leiti järvest 20 liiki makrofüüte - 12 liiki kaldavee-, 4 ujulehtedega ja ujutaimed ning 4 liiki veesiseseid taimi. Kaldaveetaimede liikide hulk ja arvukus oli vähene, ühtset dominantide ei eristunud, kuid ohtramalt esines järvkaislat (*Schoenoplectus lacustris*) ning pilliroogu (*Phragmites australis*), mis vaheldusid laialehise hundinuia (*Typha latifolia*) võõnditega. Ujulehtedega taimedest leidis kõige ohtramalt kollast vesikuppu (*Nuphar lutea*) kogu kaldavööndi ulatuses, tihedamad kogumikud levisid järve lõunapoolses osas. Ujutaimedest leidis vähesel määral vesiläätse (*Spirodela polyrrhiza*) ning väikest lemmelt (*Lemna minor*) samuti järve lõunaosas. Lemled levisid peamiselt kaldaveetaimestiku vahel, kuhu lainetus ei ulatunud ning kus vee

voolamine oli aeglasem. Veesisene taimestik oli liigivaene, arvukamalt esines tähk-vesikuuske (*Myriophyllum spicatum*) ning harilikku kuuskheina (*Hippuris vulgaris*). Neist esimene esines peamiselt järve põhjaosas kaldaveetaimestiku vööndi servas, levides 1-1,2 m sügavuseni. Harilik kuuskhein domineeris veesiseses taimestikus järve lõunaosas, kus leidis ohtramalt ka läik-penikeelt (*Potamogeton lucens*).

Järve taimestik oli põhja- ja lõunaosas küllaltki erinev. Järve põhjaosas valdasid järvkaislaroostikud, mille vahel leidis ohtramalt laialehist hundinuia ning harilikku luigelille (*Butomus umbellatus*). Ohtramalt levis siin ka jõgi-kõõlusleht (*Sagittaria sagittifolia*) ning veesisestest taimedest kaelus-penikeel (*Potamogeton perfoliatus*). Ujulehtedega ja ujutaimede vöönd oli vähene, peamiselt leidis sellest taimerühmast kollast vesikuppu. Järve lõunaosas oli kaldataimestik mitmekesisem, järvkaisla vöönd asendus pilliroostikuga, mille vahel leidis harilikku maavitsa (*Solanum dulcamara*) ning harilikku partheina (*Glyceria fluitans*).

Ujulehtedega taimestik oli arvukam, lisaks vesikupule leidis siin ujuvat penikeelt (*Potamogeton natans*) ning vaiksemates piirkondades kaldaveetaimestiku vahel ka väikest lemmelt ja vesiläätse. Veesiseses taimestikus leidis ohtralt kuuskheina, mis vaheldus läik- ja kaelus-penikeele ning tähk-vesikuuse kogumikega. Kõik veesisesed taimed olid paisjärve lõunaosas kaetud niitjate vetikate pealiskasvuga, põhjaosas niitjaid vetikaid pealiskasvuga kogumikena ei täheldatud.

Rahinge paisjärve ökoloogiline seisund hinnati 2014. aastal suurtaimede põhjal kesiseks. Kesisele seisundile viitab penikeelte esinemine madalatel ohtrustel, niitjate vetikate rohkus ning mändvetiktaimede puudumine.

Liik/uurimisaasta	2014
Kaldaveetaimestiku levikusügavus (m)	1,0
Veesisese taimestiku levikusügavus (m)	1,2
Kaldaveetaimed	
<i>Butomus umbellatus</i> L. - harilik luigelill	3
<i>Carex</i> spp. - tarnad	2
<i>Epilobium hirsutum</i> L. - karvane pajulill	1
<i>Equisetum fluviatile</i> L. em Ehrh. - konnaosi	3
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br. - harilik parthein	2
<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir. - harilik vesiputk	1
<i>Phragmites australis</i> (Cavan.) Trin ex Steud. - harilik pilliroog	3

<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser - vesikeress	1
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla - järvkaisel	4
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L. - jõgi-kõõlusleht	3
<i>Solanum dulcamara</i> L. - harilik maavits	1
<i>Sparganium emersum</i> Rehmman - liht-jõgitakjas	2
<i>Typha latifolia</i> L. - laialehine hundinui	3
Ujulehtedega ja ujutaimed	
<i>Lemna minor</i> L. - väike lemmel	1
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith - kollane vesikupp	3
<i>Spirodela polyrhiza</i> Schleid. - vesilääts	1
<i>Potamogeton natans</i> L. - ujuv penikeel	2
Veesisesed taimed	
<i>Hippuris vulgaris</i> L. - harilik kuuskhein	3
<i>Myriophyllum spicatum</i> L. - tähk-vesikuusk	3
<i>Potamogeton lucens</i> L. - läik-penikeel	2
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L. - kaelus-penikeel	2
Niitjad vetikad	2

2.2.5 Kalad

Rahinge paisjärve kalastik koosnes meie võrgupüügi saakidele tuginedes üheksast kalaliigist, mida on väikese pindalaga paisjärve kohta väga palju. Katsepüügi saagis olid ahven, haug, kiisk, latikas, linask, mudamaim, nurg, särg ja viidikas. Katsepüügi kogusaak on esitatud tabelis 2.2.5.1.

Tabel 2.2.5.1. Liikide esinemine ja osakaal Rahinge katsepüügi kogusaagis 2014. a. septembris. N - isendite arv, TW - kaal

LIIK	ahven	haug	kiisk	latikas	linask	mudamaim	nurg	särg	viidikas	Kokku
N	19	1	3	137	1	5	12	242	51	471
% N	4,03	0,21	0,64	29,09	0,21	1,06	2,55	51,38	10,83	100
TW,g	1255	339	55,1	1093	1100	4,5	816	3802,4	310	8775
% TW	14,3	3,86	0,63	12,45	12,54	0,051	9,3	43,33	3,53	100

Suuresilmalised võrgud püüdsid kokku 8 kala, saagi kogukaal 3,37 kg. Saaki püüdsid kõik kolm püügil olnud erineva silmasuurusega võrku (\varnothing 30 mm, 45 mm, 60 mm). Pooled kaladest püüdis võrgusilm \varnothing 30 mm, samas püüdis võrk silmasuurusega \varnothing 60 mm 1,54 kg kala. Selline saak ilmestab ühe öö püügil tavaliselt Eesti suure pindalaga häid kalajärvi.

Liikidest oli saagis kõige rohkem ahvenat (kolm isendit pikkusega 21 – 33 cm, kehamassiga 122 -530 g, vanuserühmad 5+ kuni 7+, kõik emased isendid). Kaks neist püüdis võrk silmasuurusega \varnothing 30 mm, ühe \varnothing 45 mm silmasuurusega võrk.

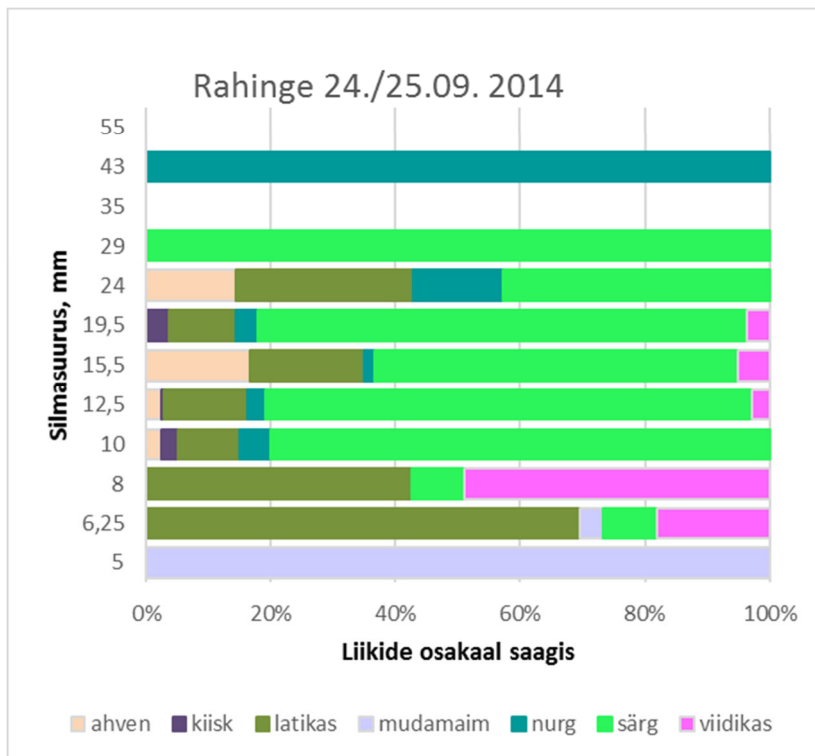
Teisi liike - haugi, nurgu, latikat ja linaskit – oli saagis igaüht üks isend. Haug (TL = 38,5 cm, TW = 338,5 g, ♀, vanuses 3+) püüti \varnothing 30 mm võrguga, samas oli ka suurim tabatud särg (TL = 21,2 cm, TW = 191,1 g). Nuru (TL = 31,1 cm, TW = 340,5 g) püüdis võrk silmasuurusega \varnothing 45 mm. Suuresilmaline võrk (\varnothing 60 mm) püüdis latika (TL = 34,4 cm, TW = 444,2 g) ja üllatuslikult linaski (TL = 43,8 cm, TW = 1100 g, ♀, **foto 2.2.5.1**).



Foto 2.2.5.1. Rahinge paisjärvest 2014. a. septembris katsepüügil püütud sihvaka haabitusega linask.

Sektsioonvõrkude saagid Rahinge paisjärves

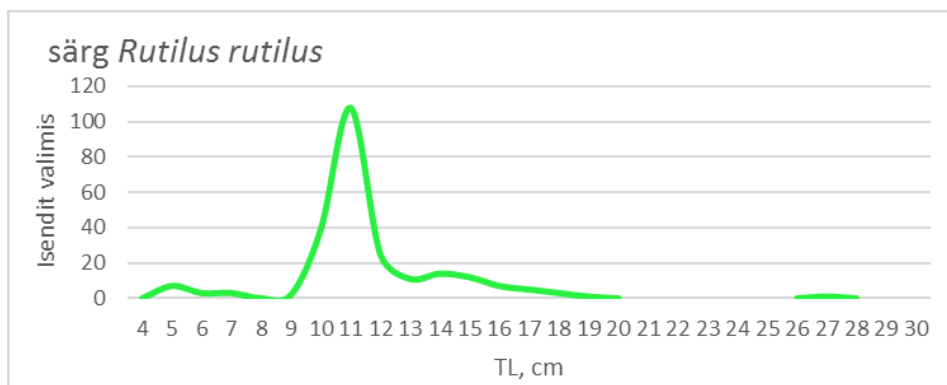
Rahinge paisjärvest püüdsime sektsioonvõrkudega 462 kala ja need esindasid seitset kalaliiki: lisaks püügis tavalistele ahvenale ja särjele olid saagis veel kiisk, mudamaim, nurg, viidikas ja latikas (joon. 2.2.5.1). Saagi kogumassiks kujunes 5 kg. Arvukaim liik paisjärve saagis oli särge ja teda püüti 241 isendit (pikkusvahemik TL = 4,9 – 26,2 cm, kehamassiga vahemikus TW = 0,9 – 194,4 g). Särge püüdsid kõik väiksemad silmasuurused alates \varnothing 6,25 lõpetades \varnothing 29 mm) Suurim särge oli 26,2 cm pikk (TL) ja kaalus 194,4 g (TW). Ahvenat püüti võrgusilmadega \varnothing 10 – 24 mm. Suurim ahven oli 16 cm (TL), 46,6 g (TW), vanus 4+. Kiisk oli saagis esindatud kolme isendiga, suurima neist (TL = 16,7 cm, TW = 44,9 g) püüdis võrgusilm \varnothing 19,5 mm. Mudamaimu (kokku 5 isendit, pikkusvahemikus TL 4,9 – 5,1 cm, kaaluvahemik TW = 0,8 – 1 g) püüdsid võrgusilmad \varnothing 5 ja 6,25 mm. Viidikas oli saagis tunduvalt arvukam ja esindatud võrgusilmades \varnothing 6,25 kuni 19,5 mm (kokku 51 isendit, pikkusvahemikus 5,1 - 15,7 cm, kaaluvahemikus 1,1 – 27,0 g). Latikas oli särje järel sektsioonvõrgu saagis teine arvukaim kalaliik Rahinge paisjärve püügis, neid püüti 136. Nurgu oli püünises latikast tunduvalt vähem. Latikate pikkus oli vahemikus 4,8 – 16,4 cm ja nad kaalusid 0,8 – 42 g, võrgusilmad \varnothing 6,25 - 24 mm. Ka 11 püütud nuru hulgas olid valdavalt noored isendid, kuid leidis ka üks vanem isend TL = 31,2 cm, TW = 340,3 g.



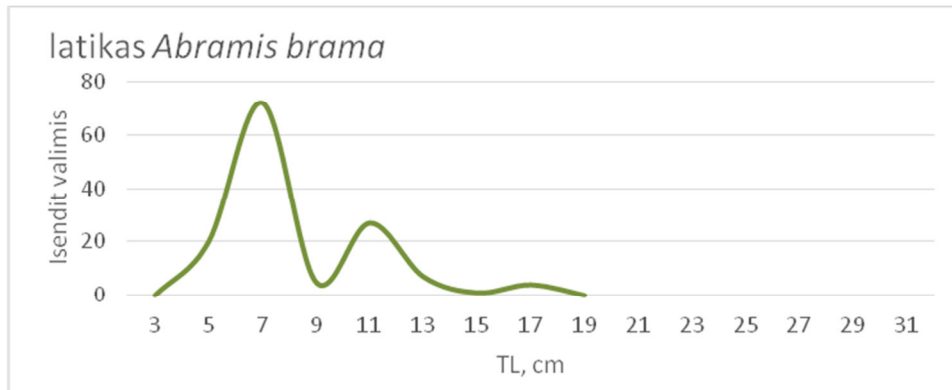
Joonis 2.2.5.1. Kalaliikide jaotumine sektsioonvõrgu erinevatesse silmasuurustesse Rahinge paisjärve katsepüügis 2014. a. septembris.

Keskmiselt oli 'Nordic'-tüüpi seirevõrgus 115,7 isendit (NPUE). See näitaja ületab meie väikejärvede sügispuükide keskmist väärtust. Ka seirevõrgu saagi keskmine kaal (WPUE) 1350,8 g oli veidi suurem Eesti väikejärvede viimase kümnendi puükide keskmisest tulemusest. Rahinge paisjärves domineeriv kalaliik oli särg, tema pikkusjaotus on esitatud

joonisel 2.2.5.2. Särjepopulatsiooni aluseks oli 3+ vanusgrupp ja seejuures olid teised vanusgruppid vähearvukad. Latikat esindas kaks noorte isendite vanusrühma, kelle pikkusjaotus on toodud **joonisel 2.2.5.3.** Selgelt puudus röövkalade surve kahele eelnimetatud lepiskalade liigile.



Joonis 2.2.5.2. Särje pikkusjaotus Rahinge paisjärve 2014. a. katsepüügis



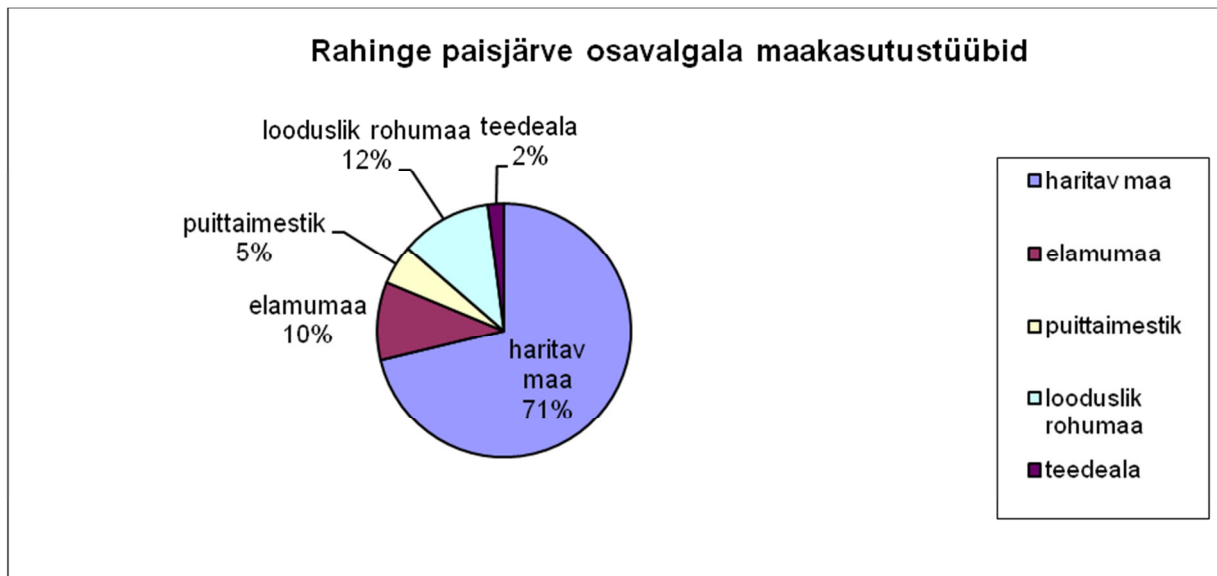
Joonis 2.2.5.3. Latika pikkusjaotus Rahinge paisjärve 2014.a. katsepüügis.

2.2.6 Koormus ja sissevoolava vee kvaliteet

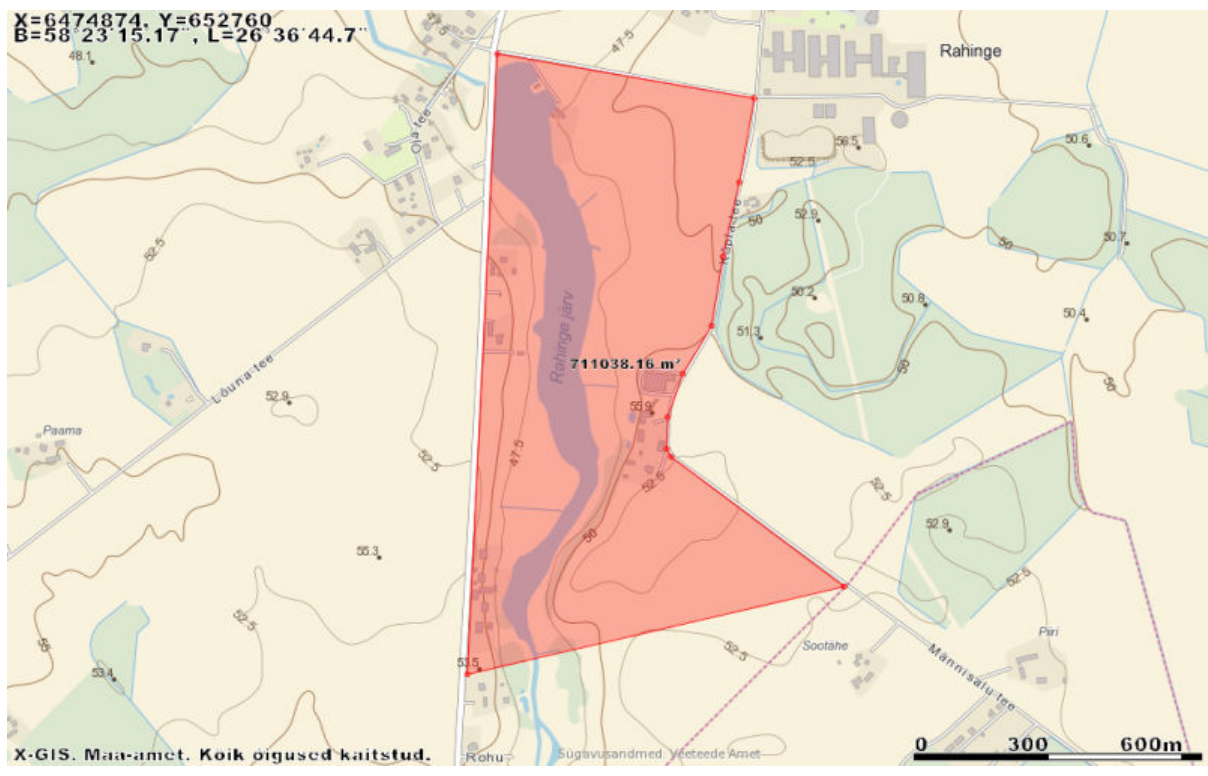
Oluline on teada majandatavate veekogude koormustaluvust. Kuna peamine ja esmasproduktiooni limiteeriv toiteaine siseveekogudes on fosfor, siis kõige parem on hinnata koormustaluvust selle elemendi koormuse alusel. **Joonisel 2.2.6.1** on esitatud Rahinge paisjärve osavalgla maakasutustüüpide proportsioonid ja **joonisel 2.2.6.2** vastav ala kaart. Kui peamisest sissevoolust saame teada ülesvoolu paiknevatest allikatest, siis parem – ja vasakkalda koormuse peab sellele juurde liitma kogukoormuse selgitamiseks. Arvutustes on väljavoolu kaudu ära kantav fosfori kogus lahutatud. Koormus sellelt alalt järve oli $0,16 \text{ gP/m}^2 \cdot \text{a}$.

Kui arvestada juurde ka Ilmatsalu jõest sissekanduv P koormus, siis saame kogukoormuse. Kuna meie vaatlused kestsid aastast kolmandiku, siis aastase koormuse saamiseks pidime tegema lihtsustuse ja suurendama koormust $2/3$ võrra. Neid arvutusi on vaja paisjärve koormustaluvuse hindamiseks Vollenweideri (1975) mudelis. Viimases arvestatakse keskkonnanäitajana keskmist sügavust ja vee viibeaga. Mida suuremad viimaste nimetatud näitajate väärtused, seda rohkem P koormust järv talub. Paisjärvede puhul on eripäraks väga intensiivne veevahetus (Rahinges arvestasime selleks 200 korda aastas) ja madal keskmine

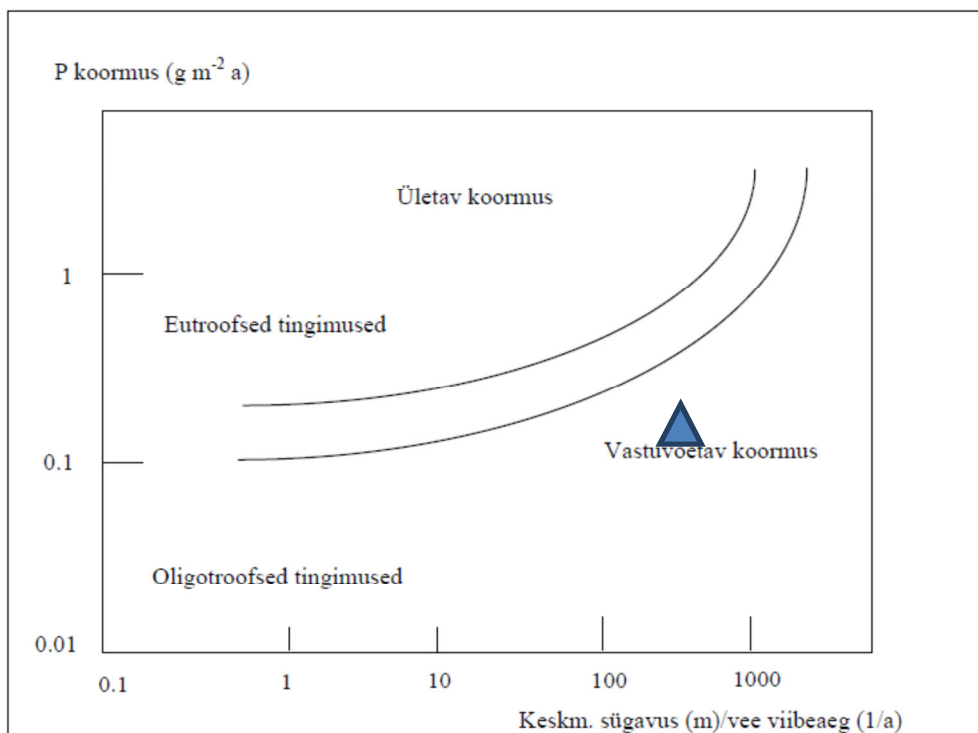
sügavus. Rahinge koormustaluvus on esitatud **joonisel 2.1.7.3**. Rahinge paisjärve vahetu parem- ja vasakkalda valgala on suur osakaal maakasutustüüpidel, kust imbub vette palju fosforit ja looduslike alade osakaal on väike. Koormus Rahinge järvele on suurem, kui Ilmatsalu järvele, kuid kuna veevahetus on Rahinges intensiivsem, siis on koormus vastuvõetav. Mõlema paisjärve puhul on tänu intensiivsele veevahetusele ja suhteliselt väiksele pindalale fosfori kinnipidamine järves väike. Suurema koormuse annavad vahetud kalda-alad ja väiksema Ilmatsalu jõgi.



Joonis 2.2.6.1. Rahinge paisjärve osavalgala maakasutuse jaotus.



Joonis 2.2.6.2. Rahinge paisjärve osavalgla kaart, mille alusel arvutati P ärakande koefitsiendid.



Analüüsidest Rahinge sisse- ja väljavoolu vee omadusi (tabel 2.2.6.1) saab näha, et vesi oli väga kare. Juunis oli fosforisisaldus järvede hinnangu järgi väga halval, jõgede järgi halval või väga halval tasemel. Kõik mõõdetud üldlämmastiku sisaldused olid järvede hinnangu alusel väga halval, jõgede kriteeriumite alusel heal ja kesisel tasemel. Kollase aine (lahustunud orgaanilise aine) sisaldus tõusis kasvuperioodi jooksul üle keskmise tasemele.

Tabel 2.2.6.1. Rahinge paisjärve sisse- ja väljavoolu (Ilmatsalu jõe) vee kvaliteedi omadused 2014.

Näitaja	Rahinge sissevool	Rahinge väljavool	Rahinge sissevool	Rahinge väljavool	Rahinge sissevool	Rahinge väljavool	Rahinge sissevool	Rahinge väljavool
Kuupäev	3.06.2014	3.06.2014	3.07.2014	3.07.2014	5.09.2014	5.09.2014	25.09.2014	25.09.2014
HCO ₃ mg-ekv/l	5,7	5,5	5,15	5,3	5,65	5,25	5,8	5,5
Elektrijuhtivus, µS/cm	593	553	507	530	541	531	494	496
Kollane aine, mg/l	10,1	10,8	13,6	11,7	14,9	13,8	13,4	13,0
Üld-N mgN/l	2,587	2,357	3,237	2,211	3,411	3,154	2,39	2,4
Üld-P mgP/l	0,125	0,102	0,066	0,075	0,042	0,040	0,042	0,034

2.3 Rahinge ja Ilmatsalu paisjärve suurselgrootud

Ilmatsalu paisjärv on väga mudane ja taimi täis. Mõnede elustikurühmade jaoks (taimed ise, aga ka neil elavad selgrootud loomad) on mudapõhjalises taimestikus just kõige mitmekesisemad. Seda on kerge jälgida näiteks õõtsikkaldaga looduslikes järvedes. Ühte haruldast ühepäevikuliste liiki, *Arthroplea congener* (joonis 2.3.1) on Eestis seni leitud peaaegu ainult taimerikastest paisjärvedest ja teda tabati ka Ilmatsalu paisjärvest 2014. a. kevadel. Suurselgrootute liikide arv Ilmatsalu paisjärve proovis oli veerandi võrra suurem kui kõva põhjaga Rahinge paisjärve omas. Muidu asustasid mõlemat veekogu enam-vähem tavalised seisuvetele tüüpilised selgrootuliigid. Ka läbivool Ilmatsalu jõe näol suurendas ehk kuigivõrd liigirikkust mõlemas kohas, kuid tüüpilisi vooluveeliike kummaski paisjärves polnud.



Joonis 2.3.1. Ühepaikulise *Arthroplea congener* vastne. Foto H. Timm.

Seisundi hindamiseks vajalikud ning muud indeksid on tabelis 2.3.1. Tabelis on tunnused paigutatud veekogu tüübi (järv või jõgi) ning seisundihinnangute järgi.

Tabel 2.3.1. Uuritud paisjärvede seisund suurselgrootute järgi. Järv - seisund järvede kriteeriumide järgi, jõgi - seisund jõgede kriteeriumide järgi

Tunnus/veekogu	Ilmatsalu		Rahinge	
	Järv	Jõgi	Järv	Jõgi
Asustustihedus (N)	251	251	483	483
Üldine taksonirikkus (T)	29	29	22	22
Shannoni erisusindeks (H')	2,87	2,87	1,64	1,64
ASPT indeks	6,0	6,0	4,78	4,78
DSFI	4	4	4	4
EPT	11	11	6	6
Happelisusindeks (A)	5	5	5	5
MESH	0,81	0,81	1,21	1,21
Üldseisund	19	21	10	6

Järvedest lähtudes kuuluvad mõlemad paisjärved väikese pindala (<100 km²) ning keskmise karedusega veega järvede hulka. Põhi oli Ilmatsalus taimene-mudane, Rahinges kivine.

Vooluvetest lähtudes on nad väikese valgala (<100 km²) jõelõigud, mis asuvad liivakivi-aluskivimi mõjualal. Looduslikus olekus (paisutamata) oleksid nad eeldatavasti kiirevoolulised. MESH väärtuse järgi (0,81) oli Ilmatsalu paisjärve prooviaala loomastik täpselt sarnane mudase-taimese põhjaga väikejärvede omale (nende vastav keskvärtus ongi 0,81). Kivise põhjaga Rahinge paisjärve loomastik (1,21) meenutas selles mõttes liivase

põhjaga järvi (Timm et al., 2011). Rahinge paisjärve kivid ongi sinna inimeste poolt kalda kinnistamiseks toodud, seega mitte looduslikud. Mõlemas paisjärves domineerisid asustustiheduselt surusääsklased (*Chironomidae*) ligikaudu 50%-ga (lisa 2).

Happelisusindeksi indikaatorite valik ilmselt ei vastanud vaadeldavatele üsna erandlikele veekogule (oleks andnud mõlemal juhul kesise seisundi). Seetõttu oli mõistlik hinnata seisundit ilma happelisusindeksita.

Ilmatsalu paisjärv oli suurselgrootute järgi üllatavalt heas seisundis, arvestades üpris mudastunud kaldavööndit. Seda sõltumata sellest, kas teda hinnata järvedest või jõgedest lähtuvalt. Voolukiiruse vähesus tänu paisutamisele siiski alandas tugevasti DSFI indeksit, mistõttu jõgede järgi oli koondseisund hea, mitte väga hea nagu järvede järgi. (Järvede puhul jälle jäeti seisundit kunstlikult alandav happelisusindeks arvestamata). Rahinge paisjärve seisund osutus mõlemal juhul palju kehvemaks, seda eriti tundlike liikide (EPT) vähesuse ning vastavalt seega taksoni keskmise tundlikkuse (ASPT) madaluse tõttu. Kokkuvõttes oli seisund kesine järvede ning halb jõgede järgi.

3 Kokkuvõte ja ettepanekud tervendamiseks

Ilmatsalu ja Rahinge paisjärved on EL Veepoliitika Raamdirektiivi tüpoloogias järgi tugevasti muudetud veekogud. Selliseid veekogusid tuleb hinnata kõige lähedasema loodusliku tüübi kohaselt. Teoreetilise mõttes on selleks väikese valgala kiirevooluline, heledaveeline jõgi, praktiliselt aga kihistumata järv. Kuna vesi on mõlemas paisjärves väga kare, siis võiks kõne alla tulla ka alkalitroofne järvetüüp. Viimast varianti aga ei kinnitanud elustiku koosseis. See näitab, et tegemist on seni vastavas keskkonnaministri määruses (Pinnaveekogumite..., 2009) esitatud järvetüüpidest oluliselt erinevate ökosüsteemidega.

Hinnangul kasutati nii jõgede kui ka järvede näitajaid ja kriteeriume. Vooluveses olulistest kriteeriumidest ei saa mõnda järvedes kasutada. Väga erinevad on taimede hindamise meetodid. Järvedes kasutatavat fütoplanktonit kui kvaliteedielementi ei kasutata väikejõgedes üldse, sest sealne plankton koosneb peamiselt veevoolu poolt lahtirebitud fütobentosest. Normaalses vooluveelõikudes kasutatavate hapnikuküllastuse ja pH kriteeriumid ei sobi seepärast, et paisjärvedes tavaliselt fütoplanktonit leidub, ja see muudab oluliselt mõlema näitaja väärtust. Seepärast ning ka morfomeetriast ja veerežiimist tingitud põhjustel on mõlema paisjärve hindamisel ja ettepanekute tegemisel kasutatud madalaveelise järvetüübi kriteeriume.

Ilmatsalu ja Rahinge paisjärvede ökoloogiline seisund järvede kriteeriumide alusel on esitatud tabelis 3.1 ja vooluvete alusel tabelis 3.2. Koondhinnang oli nii järvede kui ka jõgede järgi mõlemas kesine. Vooluvete järgi hinnangu andmisel kasutati vaid osa indikaatoritest.

Tabel 3.1. Ilmatsalu ja Rahinge paisjärve ökoloogiline seisund 2014. a. järvede hinnangu järgi. Helesinine – väga hea; roheline – hea; kollane – kesine; oranž – halb; punane – väga halb.

Näitaja	Ilmatsalu	Rahinge
Vee omadused		
pH	8,24	7,75
Üldfosfor, mg/l	0,099	0,079
Üldlämmastik mg/l	3,185	3,158
Vee läbipaistvus, m	0,8	1,1
Fütoplankton		
Klorofüll a, mg/m ³	2,09	1
Koosluse kirjeldus	A	A
Ühtlus	0,83	0,85
Fütoplanktoni koondindeks	4,1	3,2
Suurtaimed		
Tähtsamad taksonid ohtruse järjekorras	III	III
Potamogeton perfoliatus ja/või P. lucens suhteline ohtrus	3	2
Mändvetiktaimede ja/või sammalde liikide suhteline ohtrus	0	0
Tseratofülliidide ja/või lemniidide	3	1
Suurte niitrohevetikate ohtrus	2	2
Suurselgrootud		
Suurselgrootute taksonirikkus	29	22
Liigierisus	2,87	1,64
ASPT indeks	6	4,78
EPT indeks	11	6

Tabel 3.2. Ilmatsalu ja Rahinge paisjärve ökoloogiline seisund 2014. a. vooluveekogude kriteeriumide järgi. Helesinine – väga hea; roheline – hea; kollane – kesine; oranž – halb; punane – väga halb.

Näitaja	Ilmatsalu	Rahinge
Vee omadused		
pH	8,24	7,75
Üldfosfor, mg/l	0,099	0,08
Üldlämmastik, mg/l	3,185	3,158
Hapnikuküllastus %	89	75
Ammoonium, mg/l	0,039	0,064
BHT ₅	3,8	3
Suurselgrootud		
Taksonirikkus	29	22
Liigierisus	2,87	1,64
ASPT indeks	6	4,78
EPT indeks	11	6
DSFI indeks	4	4

Mõlema paisjärve eripäradeks on väike veemaht, madalus, intensiivne veevahetus, väga kare vesi, keskmisest suurem lahustunud orgaanilise aine sisaldus. Viimane põhjustas suure saprobakterite arvukuse. Toitesoolade vahekord oli ökoloogilises tähenduses kaldunud tugevalt lämmastiku poole. Intensiivsemat fütoplanktoni arengut takistas arvatavasti suur vee karedus: kaltsiumiühendid olid fosfaadid sidunud esmasproduktidele kättesaamatuks. Veekogude seisundile oli suur vee karedus kasuks. Suurtaimestik oli aga jõe- ja järve vahepealse kooslusega.

Mõlema paisjärve fütoplankton oli sarnase kooslusega. Ülesvoolu paiknevas Rahinge järves oli hõljumit hõredamalt, mis on ka loogiline. Mõlemas paisjärves oli fütoplankton jõelise ja järvelise planktoni vahepealne. Seni limnoloogiakeskuse poolt viimastel aastatel uuritud paisjärvedes (Kurepalu, Roiu, Vahtsõkivi, Lähte, Võnnu, Põlva jt) oli fütoplankton pigem järvelise iseloomuga. Kõik nad olid ka kõrgema troofsusega kui praeguses töös uuritud veekogud. Paisjärved on tugevasti muudetud jõelõigud. Keeruline on küsimus, kuidas sellistesse veekogudesse suhtuda või kuidas neid majandada. Pole mõtet loota, et paisutatud lõik talitleks tasakaalulisena samuti, nagu toimib looduslik veekogu, kus elutingimused on kujunenud väga pika aja jooksul. Sõltuvalt veevahetusest ja morfomeetriast on Eestis erinevaid veehoidlate tüüpe. Mõned neist sarnanevad rohkem looduslike jõelõikude, mõned järvedega. Enamasti on nad vahepealse iseloomuga. Kirjandusest võib leida Rahingele ja

Ilmatsalule sarnaste vetikakooslustega paisjärvi isegi subtroopikast (Silva, 1999). Samas võivad nad fütoplanktoni poolest Eesti piires olla väga erinevad.

Uuringust selgus, et mõlema paisjärve seisund oli kesine, väliskoormus aga vastuvõetaval tasemel. Kehvamate näitajatega olid abiootilised näitajad ja taimestik. Kalastiku koosseis vajaks parandamist. Siin võib loota biomanipulatsiooni efektile, kus kalastiku koosseisu muutmisega paraneks ka üldine ökoloogiline seisund. Üle keskmise oli olukord Ilmatsalu paisjärves põhjaloomade järgi, mõlema järve fütoplankton ning bakterplankton. Olukorra parandamiseks ei peaks väga põhjalikku tervendamist ette võtma, sest veekogud on suhteliselt tugeva ökosüsteemiga. Meetoditest võiks kaaluda setete ja suurtaimede eemaldamist. Setteid praegu uuritud ei ole. Üks võimalus on see uuring ka teha ning tervendada paisjärvi pärast seda komplekselt. Kuna mõlemas kohas olid kehva seisundi peamiseks põhjustajaks suurtaimed, siis on lihtsam võimalus piirdumine taimede niitmise. Seejuures on oluline arvestada, et säiliks tasakaal elupaikade vahel. Taimi võib niita/harvendada/eemaldada vaid piiratud kohtades ja koguses. **Joonistel 3.1. ja 3.2.** on esitatud taimede niitmisalade ettepanekud. Mõlemas järves soovitame eemaldada/harvendada taimede seisundi järgi kõige kehvemas olukorras olevaid piirkondi. Need on alad, kus kallastel on eramud, majapidamised ja niitmine annaks ka visuaalse esteetilise efekti. Taimede niitmine ühekordsena ei taga seisundi paranemist, seda tuleks teha regulaarselt. Taimemass peaks olema eemaldatud nii, et nende lagunemisel ei valguks toitesooli tagasi järve. Tööde ajal peab töötlemisala olema piiratud tõkkega, mis takistab töö käigus tekkivate setete kandumist allavoolu. Tööde maksumust ei oska meie hinnata. Taimede liigse niitmise võib teha järvele kahju – taimede vohamise asemel hakkavad domineerima planktonvetikad, mis võivad kiiresti halvendada ökoloogilist seisundit.



Joonis 3.1. Taimede töötlemisala Ilmatsalu paisjärves. Saarekese pindala on 2143 m².
Taimestikust harvendatav ala moodustab järve pindalast 15,8% (vastavalt 3,48 ha ja 22 ha)



Joonis 3.2. Taimede töötlemisala Rahinge paisjärves. Taimedest harvendamiseks lubatud ala on 1,21 ha, mis moodustab järve pindalast (11,16 ha) 10,8%

Arvestades lepiskalade ja ahvena arvukust ja noorte haugide olemasolu praegusel ajal **Ilmatsalu** järves ning mõõdukat kalastussuremust harrastuspüügi läbi, soovitame võimaluse korral asustada täienduseks **150** ettekasvatatud samasuvist haugi. See võib toimuda ka mitmel järgneval aastal osade kaupa. Selline tegevus tasakaalustaks kalastiku hetkel liialt arvukat lepiskalade suunas kaldunud kooslust ja parandaks kogu paisjärve elustiku seisundit.

Rahinge paisjärv on vaatamata suhteliselt väikesele pindalale, kallaste avatusele ning kaldajoone vähesele liigestatusele liigirikas veekogu. Kaladele napib siin elupaiku. Nad on ka suvisel perioodil häiritud veepargis tegutsevate inimeste poolt, lisaks toimib harrastuspüügi surve. Ehkki katsepüügiga tabati ka suuri ahvenaid, on see kalaliik siin vähearvukas. Rahinge paisjärves valdavad karpkalalased, kes ilmestavad paljusid eutroofseid veekogusid, samas röövkalade osakaal praegu väga väike. Suurendamaks röövkalade osakaalu paisjärves, võiks siia asustada **120** ettekasvatatud samasuvist haugi. Kuigi haugil puuduvad siin iseloomulikud, sobivad koelmualad, on neile olemas laiaspektriline toidubaas. Haugi asustamisel suureneb surve karpkalalastele ja väheneb püügikoormuse mõju röövkaladele. Kuigi järves oli ka üksikuid suuri linaskeid, ei pea me selle liigi täiendavat asustamist vajalikuks.

Kahte paisjärve asustatava haugi eelkasvatatud isendite maksumus praeguste turuhindade juures on orienteeruvalt 270 € (kala hind 1 €), millele lisandub transpordikulu.

4 Kasutatud kirjandus

Arber, A., 1920. Water plants. A study of aquatic angiosperms. Cambridge University Press, Cambridge: 436 pp.

Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F., Furse, M.T., 1983. The performance of a new biological water quality score system based on a wide range of unpolluted running-water sites. Water Research 17: 333-347.

Braun-Blanquet, J., 1964. Pflanzensoziologie. Springer, Wien, New York.

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

Czensny, R., 1960. Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie. Veb Verlag Technik Berlin, 429 lk.

European Committee for Standardization, 1994. Water quality – Methods for biological sampling – Guidance on handnet sampling of aquatic benthic macro-invertebrates. EN 27828. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

Hillebrand, H., Dürselen, C.-D., Kirschtel, D., Zohary, T. and Pollinger, U. (1999) Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol.* 35: 403-424.

Grasshoff, K., Ehrhardt, M. & Kremling, K., 1981. *Methods of Seawater Analysis*. New York

Hansen, H. P. & Koroleff, F., 1999. Determination of nutrients. In Grasshoff, K., Kremling, K. & M. Ehrhardt (eds), *Methods of Seawater Analysis*. WILEY-VCH, Weinheim. New York. Chichester. Brisbane. Singapore. Toronto, 600 pp.

Iital, A., Pachel, K., Leisk, Ü. 2010. Fosfori- ja lämmastikukoormuse uuring punkt- ja hajureostuse allikatest. Fosforväetistes kaadmiumi reostusohu hindamine. (E. Loigu – vastutav täitja). Tallinn. 76 lk. Lepingu 4-11/61 lõpparuanne.

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

Johnson R.K., 1999. Benthic macroinvertebrates. In: *Bedömningsgrunder för miljökvallitet. Sjöar och vattendrag. Bakgrundsrapport 2. Biologiska parametrar* (Ed. by Torgny Wiederholm). Naturvårdsverket Förlag, 85-166.

Koroleff, F., 1982. Total and organic nitrogen. In: K. Grasshoff (ed.). *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie, 162-168

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

Lenat D.R., 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *Journal of North American Benthological Society* 7: 222-233.

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

Maastik, A. 2006. *Hüdroloogia ja hüdromeetria*. Eesti Maaülikool. 2006. 108 lk.

Medin M., Ericsson U., Nilsson C., Sundberg I., Nilsson P.-A., 2001. Bedömningsgrunder för bottenfaunaundersökningar. Medins Sjö- och Åbiologi AB. Mölnlycke, 12 pp.

Nõges, P. ja I. Ott, 2003. Eesti järveteadus Euroopa tõmbetuultes. Kaasaegse ökoloogia probleemid. Eesti globaliseerivas maailmas. Eesti IX Ökoloogiakonverentsi lühiartiklid, 159-172

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

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

Sculthorpe, C. D., 1967. The biology of aquatic vascular plants. St. Martins Press, New York: 610 pp.

Silva, L.H.S. 1999. Phytoplankton in an eutrophic reservoir (Lake Monte Alegre), Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil. Rev. Brasil. Biol., 59(2): 281-303.

Skriver J., Friberg N., Kirkegaard J., 2000. Biological assessment of watercourse quality in Denmark: Introduction of the Danish Stream Fauna Index (DSFI) as the official biomonitoring method. Verh. Internat. Verein. Limnol. 27: 1822-1830.

Standard Methods for examination of Water and Waste Water, 15th edition, 1980, APHA, AWWA, WPCF. Washington.

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

Timm H., Käiro K., Möls T., Virro T., 2011. An index to assess hydromorphological quality of Estonian surface waters based on macroinvertebrate taxonomic composition. Limnologica 41: 398-410.

Timm H. & Vilbaste S., 2010. Pinnavee ökoloogilise seisundi hindamise meetodika bioloogiliste kvaliteedielementide alusel. Bentiliste ränivetikate kooslus jões. Suurselgrootute põhjaloomade kooslus jões ja järves. Aruanne EV keskkonnaministeeriumile.

Unifitsirovannye metody issledovaniya kachestva vod, 1977. 1. Moskva

Veepoliitika raamdirektiiv, 2002. Euroopa Parlamendi ja Euroopa Liidu Nõukogu direktiiv 2000/60/EÜ. Keskkonnaministeerium, 63 lk.

Vollenweider, R.A., 1975. Input – output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. Schweizerische Zeitschrift für Hydrobiologie, 37, 53–84.

5 Lisad

Lisa 1

ASPT arvutamine

Briti loomarühmade tolerantsusväärtused (t) (Armitage *et al.*, 1983 järgi):

10 - *Siphonuridae*, *Heptageniidae*, *Leptophlebiidae*, *Ephemerellidae*, *Potamanthidae*, *Ephemeridae*, *Taeniopterygidae*, *Leuctridae*, *Capniidae*, *Perlodidae*, *Perlidae*, *Chloroperlidae*, *Aphelocheiridae*, *Phryganeidae*, *Molannidae*, *Beraeidae*, *Odontoceridae*, *Leptoceridae*, *Goeridae*, *Lepidostomatidae*, *Brachycentridae*, *Sericostomatidae*

8 - *Astacidae*, *Lestidae*, *Calopterygidae*, *Gomphidae*, *Cordulegasteridae*, *Aeshnidae*, *Corduliidae*, *Libellulidae*, *Psychomyiidae* ja/või *Ecnomidae*, *Philopotamidae*

7 - *Caenidae*, *Nemouridae*, *Rhyacophilidae* ja/või *Glossosomatidae*, *Polycentropodidae*, *Limnephilidae*

6 - *Neritidae*, *Viviparidae*, *Ancylidae* ja/või *Acroloxidae*, *Hydroptilidae*, *Unionidae*, *Corophiidae*, *Gammaridae*, *Platycnemidae*, *Coenagriidae*

5 - *Mesoveliidae*, *Hydrometridae*, *Gerridae*, *Nepidae*, *Naucoridae*, *Notonectidae*, *Pleidae*, *Corixidae*, *Haliplidae*, *Hygrobiidae*, *Dytiscidae* ja/või *Noteridae*, *Gyrinidae*, *Hydrophilidae*, *Clambidae*, *Scirtidae*, *Dryopidae*, *Elmidae*, *Chrysomelidae*, *Curculionidae*, *Hydropsychidae*

Tipulidae, *Simuliidae*, *Planariidae*, *Dendrocoelidae*

4 - *Baetidae*, *Sialidae*, *Piscicolidae*

3 - *Valvatidae*, *Bithyniidae*, *Lymnaeidae*, *Physidae*, *Planorbidae*, *Sphaeriidae* ja/või *Pisidiidae*, *Glossiphoniidae*, *Hirudinidae*, *Erpobdellidae*, *Asellidae*

2 - *Chironomidae*

1 - *Oligochaeta*

ASPT = $\Sigma (t) / n$, kus $n - t$ omavate loomarühmade arv proovis.

Happelisuusindeksi arvutamine

(Johnson 1999 ref. Henrikson & Medin 1986 järgi)

1. Kas leidub ühepäevikulisi (*Ephemeroptera*), kevikulisi (*Plecoptera*) või ehimestiivalisi (*Trichoptera*), mille tundlikkus Johnsoni (1999) järgi on

pH > 5.4 (3 palli)

4.9-5.4 (2 palli)

4.5-4.8 (1 pall)

<4.5 (0 palli)

(lisa 5.1)

2. Kas leidub kirpvähklasi (*Gammaridae*)

jah (3 palli)

ei (0 palli)

3. Kas leidub kaane, tigused, karpe või mardikaliste sugukonda *Elmidae*

jah (1 pall iga nimetatud rühma kohta)

ei (0 palli)

4. *Baetis/Plecoptera* indeks (arvu järgi)

>1.0 (2 palli)

0.75-1.0 (1 pall)

<0.75 (0 palli)

5. Taksonite koguarv (*Diptera* sugukonnani, muud võimalikult liigini)

≥41 (2 palli)

26-40 (1 pall)

<26 (0 palli)

Happelisuusindeksi väärtust arvestatakse kui pallide summat punktidest 1-5. Mida väiksem summa, seda kõrgem happelisuus.

Taani vooluvete fauna indeksi (DSFI) arvutamine (Skriver *et al.*, 2000 järgi)

		(P - N)			
		< (-1)	(-1) - 3	4 - 9	> 9
Klassid ja võtmerühmad	Esineb:	Indeksi väärtused			
Klass 1.					
<i>Brachyptera, Capnia, Leuctra, Isogenus, Isoperla, Isoptena, Perlodes, Protonemura, Siphonoperla,</i>	≥ 2 võtmerühma	-	5	6	7
<i>Ephemeridae, Limnius, Glossosomatidae, Sericostomatidae.</i>	ainult 1 võtmerühm	-	4	5	6
Klass 2.					
<i>Amphinemura, Taeniopteryx, Ametropodidae, Ephemerellidae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Siphonuridae, Elmis, Elodes, Rhyacophilidae, Goeridae, Ancylus.</i>		4	4	4	5
Kui <i>Asellus</i> ≥ 5 isendit, => klass 3;					
kui <i>Chironomus</i> ≥ 5 isendit => klass 4.					
Klass 3.					
<i>Gammarus</i> > 10 isendit. <i>Caenidae, Trichoptera</i> sugukonnad (v.a. klassides 1 ja 2 nimetatud) ≥ 5 isendit. Kui <i>Chironomus</i> > 5 isendit, => Klass 4.		3	4	4	4

Klass 4.					
<i>Gammarus</i> < 10 isendit. <i>Asellus</i> , <i>Caenidae</i> , <i>Sialis</i> või <i>Trichoptera</i> sugukonnad (v.a. klassides 1 ja 2 nimetatud).	≥ 2 võtme- rühma	3	3	4	-
	ainult 1 võtme- rühm	2	3	3	-
Klass 5.					
<i>Gammarus</i> < 10 isendit. <i>Baetidae</i> ; või <i>Simuliidae</i> ≥ 25 isendit. Kui <i>Oligochaeta</i> > 100 isendit, => klass 5, 1 võtmerühm.	≥ 2 võtme- rühma	2	3	3	-
Kui <i>Eristalinae</i> ≥ 2 isendit, => klass 6.	ainult 1 võtme- rühm	2	2	3	-
Klass 6.					
<i>Tubificidae</i> , <i>Psychodidae</i> , <i>Chironomidae</i> , <i>Eristalini</i> .		1	1	-	-

P (positiivsed grupid): *Tricladida*, *Gammarus*, kõik *Plecoptera* perekonnad, kõik *Ephemeroptera* sugukonnad, *Elmis*, *Limnius*, *Elodes*, *Rhyacophila*; kõik kaasaskantava majaga *Trichoptera* sugukonnad; *Ancylus fluviatilis*.

N (negatiivsed grupid): *Oligochaeta*, *Helobdella*, *Erpobdella*, *Asellus*, *Sialis*, *Psychodidae*, *Chironomus*, *Eristalinae*, *Sphaerium*, *Lymnaea* (=Radix).

Indeksi arvutamisel leitakse esmalt õige klass, seejärel õige veerg, liites kokku P ja N arvestusega, et iga P annab 1 pluss- ja iga N ühe miinuspunkti

Lisa 2

Määramistulemused

Järv: Ilmatsalu paisjärv									
Koht: SE kallas									
Aeg: 8.05.14									
Det.: H. Timm									
Takson		Isendite arv proovides				Summa	Keskmine	%	Leidumine
	1	2	3	4	5				kvalit.
									proovis
HIRUDINEA									
Erpobdella octoculata			2	2	1	5	1,0	1,6	
Hemiclepsis marginata					1	1	0,2	0,3	
GASTROPODA									
Lymnaea stagnalis									*
Radix balthica									*
CRUSTACEA									
Asellus aquaticus	5	1		3	1	10	2,0	3,2	*
ARACHNIDA									
Hydrachnidia Gen. sp.	12	4	8	4	8	36	7,2	11,5	*
EPHEMEROPTERA									
Arthroplea congener				1		1	0,2	0,3	
Caenis horaria/sp.	1	3	6	7	3	20	4,0	6,4	*
Cloeon dipterum	8	9	1	5	2	25	5,0	8,0	*
Leptophlebia marginata	1					1	0,2	0,3	
ODONATA									
Coenagrion hastulatum/sp.	2	5		2	2	11	2,2	3,5	
Coenagrion sp.		2	1	2	1	6	1,2	1,9	*
Enallagma cyathigerum/sp.	4	1				5	1,0	1,6	
Erythromma najas	4	2		3	2	11	2,2	3,5	*
Platycnemis pennipes	1					1	0,2	0,3	
Somatochlora flavomaculata				1		1	0,2	0,3	
HETEROPTERA									
Ilyocoris cimicoides									*
Sigara sp.	1					1	0,2	0,3	
COLEOPTERA									
Cybister lateralimarginalis	1					1	0,2	0,3	
TRICHOPTERA									
Anabolia nervosa/sp.	6	1	3	2	1	13	2,6	4,1	*
Athripsodes aterrimus	1			1	1	3	0,6	1,0	
Grammotaulius sp.	2					2	0,4	0,6	*
Holocentropus dubius					1	1	0,2	0,3	

Limnephilus rhombicus					2	2	0,4	0,6	
Phryganea grandis	1					1	0,2	0,3	
Triaenodes bicolor	1					1	0,2	0,3	*
LEPIDOPTERA									
Pyralidae Gen. sp.					1	1	0,2	0,3	
DIPTERA									
Chaoborus flavicans			1			1	0,2	0,3	
Chironomidae Gen. sp.	29	11	50	58	5	153	30,6	48,7	*
								100,0	

Järv: Rahinge paisjärv									
Koht: NW kallas									
Aeg: 8.05.14									
Det.: H. Timm									
Takson		Isendite arv proovides				Summa	Keskmine	%	Leidumine
	1	2	3	4	5				kvalit.
									proovis
OLIGOCHAETA Gen. sp.	1		1	2	1	5	1,0	0,8	
HIRUDINEA									
Erpobdella octoculata					1	1	0,2	0,2	
Helobdella stagnalis				1	2	3	0,6	0,5	*
Piscicola geometra		1				1	0,2	0,2	
BIVALVIA									
Anodonta anatina					1	1	0,2	0,2	
Pisidium sp.	1					1	0,2	0,2	
Sphaerium corneum									*
GASTROPODA									
Bithynia tentaculata			3	1		4	0,8	0,7	*
Lymnaea stagnalis				1		1	0,2	0,2	
CRUSTACEA									
Asellus aquaticus	4		1		2	7	1,4	1,2	*
ARACHNIDA									
Hydrachnidia Gen. sp.		2	2	1	2	7	1,4	1,2	*
EPHEMEROPTERA									
Caenis horaria/sp.	58	7	50	11	50	176	35,2	29,1	*
Cloeon dipterum			5	7	33	45	9,0	7,5	*
ODONATA									
Erythromma najas		1	3	4	1	9	1,8	1,5	*
Ischnura elegans/sp.			2	4	1	7	1,4	1,2	*
Platycnemis pennipes									*
Somatochlora flavomaculata									*
TRICHOPTERA									
Anabolia nervosa	4		6	1	7	18	3,6	3,0	*
Athripsodes aterrimus	3	3		1	1	8	1,6	1,3	*
Cynurus flavidus/sp.	1		1		2	4	0,8	0,7	*
Limnephilus sp.		1	1			2	0,4	0,3	
DIPTERA									
Chironomidae Gen. sp.	50	4	117	58	75	304	60,8	50,3	*
								100,0	

