

SISUKORD

Saateks	
<i>Anto Raukas</i>	3
Peipsi kujunemine ja areng	
<i>Anto Raukas</i>	5
Peipsi järv kui rahvusvaheline veemajanduspiirkond ja informatsiooni allikas looduse muutlikkusest	
<i>Ago Jaani</i>	13
Millest sõltub Peipsi järve seisund ja ökokatastroofi risk?	
<i>Külli Kangur, Tõnu Möls, Marina Haldna, Andu Kangur, Peeter Kangur, Reet Laugaste, Anu Milius, Risto Tanner</i>	27
Inimmõju Võrtsjärve vesikonna veekogudele	
<i>Arvo Järvet</i>	37
Eesti suurjärvede kalavarud ja nende kasutamine	
<i>Ain Järvalt, Väino Vaino</i>	59

SAATEKS

XXI sajandi suurimaks probleemiks pole mitte võimalik kliima soojenemine ega ähvardav näljahäda, vaid puhta vee puudus. Janu kätte sureb rohkem inimesi kui sõdades ja pesemisvõimaluste puudumine põhjustab epideemiaid ja pandeemiaid. Eestit veepuudus ei ohusta. Sademeid langeb meil rohkem kui aurata jõuab ja seetõttu on meil rohkesti soid, järvi ja jõgesid. Enamik Eesti rohkem kui tuhandest järvest on tillukesed, alla 10 ruutkilomeetri. Vaid kahte neist – Peipsit ja Võrtsjärve nimetame me suurjärvedeks. Need kaks järve annavad ligikaudu 95% Eesti sisevete kalatoodangust. Tõsi, enamus sellest tuleb Peipsist, kuid Võrtsjärve angerjas on delikatessina hästi tuntud.

Eesti Teaduste Akadeemia on suurjärvede uurimist alati lugenud prioriteetseks teadusülesandeks. Omaaegne Akadeemia president Karl Rebane luges Peipsit koguni Eesti suurimaks rahvuslikuks rikkuseks ja selle uurimiseks loodi Akadeemia juhtimisel enam kui 20 erinevat asutust ühendav vabariiklik kompleksprogramm. Eeskätt Võrtsjärve uurimiseks rajas Akadeemia kuuekümnendate aastate alguses Võrtsjärve Limnoloogiajaama, mis praeguseks on kujunenud Eesti sisevete uurimise juhtasutuseks. Eespoolöeldust tulenevalt on Akadeemia jätkuv huvi suurjärvede vastu mõistetav ja 28. märtsil k.a toimunud vabariiklik seminar varemtoimunu loogiliseks jätkuks. Seminaril kuulati ära 5 ettekannet, mille terviktekstid järgnevalt avaldatakse. Kõigi ettekannete punaseks jooneks oli inimõju ja selle leevendamise. Võrreldes nõukogudeaegse perioodiga on järvede seisund oluliselt paranenud, kuid palju on selles valdkonnas veel teha. Loodame, et käesolev ülevaade kujuneb vajalikuks abimaterjaliks Peipsi ja Võrtsjärve edasisel uurimisel ja rakendustööde korraldamisel.

Anto Raukas

PEIPSI KUJUNEMINE JA ARENG

Anto Raukas
Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut

PEIPSI ON SUUR RIKKUS

Peipsil on Eesti riigis väga tähtis koht. Ta on olnud aastatuhandete jooksul meie hõimude looduslikuks kaitsjaks idast valgunud ründajate eest. Ühtlasi on ta Euroopa rikkaim kalajärv, joogiveeallikas Narva linnale ja ümbruskonnale, tähtis veetee ja puhkepiirkond, Narva hüdrojaama turbiinide käivitaja ja Eesti ning Balti soojusjaamade katelde jahutusvee allikas. Peipsi on Euroopa suurim piiriveekogu, mis peagi kujuneb Euroopa Liidu idapiiriks ning seetõttu on tema vastu kasvanud ka rahvusvaheline huvi. 17.–23. märtsil käesoleval aastal toimus Kyotos Maailma Veefoorum, kus osales enam kui 10 000 spetsialisti ja 1300 ajakirjanikku. Peipsi probleemidest oli seal 6 ettekannet ning Peipsi paigutati maailma prioriteetsete järvede hulka.

JÄRV ON KERGESTI HAAVATAV

Võiks arvata, et Peipsi on küllalt suur, et inimtegevusele vastu seista. On ju temast pindalalt Euroopas üle vaid Laadoga ja Äänisjärv Venemaal ning Vänerni järv Rootsis. Kuid hoolimata oma 3555 ruutkilomeetri suurusest veepeeglist on Peipsi väga madal järv (keskmiselt 8, maksimaalselt 15,3 meetrit) ja seetõttu on vee maht järves suhteliselt väike. Äänisjärvest on ta kuus, Laadogast aga kuni 13 korda madalam. Seetõttu on Peipsi kergesti haavatav ja möödunud aastakümnete jooksul on tema ökoloogiline seisund oluliselt halvenenud. Sellele on kaasa aidanud Velikaja, Emajõgi, Rannapungerja ja teised Peipsisse suubuvad jõed, aga ka Peipsile põhjakaare tuultega kohale kantud Eesti ja Balti soojuselektrijaamade suits.

Eelöeldust tulenevalt vajab Peipsi kompleksset geoloogilist, hüdroloogilist, hüdrokeemilist, bioloogilist ja sanitaar-hügieenilist uuringut ning tõhusat seiret. Seda pole kerge läbi viia, sest Peipsit poolitab Eesti ja Vene riigipiir ning heanaaberlik riikidevaheline koostöö selles valdkonnas ei taha käivituda.

Peipsi loodusliku seisundi määravad suuresti geoloogilised eeldused.

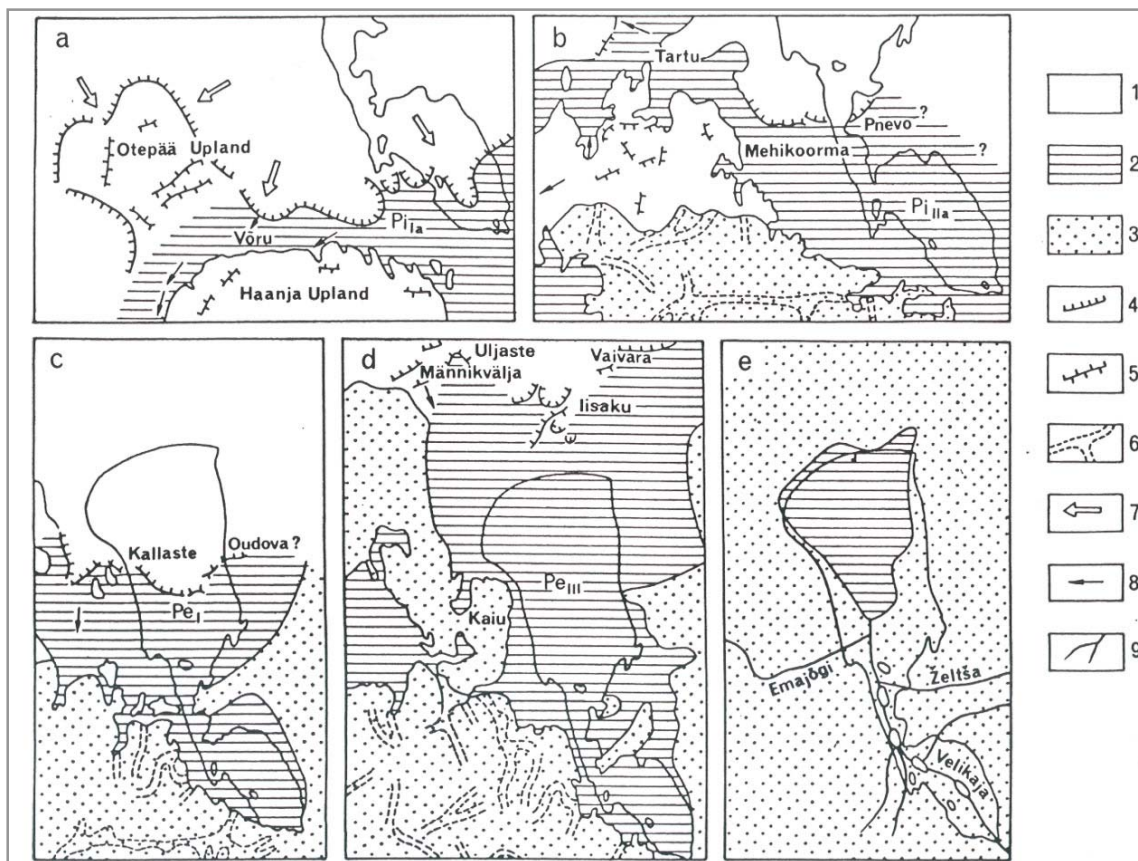
Kristalne aluskord asub Peipsi nõos valdavalt 200–300 m sügavusel. Nõol on tektooniliste rikkevöönditega piiritletud plokiline ehitus. Aluskorruga seonduvad tektoonilised liikumised on jätkunud tänapäevani. Ordoviitsiumi ja Siluri karbonaatkivimid paljanduvad piiratult vaid nõo põhjaosas. Valdava osa nõost moodustavad kuni 350 m paksused Kesk-Devoni liivakivid, aleuroliidid ja savid ning Ülem-Devoni dolokivid ja domeriidid, mis kõik on erineva kõvadusega ja seetõttu kujundanud ebaühtlase pinnamoe. Peipsi ümbruses on rida sügavaid, nüüdispinnamoes vaid vaevu nähtavaid orge.

Enamik uurijaid arvab, et Peipsi nõgu hakkas kujunema juba enne Kvaternaari ajastut, kuid tema praegune ilme pärineb siiski jääajast, mis kandsid nõost minema mitmekümne meetri paksuse settekivimite kihi ja voolisid välja liuakujulise jääkündenõo.

JÄRVE KEERUKAS KUJUNEMISLUGU

Viimase mandrijää taandumine Peipsi nõost oli keerukas ja toimus järvenõo eri piirkondades erinevalt, kohati koguni lühiajaliselt taas peale tungides. Teisal jäid taanduvast jääservast maha suured irdjää pangad, mis osaliselt mattununa võisid säilida tuhandeid aastaid. Eriaegseid, paljuski veel hüpoteetilisi jääserva asendeid kajastab joonis 1. Taanduva mandrijää serva ees laiunud ja liustiku poolt üles paisutatud veekogud olid lühiajalised ning nende

rannajooned on seetõttu raskesti määratletavad. Pärast liustiku taandumist Soome lahte langes veetase järsult ja Holotseeni alguseks 10 000 aastat tagasi oli järv kahanenud vaid Nüüdis-Peipsi põhjaosa katvaks Väike-Peipsiks (joonis 1e). Emajõgi, Piusa ja teised jõed ei voolanud mitte järve, vaid Väike Pepsisse suubuvasse Velikaja jõkke. Järvenõkku ja selle ümbrusse jäid maha jäänukjärved, mis hakkasid kiiresti kinni kasvama. Näiteks Lämmijärvest idas olevas Ts`istõi Mohhi rabas on turba moodustumine kestnud vahetpidamata Prebo-reaalist kuni nüüdisajani. Kuna Peipsi nõo põhjaosa kerkis kiiremini kui lõunaosa, hakkas Väike-Peipsi vesi valguma lõuna poole ja järv ise laienema. Kujunes ka Väike-Pihkva järv. Atlantilisel ajal Väike-Peipsi ja Väike-Pihkva ühinesid ning Peipsi omandas ligilähedaselt nüüdisaegse kuju ja mõõtmed. Atlantilise aja teisel poolel kujunes järvest väljavool Narva jõe kaudu.



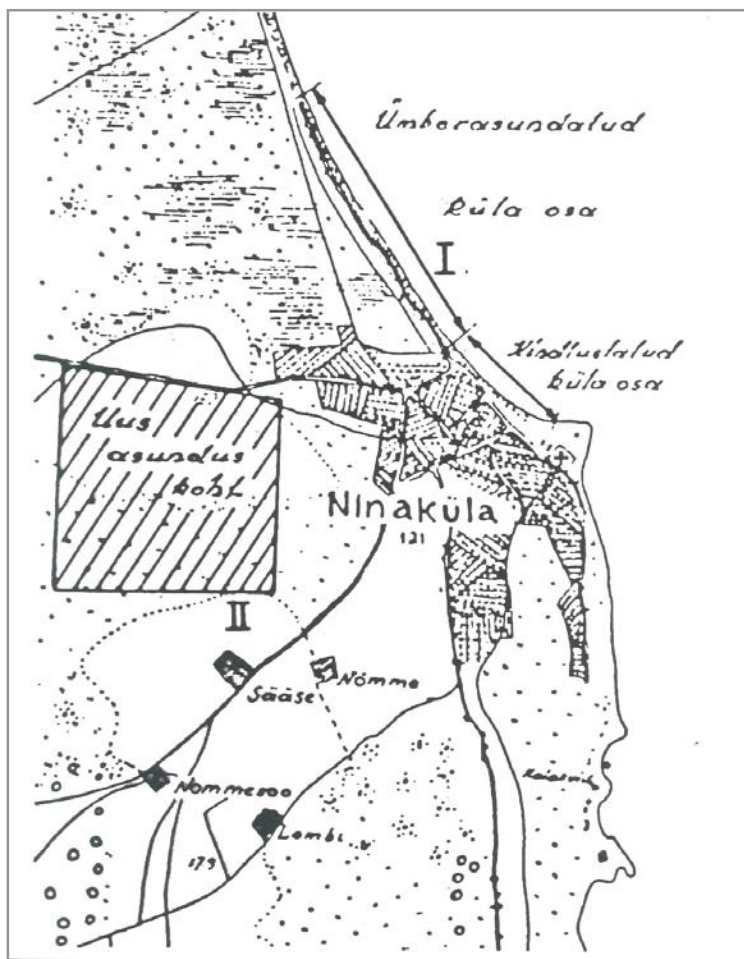
Joonis 1. Peipsi arengu põhietapid A. Raukase ja E. Rähni (1969) järgi:
a – Pihkva jääpaisjärve esimene faas; b – Pihkva jääpaisjärve teine faas;
c – Peipsi jääpaisjärve esimene faas, d – Peipsi jääpaisjärve kolmas faas;
e – Väike-Peipsi.
1 – liustikujää; 2 – järv; 3 – maismaa; 4 – aktiivne liustikuserv, 5 – irdjää;
6 – ürgorud, 7 – liustiku liikumissuund, 8 – liustiku sulamisvee voolusuund,
9 – jõed.

Tektoonilised liikumised Peipsi nõos pole veel täiesti selged, kuid see, et järve põhjaots kerkib lõunaotsast kiiremini, et tekita kahtlusi. Kui 1796. aastal oli Piirissaare pindala 20,08, siis praegu on see kõigest 7,5 ruutkilomeetrit ning saare pindala väheneb ka tulevikus. Holotseeni alguses oli Optjoki jõe suudmes veetase praegusest üle 10 m madalamal. Emajõe suudmealal olev Akali noorema kivijaja asulakoht on kaetud kuni 2,5 m paksuse turbakihiga.

Hoopis halvemini on läinud mitmel teisel paigal. Näiteks Ozolitsa saarele ehitati 1458. a. kirik, mille varemed on praegu järvepõhjas 2,5 m sügavuses vee all. Arvestades vee pealetungi ulatust ja ohtlikkust, on geoloogide ülesandeks järve tulevase kontuure prognoosida ja neid ka kaardipildis kajastada.

PEIPSI VEETASE POLE STABIILNE

Ago Jaani on selgitanud, et Peipsi veetasemetel on selge 22–33 aastane perioodilisus, mis võib olla seotud Päikese aktiivsuse muutumisega [Jaani, Beljazo, 2003]. See on võimaldanud prognoosida Peipsi veetaseme muutusi kuni aastani 2035. Tulvaveeaastad tekitavad kohalikele elanikele tõsist muret. Senise kõrgeima veetaseme juures (12. mail 1924. a 31,76 m) oli Peipsi pindala 4330 km² ja vee hulk järves 32,128 km³, madalaima veetaseme juures (7. novembril 1964. a 28,72 m) vastavalt 3480 km² ja 20,98 km³. Seega võib Peipsi pindala lühikese ajavahemiku jooksul muutuda 850 km² (enam kui kolm Võrtsjärve pindala) ja vee hulk 11,15 km³ ulatuses. Peamised üleujutatavad alad on Emajõe suudmeala (üle 200 km²) ja Lämmijärve idaosa (üle 130 km²). 1924. aasta suur üleujutus sundis Nina küla elanikele uue asulapaiga valiku (joonis 2) ja randade kaitsevööndite rajamise. Narva jõe väljavoolutingimuste parandamiseks likvideeriti jõe lähtes olnud liivamadalikud ja 1929. a alanud süvendustöödega rekonstrueeriti jõesängi ligikaudu 10 km ulatuses. 1940. a sündmuste tõttu töid ei lõpetatud ja sellest tulenevalt on randade murrutus kohati praegugi tugev. Purustustele aitab kaasa Peipsil sageli esinev rüüsiää.



Joonis 2

Nina küla evakueerimisplaan pärast moodunud sajandi kahekümnendate aastate suurveeaastaid [Vichmanni, 1929 järgi]:

- I – küla kõige enam ohustatud piirkond;
- II – küla uus asukoht

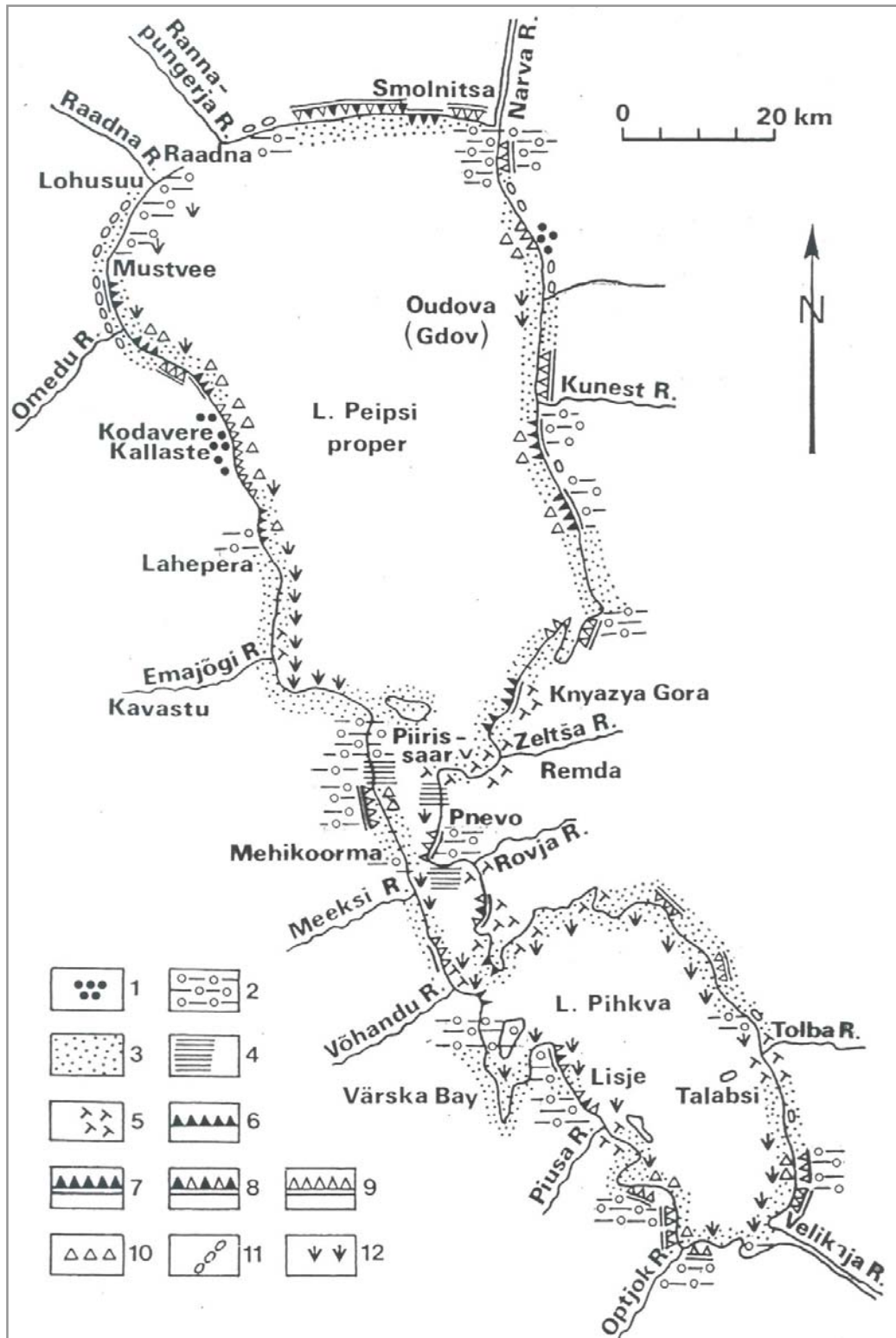
PEIPSI RANNAVÖÖNDI MUUTUSTEST

Peipsi rannavööndis toimuvate muutuste jälgimiseks rajati 1981. a Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudi poolt polügoonid Remnikul, Sillal ja Kurul, järgnevatel aastatel polügoonide hulka suurendati kogu Peipsi Eesti rannavööndis ning need lülitati riiklikku seirevõrku [Tavast, 1998]. Mõõtmisi tehakse kaks korda aastas, sügisel tugevate tuulte korral ja kevadel suurvee ajal, mil ka rüsi jää võib mõjustada randa. Suurimad purustused toimuvad kõrge veeseisu ja tugevate lõunatuulte korral Peipsi põhjarannal. Aastail 1987–1992 taandus rannaastang Remnikul 6 ja Alajõel 4 meetrit. Suured muutused võivad tekkida isegi pärast ühekordset tormi. Näiteks 1987. a sügistoriga murrutati Smolnitsa luidetesse 4–5 m kõrgune püstloodis astang. Lisaks randade purustustele esineb Peipsil ka teine ebaneeldiv nähtus – randade kinnikasvamine kõrkjate ja pillirooga, mis raskendab randade kasutamist rekreatsioonilistel eesmärkidel.

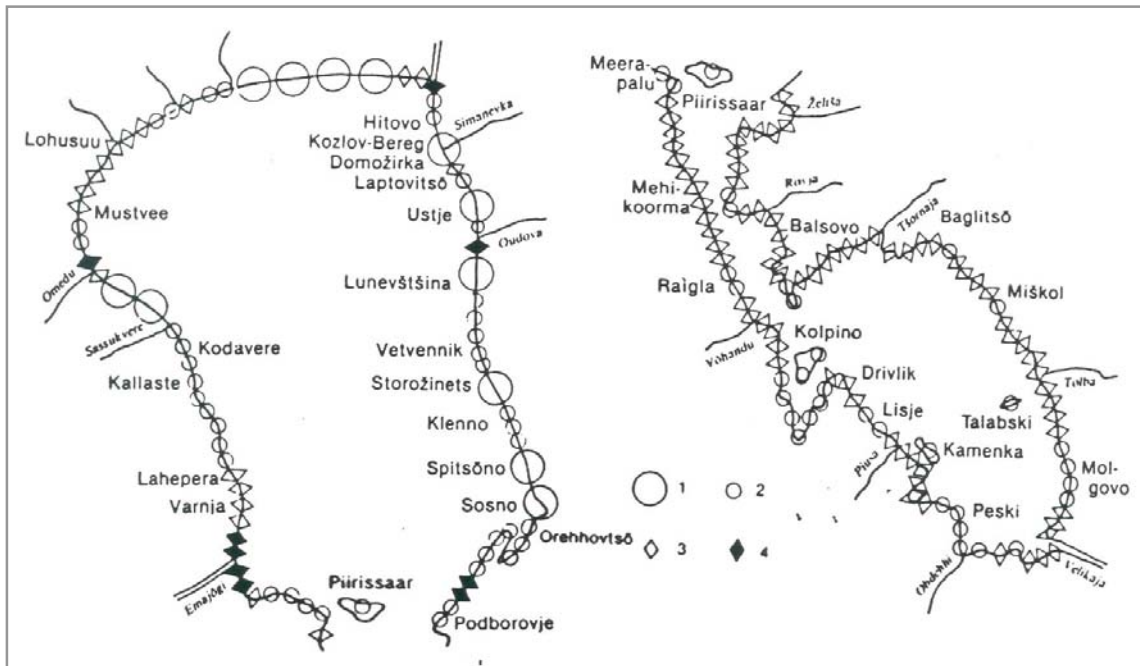
PEIPSIS OLII HÄID PUHKEPIIRKONDI, KUID NENDE HULK VÄHENE

Peipsil on puhkuseks sobivat randa säilinud vaid tükati. Ala sobivuse või mitesobivuse puhkuseks määravad paljud tegurid, mis jagunevad looduslikeks ja tehisliseks (tööstusobjektide ja kaevanduste lähedus, ühendusteede, sööklate ja kaupluste olemasolu, puhkust ajutiselt takistavad rajatised jm). Looduslikest teguritest on kahtlemata kõige olulisemad mitmesugused geoloogilis-geomorfoloogilised eeldused, nagu tervistavate maavarade (ravimuda, tervisevesi) leidumine, rannavööndi geoloogiline ehitus ja sobivus puhkuse korraldamiseks (nt liivaranna olemasolu) ning ala hüdro- ja ehitusgeoloogilised tingimused, millest olenevad puhkehoonete, kommunikatsioonide ning juurdepääsuteede võimalikkus ja paigutus. Olulised on ka kohalikud kliimatingimused, eriti rannavööndi eksponeeritus tuulele ja päikesele ning veetemperatuur. Peipsi vesi on üldiselt soe ja järve põhjarannik pea kogu päeva jooksul lõunapäikesele avatud, mis teeb selle piirkonna üheks eesti kõige armastatumaks puhkekohaks. Kahjuks on see ala tugevasti ülerahvastatud. Õnneks on inimeste maitse erinevad ja paljud eelistavad puhkuseks just vaikset kõrkjatevahelist kalastamispaika.

Peipsi rannavöönd on väga mitmekesine ja kiiresti muutuv (joonis 3) ning siin leidub väga erinevaid puhkusevõimalusi [Raukas, Tavast, 1989]. Kuid sellest hoolimata on lähtuvalt traditsioonilistest seisukohtadest otstarbekas kogu Peipsi rannavöönd jagada puhkuseks väga sobivaks, sobivaks, vähe sobivaks ja mitte sobivaks (joonis 4), kusjuures väga sobivaks loetakse vähemalt kolme meetri laiust kamardumata või nõrgalt kamardunud liivaranda, mis levib Peipsi põhjarannikul Kauksi oja suudmest kuni 3 km kauguseni Narva jõe lähtest. Sellist randa on ka mitmel pool Peipsi idarannikul, näiteks Hitovo – Kozlov-Beregi, Spitsõno, Sosno ja Podborovje ümbruses. Peipsi läänerannikul on väga sobivaks puhkepiirkonnaks ka Omedu jõe ja Sassukvere oja suudme vaheline lõik. Keskmiselt sobivaks puhkepiirkonnaks on kitsas nõrgalt või keskmiselt kamardunud liivarand ja nõrgalt kamardunud aktiivne või hääbuv astangmoreenrand ja pankrand. Selline liivarand on näiteks Peipsi idarannikul Oudova jõe suudmest põhja poole jääv rannaosa, Lämmijärve ääres Raigla ümbrus, Pihkva järve lõunarannikul Peski piirkond jt. Astangmoreeniranda leidub näiteks Kodavere ümbruses. Puhkuseks vähe sobiv on keskmiselt või tugevasti kamardunud hääbunud astang- ja lauskmoreenirand, mis on tavaliselt niiske ja põõsastega kinni kasvanud, nagu näiteks Veneküla ja Lagedi vahel järve looderannikul. Ka tugevasti kamardunud liivarand pole puhkuseks kohane, sest ta on niiske ja kaetud tiheda põõsastiku, veepiiril ja rannanõlval aga pilliroo ja kõrkjatega. Niisugune rand levib näiteks Peipsi läänerannikul Lohusuu ja Mustvee vahel ning Laheperast Varnjani. Puhkepiirkonnaks ei sobi niiske ning tugevasti kinnikasvanud turba- ja möllirand, millist on Peipsi ääres üsna paljudes kohtades. Kõiki tehislikke ja osa looduslikke tingimusi, nagu ala metsasust, sanitaar-hügieenilist ja esteetilist seisundit on võimalik vähem kui inimpõlve jooksul muuta, kuid kaugeltki mitte kõikjal.



Joonis 3. Peipsi rannatüübid E. Tavasti [1998] järgi:
 1 – liivakivi; 2 – moreen; 3 – liiv; 4 – viirsavi; 5 – turvas;
 6 – pankrand (Devoni liivakivis); 7 – 9 – astang Kvaternaari setetes: 7 – aktiivne;
 8 – hääbuv; 9 – hääbunud; 10 – rändrahnud; 11 – rannavall;
 12 – pilliroog ja kõrkjad



Joonis 4. Peipsi randade puhkusesobivuse kaart A. Raukase ja E. Tavasti [1989] järgi.
1 – väga hästi sobivad; 2 – sobivad; 3 – vähe sobivad; 4 – mittesobivad

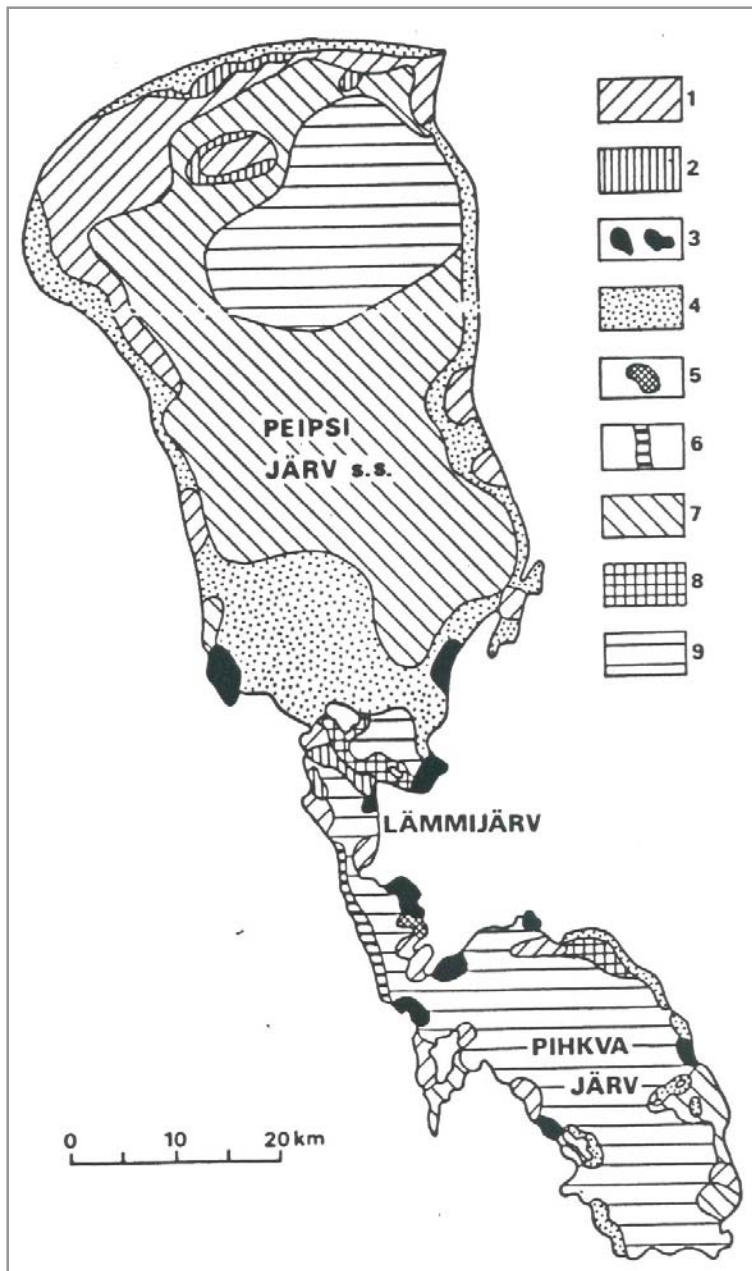
PEIPSI JÄRVEGA SEONDUVAD MITMED MAAVARAD

Suur osa järve põhjast on kaetud orgaanikarikka järvemudaga, mis pärast orgaanika eemaldamist on peamiselt peliitaleuriit (joonis 5). Rannalähedases osas on materjal mõnevõrra jämedateralisem – enamasti aleuriitliiv või liivakas aleuriit. Kõige ühetoonilisemad on põhjasetted Peipsis (Suurjärves) ja kõige vahelduamad Lämmijärves. Liiva saab Peipsis kaevandada mitmes kohas. Ehitusliiva suurimad maardlad asuvad Kodavere (varud umbes 2 725 000 m³) ja Piirissaare ümbruses (varud ligikaudu 2 100 000 m³), Meerapalu ja Podborovje madalal, Sigovetsi neeme ja Salu saare lähedal, Talabski saarte piirkonnas ning Velikaja deltaalal. Piirissaare ümbruses tuleb teda aeg-ajalt kaevandada juba seoses laevaliikluse käigushoidmisega. Kahjuks on kaevandatavad liivad enamasti sedavõrd peeneteralised, et vajavad enne ehituses kasutamist fraktsioneerimist ning rikastamist.

Väga suured on järves ravimuda varud. Üksnes kolmandiku Värskla lahe detailuuringutega on kindlaks tehtud keskmiselt 4,12 m paksune mudalasu üldvaruga 3,52 milj. m³, kogu lahe prognoosvarud on aga 44,5 milj. m³. Suured varud on ka Raskopeli lahes, Lämmijärve põhjas Meeksioja ja Salusaare vahel jm. Kogu Peipsi nõos leidub erineva koostisega mineraalvett, sealhulgas Värskas, Alatskivil ja Mehikoormas. Kuivõrd tervisevee ja ravimudade läheduses on ka kaunist puhkuseks sobivat randa ning ehitusgeoloogilised tingimused on head, siis saab siia ehitada mitmekülgset ravi ja puhkust pakkuvaid pansionaate ja kämpinguid.

PEIPSI ON IIDNE LAEVATEE

Peipsi kui tähtsa veeteede kohta on andmeid juba 1224–27 kirjutatud Läti Henriku kroonikas. XII sajandil ühendas ta Läänemere sadamaid Venemaaga. Peipsist kulgevad veeteed erinevates suundades, kuid normaalselt laevatatavad on neist vaid vähesed. Ajalooliselt on välja kujunenud veeteede Kulgu sadamast Pihkvani ja piki Emajõe Tartusse, kuid ennemuiste viis veeteede üle Tartu ja Võrtsjärve Pärnusse. 1872. aastal alustati Narva jõel regulaarset laevaliiklust, kuid eraldi jõe alam- ja ülemjooksul. Juba rohkem kui sajandi vältel on otsitud



Joonis 5.
 Peipsi põhjasetted [Raukas, Rähni, 1981 järgi]:
 1 – moreen, 2 – viirsavi,
 3 – turvas; 4 – liiv;
 5 – aleuriidikas liiv;
 6 – liivakas aleuriit,
 7 – kergelt savikas aleuriit;
 8 – liivakas-savikas aleuriit;
 9 – savikas aleuriit.
 Terasuurus on antud pärast orgaanilise aine eemaldamist. Viimase hulk setteis ulatub Peipsi põhjaosas 40, Lämmijärves 83 ja Pihkva järves 35%-ni.

võimalusi otseühenduseks Narva ja Narva-Jõesuuga, mis on tehniliselt võimalik, kuid kallid. Takistuseks on Narva kosed ja peaaegu 5 meetrise languga Omuti kärestikud. Laevaliiklust takistavad ka madalaveelised Piirissaare väinad, nn Eesti ja Vene värvad. Laevasõiduks on Eesti värvatesse rajatud 2,5 km pikkune, 60 m laiune ja 2 m sügavune laevatee. Piiris-saarest ja läänerannast laevateeni ulatuvatel leetseljakutel on vett vaid mõnikümmend sentimeetrit. Isegi võimas Velikaja jõgi (laius Pihkvas 200–290 m, keskmine sügavus 10–15 m) on laevatatav vaid 19 km ulatuses järvest kuni Pihkva linnani. Pihkvast ülesvoolu on jõgi madal ja kärestikuline.

1960.–1970. aastail oli üksnes Tartu sadama veostemaht aukartustäratav, ulatudes 1630000 tonnini. Veeti kruusa, liiva, killustikku, täitepinnast ja muud kaupa. Soome lahelt toodi Tartu–Pihkva liinile reisilaev “Lermontov” ja soetati esimene tiiburlaev. Reisijate arv suurenes 178000ni aastas.

KOKKUVÕTTEKS

Aastatuhandete jooksul kujunenud Peipsi on kiiresti muutuv. Muutuvad tema rannad ja ka järve ümbritsev taimkate ja loomastik. Ohus on järve veel üsna puhas vesi. Hiljuti valmisid Peipsist kolm ingliskeelset ja eestikeelne monograafia, mis lubavad Peipsit lugeda Euroopa kõige paremini uuritud suurjärveks. Kuid Peipsil on veel palju valgeid laike, mis vajavad edasist põhjalikku uurimist. Seda on aga kindlasti vaja teha, sest Peipsi majanduslikust potentsiaalst on seni ära kasutatud vaid väike osa.

KIRJANDUS

Jaani, A., Beljazo, V. 2003. Peipsi veetaseme pikaajalised kõikumised ja nende Maavälised põhjused. Rmt.: J. Jaagus (toim.). Uurimusi Eesti kliimast. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis, 93. Tartu, 242-255.

Raukas, A., Rähni, E. 1969. Peipsi-Pihkva nõo ja seal levinud basseinide geoloogilisest arenemisest. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. Keemia, Geoloogia, 18, 2, 113-127 (vene keeles, eesti ja inglise keelsete resümeedega).

Raukas, A., Rähni, E. 1981. Pihkva-Peipsi järve põhjasetete struktuuritüübid ja nende kujunemise iseärasused. Rmt. Raukas, A. (toim.). Donnye otlozhenya Pskovsko-Chudskogo ozera. ENSV TA Geoloogia Instituut, Tallinn, 7–22 (vene keeles, eesti ja inglise keelsete resümeedega).

Raukas, A., Tavast, E. 1989. Peipsi-Pihkva puhkepiirkonna arendamise geoloogilis-geomorfoloogilised eeldused. Eesti Geograafia Seltsi aastaraamat 23. köide. Keskkonnakaitse sotsiaalsed ja majanduslikud probleemid. Tallinn, Valgus, 80-96.

Tavast, E. 1978. Eesti suurjärvede rannikuseire. Rmt.: Eesti keskkonnaseire 1996. Eesti Vabariigi Keskkonnaministeerium, Info- ja Tehnokeskus, Tallinn, 118-121.

Vichmann, A. 1929. Peipsi järve kalda kindlustamine. Tee ja Tehnika, 8, 117-124.

PEIPSI JÄRV KUI RAHVUSVAHELINE VEEMAJANDUSPIIRKOND JA INFORMATSIOONI ALLIKAS LOODUSE MUUTLIKKUSEST

Ago Jaani

Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut

PEIPSI – EUROOPA SUURIM RAHVUSVAHELINE JÄRV

Mõisted *piiriveekogu* ja *rahvusvaheline järv* tulid ametlike terminitena käibesse Piiriveekogude ja rahvusvaheliste järvede kaitse ja kasutamise konventsiooniga (Helsingi, 1992; RT II, 1995, 13/14, 64). Peipsi on tüüpiline rahvusvaheline järv, seejuures Euroopa suurim rahvusvaheline järv, kuna Peipsist suuremad Euroopa järved (Laadoga, Oneega ja Vänern) on kõik ühe riigi sisejärved.

Peipsi pindala on 30,00 m veeseisu juures 3555 km², millest Eesti territooriumi koosseisu kuulub 44 %, Vene Föderatsioonile 56 % järvest. Peipsi valgala (ilma järve enda pindalata) on 44 260 km², millest Eestis on 14 617 km² (1/3) ja Venemaal ning Lätis 29 643 km² (2/3; Lätis asub 4300 km² suurima Peipsisse voolava jõe Velikaja vasakpoolsete lisajõgede valgalasid). Seega on ka Peipsi valgala rahvusvaheline.

Riikide käitumisreeglid rahvusvahelistel järvedel ja nende valgaladel on sätestatud ülalnimetatud konventsiooniga. Osapoolte tegevuste kooskõlastamiseks rahvusvaheliste järvede haldamisel ja majandamisel näeb konventsioon ette kahe- ja mitmepoolsete riikidevaheliste kokkulepete sõlmimise ja riikidevaheliste ühiskogude moodustamise.

EESTI – VENE RIIKIDEVAHELISED KOKKULEPPED JA KOOSTEGEVUS PEIPSI JÄRVE HALDAMISEL

On loomulik, et esimene praegusaegne Peipsit puudutav riikidevaheline kokkulepe oli kalapüügi reguleerimiseks. Seda nõudsid mõlema poole majanduslikud huvid, seda enam et Peipsi on maailma parimaid kalajärvi. Eesti-Vene kalandusalase koostöö kokkulepe Peipsi, Pihkva ja Lämmijärvel sõlmiti 1994. a. Selle alusel moodustati kahepoolne komisjon, mis koguneb regulaarselt kaks korda aastas. See on igati asjalik ja tulemusrikas koostöö, milles muidugi ei puudu ka loomulikud pinged, kuid üldiselt on kalapüük Peipsil kontrolli all ja vast suurima tulemusena võib nimetada ühtsete kalapüügieeskirjade kehtestamist Peipsil.

Piiriveekogude ja rahvusvaheliste järvede konventsiooni alusel sõlmiti 1997. a, pärast mitmeaastast ettevalmistust, Eesti Vabariigi Valitsuse ja Vene Föderatsiooni Valitsuse vaheline piiriveekogude kaitse ja säästliku kasutamise kokkulepe (RT II, 1997, 33, 108). Kahepoolne ühiskomisjon, mille juhtasutusteks on Eesti Vabariigi Keskkonnaministeerium ja Vene Föderatsiooni Loodusvarade ministeerium, alustas tööd 1998. a kevadel ja koguneb täiskoguna kord aastas (rohkemat pole seni vaja olnud); põhiline, igapäevane praktiline töö toimub spetsialistide tasandil neljas töörühmas: veemajanduse (kus pearõhk on praegu Narva jõe ja veehoidlaga seonduvatel küsimustel), veekaitse (reostusallikate inventeerimine, veekaitsemeetmed, järve ja valgala jõgede seisundi jälgimine ja hindamine, normide ja standardite kooskõlastamine), seire ja teadusuuringute (kooskõlastatud on seireprogrammid ja -võrk, korraldatakse ühistöid Eesti ja Vene poole seiretulemuste parema võrreldavuse saavutamiseks, valmimas on tervikülevaade Peipsi ja tema valgala keskkonnaseisundist) ning kohalike omavalitsuste, elanikkonna, rahvusvaheliste ja valitsusväliste organisatsioonidega koostöö korraldamise töörühm. Viimase töö baseerub peamiselt 1994. a Tartus loodud mittetulundusühingul, mis praeguseks on kasvanud rahvusvahelist autoriteeti omavaks Peipsi Koostöö Keskuseks (CTC).

RAHVUSVAHELINE HUVI

Rahvusvahelisele teadus- ja veemajandusüldsusele avanes Peipsi kui suur, omapärane, rikkaliku elustikuga ja suhteliselt hästi uuritud järv alles pärast 1991. aastat. Peamiselt CTC kaudu on 1990ndatel aastatel realiseeritud ka mitu rahvusvahelist projekti, mille peaülesandeks oli Peipsi eutrofeerumisprotsessi ohjamisvõimaluste uurimine (toitainete sissevoolu vähendamine). Praegu käigusolevatest projektidest tuleks olulisematena nimetada lõpetamisjärgus olevat Euroopa Liidu piiriveekogude haldamise integreeritud strateegia projekti MANTRA-East ja alustatavat Peipsi järve haldamisprogrammi projekti, mida rahastab GEF.

ÜROs on praegu koostamisel esimene nn veemajanduse arenguaruanne (teatud analoogia inimarengu aruannetega), kuhu on valitud seitse objekti üle maailma, nende hulgas Peipsi järv ja tema valgala. Aruanne on Eesti ja Venemaa spetsialistide koostööna valminud ja ÜROle esitatud. Ülemaailmsel Veefoorumil Kyotos 2003. a märtsis oli päevakorras tervelt 6 ettekannet Peipsist.

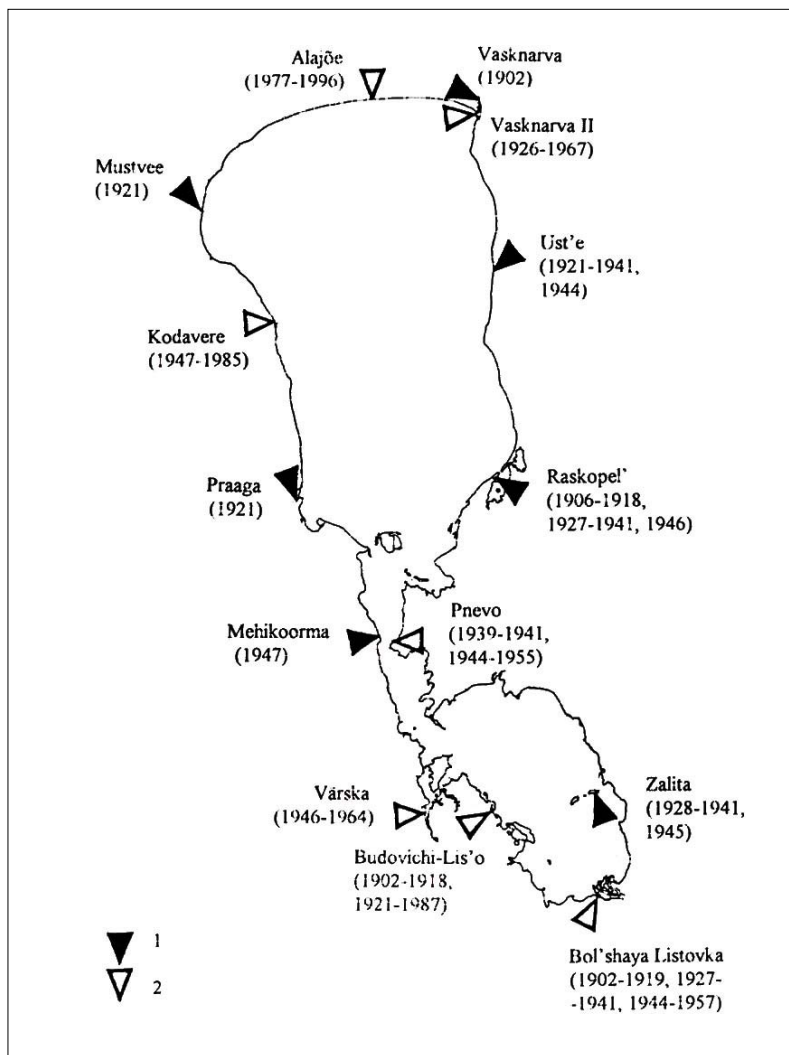
VALGALA VEEMAJANDUSKAVA

Eesti veemajandustegevuse juhtdokumendiks on Euroopa Liidu Veepoliitika Raamdirektiiv 2000/60/EC, millega on määratud valgalapõhine veemajanduskorraldus (Eesti jaoks pole põhimõtteliselt midagi uut) ja ette nähtud veemajanduskavade (siinses kontekstis mõistetakse veemajanduse koosseisus ka veekaitset kui majanduse loomulikku osa) koostamine valgalade (vesikondade) kaupa. Valitsuse 13.04.2001. a määrusega nr. 124 on Eesti jagatud 9 alamvesikonnaks, millest Peipsi alamvesikond on suurim – 12 428 km² (ilma Peipsi enda pindalata) ja hõlmab ka Narva jõe vasakkalda valgala, kuid Peipsi valgalasse kuuluv Võrtsjärve allvalgala (3006 km²) on siin Peipsist eraldatud ja moodustab omaette veemajandusliku alamvesikonna. Peipsi alamvesikonna veemajanduskava koostamisega on alustatud, toetab seda tegevust ka rahvusvaheline LIFE-Environment projekt. Veepoliitika raamdirektiivi põhimõtted on omaks võetud ka Venemaal, seal alustati Peipsi valgala veemajanduskava väljatöötamist programmi TACIS toetusel.

OLULINE VÄÄRTUS – RIKKALIK ANDMESTIK PEIPSI SEISUNDI JA SELLE MUUTLIKKUSE KOHTA

Süstemaatilised andmed Peipsi hüdrokeemilise seisundi kohta on olemas alates 1950ndate aastate teisest poolest. Esialgu olid nad tagasihoidliku mahuga ja seireks kaasaegses mõistes neid omaaegseid töid ka ei nimetatud. Seire nime said need tööd 1970ndate aastate algul, mil lisandus ka enam-vähem süstemaatiline fütoplanktoni seire. Oluline on, et 1990ndate algusaastate raskel ajal õnnestus Eestil seiret katkematult jätkata, ja nii on olemas mitmekümneaastane katkematu andmerida Peipsi seisundi kohta. Selle esimest otsa on praegu küll raske kasutada, muutunud on nõuded, meetodikad, aparatuur, oluliselt on paranenud kvaliteet jne, kuid sellele vaatamata on selline andmerida suure väärtusega.

Suure väärtusega on ka Peipsi veetaseme andmerida. Aegade vältel on Peipsil töötanud rida hüdromeetriaamu (joonis 1), millest pikim ja kvaliteetseim on Mustvee andmerida. Mõõtmised algasid seal küll 1921. aastal, kuid korrelatsiooni teel teiste hüdromeetriaamade andmetega on Mustvee aastakeskmiste veetasemete andmerida pikendatud kuni 1885. aastani [Eipre, 1964].

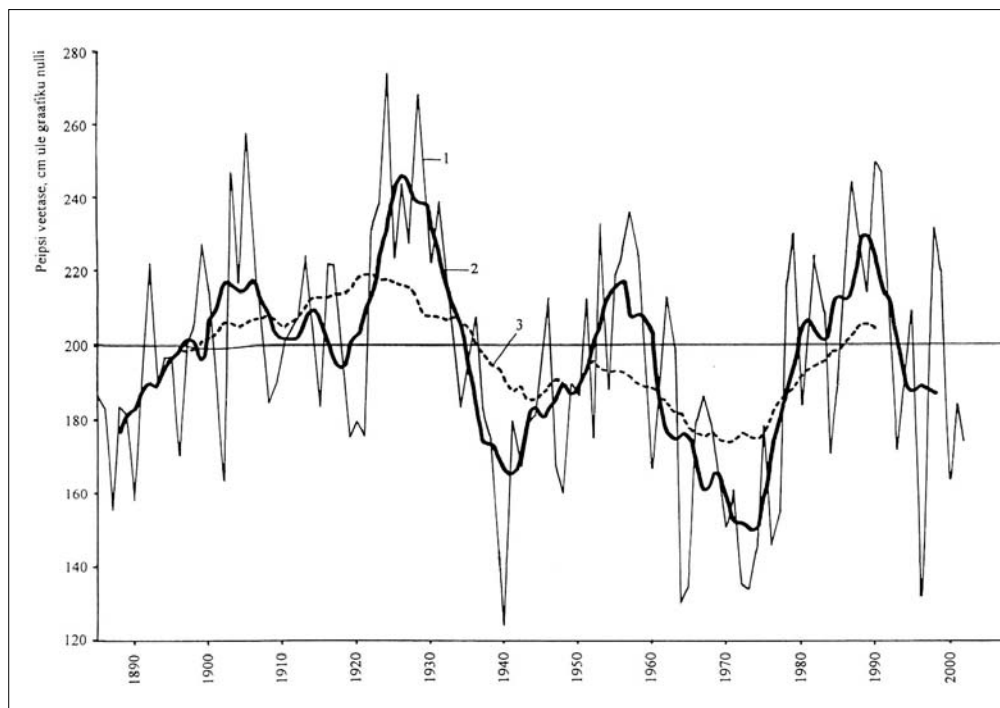


Joonis 1. Peipsi järve hüdromeetriaajaamad ja nende tegevusperiood.
 1 - tegutsevad hüdromeetriaajaamad;
 2 - praeguseks suletud hüdromeetriaajaamad.

PEIPSI VEETASEME PALJUAASTANE MUUTLIKKUS

Peipsi veetasemete paljuaastases käigus avaldub selge tsüklilisus (joonis 2). Kasutades andmerea silumiseks lihtsat libisevat keskmistamist ja XIX sajandi kohta ka andmeid kirjandusest, võime Peipsi veetaseme aegreas eristada pikaajalisi tsükleid kestusega 19–33 aastat:

Kuid Peipsi andmerida algab alles 1885. aastast, mistõttu sellise tsükli väljatoomine võib tunduda küsitavana ja vajab selgitust. Siin on kasutatud ka Laadoga järve vaatlusandmeid. Laadoga veetaseme silutud käik on sünkroonne Peipsi omaga [Jaani, 1973]. Laadogal algasid vaatlused 1859. aastal ja veetaseme käigu järgi võiks seda aastat pidada kõnealuse tsükli alguseks. Euroopa veerohkuse tsüklilisi muutusi põhjalikult uurinud A. Šnitnikov [1969] peab selle tsükli alguseks 1855. aastat ja nii oleme teinud siin meigi. Võib-olla on siin tegu ka kahe lühema tsükliga või koosneb see tsükkel kahest lühemast: 1855–1876 (21 a) ja 1877–1887 (10 a).



Joonis. 2. Peipsi veetaseme paljuaastased kõikumised.

- 1 - iga-aastased veetasemed; 2–7-aastased libisevad keskmised;
- 3 - 23-aastased libisevad keskmised.

I. 1855–1887 (33 aastat).

Saima järvel oli 1875. a samuti väga sügav ja järsk miinimum [Šnitnikov, 1969], silutud kõver aga Saimal kahte tsüklit esile ei too. Mõnevõrra lõuna pool, Nemunase jõel (kus vaatlused algasid 1812. a) eristub kõnealustes ajalistes raamides juba selgesti kaks tsüklit. Ilmselt jaguneb see tsükkel lõuna pool tõesti kaheks iseseisvaks tsükliks (sest looduslike muutuste tsüklilisus avaldub eri paigus erinevalt), Laadoga ja Peipsi on nähtavasti selle jagunemise piirilalal.

Veerikkaim aasta selles tsükliks oli ilmselt 1879, olgugi et väga veerikas oli ka 1868. a Laadogal ja 1867. a Peipsil [Vahre, 1970]. Enne kõnealust tsüklit olid väga veerikkad ka 1840. ja 1844. a ja kui oletada, et need aastad olid eelmise pikaajalise tsükli maksimumiks, võib omakorda oletada meie tinglikule esimesele tsüklile eelnenud umbes sama kestusega tsüklit XIX sajandi 30–50ndatel aastatel.

- II. 1888–1921 (33 aastat).
- III. 1922–1940 (18 aastat).
- IV. 1941–1973 (32 aastat).
- V. 1974–1996 (22 aastat).
- VI. 1997–...

Seni on selles tsükliks olnud kaks suhteliselt veerohket aastat (1998 ja 1999). Tsükli edasist käiku on raske ennustada. Matemaatilis-statistilise prognoosi järgi (joonis 7) peaks XXI sajandi esimeste aastakümnete vahetus olema väga veerohke ja nii on võimalik, et ka selle tsükli kestuseks võiks kujuneda 30–35 aastat.

Joonise 2 tähelepanelikumal vaatlemisel (kõver 3) võib näha, et seal ilmneb ka pikem, tinglikult sajandiliseks nimetada võidav tsükkel. See võis alata XIX sajandi 80ndate aastate

keskel ja lõppeda XX sajandi seitsmekümnendate aastate sügava miinumiga. Seega on meie andmerida väga esinduslik, hõlmates sajandilise tsükli tervikuna.

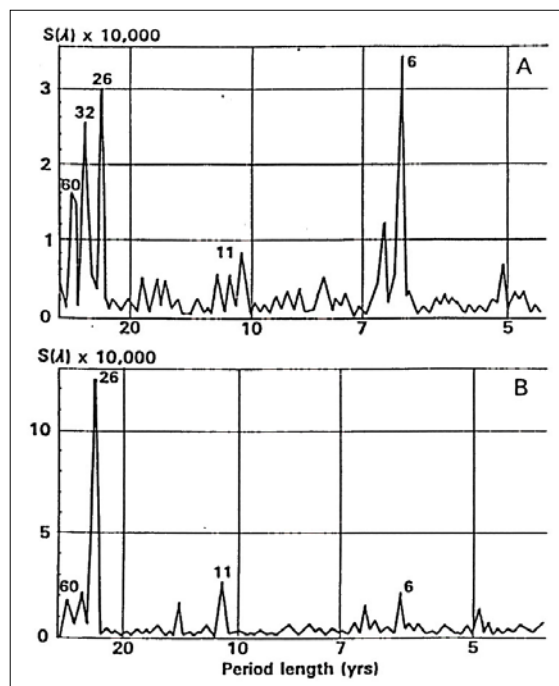
Kui ülalõeldu on õige, siis kuulus meie poolt eraldatud esimene tsükkel (või vähemalt selle esimene pool) eelmisse sajandilisse tsükklisse. Nagu ülalpool öeldud, oli möödunud sajandi keskpaigas vähemalt kaks väga veerohket perioodi – 1840ndatel (eriti 1844. a) ja 1860ndatel (eriti 1867. a, kui S. Vahtre andmetel (1970) oli Peipsi ääres olnud sama hull olukord kui 1844. a). Samal ajal näitavad arvutused [Eipre, 1964], et nimetatud väga veerohketel aastatel oli veetase siiski madalam kui seni kõige veerohkemal 1924. aastal.

Seega väljenduvad Peipsi veerohkuses reaalsed tsüklid kestusega 18–33 aastat, mis vastab klimatoloogias tuntud Brückneri tsüklitele keskmise pikkusega 35 aastat varieeruvusega 20–25 kuni 40–50 aastat.

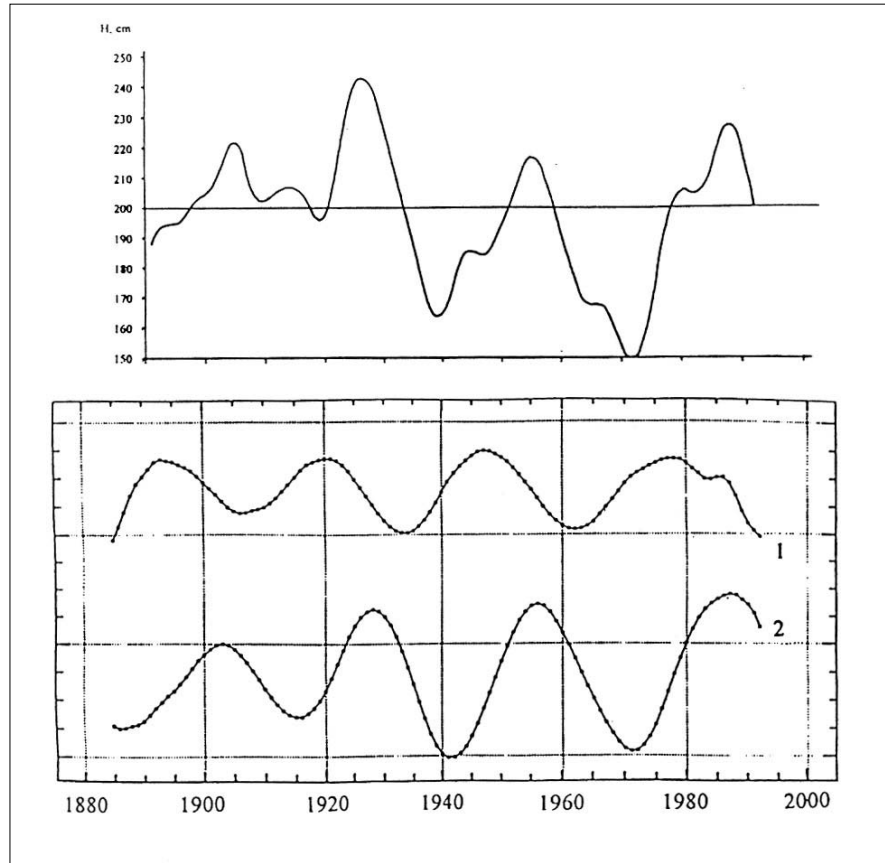
VEETASEME TSÜKLILISTE KÕIKUMISTE PERIOODILISED KOMPONENDID

Looduslike protsesside kulgu ja ajalist muutlikkust kujundavad paljud suuremaulatuslikud ja üheaegselt toimivad tegurid, millest enamus on perioodilise iseloomuga või sisaldavad tugevat perioodilist komponenti. Looduses reaalselt avalduvad tsüklilised muutused kujunevad paljude perioodiliste komponentide interferentsi tulemusena. Eri autorite poolt, eri meetoditel ja eri eesmärkidel on Peipsi veerohkuse aegreas välja toodud perioodilisi komponente kestusega 2–3; 4,9–5,1; 6,1–6,4; 10–11,2; 21–24; 26–28; 33; 42 ja 80–90 aastat.

Ilmekalt avalduvad need perioodilised komponendid joonisel 3 esitatud koondperiood-diagrammidel.



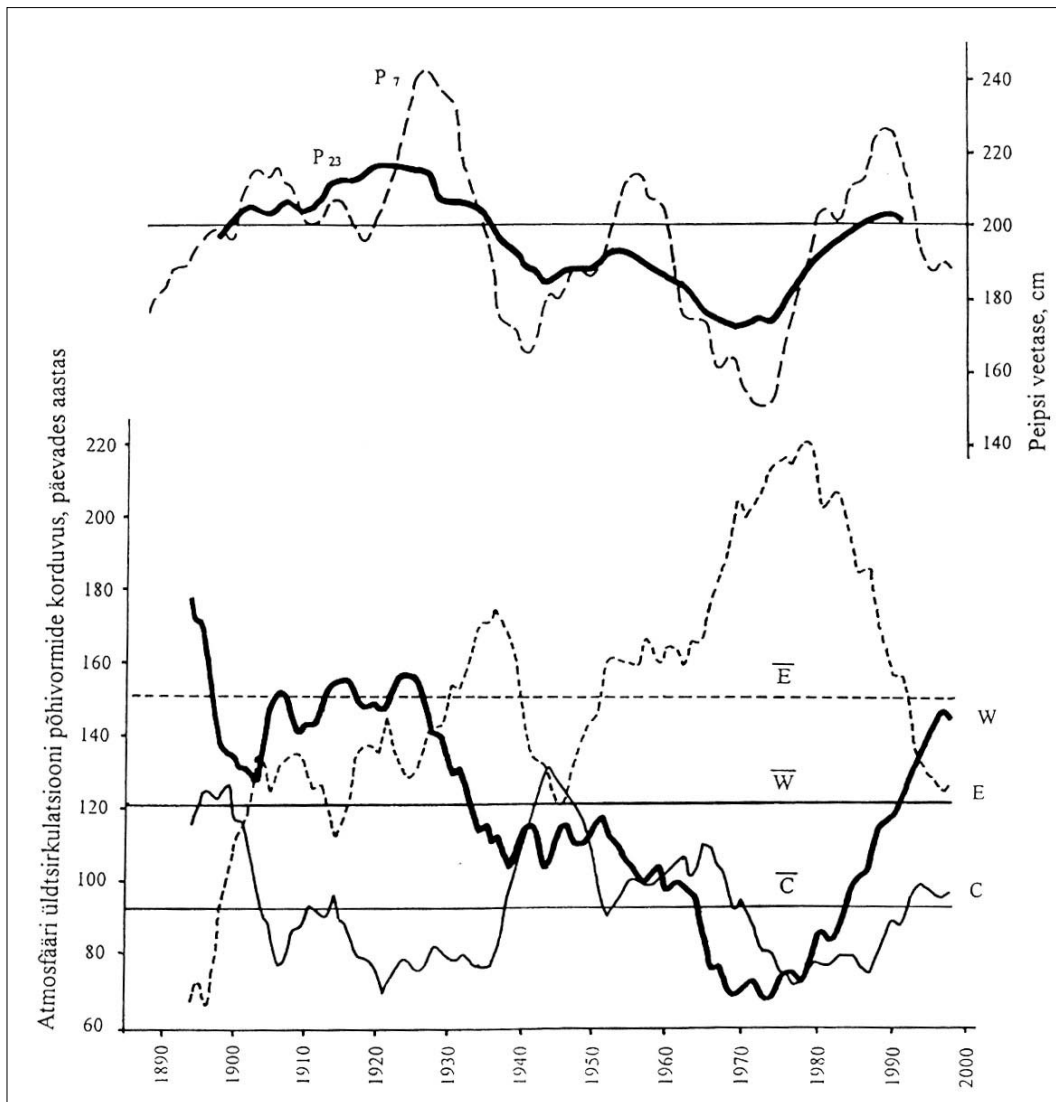
Joonis 3. Järvede aastakeskmiste veetasemete koondperiooddiagrammidel (A. Doganovski, Venemaa Hüdro meteoroloogiaülikool):
 A - Soome ja Eesti järved (Saima, Vanajavesi, Kallavesi, Oulujärvi, Päijänne, Võrtsjärv);
 B - Loode-Venemaa järved (Laadoga, Peipsi, Oneega, Kubenskoje, Ilmen, Seliger).



Joonis 4. Peipsi paljuaastane veetaseme käik, silutud 6-kordse 3-aastase libiseva keskmis-tamisega (ülemine kõver) ja 28-aastane perioodiline komponent Läänemere iga-aastase maksimaalse jääkatte pindala (1) ja Peipsi veetaseme (2) aegreas [Goljandina jt, 1997].

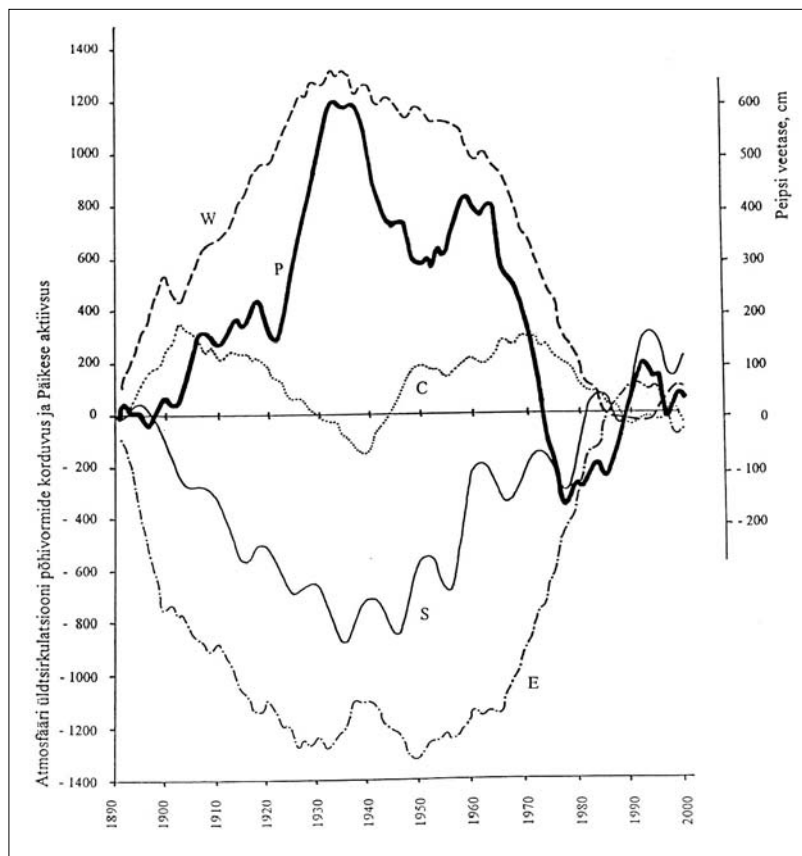
PEIPSI VEETASE JA ATMOSFÄÄRI ÜLDTSIRKULATSIOON

Järv ja tema valgala on ühtne tervik. Järve veetaseme (=veerohkuse) pikaajalised muutused on tingitud veerohkuse pikaajalisest muutumisest valgatal ehk valgala kliimatingimuste muutumisest (kui tegu on ühesuunalise protsessiga) või muutlikkusest. Kliima on ühest küljest määratud kohalike tingimustega (asukoht, eeskätt koha geograafiline laius, millest on saadava päikesekiirguse hulk, kaugus meredest ja ookeanidest, kõrgus ja pinnamood ehk aluspinna iseloom jms.), mida siinkohal (mõne sajandi pikkuses ajavahemikus) võime käsitleda muutumatutena, nagu ka Päikese kiirguskarakteristikuid (teatud mõõndustega). Sel juhul kujundatakse kogu kliimatingimuste muutlikkus atmosfääri tsirkulatsiooniprotsesside poolt, mis kõrvuti ookeanihoovustega on maakeral põhiliseks energia ja massi (soojuse ja vee) ümberjaotamismehhanismiks. Eriti oluline on atmosfääri üldtsirkulatsiooniprotsesside osa Peipsi valgatal tema geograafilise asendi iseloomu tõttu ookeanilise ja mandrilise kliima üleminekualal intensiivse tsüklonaalse tegevuse piirkonnas. Põhiliseks on siin lääne-ida suunaline ülekanne. Mida intensiivsem ja suurema korduvusega on lääne-ida suunaline õhu-tsirkulatsioon, seda niiskem (veerohkem) on üldjuhul sinne kliima. Atmosfääri üldtsirkulatsiooni muutumiste iseloomustamiseks on kasutatud Wangenheim-Girsi tsirkulatsiooniprotsesside põhivormide korduvust [Girs, 1971; Sepp, 1999].



Joonis 5. Peipsi veetaseme (P_7 ja P_{23} - 7- ja 23-aastased libisevad keskmised) ning Wangenheim-Girsi tsirkulatsiooniprotsesside W, C ja E põhivormide korduvuse (päevades aastas, 7-aastased libisevad keskmised) ajaline käik

Joonisel 5 on üsna selgesti näha Peipsi 23-aastaste keskmistatud veetasemete ja W-tsirkulatsioonivormi (7-aastased libisevad keskmised) käigu omavaheline üldine vastavus. Veel sarnasemaks muutub Peipsi veetaseme ja W-tsirkulatsioonivormi käigu pilt, kui kujutame meid huvitavate protsesside käiku nn hälvete integraalkõveratena (joonis 6). Sellised kõverad saadakse, kui mingi muutuja iga-aastased hälbepikaajalisest keskmisest järjestikku algebraliselt liidetakse. Seega rangelt võttes ei näita need kõverad muutuja ajalist käiku, vaid seda, kas muutuja (protsess) on mingil ajamomendil või -vahemikul üle või alla keskmise: kui kõver on suunatud ülespoole, on see muutuja üle keskmise (sest ülekaalus on positiivsed hälbepikaajalisest keskmisest järjestikku algebraliselt liidetakse). Seega rangelt võttes ei näita need kõverad muutuja ajalist käiku, vaid seda, kas muutuja (protsess) on mingil ajamomendil või -vahemikul üle või alla keskmise: kui kõver on suunatud ülespoole, on see muutuja üle keskmise (sest ülekaalus on positiivsed hälbepikaajalisest keskmisest järjestikku algebraliselt liidetakse). Seega rangelt võttes ei näita need kõverad muutuja ajalist käiku, vaid seda, kas muutuja (protsess) on mingil ajamomendil või -vahemikul üle või alla keskmise: kui kõver on suunatud ülespoole, on see muutuja üle keskmise (sest ülekaalus on positiivsed hälbepikaajalisest keskmisest järjestikku algebraliselt liidetakse).



Joonis 6. Peipsi aastakeskmise veetaseme (P), atmosfääri üldtsirkulatsiooni põhivormide korduvuse (W, C, E) ja Päikese aktiivsuse (S) hälvete integraalkõverad.

Joonis 6 kinnitab Peipsi veerohkuse olenevust eeskätt W-tsirkulatsioonivormi korduvusest. Tervikuna oli kogu periood XX sajandi algusest kuni 1930ndate aastate keskpaigani veerohke (hälvete integraalkõvera üldtendents on tõusev), sellele vastab ka W-tsirkulatsioonivormi anomaalselt kõrge (üle keskmise) korduvus. Järgmine, samuti 30–40-aastane periood, oli tervikuna veevaene, millele vastab W-tsirkulatsioonivormi keskmisest väiksem korduvus (mõlemad kõverad langevad). Olgugi et 1960ndate aastate lõpust hakkas W-tsirkulatsioonivormi korduvus kasvama, ka Peipsi veetaseme hakkas tõusma (joon. 5), jäi hälvete integraalkõver 1980ndate aastateni langevaks, kuna korduvus, vaatamata kasvule, jäi ikkagi alla keskmise. Alates 1980. aastast oli Peipsi (kogu perioodi keskmisena) jälle veerohke, mis oligi tingitud W-tsirkulatsioonivormi korduvuse olulisest kasvust.

Tagasi pöördudes eespool väljatoodud pikaajaliste tsüklite juurde näeme samuti veetaseme olenevust peamiselt W-tsirkulatsioonivormi korduvusest. Wangenheim-Girsi tsirkulatsioonivormide korduvuse kataloog on olemas 1891. aastast, mistõttu ei saa me midagi konkreetset öelda tsirkulatsioonivormide korduvuse kohta meie esimeses veerohkuse tsüklis. Seevastu II tsükkel langeb enam-vähem kokku W-tsirkulatsioonivormi anomaalse arenguga meie regioonis, veetaseme alanemine tsükli teisel poolel on seotud W-tsirkulatsioonivormi korduvuse vähenemisega ja E- ning C-tsirkulatsioonivormide arenguga, mis mõlemad blokeerivad lääne-idasuunalist tsirkulatsiooni. III tsüklis langevad Peipsi veetaseme maksimumid kokku W-tsirkulatsioonivormi korduvuse maksimumiga 1920ndate aastate keskel ja teisel poolel. Pärast seda algab W-tsirkulatsioonivormi korduvuse vähenemine ja Peipsi veetaseme kiire alanemine. IV tsüklis, mis oma kõrguselt jäi eelmisele alla, oli ka W-tsirkulatsioonivormi korduvus väiksem ja püsis mingil suhteliselt stabiilsel, keskmisest veidi madalamal tasemel.

1960ndate aastate algul algas W-tsirkulatsioonivormi korduvuse järjekordne kiire vähenemine, mis tõi kaasa Peipsi veetaseme sügavad miinimumid 1960ndate ja 1970ndate aastate keskel. Kogu 50-aastase perioodi vältel (1920ndate aastate lõpust kuni 1970ndate aastate keskpaigani) toimus W-tsirkulatsioonivormi korduvuse vähenemine, ja vastavalt sellele on ka Peipsi veetase üldiselt alaneva suunaga. V tsükli alguses oli W-tsirkulatsioonivormi korduvus väga väike, hakkas aga siis kasvama ja ka Peipsi veetase tõusma, jõudes 1980–1990ndate aastate maksimumideni, mis olid eelmise tsükli maksimumidest tunduvalt kõrgemad.

Seega Peipsi veerohkus oma paljuaastases käigus oleneb atmosfääritsirkulatsiooni üldisest iseloomust (muutlikkusest) Põhja-Atlandil ja Põhja-Euroopas, eeskätt Wangenheim-Girsi W-tsirkulatsioonivormi korduvusest.

VEETASEME PALJUAASTASE MUUTLIKKUSE PÕHJUSTEST. PEIPSI VEETASE JA PÄIKESE AKTIIVSUS

Looduslike protsesside tsükliliste muutuste peapõhjuste otsinguil on loomulik esimene pöördumine Päikese aktiivsuse kui kõige tuntuma ja ilmekama Maavälise tsüklilise protsessi poole, mille seost Maal toimuvate protsessidega on ammu uuritud ja mis ilmselt ei vaja siinkohal eraldi tõestamist. Üldist seost Peipsi järve veetaseme ja Päikese aktiivsuse vahel pandi tähele juba ammu [Vellner, 1929, 1940; Eipre, 1964]: kõrgele Päikese aktiivsusele vastavad veevaesed perioodid ja vastupidi, mis üldjoontes on ka õige (joonised 5, 6). Omal ajal on käesoleva artikli autor seda seost täpsemalt uurinud [Libin, Jaani, 1989; Libin jt, 1992] ja põhitlemused on järgmised:

- 1) Peipsi veetaseme pikaajalistes kõikumistes avaldub kvaasi-2-aastane tsükkel keskmise kestusega 2,6 a, mis on nähtavasti seotud nn päikesetuule ja sellega seonduvate õhurõhu ja temperatuuri variatsioonidega;
- 2) avalduvad Päikese aktiivsuse 11- ja 22-aastased tsüklid, kusjuures valdavaks on 22-aastane tsükkel. Päikese aktiivsuse kvantitatiivses küljes tugevamini avaldub 11-aastane tsükkel avaldub paljudes Maal toimuvates geofüüsikalistes protsessides nõrgemini kui 22-aastane Päikese magnetvälja polaarsuse muutumisega seotud tsükkel. 22-aastase tsükli avaldumisel Maal on selgelt regionaalne iseloom, s.t. eri kohtades võib ta olla nii eri märgi kui ka teistsuguse amplituudiga;
- 3) avaldub 80–90-aastane ehk sajandiline tsükkel;
- 4) Peipsi veetasemetes tsüklite piirides ilmnevad ekstreemumid on võrreldes Päikese aktiivsuse ekstreemumitega teatud ajalise nihkega, kusjuures see nihe on paaris- ja paaritunumbrilistes Päikese aktiivsuse tsüklites erinev:
 - paarisnumbrilistes tsüklites on veerohked aastad Peipsil Päikese aktiivsuse miinimumist 1 aasta, paaritunumbrilistes tsüklites 2 aastat hiljem;
 - veevaesed aastad on paarisnumbrilistes tsüklites 3 aastat, paaritunumbrilistes tsüklites 2 aastat Päikese aktiivsuse maksimumist hiljem.

Statistilised seosed Päikese aktiivsuse ja Peipsi veetaseme tsükliliste muutuste vahel (nagu seosed teistegi Maal toimuvate tsüklilise iseloomuga protsessidega, arvestades ka nende muutuste erinevat avaldumist eri piirkondades ja seoste iseloomu ning märgi muutumist ajas) on tõesed, kuid ilmselt mitte põhjuslikud – puudub pikaajaliste Maal toimuvate tsükliliste muutuste esilekutsumise vahetu mehhanism või on see vähemalt ebaselge (see ei käi lühemaajaliste, peamiselt ilma mõjutavate protsesside kohta, ja ka 1–2-aastaste muutuste kohta, mille füüsikaline mehhanism on selge). Päikese aktiivsus ise järvede veetasest ja seda vahetult kujundavaid pikaajalisi atmosfääri tsirkulatsiooniprotsesside muutusi ei mõjuta, nähtavasti need protsessid toimuvad lihtsalt paralleelselt, seejuures Maa eri piirkondades erineva ajalise nihkega.

LOODUSLIKE PROTSESSIDE TSÜKLILISTE MUUTUSTE, SEALHULGAS KLIIMAMUUTUSTE, ILMSEST PEAPÕHJUSEST

Atmosfääri üldtsirkulatsioon (õigemini selle väljendumine mingis regioonis, nt järve valgala piirkonnas) ja selle ajaline muutlikkus on vahetu ja otsene tegur, mis kujundab suurte järvede veerohkuse muutlikkuse ja selle tsüklilise iseloomu. Atmosfääriprotsessidel on oma pikaajaline muutlikkus, mis kujuneb paljude väliste tegurite koosmõju tulemusena ja mis ise on keerkates omavahelistes põhjuslikes seostes. Omaaegses, praeguseks juba klassikaks muutunud kirjanduses [nt Girs, 1971] käsitleti ka Päikese aktiivsust ühena, kui mitte põhilisena atmosfääri üldtsirkulatsiooni muutlikkust kujundavatest teguritest. Solaarkonstandi väikeste muutuste ning korpuskulaar- ja ultraviolettkiirguse muutlikkuse kaudu olenevalt Päikese aktiivsusest see nii ongi [Girs, Kondratovitš, 1978].

Kuid Maal toimuvate protsesside kulgu kujundavad ka muud jõud. Esmajoones tuleks sellisena nimetada Maa pöörlemiskiiruse ebaühtlust ja pooluste nutatsiooni, kuid need on ise tingitud suurte veemasside globaalsest ümberpaiknemisest (vee hulk Maailmaookeanis ja mandritel, polaaralade mandri- ja merejää hulk; muuhulgas vastavad Peipsi veerohked perioodid üldiselt ajavahemikele, mil mandritel on vee hulk suurem ja Maailmaookeanis väiksem) ja nende ümberpaiknemiste tagasimõju Maa pöörlemisparameetritele arvatakse suhteliselt väike olevat [Sidorenkov, 1982]. Edasi tulevad aga kõne alla eeskätt loodejõud ja gravitatsioonivälja pidev muutumine Maad ümbritsevas kosmilises ruumis seoses planeetide omavahelise asendi pideva muutumisega, seega Maavälised, astronoomilised tegurid, mis autori arvates ongi Maal, esmajoones tema dünaamilistes sfäärides pidevalt toimuvate muutuste peapõhjuseks. Kõnealuste protsesside ja muutuste hulka kuuluvad ka kliimamuutused, kaasa arvatud praegu toimuvad ja üldist tähelepanu ning teatud ärevust tekitavad, üldiselt globaalse soojenemise nime saanud protsessid.

Põhimõtteliselt pole sellises lähenemises midagi uut. Pikaajaliste kliimamuutuste loodejõude-põhjuslikkuse kohta on teadaolevad arvamused pärit juba möödunud sajandi algusest, eriti tuleks sellest ajast nimetada Milankovići kliimamuutuste astronoomilist teooriat [Milankovič, 1939], mida omal ajal küll tähele pandi, kuid ilmselt erilist poolehoidu ei leidnud, hiljem aga seoses inimõhu ilmse ületähtsustamisega kliimamuutuste käsitlemisel üsna unustati. (Viimane väide eesti klimatoloogide kohta päriselt ei käi, Milankovići tööd on mitmetes viimaste aastakümnete töödes nimetatud ja mõningal määral ka käsitletud nii eesti keeles ilmunud tõlketöös kui ka eesti klimatoloogide endi kirjutistes.) Hiljem on seda käsitlenud Šnitnikov [Šnitnikov, 1985] ja rida teisi Vene uurijaid. Viimastest tuleks nimetada Arktika ja Antarktika Instituudis viljeldavat ja Geofüüsika Peabservatooriumis B. Sazonovi juhtimisel viljeldud suunda, aga ka Borissenkovi teoreetilist tööd [Borisenkov, 1998] ning Lääne-Siberi Hüdro meteoroloogia Instituudi töid. Läänepoolsete lähemate naabrite juures uuritakse seda suunda Taani Meteoroloogia Instituudis (Päikese ja Maa vaheliste seoste aspektist).

PÄIKESE AKTIIVSUS JA GRAVITATSIOONIJÕUD. PÄIKESESÜSTEEMI DISÜMMETRIA

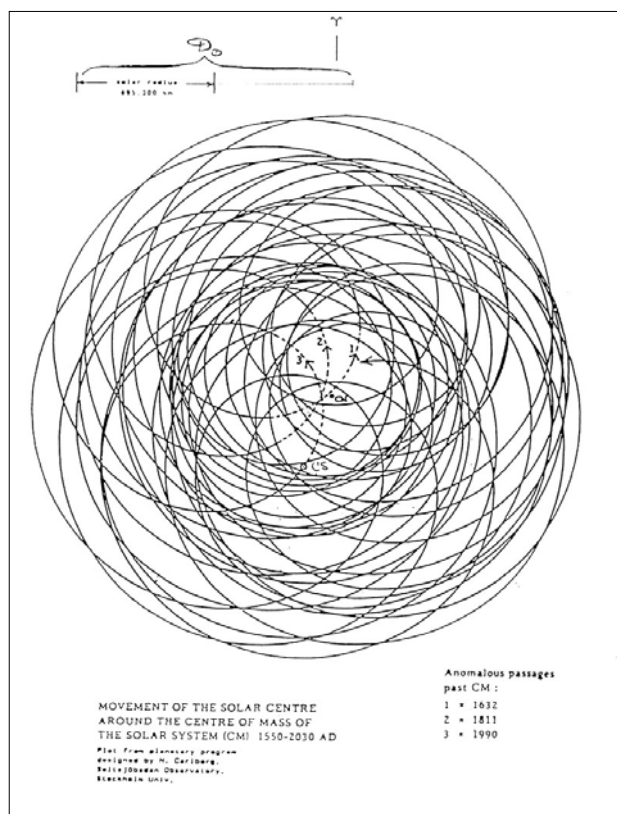
Siinses kontekstis (seega suurte mööndustega) võime Päikest vaadelda kahest kihist koosneva nõrgalt muutliku tähena. Päikese suure tihedusega siseosas toimub termotuuma-protsess (mida võib siinkohal käsitleda statsionaarse protsessina), milles toodetav energia väljub välimise kihi kaudu kosmilisse ruumi. Selles välimises kihis toimuvad protsessid, mis on ajas muutuvad ja mida nimetataksegi Päikese aktiivsuseks. Päikese aktiivsuse muutlikkus on tsüklilise iseloomuga ja neist tsüklitest on olulisemad (jällegi vaid siinses kontekstis) 5–6-, 11-, 22-, 85–90-, 176–180- ja 1850–1900-aastase keskmise pikkusega tsüklid.

Päikesesüsteemis tiirleb Päikese ümber 9 planeeti (hiljuti Plutost kaugemal avastatud suure jääkamaka jätame praegu kõrvale), neist kaks väikeplaneeti tiirlevad seespool Maa orbiiti, ülejäänud (Marss, Jupiter, Saturn, Neptun ja Pluto) aga väljaspool. Viimatinimetatud nn välisplaneetidest on Jupiter ja Saturn suured (vastavalt 318 ja 95 Maa massi), Uraan ja Neptun väiksemad, kuid siiski Maast tunduvalt suuremad (14,5 ja 17,5 Maa massi). Päikesesüsteemi

oluliseks karakteristikuks on asjaolu, et kogu süsteemi massist moodustab Päikese mass 99,8 %, impulssmomentist aga ainult 0,2 %.

Kuna planeedid tiirlevad ümber Päikese elliptilistel orbiitidel ja eri perioodidega, muutub gravitatsiooniväli Päikese ümber pidevalt, pidevalt muutub ka kogu süsteemi massikeskme asukoht, mille ümber põhimõtteliselt tiirleb ka Päike ise. Selle tulemusena Päikese enda massikeske ei langegi kokku kogu süsteemi massikeskme ja Päike on pidevalt muutuva gravitatsioonilise mõju all.

Päikesesüsteemi ja Päikese enda massikeskmete vahe (Päikesesüsteemi disümmeetria) võib ulatuda 1,5 miljoni kilomeetriteni, mis on suurem Päikese enda läbimõõdust (joon. 7).



Joonis 7. Päikese keskme ja Päikesesüsteemi massikeskme omavahelise asendi muutumine 1550–2030 [Windelius, Tucker, 1988].

Planeetide kaalutud tiirlemisperiood ümber Päikese (st arvestades nende massi ja kaugust Päikesest) on 180 aastat, mis vastab eespoolnimetatud Päikese aktiivsuse 176–180-aastasele tsüklile. Jupiteri tiirlemisperiood on 11,9, Saturnil 29,5, Uraanil 84, Neptunil 164,8 aastat. Need neli suurt välisplaneeti (õigemini nende omavahelise asendi muutumine tiirlemisel ümber Päikese) kujundavadki Päikese aktiivsuse põhitsüklid.

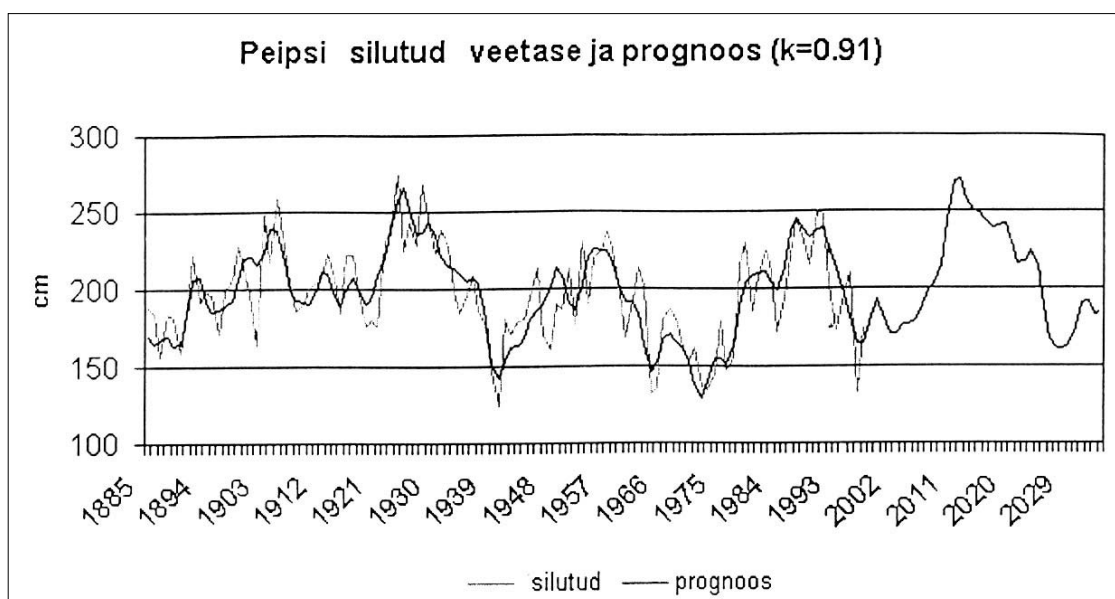
ATMOSFÄÄRI ÜLDTSIRKULATSIOON JA SUURED VÄLISPLANEEDID

Samamoodi kujundab suurte välisplaneetide omavahelisest asendist tingitud gravitatsioonivälja pidev muutumine Maa atmosfääri üldtsirkulatsiooni, kusjuures siin tuleb arvestada ka Maa enda asendi pidevat muutumist suurte välisplaneetide suhtes. See muudab atmosfääri üldtsirkulatsiooni muutlikkuse keerukamaks kui Päikese aktiivsuse muutlikkus. Ilmselt on sellest tingitud ka Päikese aktiivsuse ja ilmaelementide ning kliimakarakteristikute statistiliste

seoste ebapüsivus, erinev avaldumine Maa eri piirkondades ning ajalised nihked nende vahel.

PEIPSI VEETASE JA SUURED VÄLISPLANEEDID

Peipsi veetaseme pikaajaliste muutuste vahetuks kujundajaks on loomulikult atmosfääri üldtsirkulatsiooni muutlikkus, kuid planeetide mõju Peipsi veetaseme paljuaastases käigus võib leida ka "otse", kusjuures mõneti ootamatult just kaugemate suurplaneetide Saturni ja Uraani mõju: nende summaarse käände ajaline käik vastab hästi Peipsi veetaseme silutud kõverale, kuid 20-aastase nihkega. Kõverate võrdlemine annab kinnitust artikli alguses nimetatud võimalike veerohkete aastate esinemisele 1840ndatel aastatel ja 1860ndate aastate teisel poolel, näitab hästi praegusi suhteliselt veevaseid aastaid ja viitab ka väga veerohke perioodi tekkimisele 2010ndatel aastatel. Sama kinnitab ka varem arvatud matemaatilistatistiline prognoos (joonis 8), mis omakorda näitab selle konkreetse prognoosimeetodi head füüsikalist tausta.



Joonis 8. Peipsi veetaseme pikaajaline prognoos, 3-aastased libisevad keskmised (A. Reap, <http://envir.envir.ee/itk/peipsi.htm>)

KOKKUVÕTE

Niisiis võis Peipsi veetasemete muutlikkuse analüüsi kaudu jõuda üsna kaugele, looduslike protsesside tsükliliste muutuste ilmse peapõhjuse ni: Peipsi veetaseme pikaajalistel kõikumistel on tsükliline iseloom, mis on atmosfääri üldtsirkulatsiooni vahendusel põhjustatud Päikesesüsteemi planeetide, eeskätt suurte välisplaneetide omavahelise asendi pidevast muutumisest tingitud Maad ümbritseva gravitatsioonivälja muutlikkusest. Samast protsessist on tingitud ka Päikese aktiivsuse muutumine ja selle tsükliline iseloom. Seega Päikese aktiivsuse ja atmosfääri üldtsirkulatsiooni muutused toimuvad paralleelselt, üksteisest sõltumatult, kuid samade väliste tegurite mõjul. Looduslike tingimuste muutlikkus on paratamatu ja nende muutuste tsükliline iseloom universaalne. Need muutused toimuvad ühtses, keeruka ajalis-ruumilise struktuuriga süsteemis ja olenemata inimese tahtest ning inimtegevuse mõjust.

VIIDATUD KIRJANDUS:

- Borisenkov, E. P. 1998. Gravitatsija, klimat i pogoda. Vestnik Sankt-Peterburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta, Ser. 7, vyp. 1, 7, 87-91.
- Eipre, T. 1964. Peipsi-Pihkva järve veeseisud. - Eesti Geograafia Seltsi Aastaraamat 1963. Tallinn, 35-54.
- Girs, A. A. 1971. Mnogoletnije kolebanija atmosfernoj tsirkuljatsii i dolgosročnyje gidrometeorologičeskije prognozy. Leningrad, 280 lk.
- Girs, A. A., Kondratovič, K. V. 1978. Metody dolgosročnyh prognozov pogody. Leningrad, 14-138.
- Glazačeva L. I. 1977. Tsikličnost' prirodnyh protsessov i kolebanija vodnosti rek i ozer. Riga, 50 lk.
- Goljandina, N. E., Solntsev, V. N., Filatova T. N., Jaani, A. E. 1997. Issledovanije periodičeskikh komponent v dinamike gidrologičeskikh pokazatelei: metod "Gusenitsa". - Danilov D. L., Žigljavski, A. A. (red.). Glavnyje komponenty vremennyh rjadov. St. Peterburg, 289-301.
- Jaagus, J. 1989. Periodilised sademete kõikumised Eestis. Eesti Loodus, 3, 142-148.
- Jaani, A. 1973. Veerohkus muutub tsükliliselt. Eesti Loodus, 12, 758-764.
- Libin, I., Jaani, A. 1989. Vozdeistvije izmenenij solnečnoj aktivnosti na geofizičeskije i gidrologičeskije protsessy. I. Spektral'nyje harakteristiki kolebanij vodnosti Čudskogo ozera. Izvestija Akademij Nauk Estonskoi SSR. Biologija, 38, 2, 97-106.
- Libin, I., Prilutskij, R., Jaani, A. 1992. Vozdeistvije izmenenij solnečnoj aktivnosti na geofizičeskije i gidrologičeskije protsessy. II. Korotkoperiodnyje kolebanija vodnosti Čudskogo ozera. Izvestija Akademij Nauk Estonii. Geologija, 39, 3, 98-107.
- Milankovič, M. 1939. Matematičeskaja klimatologija i astronomičeskaja teorija kolebanij klimata. Moskva-Leningrad. 196 lk. (tõlge saksa keelest)
- Sepp, M. 1999. Atmosfääri üldise tsirkulatsiooni tüüpide korduvuse seosed Eesti ilmastikuga. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis, 85, 108-122.
- Sidorenkov, N. S. 1982. Nekotoryje parametry globalnogo vodoobmena po dannym o vekovom dvizenii poljusa i neravnomernosti vraščeniija Zemli. Vodnyje resursy, 3, 39-46.
- Šnitnikov, A. V. 1969. Vnutrivekovaja izmenčivost' komponentov obščei uvlažnennosti. Leningrad.
- Šnitnikov, A. V. 1985. Teoretičeskije osnovy mnogovekovoij izmenčivosti obščei uvlažnennosti i sostojanija ozer - sovremennoje i verojatnoje buduščee. Rmt.: Problemy issledovanija krupnyh ozer. Leningrad, 5-22.
- Vahtré, s. 1970. Ilmastikuoludest Eestis XVIII ja XIX sajandil (kuni 1870.a.) ja nende mõjust põllumajandusele ning talurahva olukorrale. Tartu Ülikooli Toimetised, 258, 43-154.
- Vellner, A. 1929. Peipsi perioodid. Tee ja Tehnika, 2, 22-24.
- Velner, A. (toim.). 1940. Veepinnad Narva jõe ja Peipsi järve vesikonnas 1929-1938. Loodusvarade Instituudi Avaldised, 6, 1-64.
- Windelius, G., Tucker, P. 1988. Solar motion...Seismicity...Climate... Drottningholm, 40.

MILLEST SÖLTUB PEIPSI JÄRVE SEISUND JA ÖKOKATASTROOFI RISK?

*Küllli Kangur, Tõnu Möls, Marina Haldna, Andu Kangur,
Peeter Kangur, Reet Laugaste, Anu Milius*
Eesti Põllumajandusülikooli Zooloogia ja Botaanika Instituut

Risto Tanner
Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut

SISSEJUHATUS

Peipsi oma 3555 km² pindalaga on Baltikumi suurim järv ja Euroopas suuruselt neljas, jäädes oma pindalalt alla vaid Venemaa loodeosas paiknevatele Laadogale ja Äänisjärvele (Oneegale) ning Vänerni järvele Rootsis. Eesti teisest suurjärvest – Võrtsjärvest on Peipsi laias mõttes (koos Lämmijärve ja Pihkva järvega) 13 korda suurem ja umbes kaks ja pool korda sügavam. Eestile kuulub Peipsist 1570 km². Peipsi majandusliku kasutamise võimalused on mitmekesised. Ta on suurepärase puhkeveekogu ja turismipiirkond. Peipsi on rikas kalajärv andes enam kui 90% Eesti sisevete kalatoodangust. Aga kindlasti on Peipsi suurim väärtus tema tohutu mageda vee varu, mis ulatub 25,1 km³.

Peipsi elustik on oma liigirikkuselt ainulaadne, mis tuleneb tema elupaikade mitmekesisusest ja eri järveosade troofsuse ulatusest kesktoitelisest liigtoiteliseni. Siin elavad kõrvuti erinevate ökoloogiliste nõudlustega liigid, sealjuures mitmed reliktid ja haruldused, samuti erineva toitelisusega veekogude indikaatorliigid.

Veeökosüsteemide seisundit mõjutavad paljud looduslikud protsessid ja inimtekkelised tegurid. Sageli arvatakse, et järve ökosüsteem reageerib järkjärgulistele muutustele ilmastikus, veetasemes, toiteainete koormuses jms sujuvalt [Scheffer jt, 2001]. Kuid teatud tingimustes võib järve seisund muutuda hüppeliselt, tuues kaasa ootamatuid katastroofilisi tagajärgi elustikule. Peipsit tabas niisugune olukord 2002. a suvel, ja ka varem on analoogilisi kriitilisi seisundeid ette tulnud.

Viimaste kümnendite peamine probleem madalates kihistumata järvedes, kuhu kuulub ka Peipsi (keskmine sügavus 7,1 m), on eutrofeerumine, mis seisneb veekogu rikastumises lämmastiku- ja fosforiühendite ning teiste biogeenidega koos sellest tulenevate nihetega järve elustikus. Järvede seisundi pööramiseks toitelisuse vähenemise suunas, eriti biogeenide sissekande vähendamiseks, on tehtud suuri jõupingutusi [Cardoso jt, 2001]. Uute puhastusseadmete rakendamine ja põllumajandusliku tootmise vähenemine pärast taasiseseisvumist on vähendanud Eesti poolelt Peipsisse kanduva reostuse koormust.

Töö eesmärgiks on selgitada, missugune on Peipsi järve elustiku vastusreaktsioon biogeenide taseme muutustele viimastel aastakümnetel ning milline on looduslike protsesside võimalik roll kriisisituatsioonide kujunemisel järves. Eriti pakuvad huvi need protsessid, mis takistavad suure madala järve troofilise taseme alanemist lämmastiku ja fosfori sissekande vähenemisel valgalalt. Selgitatakse ka veetaseme perioodiliste muutuste osa suure madala järve ökosüsteemi dünaamikas.

ANDMED JA METOODIKA

Peipsi on üks väheseid järvi, mida viimase poole sajandi jooksul on regulaarselt uuritud. Igaaastaseid hüdrokeemilisi uuringuid Peipsil on erinevate laborite poolt tehtud alates 1950. a, järve elustikku on Zooloogia ja Botaanika Instituudis süstemaatiliselt uuritud alates 1962. a. Hüdroloogilised andmerekad on enam kui 100 aasta pikkused. Alates 1992. a on hüdrobioloogilised ja hüdrokeemilised vaatlused Peipsil toimunud Riikliku keskkonnaseire programmi raames [Kangur jt, 2002]. Sellest ajast peale on proove kogutud põhiliselt Peipsi

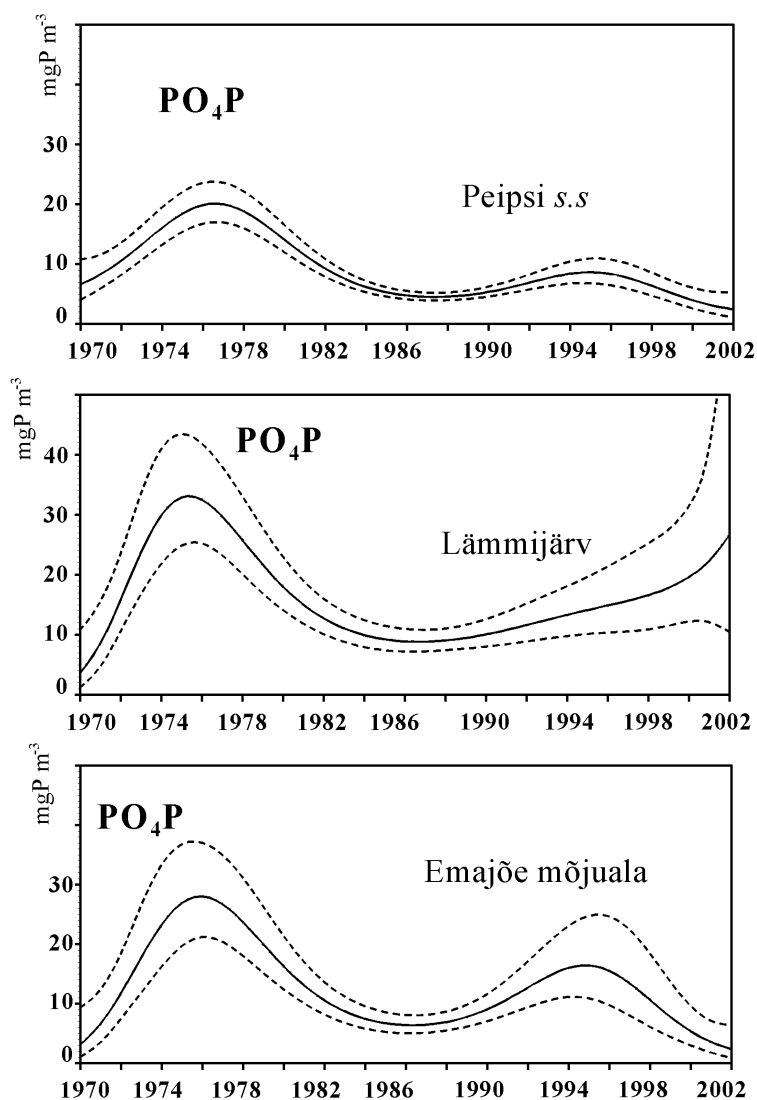
järve Eesti-poolses osas, lisaks vähesed Eesti-Vene ühisekspeditsioonil 2001. ja 2002. a oktoobris Venemaa poolelt kogutud proovid.

Pikad andmerekad ja uudsed matemaatilised meetodid on eelduseks keeruliste ökoloogiliste seoste selgitamisel järves. Peipsi hüdrokeemia ja elustiku andmestik sisaldab üle 113000 analüüsi ja mõõtmise. Peipsi andmete statistiline analüüs põhineb suurtel regressioon- ja kovariatsioonanalüüsi mudelitel [Möls, Starast, 2000]. Arvutused teostati SAS süsteemi protseduuridega GLM ja MIXED.

TULEMUSED JA ARUTELU

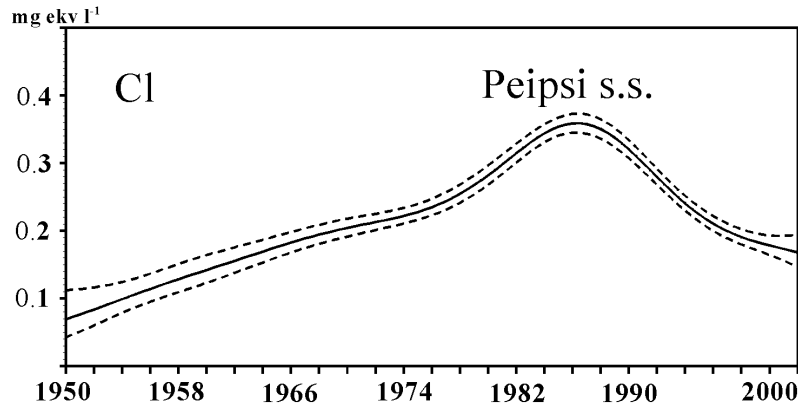
KIIRE EUTROFEERUMISE PERIOOD 1970ndate ALGUL

Fosfaat- (joonis 1), nitraat- ja nitritioonide sisalduse pikaajalised muutused näitavad, et alates 1970ndate aastate algusest hakkas Peipsi järv intensiivselt eutrofeeruma. Kümnenndi lõpul oli järve troofsustase jõudnud kogu ökosüsteemi jaoks kriitilise piirini [Timm jt, 1988].



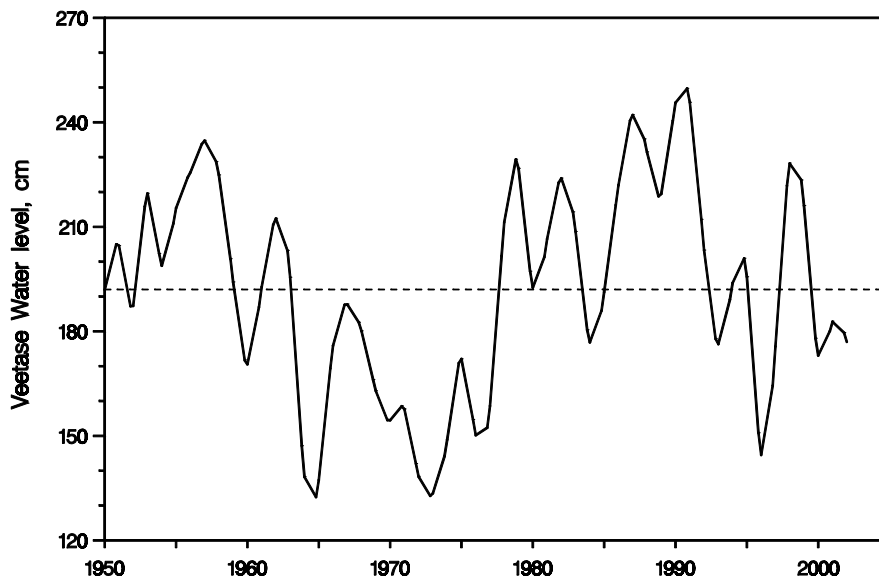
Joonis 1. Fosfaatioonide (PO_4P , mg P m^{-3}) sisalduse muutumine 19. juuli seisuga Peipsi erinevates osades.

Eutrofeerumise kiirenemise põhjuseks peetakse eelkõige inimtegevusest tingitud toiteainete sissekande suurenemist (Starast jt, 2001). Kuid tugev inimõju järvele, mis avaldus sulfaat- ja kloriidiooni sisalduse tõusus, oli märgatav juba varem, alates 1950. aastatest (joonis 2). Seetõttu on alust arvata, et ka looduslikud protsessid, mis on seotud välistingimuste (eelkõige ilmastiku ja veetaseme) muutusega, võivad etendada olulist osa eutrofeerumisprotsesside kiirenemises.

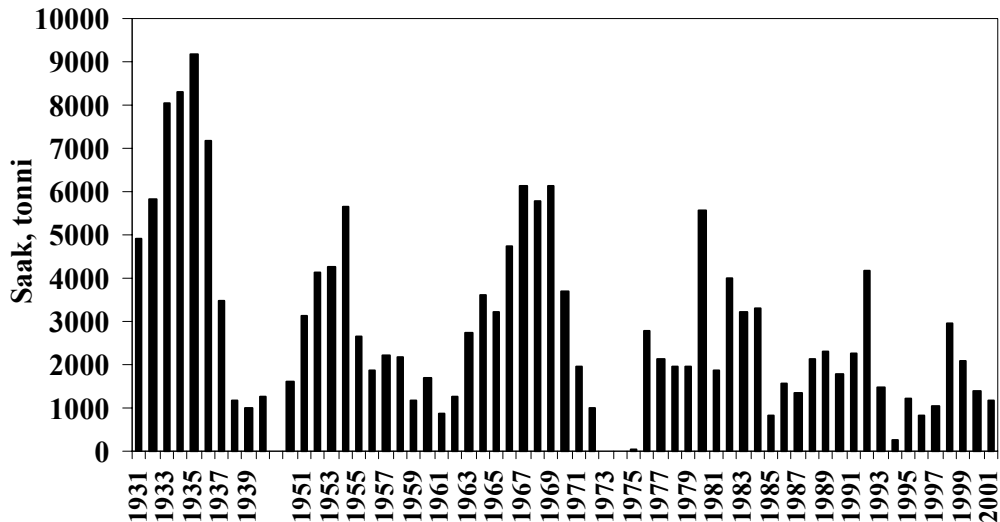


Joonis 2. Kloriidiooni sisalduse muutumine Peipsis s.s. 19. juuli seisuga.

Nii näiteks langes Peipsi kiire eutrofeerumine 1970ndate aastate algul kokku järve madalvee perioodiga (joonis 3). Madal vesi võis põhjustada järve eutrofeerumise looduslikku kiirenemist põhjasetete intensiivsema segamise ja toiteainete vabanemise tõttu. Peipsi kiire eutrofeerumise perioodi 1970ndatel langeb üks dokumenteeritud kalade massilise hukkumise juhtum. Nimelt hukkus 1972. a kuumal ja kuival suvel massiliselt tinti (joonis 4) öise anoksia tõttu. Siis langesid kokku mitu ebasoovitavat tegurit: madal veetase, pikaajaline kuumus (vee temperatuur üle 28°C), tuulevaikus ning tugev sinivetikatest põhjustatud veeõitseng [Pihu, Kangur, 2000]. Paaril järgneval aastal tinti ei püütud, kuid suure viljakuse ja kiire kasvuga kala varud taastusid mõne aastaga.



Joonis 3. Aastakeskmise veetase Peipsis 1950–2002.



Joonis 4. Tindisaakide dünaamika Peipsi järves.

PEIPSI JÄRVE VASTUSREAKTSIOON VÄLISKOORMUSE VÄHENEMISELE

Põhiline kogus biogeene tuli Peipsisse jõgede kaudu: 1995–1998. a keskmiselt 87% lämmastiku ja 98% fosfori kogusest [Stålnacke jt, 2002]. Kuna Velikaja jõe kaudu tuleb Peipsisse umbes 65% reostuskoormusest [Stålnacke jt, 2002], on Peipsi seisundi kujunemisel otsustava tähtsusega Venemaa poolt tulevad toiteainete kogused. Kahjuks on vastava koormuse kohta vähe andmeid: Loigu ja Leiski [1996] andmetel saabus aastatel 1985–1988 jõgede kaudu Peipsisse keskmiselt 55250 tonni lämmastikku (N) aastas ja 1163 tonni fosforit (P) aastas. Kümme aastat hiljem, 1995–1998. a olid vastavad näitajad keskmiselt 20500 tonni N ja 910 tonni P aastas, mis tähendab, et Peipsi reostuskoormus oli märgatavalt vähenenud võrreldes 1980ndate kesk- ja lõpuaastatega [Stålnacke jt, 2002].

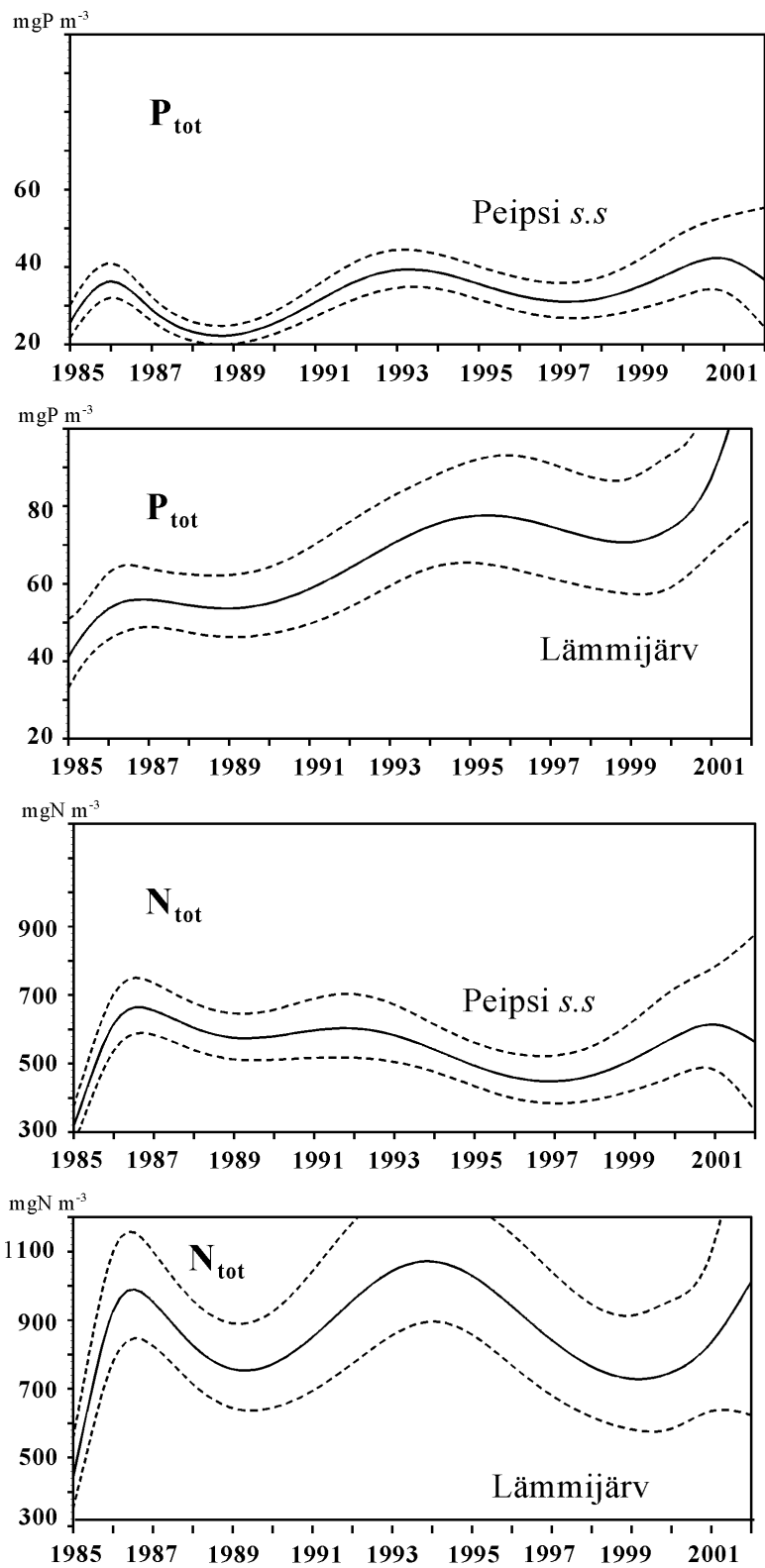
Peipsi järve pindmise veekihi üldfosfori (P_{tot}) ja üldlämmastiku (N_{tot}) sisalduses aastail 1985–2002 (mil neid näitajaid on üldse mõõdetud) on täheldatav laineline käik (joonis 5). N_{tot} sisalduse statistiliselt oluline langus toimus 1990ndate algul. Lämmijärves on biogeenide sisaldus tunduvalt kõrgem kui Peipsi Suurjärves [Kangur jt, 2002] ja ökoloogilise seisundi halvenemine on ilmne nii biogeenide sisalduse suurenemise (joonised 1 ja 5) kui ka vee läbipaistvuse vähenemise ja pH tõusu tõttu. Seevastu Emajõe mõjualal on näha seisundi paranemist (joonis 1) ilmselt seoses Tartu puhastusseadmete järkjärgulise käikuandmisega.

Viimasel kümnendil toimunud muutused Peipsi järve ökosüsteemis näitavad, et üksnes väliskoormuse vähenemine ei peata järve eutrofeerumist [Kangur jt, 2002a]. Suures madalas tuulte poolt segatud ja suhteliselt aeglase veevahetusega (2 aastat) Peipsi järves, kus kogu veemass on pidevas kontaktis settega, võib ökoloogilise seisundi kujunemisel olla oluline osa toiteainete, eelkõige fosfori vabanemisel settest. Eriti ilmne oli see 2002. a kuumal ja kuival suvel, mil järve veetaseme langes pidevalt kuni väga madala tasemeni oktoobris (70 cm alla paljuaastase keskmise).

FÜTOPLANKTONI SEOSSED BIOGEENIDE JA VEETASEME MUUTUSTEGA

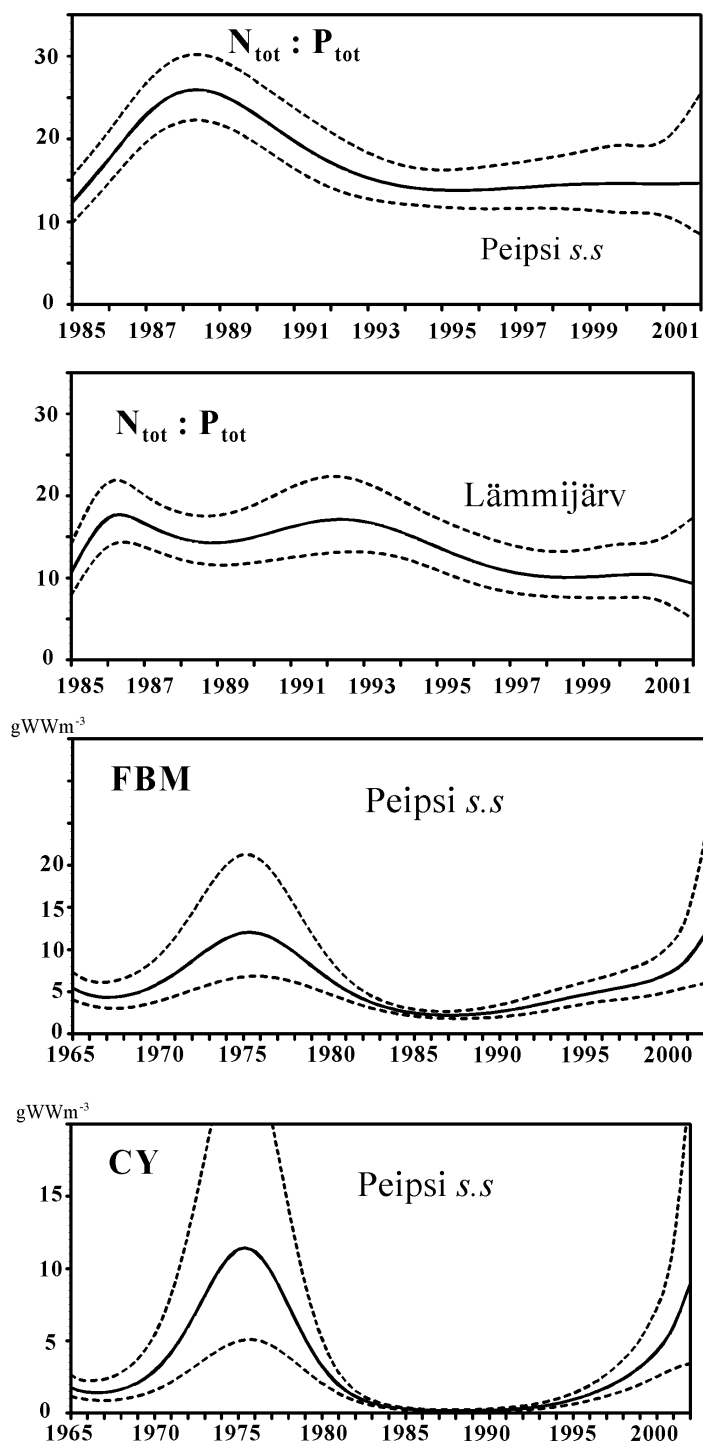
Fütoplanktoni biomass oli madalseisus 1980ndate keskpaigas (joonis 6), mis langeb kokku kõrgvee perioodiga Peipsi veetaseme tsüklilises muutumises. Sel perioodil oli fosfaatide sisaldus Peipsi vees kõige väiksem (joonis 1).

Toitesoolade sisalduse langus Peipsi vees 1990ndate algul ei toonud kaasa elustiku seisundi paranemist. Elustikus ilmnis keskkonnamuutustele reageerimisel teatud inerts.



Joonis 5. Üldfosfori (P_{tot} , $mg\ P\ m^{-3}$) ja üldlämmastiku (N_{tot} , $mg\ N\ m^{-3}$) sisalduse muutumine 19. juuli seisuga Peipsis s.s. ja Lämmijärves.

Fütoplanktoni, eriti sinivetikate (tsüanobakterite) biomass on tõusnud (joonis 6). Peipsi fütoplanktoni struktuuris on toimunud olulised nihked. Biogeenide hulk ühe fütoplanktoni biomassi ühiku kohta on vähenenud [Kangur jt, trükis]. Samal ajal on ränivetikate biomass (paralleelselt lahustuva räni hulga vähenemisega vees) Peipsi Suurjärves vähenenud.



Joonis 6. N_{tot} ja P_{tot} suhte, fütoplanktoni biomassi (FBM, $gWW m^{-3}$) ja sinivetikate biomassi (CY, $gWW m^{-3}$) muutumine Peipsi s.s. ja Lämmijärves.

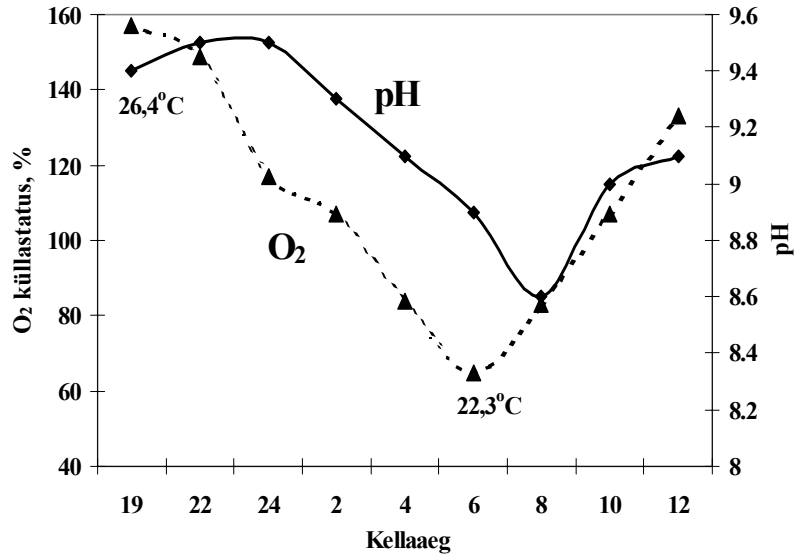
Sinivetikad vajavad plahvatuslikuks paljunemiseks vähem biogeene kui teised vetikarühmad, kuna paljud neist on võimelised akumuldeerima rakkudes fosforit ja kõik tähtsamad Peipsi veeõitsengu põhjustajad (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae*, *Gloetrichia echinulata*) suudavad kasutada õhus olevat molekulaarset lämmastikku [Laugaste jt, 2001]. Neist eriti kaks esimest on muutunud viimasel kümnendil tunduvalt arvukamaks. Sinivetikate puhangut peaks soodustama madal lämmastiku ja fosfori suhe vees, mis annab neile eelise konkurentsivõime teiste vetikatega. $N_{tot}:P_{tot}$ massisuhe Peipsi vees vähenes oluliselt 1990ndate algul, kuid viimastel aastatel on see näitaja stabiliseerunud (joonis 6). Sinivetikaõitsengute kestus Peipsis on pikenenud ja nende esinemisaeg on muutunud. Veeõitsengud on Peipsis tavalisemad suvel, kuid aastail 2000 ja 2001 kestis tugev õitseng, mille põhjustajaks oli peamiselt *Aphanizomenon flos-aquae*, septembrist novembrini [Kangur jt, 2002].

TUGEV VEEÕITSENG JA KALADE HUKKUMINE 2002. a SUVEL

2002. a mõjutas fütoplanktoni arengut varane ja soe kevad ning kuum ja kuiv suvi. Sinivetika *G. echinulata* vohamisest põhjustatud veeõitseng algas kuu aega varem kui tavaliselt (juuni algul). See liik eelistab mesotroofseid veekogusid, Eestis esineb ta praegu ainult Peipsi järves. *Gloetrichia* läbib oma arengus bentilise ja pelaagilise faasi. Karlssoni [2002] andmetel koguvad selle sinivetika spoorid (akineetid) järve põhjas sette pinnal lühikest aega kasvades oma rakkudesse toitesooli, mida nad saavad kasutada pelaagilises elufaasis, kui sinivetikakolonniad tõusevad vee pinnakihti. Nii võib see sinivetikalik põhjustada bioloogilist eutrofeerumist, tuues täiendavaid biogeenide koguseid sette pinnalt veekihti.

Augustis 2002 oli sinivetikatest põhjustatud veeõitseng nii tugev, et sellist pole nähtud aastakümneid. Peipsi kaldalähedases vees ulatus sinivetikate biomass 250 g m^{-3} ja klorofüll *a* kontsentratsioon üle 400 mg m^{-3} . Ka järve keskosas oli vetikate biomass (27 g m^{-3}) tavapärasest 2–3 korda kõrgem. Septembri algul sinivetikate ohtrus suurenes veelgi, kusjuures veeõitsengut põhjustasid siis teised, tugevalt eutroofsete vete sinivetikaligid *Anabaena* spp. ja *Microcystis* spp. Kromatomass-spektromeetrilise analüüsiga tehti kindlaks peptiidsete maksamürkide (mikrotsüstiinide) esinemine ($\text{LR } 0,6 \text{ mg l}^{-1}$) Peipsi põhjaosast 8. septembril võetud veeproovides.

Veeõitsenguga kaasnes kalade massiline hukkumine Peipsi järves 2002. a juulis-augustis. Vesi oli räpane ja haisev, mitmel pool olid lagunevatest vetikamassidest sinised viirud. Sel ajal võis kogu Peipsi läänekalda ulatuses näha surnud kalu nii kaldaribal kui ka vees ulpimas. 9. augustil loendasime Peipsi läänerannikul 1 meetri pikkusel kaldaribal kuni 460 väikest kala (peamiselt kiiska, aga ka lutsu). Kõikjal nägime kaldal ka suuri kalu: koha, ahvenat, latikat, särge jt. Ööpäevased vaatlused näitasid sinivetikaõitsengust tingitud ulatuslikke ööpäevaseid hapniku ja ammooniumiooni sisalduse ning pH kõikumisi (joonis 7). Päevavalguses, intensiivse fotosünteesi ajal, oli vesi hapnikuga üle küllastunud, seevastu ööpimeduses, kui fotosünteesi ei toimu ja hapnik kulub vetikamasside hingamiseks ja lagunemiseks, tekkis hapnikupuudus. Kõrge veetemperatuur (üle 26°C) ja õine hapnikupuudus võis nõrgestada või otseselt hukutada kalu. Intensiivse fotosünteesi puhul tõuseb vee pH (näidud ulatusid üle 9,5). Surnud vetikate lagunemisel vabaneb ammooniumioon (NH_4), mille kõrgeid kontsentratsioone (kuni $0,33 \text{ mg N l}^{-1}$) mõõdeti Peipsi vees varahommikul. Aluselises vees (pH üle 9) läheb NH_4 kergesti üle ammoniaagiks (NH_3), mis on kaladele väga mürgine. Kalade hukkumine oli ilmselt põhjustatud mitme ebasobiva teguri, nagu madala veetaseme, kõrge temperatuuri, tugeva sinivetikatest põhjustatud veeõitsengu (koos pH, hapniku- ja ammooniumisisalduse suurte ööpäevaste kõikumistega), koosmõjust.



Joonis 7. Hapniku küllastatuse ja pH ööpäevane muutumine Peipsis Kodavere kohal 15/16. augustil 2002.

KOKKUVÕTE

2002. a ökokatastroof võib Peipsil soodsate ilmastiku- ja hüdroloogiliste tingimuste korral korduda. Looduslike protsesside mõju järve arengule võib olla palju võimsam kui inimõju. Valgalalt tuleva biogeenide koormuse vähenemine ei ole siiani olnud piisav Peipsi eutrofeerumise vähendamiseks. Põhjasetted võivad olla peamiseks biogeenide allikaks eriti madala veetaseme korral. Veel mõned seni täpsustamata mehhanismid, näiteks biogeenide aktiivne transport vetikarakkudes settest veekihti võivad vähendada väliskoormuse vähenemisest oodatavat efekti.

TÄNUAVALDUS. Käesolevat tööd toetasid ETF grantid nr. 4483 ja 4986, sihtfinantseeritav teema nr. 0362483s03, EL projekt Mantra-East (Contract No. EVK1-CT-2000-000076) ja Riiklik Peipsi keskkonnaseire programm.

KIRJANDUS

Cardoso, A. C., Duchemin, J., Magoarou, P., Premazzi, G. 2001. Criteria for the identification of freshwaters subject to eutrophication. European Commission Joint Research Centre, 87 pp.

Kangur, K., Möls, T., Haberman, J., Kangro, K., Laugaste, R., Milius, A., Nõges, T., Timm, H., Timm, T., Zingel, P. 2002. Peipsi järve ökoloogilise seisundi muutused 1992–2001. Eesti keskkonnaseire 2001. Tartu Ülikool, 57–64.

Kangur, K., Milius, A., Möls, T., Laugaste, R., Haberman J. 2002a. Lake Peipsi: Changes in nutrient elements and plankton communities in the last decade. Journal of Aquatic Ecosystem Health and Management, 5, 363–377.

Kangur, K., Möls, T., Milius, A., Laugaste, R. Multivariate analysis of the response of phytoplankton communities to altered nutrient level in Lake Peipsi in 1992–2001. Hydrobiologia (submitted).

Karlsson, I. 2002. Benthic growth of *Gloeotrichia echinulata*. International conference on limnology of shallow lakes. Balatonfüred, Hungary, 25–30 May 2002, 114.

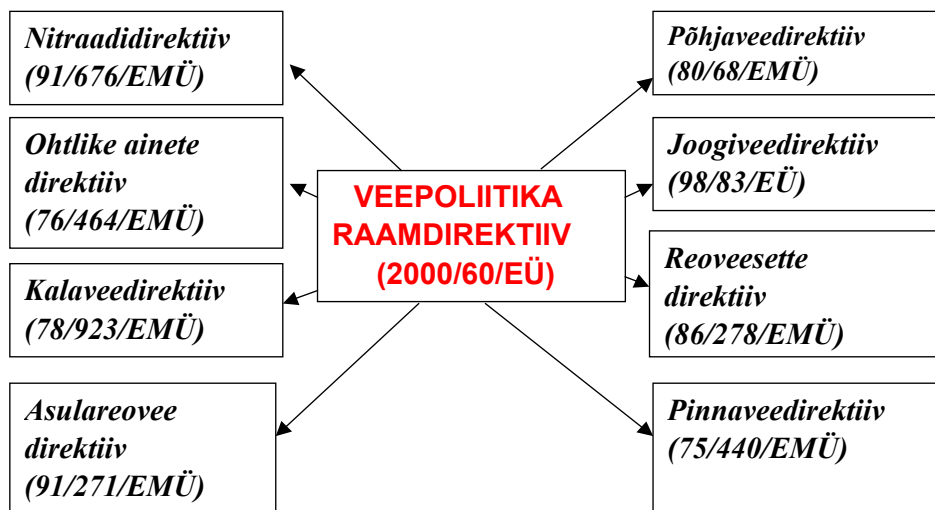
- Laugaste, R., Nõges, T., Nõges, P., Jastremskij, V.V., Milius, A., Ott, I. 2001. Algae. Lake Peipsi. Flora and Fauna. E. Pihu, J. Haberman (Eds.), *Lake Peipsi. Flora and Fauna*, 31–49. Sulemees Publishers, Tartu.
- Loigu, E., Leisk, Ü. 1996. Water quality of rivers in the drainage basin of Lake Peipsi. *Hydrobiologia*, 338, 25–35.
- Möls, T., Starast, H. 2000. Peipsi hüdrokeemilise muutlikkuse modelleerimine. Eesti Looduseuurijate Seltsi Aastaraamat, 79. köide, 48–88.
- Pihu, E., Kangur, A. 2000. Main changes in the ichthyocoenosis of Lake Peipsi since the 1950s. *Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol.*, 1, 81–90.
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J., Folkes, C., Walker, B. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413, 591–596.
- Stålnacke, P., Sults, Ü., Vasiliev, A., Skakalsky, B., Botina, A., Roll, G., Pachel, K., Maltzman, T. 2002. Assessment of riverine loads of nutrients to Lake Peipsi, 1995–1998. *Archiv für hydrobiologie (trükis)*.
- Starast, H., Milius, A., Möls, T., Lindpere, A. 2001. Hydrochemistry of Lake Peipsi. T. Nõges (Ed.), *Lake Peipsi. Meteorology, Hydrology, Hydrochemistry*, 97–131. Sulemees, Tallinn.
- Timm, V., Timm, T., Kangur, K., Pihu, E. & Mäemets, A. 1988. Changes in ecosystem of Lake Peipsi-Pihkva (zoobenthos, fishes, macroflora). In: M. Zobel (Ed.), *Dynamics and ecology of wetlands and lakes in Estonia*, 167–172.

INIMMÕJU VÕRTSJÄRVE VESIKONNA VEEKOGUDELE

Arvo Järvet
Tartu Ülikooli Geograafia Instituut

SISSEJUHATUS

Eesti veemajanduse riiklikku korraldamist on hakanud oluliselt mõjutama EL Vee Raamdirektiiv, mis jõustus 2000. a lõpul. Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiivi peamiseks eesmärgiks on tagada põhjaveekihtide ja veekogude vee hea seisund ning elanikkonnale kvaliteetse vee saamine. Kuna veealaseid direktiive on Euroopa Liidus kehtestatud mitu, siis Veedirektiiv seob neis käsitletud temaatika ka ühtseks tervikuks (joonis 1). Direktiivi üks põhimõtte on valglaprintsipi kasutusele võtmine veeressursside ja veekogude majandamisel ning sellekohaseid ettevalmistusi on tehtud ka Eestis. EL Veeraamdirektiiv sisaldab palju seda, mida oleme Eestis aastakümneid praktikas kasutanud, kuigi meie tingimustes veeressursid üldiselt ei ole piiravaks teguriks.



Joonis 1. EL Veepoliitika Raamdirektiiviga seoses olevad teised veealased direktiivid.

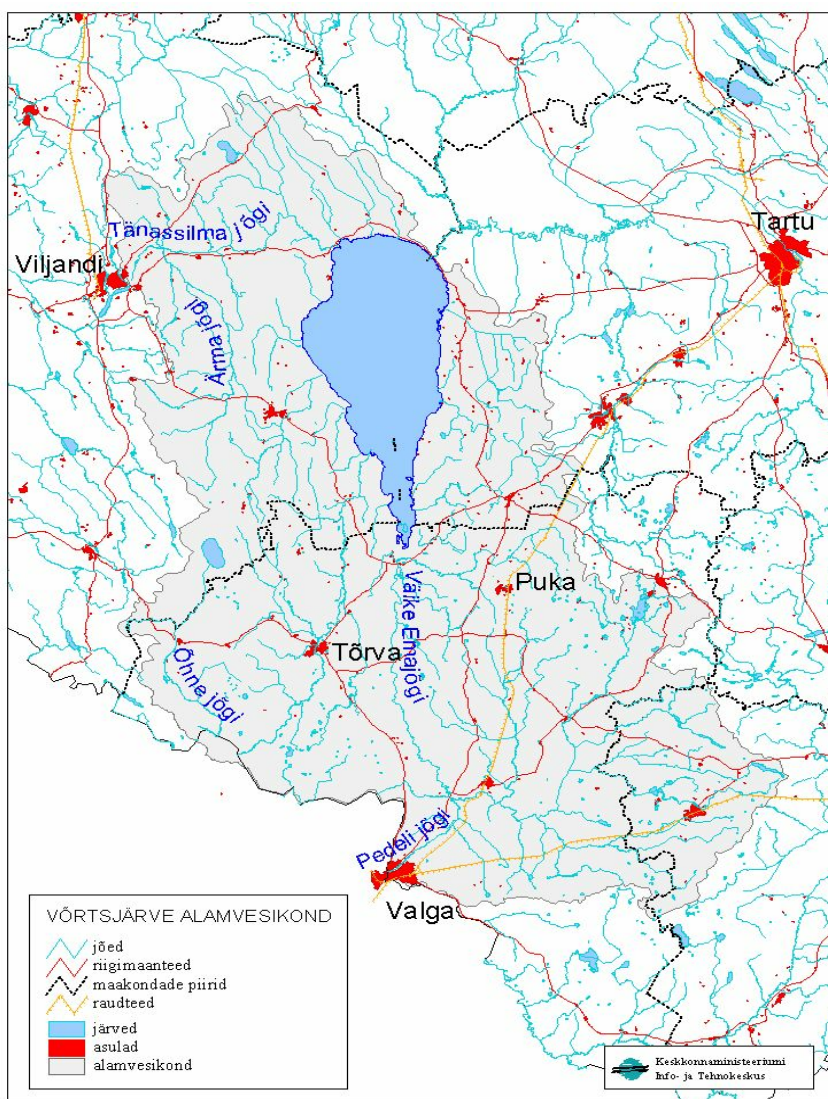
Valglaapõhise veemajanduse peamiseks eesmärgiks on vee ja veekogude kasutamise ja kaitse niisugune korraldamine, kus arvestatakse objektide omavahelisi ruumisuhteid tulenevalt vee liikumisest valgla kui terviksüsteemi piires [Järvet, 2000]. Valglate viisi veemajanduskavade ja plaanide koostamisel ning juhtimisotsuste langetamisel osutub suuremal määral võimalikuks oluliste ja vähemoluliste probleemide eristamine, mida ei saavutata alati administratiivüksuste tasandil, kuigi maakondade ja omavalitsuste koostöö vajadust on alati rõhutatud.

Varasemaga võrreldes on Vee Raamdirektiivis, aga ka Eesti uuendatud veeseadusandluses suuremat tähelepanu pööratud valdkondadele, mis senises veemajanduse praktikas olid jäänud suhteliselt tahaplaanile, kuid mida ei saa jätta arvestamata veemajanduslikul planeerimisel ja veelolude edasisel korraldamisel. Niisugused vähemkäsitletud temaatilised valdkonnad on veekogude elustik, esmajoones kalastik, ja hüdro-morfoloogiline seisund. Veekogude bioloogilise külje käsitlemise vajalikkust on rõhutatud Veedirektiivis ning elustikuga

seotud kriteeriumid ja normid veekogude kui ökosüsteemide kaitstes muutuvad edaspidi üha olulisemaks.

EL aspektist kujutab Eesti tervikuna ühte veemajandusliku planeerimise üksust – Eesti vesikonda. Eesti territoorium on omakorda jaotatud 9 alamvesikonnaks, mille kõigi jaoks on vaja koostada veemajanduskavad. Aruteludes peaksid alamvesikonna piiresse jäävad omavalitsused jõudma kokkuleppele kava sisu suhtes. Idee kohaselt tuleb tagada veeressursside kasutamine nii, et kõikide huvid oleksid rahuldatud ja samas oleks tagatud vee hea kvaliteet ja veekogude hea seisund. Vajalik on koostada abinõude programm veemajanduskava eesmärkide täitmiseks. Viimast pole võimalik teha ilma olemasoleva olukorra analüüsita, milles peamine on inimõju hindamine.

Eestis on koostatud maakonna-, üld- ja detailplaneeringuid, kuid senine veemajanduslik planeerimine ei ole veel jõudnud väga sisuka käsitluseni, see aga moodustab spetsiifilise vee ja veekogude majandamise aluse. Kavandatud valglapõhise planeerimise eripäraks on tavapäraste planeeringualade (haldusüksuste) asemel hüdrograafiliselt määratud ruumiüksuste kasutatamine. Nii kujutab Võrtsjärve 3374 km² suurune vesikondki hüdrograafiliselt ühtset ala (joonis 2).



Joonis 2. Võrtsjärve vesikonna paiknemine.

VEEMAJANDUSKAVA JAOKS KASUTATAV KESKKONNAINFO

Esitatud põhimõtet (valglaprintsipi) on võimalik ja ka vajalik Eesti veemajanduses kasutada, rakendades geoinformaatika vahendeid ning vajaduse korral parandades keskkonnaasutuste omavahelist koostööd. Praegusaegne infotehnoloogia tase ja vastav geoinformaatika tarkvara võimaldab valglate (jõgikondade) lõikes esitada väga mitmesugust materjali planeeringute ja veemajanduse programmide tarbeks, seireandmete ja veeressursside ruumiliseks analüüsiks, samuti igapäevaste juhtimisotsuste vastuvõtmiseks. Eelduseks on andmete olemasolu geoinfosüsteemina (GIS) ja oskus vastavaid programme kasutada. Eeldada võib, et niisuguste oskustega töötajaid on Eestis juba piisavalt.

Kui seniajani on keskkonnainfo olnud ruumiliselt seotud peamiselt haldusüksuste (maakonnad ja kohalikud omavalitsused) viisi, siis veemajanduskavade jaoks on vajalik info üleviimine hüdrograafilisele põhimõttele. Juhul kui meid ei huvita üksikobjektid, vaid valglate summaarsed andmed, on suuremate jõgikondade puhul ruumiinfo ümberkorraldamist suhteliselt lihtne teha, sest enamik valdasid paikneb tervikuna mingis suuremas jõgikonnas.

Inimmõju hindamisega Võrtsjärve vesikonnas koostati samaaegselt andmebaase ja ülevaatekaarte veekogude kohta. Need on ühelt poolt GISi osaks, teisalt võimaldavad paremini visualiseerida ja üldistada ruumilisi nähtusi või ruumiinfot. Erinevalt mitmetest teistest arvamustest, peab autor Võrtsjärve alamvesikonna puhul vajalikuks võimalikult rohke keskkonnainfo koondamist veemajanduskava koordineerivasse asutusse, st Viljandi Keskkonnateenistusse. Veemajanduskava koordinaatori(te) kaudu toimuks pidevalt uuendatava info edastamine kõigile seadusandlikult ette nähtud asutustele, organisatsioonidele ja üksikisikutele.

Valglapõhise veemajanduse ruumilise info korraldamise "karkassiks" on vooluveekogud (jõed). Jõgedega seotakse ruumiinfo, kaasa arvatud valglaid iseloomustavad andmed. Mida detailsemalt on vooluveestik käsitletud, seda detailsemalt saab ruumiinfot esitada ja pindalalist analüüsi teha. Ruumiinfo korraldamisel valgla põhise veemajanduse jaoks peab iga objekt, kas pindalaline, jooneline või punktobjekt, olema määratletud võimalikult täpselt ja konkreetselt oma asukohaga vooluveestiku suhtes. Selline tegevus on töömahukas, kuid võimaldab suhteliselt kergesti luua geoinfosüsteemi (GIS) ja lihtsalt teha infopäringuid valglate viisi.

Veemajanduskava ja selle rakendamise jaoks on vaja ühtset integreeritud geoinfosüsteemi (GIS), mille abil oleks tagatud andmevahetus kõigi osapooltega, esmajoones Viljandimaa Keskkonnateenistuse, kui Võrtsjärve alamvesikonna veemajanduskava juhtasutuse, ja teiste keskkonnateenistuste vahel. Praeguses olukorras ilmnevad keskkonnainfo alal järgmised peamised probleemid:

- 1) projektide tulemusi ei realiseerita alati GISina;
- 2) andmebaase sarnasteks riiklikeks projektideks ei tellita tsentraalselt (näiteks põhjavee reostuskaitstus);
- 3) ebaselge on mõnikord riiklike asutuste andmete levitamise- ja kasutusõigused (aluskaardid, temaatilised andmebaasid ja kaardid);
- 4) andmete kvaliteet – erinevate maakondade tabel- ja graafilised andmed alati ei ühildu;
- 5) sisuliselt puudub Keskkonnaministeeriumi poolt riiklike keskkonnateenistuste ühtse (ühilduvate) andmebaaside loomise koordineerimine;
- 6) GISi kujul esitatava info kasutamise-, sh üldistamisoskus on tagasihoidlikul tasemel.

VOOLUVEESTIKU HÜDROMORFOLOOGILINE SEISUND

Kokku on Võrtsjärve vesikonnas arvele võetud 284 vooluveekogu: 14 jõge, 84 oja, 61 peakraavi ja 125 kraavi. Vooluveestiku kogupikkus on 1669 km, millest jõgede arvele langeb 498 km, ojadele 597 km, peakraavidele 344 km ja kraavidele 230 km. Neile lisandub suurel arvul metsa-, vähesel hulgal ka põllumajandusmaa kuivenduskraave, mida omaette ei käsitleta. Vooluveestiku keskmine tihedus on 0.54 km/km². Eesti riiklikus vooluveekogude nimestikus on Võrtsjärve vesikonnast 156 veekogu kogupikkusega 1431 km. Vesikonna saab jaotada peavalglateks järve suubuvate jõgede valglate järgi (joonis 3). Väikeste ojade ja kraavide valgjad, mis paiknevad suuremate jõgede valglate vahel, on ühendatud kaldavalglateks.



Joonis 3. Võrtsjärve vesikonna jaotus peavalglate viisil.

Valgla suuruse põhjal on vooluveekogud väga erinevad. Väljakujunenud hüdrograafilisi jaotusi, EU Veedirektiivi Lisa I ja Eesti veeseadusandluses eristatavate valgla suuruste järgi, mida arvestatakse veekaitse erinevate nõuete püstitamisel (näiteks veekogude kaldakaitseribad ja ehituskeeluvööndid), on Võrtsjärve vesikonna vooluveestik arvuliselt jaotatav järgmiselt:

- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1) valgla <10 km ² | 65, summaarne pikkus 536 km; |
| 2) valgla 10–25 km ² | 54, summaarne pikkus 374 km; |
| 3) valgla 25–100 km ² | 26, summaarne pikkus 351 km; |
| 4) valgla >100 km ² | 11, summaarne pikkus 436 km. |

EL Veepoliitika Raamdirektiivis on varasemate sellelaadsete dokumentidega võrreldes üheks uueks käsitluseks veekogude hüdro-morfoloogiline seisund. Probleem tuleneb asjaolust, et Lääne-Euroopas on vähe jäänud järgi looduslikes sängides olevaid jõgesid, esmajoones väikejõgesid. Nüüd on seatud eesmärgiks looduslähedaste voolusängide taastamine. Looduslike sängidega jõgede üheks tunnuseks on jõe looklevus. Looklevatel jõgedel on tegemist voolukiiruse erinevustest tulenevalt nii ristlõikes kui ka piki jõge erinevate hüdrodünaamiliste tingimustega, mis põhjustab erosiooni- ja akumulatsiooniprotsesside suhteliselt kiire vaheldumise. Viimane omakorda loob rohkem erinevaid võimalusi vee-elustiku jaoks – kujuneb rohkem elupaikasid erinevatele liikidele ja kooslustele.

Vee Raamdirektiivi V lisast tulenevalt tuleb vaadelda voolusängi morfoloogilisi tingimusi bioloogilisi tunnuseid toetavate elementidena. Jõgede seisundi määramisel tuleb arvesse võtta ka omaette tunnuste grupina eristatud hüdro-morfoloogilisi kvaliteedielemente. Neist on sisuliselt juhtivad (indikaatorlikud) näitajad voolusängi vaheldumine ja kallaste iseloom. Viimased sõltuvad suuresti ka jõe looklevusest. Eeltoodust tulenevalt on käesolevas töös selgitatud Võrtsjärve vesikonnas jõgede looklevust (tabel 1) ning sellega seoses ka suuremate jõgede voolusängide reguleeritavust.

Jõe looklevustegur, mida järgnevalt tähistatakse lühendiga k_l , on jõelõigu pikkuse ning lõigu algus- ja lõpp-punkti sirgjoonelise vahekauguse suhtarv. Juhul kui jõeorg ise muudab oluliselt suunda (rohkem kui 25–30° võrra), mõõdetakse lõigu vahekaugus murdjoonega. Arvestades sellega, et isegi mõnekümne kilomeetri pikkused jõed võivad olla lõiguti väga erineva looklevusega, arvutatakse looklevustegur jõelõikude viisi. Jõe looklevus sõltub peamiselt tema langust. Suure langu puhul on looklevus üldiselt väiksem kui väikese langu puhul. Samuti on väiksemad (väiksema vooluhulgaga) jõed rohkem looklevad kui suured jõed.

Võrtsjärve vesikonna jõed on lõiguti erineva looklevusega. Väga looklev on Laatre jõe alamjooksu ca 3 km pikkune lõik, kus $k_l = 1,94$, samuti Tánassilma jõgi alamjooksul soisel Võrtsjärve madalikul ligi 5 km pikkusel lõigul ($k_l = 1,88$). Väga looklevad ongi Võrtsjärve madalikul ja Valga nõos olevad jõelõigud. Kõige rohkem on looduslik suur looklevus säilinud Laatre jõel ja Õhne jõel.

Mõned jõed või jõelõigud on maaparanduse käigus sirgeteks kanaliteks-kraavideks kaevatud. Nendeks on Väikese Emajõe ülemjooksu ligi 4 km pikkuselt Sihva lähedal ja keskjooksu 17 km pikkuselt alates Sangaste paisjärve lähedalt kuni Ärna jõe suudmeni, Õhne jõe ülemjooksu väljavoolult Veisjärvest kuni Ala küla lähiseni, Tarvastu jõe alamjooksu ca 5 km pikkuselt, mis paikneb Tarvastu poldri kõrval uues sängis, Tánassilma jõe ülemjooksu kuni Vana-Võiduni ca 4 km pikkuselt, Konguta pkr. kogu pikkuses, Rõngu jõe alamjooksu 1,9 km pikkuselt (paikneb Valguta poldri kõrval).

Tulenevalt suhteliselt väikesest langust on Võrtsjärve vesikonna jõgedes karestikest ja kiirevoolulistest jõelõikudest suur puudus. Süvendamine ja õgvendamine on hävitanud elupaikade mitmekesisuse paljudes jõgedes. Kivise-kruusase põhjaga karestikud, looked, jõesopid ja vanajõed on süvendatud ja õgvendatud jõgedes asendatud sirge voolusängiga. Maaparandusega on seotud jõgede settekoormuse tõus. Lumesulamisvee kiire äravalgumisega kaasneb valglalt suuremal määral uhtainete sattumine veekogudesse.

Kalade liikumise seisukohalt on ületamatuteks takistusteks paisud. Võrtsjärve kalade jaoks on järve suubuvad jõed kudealadeks. Seetõttu on kalade rände tingimused jõgede suudmest ülesvoolu kalastiku suhtes oluline kriteerium. Kõige soodsamad tingimused kalade liikumiseks on Väikese Emajõe jõgikonnas. Esimene tõke ülesvoolu liikumisel on Sangaste pais, mis paikneb jõe suudmest 63 km kaugusel. Väikesest Emajõe jõest on tagatud kalade liiku-

Tabel 1

Võrtsjärve vesikonna suuremate jõgede looklevus

Jõe lõik	Kaugus- vahemik, km	Lõigu pikkus, km	Looklevus- tegur
VÄIKE EMAJÕGI			
Lähtest Sihva maaparandusobjektini	82,7 – 81,2	1,5	1,25
Sihva kohalt Matuni	81,2 – 78,5	2,7	1,04
Matult Restu paisuni	78,5 – 69,1	9,4	1,57
Restult Visula jõe suudmeni	69,1 – 60,0	9,1	1,20
Visula jõe suudmest Mürgi oja suudmeni	60,0 – 46,5	13,5	1,21
Mürgi oja suudmest Tõlliste sillani	46,5 – 35,6	10,9	1,38
Tõlliste sillast Pikasillani	35,6 – 0,0	35,6	1,26
LAATRE JÕGI			
Lähtest Pringi oja suudmeni	26,0 – 23,2	2,8	1,17
Pringi oja suudmest Kuigatsi oja suudmeni	23,2 – 20,3	2,9	1,12
Pringi oja suudmest Öru oja suudmeni	20,3 – 10,8	9,5	1,22
Öru oja suudmest Rampe oja suudmeni	10,8 – 3,1	7,7	1,38
Rampe oja suudmest jõe suudmeni	3,1 – 0,0	3,1	1,94
ÕHNE JÕGI			
Lähtest Viira oja suudmeni	94,0 – 83,5	10,5	1,07
Viira oja suudmest Taagepera paisuni	83,5 – 78,8	4,7	1,31
Taagepera paisust Omuli mnt. Sillani	78,8 – 61,8	17	1,32
Omuli mnt. sillast Helme jõe suudmeni	61,8 – 34,4	27,4	1,41
Helme jõe suudmest Jõku jõe suudmeni	34,4 – 24,8	9,6	1,63
Jõku jõe suudmest Vooru ojani	24,8 – 9,8	15	1,49
Vooru oja suudmest Võrtsjärveni	9,8 – 0,0	9,8	1,23
HELME JÕGI			
Lähtest Kiiviteoja suudmeni	18,1 – 12,8	5,3	1,02
Kiiviteoja suudmest Tõrvani	12,8 – 0,0	12,8	1,49
TARVASTU JÕGI			
Lähtest Raudna oja suudmeni	22,5 – 10,8	11,7	1,62
Raudoja suudmest Võrtsjärveni	10,8 – 0,0	10,8	1,35
TÄNASSILMA JÕGI			
Lähtest Viru jõe suudmeni	33,6 – 27,6	6,0	1,20
Viru oja suudmest Tusti külani	27,6 – 18,7	8,9	1,24
Tusti küla kohalt Karuoja suudmeni	18,7 – 13,0	5,7	1,24
Karuoja suudmest Piduli oja suudmeni	13,0 – 8,5	4,5	1,88
Piduli oja suudmest Oiuni	8,5 – 0,0	8,5	1,09
PURTSI JÕGI			
Lähtest Aakre asulani	28,0 – 14,5	13,5	1,17
Aakrest jõe suudmeni	14,5 – 0,0	14,5	1,50
RÕNGU JÕGI			
Lähtest Rõngu-Valguta mnt.sillani	26,0 – 12,5	13,5	1,08
Rõngu-Valguta mnt. Sillast Rõngu kanalini	12,5 – 1,9	10,7	1,26
Valguta poldri kohal	1,9 – 0,0	1,9	1,00

mine suurematesse lisajõgedesse: Visula, Antsla, Laatre, Ärna ja Pedeli, kuigi nimetatud lisajõgede kalastikulised eeldused on reostuse (Pedeli), voolusängide reguleerituse ja paisude (Visula, Lambahanna, Laatre) tõttu paljuski ebasoodsad. Õhne jõel on tagatud kalade liikumine kuni Tõrva paisuni (36 km jõe suudmest) ja seeläbi ka Jõku ning Helme jõkke. Õhne jõe kalastikulise väärtuse seisukohalt ei ole otstarbekas Leebiku paisu taastamine endise vesiveski kohal, sest see kujuneb kalade rändetakistuseks juba jõe alamjooksul. Tarvastu jõgi on tõkestatud Linnaveski paisuga 6 km ning Rõngu jõgi Löve paisuga 7 km kaugusel jõesuudmest. Purtsi jõel on tagatud kalade liikumine kogu loodusliku sängi ulatuses ca 15 km pikkuselt (Aakre asulani). Tánassilma jõgi ja Konguta peakraav on minetanud oma kalastikulise väärtuse suure reostuse tõttu.

Lisaks looduslikele järvedele on Võrtsjärve vesikonnas arvele võetud 42 paisjärve (joonis 4). Nimekirja on võetud need tehisveekogud, mis on paisutatud Eesti riiklikus vooluveekogude nimestikus olevatele jõgedele või ojadele. Nimestikust on välja jäetud kaevatud sängiga tehisveekogud, mis ei ole seotud vooluveekogudega (näiteks Boose kalatiigid Antsla lähedal). Arvele on võetud ka endised veskipaisudega seotud paisjärved, kuigi mõnes kohas on pais lagunenenud ja paisutuskõrgus ulatub mõnekümne sentimeetrini (Suislepa, Leebiku ja Koorküla veskipaisud Õhne jõel).



Joonis 4. Paisjärved Võrtsjärve vesikonnas.

Praegu kasutavad jõgede veejõudu ainult Sangastes V-Emajõel ja Tõrvas Õhne jõel olevad piselektrijaamad, mis mõlemad on väikese võimsusega (alla 100 KW). Ettevalmistusi on tehtud ka elektrienergia tootmiseks Tarvastu jõel Linnaveskil, kus ca 4 m kõrgune pais paikneb endise vesiveski asukohas. Enamik kunagisi veskipaisjärvi on alla lastud, üksikuid on rekonstrueeritud puhkemajanduslikul eesmärgil. Suurem osa praegustest paisjärvedest on rajatud või rekonstrueeritud nõukogude perioodil maaparandustööde käigus. Paisud ja reguleerimisrajatised on enam-vähem korras, kuid väikese sügavuse ja põllumajandusmaastikus hajureostuse tõttu on nad kohati kinnikasvanud ja vajavad puhastamist settest ja veetaimestikust.

Kõikide paisjärvede vesi on loodslähedases seisus ja nende kaldail ning valglal üldiselt ei paikne niisuguseid reostusohlike objekte, mille mõjul paisjärvedes veekvaliteet oluliselt võiks halveneda, v.a Verilaske paisjärv Viiratsi seakombinaadi lägalaotuse alal. Väikese mahu tõttu ei avalda paisjärved mõju jõgede äravoolurežiimile, küll aga toimivad sissevoolavast veest jämeda hõljuvmaterjali setitajatena.

MAAVILJELUS

Võrtsjärve vesikonda jääb üks Eesti kolmest tähtsamast põllumajanduspiirkonnast – Sakala kõrgustik, mida võime ajalooliselt nimetada ka üheks Eestimaa “viljaaidaks”. Lõuna-Eesti olulisteks regionaalseteks põllumajanduspiirkondadeks on Rannu-Rõngu ning Laatre-Sangaste ümbrus (joonis 5). Seal on Lõuna-Eesti paremad mullad, suured ja väheste harimistakistustega põllud. Põllumajanduse privatiseerimise käigus jäid seal püsima tugevama tootmistasemega ühistud. Samuti on kohati, esmajoones Viljandimaal, kujunenud elujõulisi tootmistalusid. Ülejäänud endised põllumajanduslikud piirkonnad on tootmistasemelt selgelt nõrgemal järjel, kuid neil on, looduslikke tingimusi ja kultuuritraditsioone arvestades, siiski eeldused puhkemajanduse, mahepõllunduse ning metsamajanduse koosarendamiseks.

Põllumajandusega seotud keskkonnakaitseline probleemistik sõltub kõigepealt põllumajandusliku maa levikust, osatähtsusest ja intensiivsusest. Võrtsjärve vesikonna kohta pole võimalik maakatastri andmeil koostada täpset maakasutuse ülevaadet. Peamine ebaselgus on seotud mittekasutatava põllumajandusmaaga. Sõltuvalt konkreetsetest loodustingimustest võib põllumajandusmaa kasutusest väljalangemisel jääda sööti või võsastuda ja hiljem metsaks üle minna. Aastaid tagasi arvel olnud põllumajandusmaa on valdade ja seega ka riikliku maakatastri andmeil edasi kirjas sama maakasutuse kategooriana, kuigi vahepeal võivad olla toimunud kõlvikulised muutused. Seepärast on eeltoodud põhjustel järgnevalt esitatud maakasutuse andmestik (tabel 2) baaskaardi info põhjal. Maakasutuse info esitamisel on kasutatud peavalglaid, milliseid võib vaadelda ka esialgu eristatud veemajandusliku planeerimise üksustena. Kui nimetatud üksused muutuvad, on võimalik koheselt muuta ka maakasutuse andmestiku esitusviisi.

Maakasutuse struktuur on valgla maastikuliselt erinevate osade vahel suuresti erinev. Põllumajandusmaad on Võrtsjärve vesikonnas 1130 km² ehk 36,5%. See suhtarv on veidi üle Eesti keskmise. Põllumajandusmaa on koondunud järvele lähemal olevatesse piirkondadesse: Sakala kõrgustiku idapoolmikule ning Ugandi lavamaale. Metsamaa, mille osatähtsus maakasutuses ulatub 58%ni, on koondunud Väikese Emajõe ja Õhne jõe valgla – maastikuliselt peamiselt Otepää ja Karula kõrgustikule ning Sakala kõrgustiku lõunaossa. Soostunud alad, mis on esindatud ülekaalukalt erivanuseliste madalsoometsadega, domineerivad Tännassilma jõe alamjooksu ja Leie oja valgla.

Viiratsi, Tarvastu ja Rannu valdades paiknevad Eesti ühed viljakamad põllumaad ja toimub Eesti keskmisest intensiivsem põllumajanduslik tootmine. Põllumajandusmaa on suurima osatähtsusega maakasutuses Konguta ja Rõngu jõgikondades, kus selle maakasutuskategooria arvele langeb üle poole kogupinnast. Konguta pkr valgla koos piirneva idakalda osadega Rannu-Sangla vahemikus on vaadeldaval alal suurima põllustatusega piirkond.

Tabel 2

Maakasutus Võrtsjärve vesikonnas Eesti baaskaardi 1995. a andmeil (km²).

Valgla	Põllumaa	Metsamaa	Lagesood	Turba- väljad	Vee- kogud	Ehitised	Kokku
V. Emajõgi	418,15	784,47	12,04	1,31	13,64	25,59	1255,2
Õhne	183,58	347,65	24,71	3,68	6,80	9,14	575,56
Tarvastu	51,66	55,43	0,07	0	0,05	3,73	110,94
Tänassilma	159,08	259,97	17,72	5,59	1,27	8,38	452,01
Purtsi	43,43	63,22	0,53	0	0,17	2,46	109,81
Rõngu	58,85	43,50	0	0	0,06	2,34	104,75
Konguta	62,82	19,87	3,11	8,77	0,10	2,32	96,99
W-kallas	62,20	95,32	2,79	0	0,87	2,5	163,68
N-kallas	36,87	61,83	1,22	0,66	0,08	1,75	102,41
E-kallas	52,95	66,07	2,37	0,75	1,95	2,24	126,33
KOKKU	1129,59	1797,33	64,56	20,76	24,99	60,45	3097,68



Joonis 5. Võrtsjärve vesikonna majanduslik tzoneerimine.

Kuna Rannu ja Kureküla ümbruse põllumaad on ka praegu kasutusel, kus pealegi tehti 1990ndate aastate keskel maaparandussüsteemide rekonstrueerimine, siis on seal tegemist maaviljeluse ühe tuumikalaga. Parandatud maa moodustab koguni 97% põllumajandusmaast. Rõngu jõgikonnas on seevastu põllumajandusmaa kasutamine passiivne.

Teine oluline põllumajanduspiirkond Võrtsjärve vesikonnas paikneb järvest lääne pool ning pindalalt on see Rannu piirkonnast suurem. Ala jääb Tänassilma jõe ülemjooksule, Ärna ja Tarvastu jõgikondadesse.

MAAPARANDUS

Maaparandust on Eesti tingimustes tehtud laialdaselt, sest umbes 2/3 põllumajandusmaast ja ligi 1/2 metsamaast on kuivendatud. Maaparanduslike eesvooludega seostub otseselt ka veekogude teiste kasutusviiside arvestamine. Teiselt poolt ei saa välistada maaparanduse rolli, sest kohati on väiksemate vooluveekogude korral nende maaparandusliku eesvoolu funktsioon veekogu juhtfunktsiooniks.

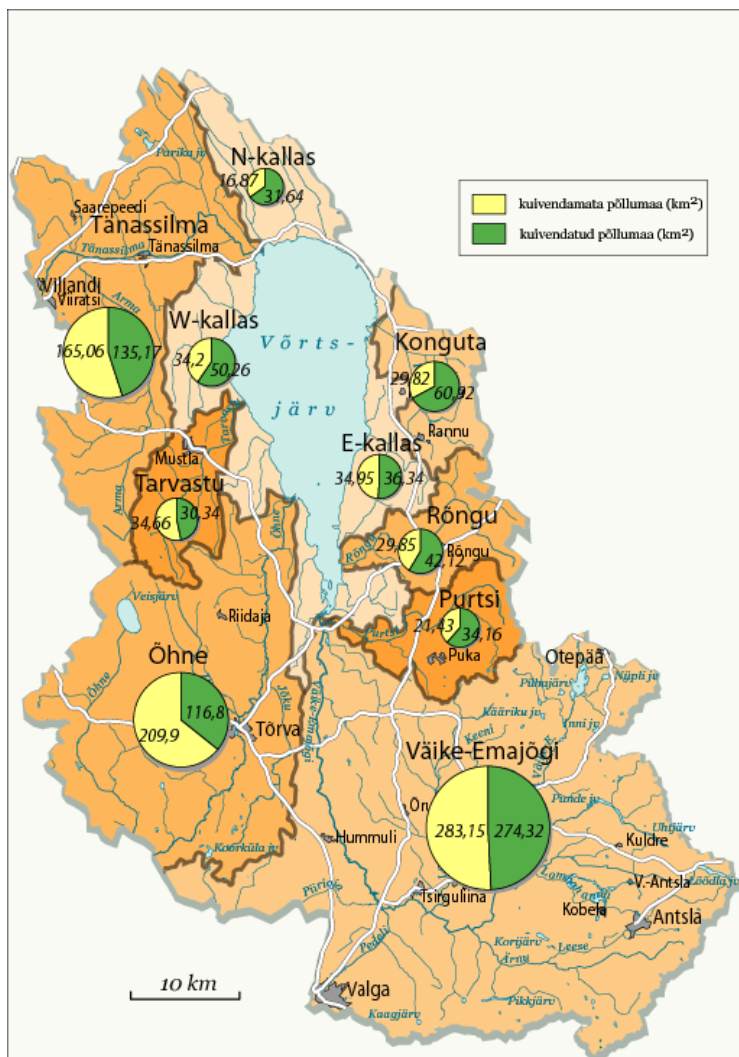
Veemajanduskavade koostamise juhendmaterjalides on maaparanduse käsitus väga tagasihoidlik. Samal ajal on maaparandusega seoses toimunud ajalooliselt suured veelude ümberkorraldamised: jõgede süvendamine ja õgvendamine, pinnasevee taseme alandamine, voolurežiimi ja äravoolu muutmine, pindmise valgumise intensiivistamine jmt. Maaparanduslike eesvoolude korrashoidmine tekitab teatud vastuolusid veekogude kasutamise ja kaitse teiste funktsioonidega. Sellest tulenevalt on veemajanduskavas hädavajalik käsitleda maaparanduse küsimusi, peamiselt kuivendusobjektide eesvoolutingimuste seisukohalt.

Maaparanduse andmebaasi järgi on Võrtsjärve vesikonnas kokku 443 maaparandusobjekti kogupindalaga 80 000 ha. Parandatud maa jagunemine peavalglate viisi on esitatud tabelis 3 ja joonisel 6.

Tabel 3

Parandatud põllumajandusmaa Võrtsjärve vesikonnas (km²)

Valgla	Kogu- pindala, km ²	Põllu- maa, km ²	Põllumaa % maakasu- tusest	Maap. objektide arv	Parandatud maa pindala, km ²	Parandatud maa %-des põllumaast
V. Emajõgi	1173	418,15	35,6	130	267,2	63,9
Õhne	575	279,9	48,9	70	116,8	41,7
Tarvastu	108	51,66	47,8	17	30,34	58,7
Tänassilma	454	247,06	54,4	73	122,12	49,4
Konguta	97	62,82	64,8	33	60,92	97,0
Rõngu	109	58,85	54,0	29	42,12	71,6
Purtsi	107	43,43	40,6	22	34,16	78,7
W-kallas	162	62,2	38,4	28	50,26	80,8
N-kallas	101	36,87	36,5	20	31,64	85,8
E-kallas	117	52,95	45,3	18	36,34	68,6
KOKKU	3003	1313,9	39,6	454	799,02	60,8



Joonis 6. Parandatud põllumajandusmaa Võrtsjärve vesikonnas.

Maaparanduslikult reguleeritud ja riiklikult korrashoitavate jõelõikude kogupikkus ulatub 399,6 km-ni. Suurem osa neist eesvooludest on koondunud Väikese Emajõe jõgikonda: jõe keskjooksu piirkonnas paiknevad vasakpoolsed lisajõed (Visula, Antsla, Lambahanna, Äru) ning Laatre jõe ülemjooksu lisajõed (joonis 7). Rohkem on riigi poolt korrashoitavaid maaparanduslikke eesvoolusid ka Helme jõgikonnas ning niisugusteks on ka suurema põllustatusega aladel olevad otse järve suubuvates keskmise suurusega (valgla vahemikus 40–110 km²) jõgikondades, nagu Rõngu jõgi, Konguta pkr, Väluste oja, Oiu pkr, Leie oja ja Tamme kraav.

LOOMAKASVATUS

Loomakasvatuse reostuspotentsiaali hindamiseks on kõige täpsemat infot võimalik saada 2001. aasta suvel toimunud põllumajandusloenduse andmetest. Loenduse andmed on käesolevaks ajaks avaldatud avalikuks kasutamiseks maakondade viisi, mis on veemajanduskava jaoks inimõju hindamisel aga liialt jäme territoriaalne jaotus. Samuti ei võimalda maakondade viisi üldistatud materjal käsitleda näiteks loomakasvatuse potentsiaalset reostuskoormust konkreetsete valglate (jõgikondade) viisi.



Joonis 7. Maaparanduslikud eesvoolud Võrtsjärve vesikonnas.

Eeltoodust tulenevalt on Võrtsjärve vesikonnas loomakasvatuse reostuskoormust hinnatud suuremate farmide viisi. Kokku on arvelolevaid farme 46 ja neis olevate loomade arvu ja liigi järgi arvestades on summaarne potentsiaalne reostuskoormus 18200 lü. Sellele lisandub Viiratsi seakombinaadi reostuskoormus. Kui võtta sigade arvuks 63 000 ja hinnanguliselt täistsükliga seakombinaadis ühele lü-le vastab 8 siga, siis saame seakombinaadi summaarseks koormuseks 7900 lü. Lägalaotusalast paikneb Võrtsjärve vesikonnas (Tánassilma jõgikonnas) umbes 4/5. Võrtsjärve vesikonna täiendavaks loomakasvatuse reostuskoormuseks kujuneb seega 6300 lü. Kokku on vesikonna enda farmide ja seakombinaadist juurdeveetava läga arvel summaarne koormus 24500 lü.

Farmide paiknemises avaldub väga selgesti nende kontsentreerumine kahte piirkonda (joonis 8):

- a) järvest läänepool Ärna ja Tarvastu jõgikonnad, lisaks Väluste oja väikesel valgal;
- b) järvest ida pool Rannu ümbruses, millele lisandub väiksemal määral Rõngu piirkond.



Joonis 8. Farmid Võrtsjärve vesikonnas.

Kuna nimetatud piirkonnades on ka rohkem kasutuses olevaid põllumaid ja tehtud rohkem maaparandust, siis tuleb neid alasid vaadelda funktsionaalselt Võrtsjärve vesikonna tähtsaima põllumajandustsoonina.

Valglapõhise veekaitse korraldamisel on oluline vaadelda reostuskoormust peavalglate viisi (tabel 4). Esitatud andmetest nähtub, et koormus on suurim Tarvastu jõe valglal, kus põllumaa ühe ha kohta tuleb potentsiaalseks koormuseks 1 lü. Kui lisada juurde Viiratsi seakombinaadi läga hulk, siis on tegemist tunduvalt suurema reostuskoormusega. Võrtsjärve valglale minevast lägast, mis vastab koormusele 6300 lü, veetakse põhiline osa Tánassilma jõgikonna põldudele. Arvutuslikult võime lisada Tánassilma jõgikonnale loomakasvatuse koormust 6300 lü võrra, mis teeb summaarseks koormuseks 7800 lü. Ühele loomühikule vastab sel juhul Tánassilma jõgikonnas 3,2 ha põllumaad. Kuna lägalootusala paikneb seakombinaadist mitte kaugemal kui 20–25 km, siis on lägareostus jaotunud tegelikult ebaühtlaselt – suurim koormus langeb Ärna jõgikonnas olevale põllumaale. Kõige halvemas seisundis ongi Ärna jõgi ja selle lisajõgi – Verilaske oja, mis lämmastikühendite sisalduse järgi vastavad kõige halvema, st V kategooria veekogudele.

Tabel 4

Loomakasvatuse potentsiaalne reostuskoormus Võrtsjärve vesikonnas

Valgla	Kogupindala, km ²	Põllumaa, km ²	Loomi kokku, lü	Lü kohta põllumaad, ha
V. Emajõgi	1173	418	2120	19,7
Õhne	575	280	2430	11,5
Tarvastu	108	52	5010	1,0
Tänassilma	454	247	1525	16,2
Konguta	97	63	1180	5,3
Rõngu	109	59	2100	2,8
Purtsi	107	43	230	18,9
W-kallas	162	62	1020	6,1
N-kallas	101	37	0	
E-kallas	117	53	2610	2,0
KOKKU	3003	1314	18225	7,2

JÕGEDE VEEKVALITEEDI KLASSID

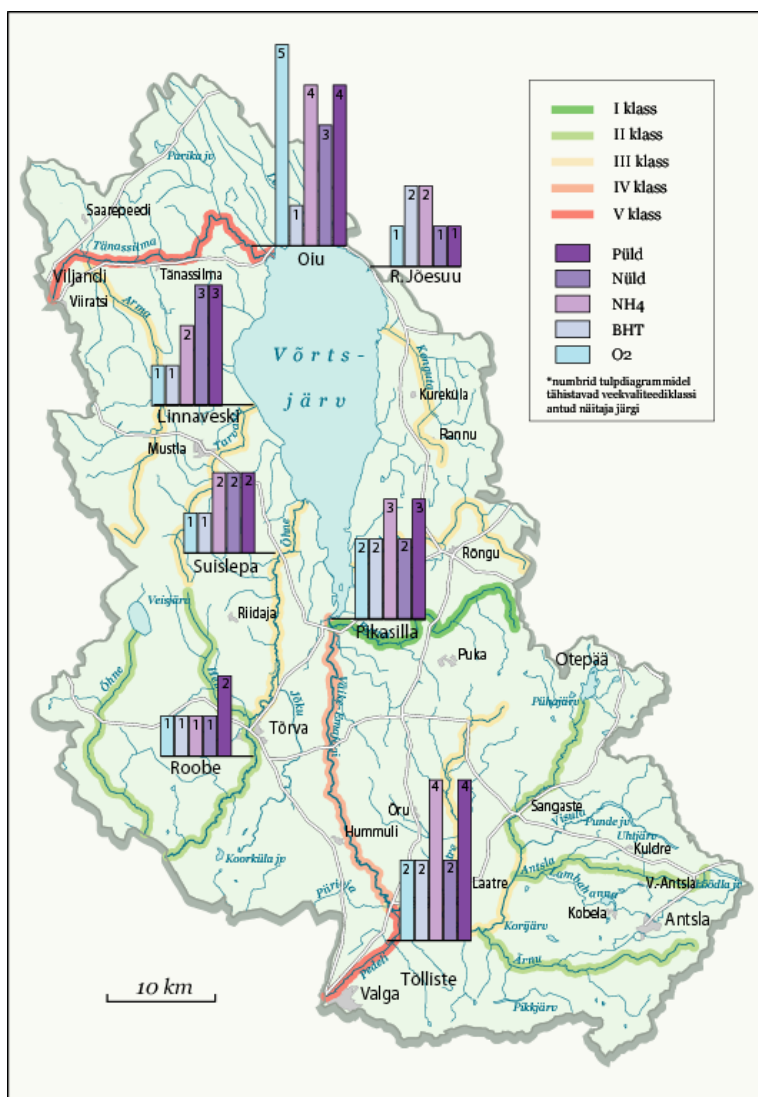
Veekogude praegusaegse seisundi määratlemine võrreldes keskkonna standarditega on tehtud veeklasside määramise teel. Metoodiliselt on lähtutud Keskkonnaministri 22.06.2001. a määruses nr. 33 sätestatud korrast. Selle määruse § 12 kohaselt tuleb veeklassi määramisel võimaluse korral arvesse võtta eelneva kuue aasta keskkonnaseire andmeid või mõnel muul viisil kogutud andmeid. Kuna Võrtsjärve vesikonna jõgedel on toimunud viimastel aastatel riiklik monitooring nelja jõe kuues lävendis, siis on määruse järgi soovitatud kuue aasta pikkune vaatlusrida olemas järve suubuvate suuremate jõgede veekvaliteedi kohta. Koondhinnangu saamiseks on leitud iga proovi analüüsitulemustest 5 komponendi (vees lahustunud O₂ küllastustase, BHT₅, NH₄, N_{üld} ja P_{üld}) hulgast halvimat seisundit iseloomustav näitaja, nagu seda nõuab määruse § 13 – veekogu veeklass määratakse halvima kvaliteedinäitaja alusel.

Tabel 5

Jõgede veekvaliteedi klassid riikliku keskkonnaseire andmete (1992–2001) alusel

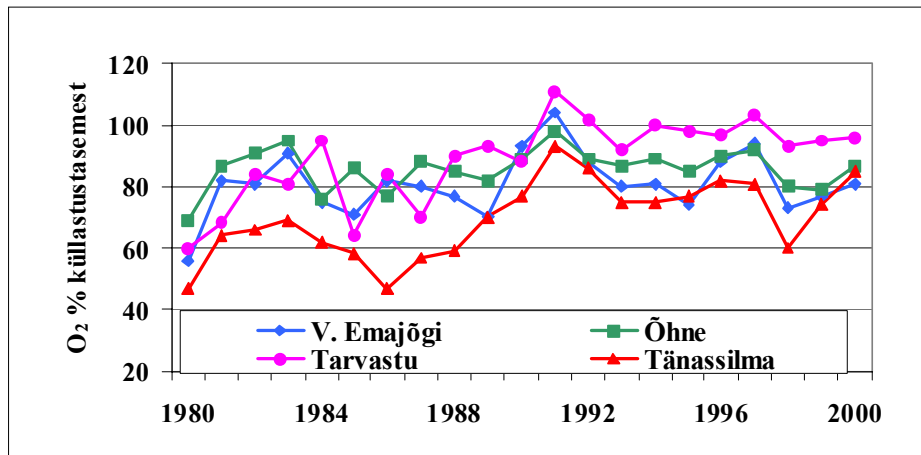
Jõgi	Lävend	O ₂	BHT ₅	NH ₄	N _{tot}	P _{tot}	KOKKU
V-Emajõgi	Tõlliste	2	2	4	2	4	4
V-Emajõgi	Pikasilla	2	2	3	2	3	3
Õhne	Roobe	1	1	1	1	2	2
Õhne	Suislepa	1	1	2	2	2	2
Tarvastu	Suue	1	1	2	3	3	3
Tänassilma	Oiu	5	1	4	3	4	5

Esitatud andmeist nähtub, et Võrtsjärve suubuvatest suurematest jõgedest on kõige parema veekvaliteediga Öhne jõgi, eriti jõe ülemjooks (joonis 9). Öhne jõe ülemjooksu iseloomustab Roobe maanteeasilla proovivõtulävend, mis paikneb jõe suudmest 38 km kaugusel. Tegemist on Võrtsjärve vesikonna jõgedest kõige puhtaveelisema jõelõiguga, sest nelja näitaja järgi (O_2 küllastustase, BHT_5 , NH_4 ja $N_{üld}$) on esindatud I veekvaliteedi klass; ainult üldfosfori järgi on tegemist II klassiga. II klassi nõuetele vastab Öhne jõe vesi ka alamjooksul. Suislepa lävendi andmeil on tegemist vähemalt II klassi veekvaliteedi näitajatega biogeenide järgi hinnates; O_2 ja BHT_5 järgi on siingi tegemist I klassi tasemega.



Joonis 9. Võrtsjärve vesikonna jõgede veekvaliteediklassid.

Kõige halvemas seisundis on Tänassilma jõgi ja Väikese Emajõe alamjooks Tõllistest alates. Tänassilma jõel paikneb riikliku seire lävend Oiul – jõe suudmest ca 0,2 km ülesvoolu. Kuna jõe reostajaks on Viljandi linna heitveed, mis juhitakse jõkke selle vahetus alguses, siis on Tänassilma jõgi ökoloogiliselt väga halvases seisundis kogu pikkuses. Hapniku sisalduse poolest kuulub Tänassilma jõgi kõige halvemasse, st V klassi (joonis 10), põhibiogeenide poolest, mida iseloomustab NH_4 , $N_{üld}$ ja $P_{üld}$ sisaldus, aga valdavalt IV klassi. Koguhinnangult kuulub Tänassilma jõgi suudme proovivõtukohta andmeil 90%-se tõenäosuse tasemel kõige halvemasse, s.o V klassi.



Joonis 10. Suuremate jõgede vee O₂ aastakeskmise sisaldus %-des.

Tänassilma jõe näitel ilmneb ka vastuolu Veekvaliteediklasside määramise juhendiga. Nimelt on Keskkonnaministri 22.06.2001. a määruses nr. 33 (§ 13) öeldud, et juhul kui vee biokeemilise hapnikutarbe väärtus vastab hea veeklassi nõuetele, jäetakse veeklassi määramisel lahustunud hapniku sisaldus arvestamata. Tánassilma jões on tegemist BHT järgi väga hea veekvaliteediga – vastab I klassi nõuetele. O₂ sisalduse järgi on aga tegemist kõige halvema kvaliteediklassiga. Sisuliselt vastuolu ei ole, samuti pole tegemist ebaõigete andmetega. Olukord on seletatav asjaoluga, et väga suure reostuskoormuse tõttu on Tánassilma jões intensiivne orgaanilise aine lagunemine ja nitrifikatsioon, mistõttu suur osa vees olevast hapnikust on kulunud nende protsesside käigus hoidmiseks. Isepuhastuse tulemusena on jõe suudmes BHT tase väga madal, kuid hapnik on defitsiidis ja biogeenide sisalduselt on tegemist IV veekvaliteedi klassiga.

Väikesel Emajõel on Tõllistes tegemist IV kvaliteediklassiga ning Väikese Emajõe suudmes Pikasillas III klassiga. Jõe halb seisund ilmneb ammoniumlämmastiku ja üldfosfori kaudu, mis mõlemad ühtviisi määravad ära veeklassi üldhinnangu. Kõrge reostus on põhjustatud Valga linna heitveest, sest kuni 2001. aastani oli Valga reoveepuhasti vajalikust puhastustasemest mitu korda madalamate efektiivsusega. Väikese Emajõe seisundi paranemine alamjooksul Tõlliste ja Pikasilla vahemikus on seletatav jõe isepuhastusprotsessidega.

Veemajanduskavade koostamisel peetakse vajalikuks määrata veekvaliteedi klassid kõigile vähemalt 100 km² suuruse valgla vooluveekogudele. Võrtsjärve vesikonnas on niisuguseid jõgesid kokku 11 [Järvet ja Mander, 2003]. Lisaks on veekvaliteedi klasside määramine tehtud ka Helme jõe ning Konguta peakraavi kohta, kuigi nende jõgede valgla on mõni km² alla 100 km². Mõlemad on aga olulised veekogud, mille valgla on tegemist vesikonna keskmisest suurema põllustatusega. Konguta pkr valgla on eriti suure põllumajandusmaa ja maaparanduse osatähtsusega, Helme jõgi on kogupikkuses arvatud ametlikult lõheliste kudemis- ja elupaikade nimistusse.

Võrtsjärve vesikonna vooluveekogude veeklassid on määratud eksperthinnanguna ka neile jõgedele ja ojadele (tabel 6), kus puuduvad viimase kuue aasta seire andmed. Väikese Emajõe ja Õhne jõe puhul, mis on pikemad ja kus toimub piki jõge arvestatav veekvaliteedi muutus, on veeklassid määratud jõelõikude viisi.

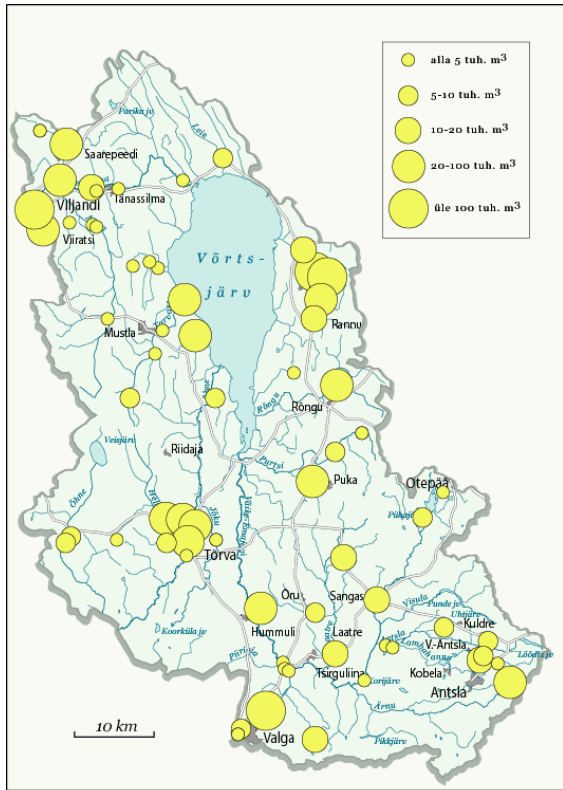
Võrtsjärve vesikonna vooluveekogude veekvaliteedi klassid

Kood	Nimi, jõelõik	Pikkus, km	Valgla, km ²	Veekvaliteedi klass
10082	Väike Emajõgi	83,6	1380,0	
	Lähtest Visula jõe suudmeni	23,6		II
	Visula jõe suudmest Pedeli jõe suudmeni	24,0		III
	Pedeli jõe suudmest Pikasillani	36,0		IV
10095	Antsla	25,0	135,0	II
10102	Ärnu jõgi	22,0	165,0	II
10111	Laatre jõgi	30,8	195,0	III
10121	Pedeli jõgi	31,0	219,0	V
10131	Purtsi jõgi	30,6	107,0	I
10137	Õhne jõgi	94,0	573,0	
	Lähtest kuni Tõrva linnani	58,0		II
	Tõrvast kuni suudmeni	36,0		III
10148	Helme jõgi	17,7	95,0	II
10165	Tarvastu	22,0	108,0	III
10180	Tänassilma	34,0	454,0	V
10183	Ärma	37,0	199,0	III
10215	Rõngu	25,6	109,0	III
10228	Konguta pkr.	17,3	96,7	III

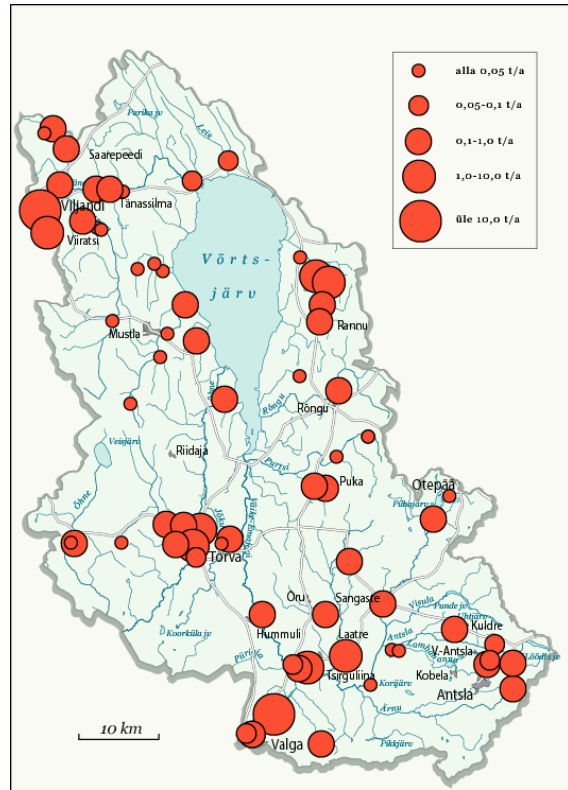
HEITVEE REOSTUSKOORMUS

Reostusallikatest on riikliku veemajanduse aruandlusega kõige pikemalt ja põhjalikumalt hõlmatud heitvee ja selle reostuse juhtimine veekogudesse. 2001. aasta seisuga on Võrtsjärve vesikonnas riiklikult arvel 71 heitvee väljalasku. Kõik väljalasud, välja arvatud Viljandi linn, on varustatud reoveepuhastutega. Peavalglate järgi arvestades on kõige rohkem reoveepuhasteid suuremates jõgikondades: Väikese Emajõe valgjal 24, Tänassilma jõgikonnas 14 ja Õhne jõgikonnas 12. Kolm suurt heitveeobjekti paiknevad veelahkmealal, kust heitvesi siiski suunatakse Võrtsjärve suunas. Viljandi reoveekollektori väljalasult algab sisuliselt Tänassilma jõgi, kuigi linn paikneb Raudna jõgikonnas. Rabakraavide kaudu jõuab Konguta peakraavi Puhja aleviku ja Sangla Briketitehase heitvesi.

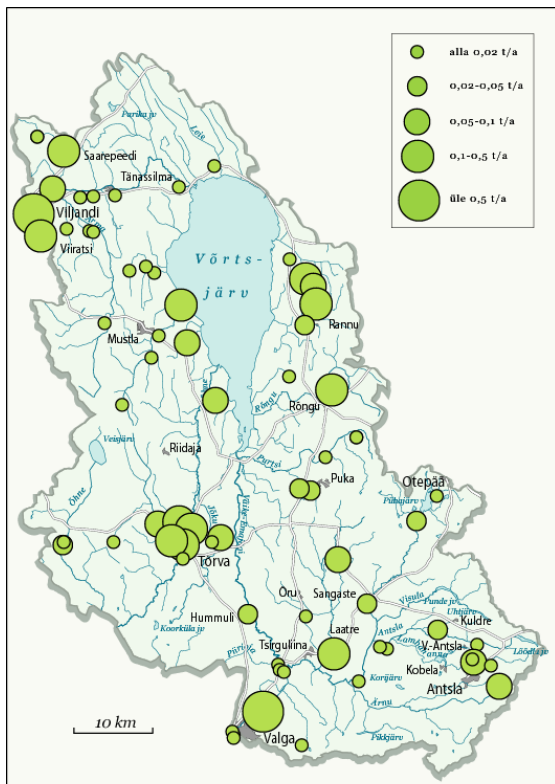
2001. aasta andmeil suunati Võrtsjärve vesikonna veekogudesse 2.46 mln m³ heitvett. Sellest 1.31 mln m³ ehk 54% langes Väikese Emajõe jõgikonna veekogude arvele (tabel 7). Heitvee suurreostajaks Väikese Emajõe valgjal on Valga linn, kust juhiti Pedeli jõkke 1.03 mln m³ heitvett aastas. Tingituna Sangla Briketitehase tehnoloogiliste heitvete suurest hulgast (306 tuh m³ aastas) oli peavalglate viisi arvestades "teisel kohal" Konguta peakraav 480 tuh m³-ga (joonis 11, 12, 13 ja 14). Tänassilma jõkke suunati 332 tuh m³ heitvett aastas, millest langes Viljandi linna arvele 57.9%.



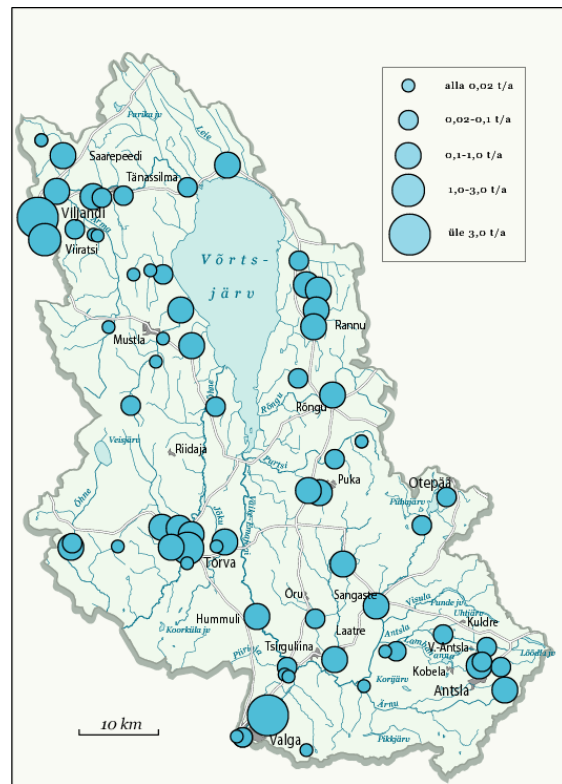
Joonis 11. Heitveeobjektid Võrtsjärve vesikonnas.



Joonis 12. Heitvee reostuskoormus BHT₇ järgi.



Joonis 13. Heitvee reostuskoormus Pöld järgi.



Joonis 14. Heitvee reostuskoormus Nöld järgi.

Tabel 7

Heitvee reostuskoormus Võrtsjärve vesikonnas peavalglate viisi (2001. a andmeil)

Valgla	Heitveehulk k tuh. m ³	Reostuskoormus, t/a			Keskmine kontsentratsioon, mg/l		
		BHT ₇	Nüld	Püld	BHT ₇	Nüld	Püld
Väike Emajõgi	1311,5	77,8	43,3	8,1	59,3	33,0	6,2
Purtsi jõgi	36,1	0,46	0,45	0,07	12,7	12,5	1,94
Õhne jõgi	177,1	4,63	5,72	1,21	26,1	32,3	6,85
Tarvastu jõgi	34,3	0,30	0,25	0,15	8,8	7,3	4,31
Tänassilma j.	332,4	25,67	11,18	1,72	77,2	33,6	5,17
Konguta pkr.	479,9	3,42	4,45	0,65	7,1	9,3	1,35
Rõngu jõgi	39,0	0,45	0,64	0,18	11,6	16,4	4,54
W-Kallas	24,6	0,38	0,26	0,07	15,5	10,5	2,93
N-Kallas	7,6	0,07	0,17	0,02	9,6	22,4	2,24
E-Kallas	3,0	0,02	0,03	0,00	5,0	9,7	1,33

Reostuskoormuse järgi arvestades on kaks heitvee suurestajat Valga ja Viljandi linnad. Need linnad kokku moodustavad Võrtsjärve vesikonna heitvee summaarsest reostuskoormusest BHT; Nüld ja Püld järgi vastavalt 81, 71 ja 72%. Sealjuures Valga linna heitvee reostuskoormus ületab Viljandi linna näitajaid BHT, N_{üld} ja P_{üld} osas vastavalt 3,2, 5,4 ja 6,3 korda. Mõlemad linnad on olnud Võrtsjärve suurestajad aastakümneid. Valga linna heitvete mõju on jõgede hüdrokeemilise seire andmeil fikseeritud Väikese Emajõe suudmes Pikasillal, Viljandi linna mõju avaldub selgelt Tänassilma jõe suudmest Oiul võetud veeproovide analüüsitulemustes. Arvestades väikest äravoolu on suhteliselt suure reostuskoormusega ka Konguta peakraav. Teised Võrtsjärve suubuvad jõed on kolmest nimetatust märgatavalt väiksema reostuskoormusega. Otse järve suunatakse ainult Võrtsjärve Limnoloogiajaama ja Valma küla heitvesi, mis väikese reostuskoormuse tõttu pole põhjustanud ka väljalasu piirkonnas lokaalset reostumist.

VEELIIKLUS

Veekogude ja nende kaldaalade kasutamine turismi ja puhkemajanduse eesmärkidel on üha suuremat populaarsust võitmas. Veekogude äärsed kinnistud on kõrgemalt väärtustatud (kõrgema ostu-müügihinnaga) kui muude tingimuste poolest samaväärsed, kuid veekogudest kaugemal paiknevad kinnistud. Veekogude turistlik ja puhkemajanduslik kasutamine teenib laiemaid sotsiaalseid huvisid, mida võimaldavad avalikuks kasutamiseks mõeldud veekogud.

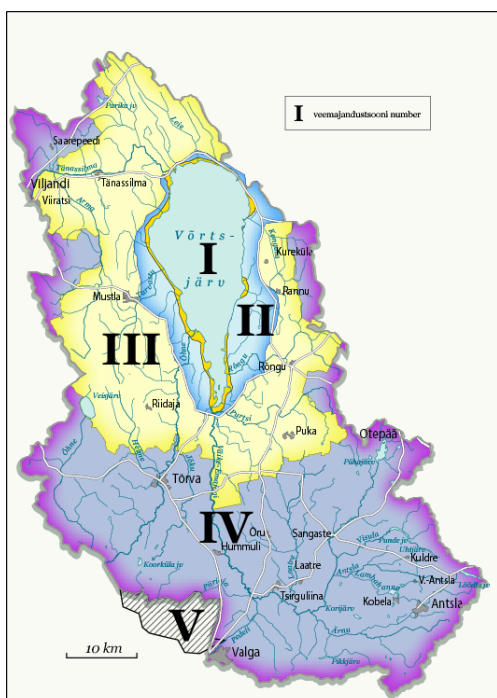
Võrtsjärv on osa Eesti ainukesest laevatatavate siseveekogude süsteemist, mis ühendab Emajõe kaudu kahte suurjärve. Üldriiklikult on Võrtsjärvel määratletud laevaliiklus Jõesuu ja Pikasilla vahel ning märgistatud on sissesõidud Oiu, Valma ja Limnoloogia sadamatesse ning Õhne jõe suudmesse. Veeteede Ameti Tartu hüdrograafia osakonna poolt tähistatakse navigatsiooniliselt Väike Emajõgi suudmest kuni Jõgevesteni, sest jõe alamjooksul umbes 20 km pikkuselt on jõelaevade liikumistingimused samasugused kui Võrtsjärvel. Samuti on Võrtsjärvel kursseerivate laevadega võimalik sõita mööda Õhne jõe suudmest Suislepani.

Mootorpaadi liiklust on võimalik korraldada Väikesel Emajõesel Jõgevestest ülespoole kuni Tõlliste sillani, Öhnel Suislepast Leebiku paisuni ning Tánassilma jõel mõne km ulatuses jõe suudmest arvates. Ülejäänud Võrtsjärve suubuvatel jõgedel on paadiliiklus võimalik ainult suudmelähedasel alal kõrgema veeseisu ja taimestikust vaba sängi korral. Näiteks Rõngu jõgi on sõidetav poldri kanali ulatuses ning Konguta pkr kuni Sangla poldri pumplani. Seda muidugi eeldusel, et järves ei ole veetase langenud alla 33,5 m.

Paadi-, kanuu- ja süstamatkadeks on Võrtsjärve suuremad jõed tagasihodlike võimalustega. Väike Emajõgi ei ole veematkaajõena arvestatav ülemjooksul (kuni Restu paisuni), sest voolusäng on kitsas ja risustunud ning sügavus väike. Restust alates on jõel piisavalt sügavust, kuid peale Sangaste veskipaisu voolab jõgi ligi 20 km ulatuses tasasel soostunud alal reguleeritud sängis. Iigaste maantee sillast alates on Väike Emajõgi sõidutingimuste poolest hea veematkaade sooritamiseks, kuid vool on üldiselt aeglane. Huvitav veematkaajõgi on Öhne, sest jõgi on küllalt looklev, valdavalt loodusmaastikus, vahelduvad erineva languga ja voolukiirusega lõigud, paisud on madalad, kuid probleemiks on jõesängi suur risustatus. Kohati, näiteks Tõrvast Leebikuni, on voolusäng nii täis vette langenud puudest, okstest ja ülevaalt poolt kaasa kantud prahist, et ilma suure puhastustööta pole võimalik edasi liikuda. Tánassilma jõel saab paadiga matkata ainult kevadel, kui veetaimestik pole jõudnud suureks kasvada. Juunikuust alates on voolusäng suuremas osas taimestikku täis ja paadisõiduks tingimused puuduvad. Väikesest langust tingitud aeglane vool ja heitveereostus ei soodusta laiema huvi kujunemist Tánassilma kui matkaajõe suhtes. Teised jõed on niivõrd väikese voolusängiga ja vee sügavusega, et üldjuhul ei võimalda veematkaade korraldamist.

VESIKONNA JAOTUS VEEMAJANDUSLIKU PLANEERIMISE ÜKSUSTEKS, LÄHTUDES VÕRTSJÄRVEST KUI TUUMIKALAST

Käsitletav piirkond (Võrtsjärve akvatoorium ja vesikond) on veemajanduslikul analüüsil, keskkonnamõjude hindamisel ja veemajanduskava koostamisel jaotatav viieks tsooniks, mida eristavad üksteisest peamiselt seosed ja kaugus Võrtsjärve suhtes, vähem halduslik-administratiivsed ja poliitilised tegurid. Niisugust jaotust saab käsitleda Võrtsjärve vesikonna veemajandusliku funktsionaalse tzoneerimisega (joonis 15), kus igale tsoonile vastavad teistest mõnevõrra erinevad veemajanduslikud eesmärgid.



Joonis 15.
Võrtsjärve vesikonna veemajanduslik tzoneerimine.

- I tsoon – järve akvatoorium koos üleujutusala. Viimase suuruseks on ajalooliselt kõrgeima veetaseme (35,28 m üle merepinna) puhul hinnatud 57 km², kuid suurveeaegse üleujutuse mõju ulatub pinnasevee kõrge taseme tõttu ka kaugemale.
- II tsoon – vahetult järvega piirnev ala, mis on määratud Võrtsjärve Piirkonna Üldplaneeringuga (AS ENTEC, 2001), suurusega 790 km². Planeeringuga hõlmatud ala moodustab ca 10 km laiuse vööndi ümber järve, kujutades seda osa järve ümbruskonnast, millel on arvestatav seos järve endaga. Planeeringuala koosseisu jääb ka funktsionaalse tsoneeringu II tsoon (üleujutusala) ja seetõttu on käsitletava III tsooni pindala 733 km².
- III tsooni moodustavad seitse valda (kogu oma territooriumiga väljaspool üleujutus- ja Võrtsjärve Piirkonna Planeeringuga hõlmatavat ala), mis piirnevad Võrtsjärvega. Tsooni suuruseks on 541 km². Nende valdade kogupindala on 1587 km², millest Võrtsjärve vesikonda jääb 1331 km² ehk 84%. Seega 256 km² ehk 16% nende valdade kogupindalast jääb väljapoole Võrtsjärve vesikonda ning seda ei ole arvestatud käsitletava ala hulka.
- IV tsooni jääb vesikonna ülejäänud osa Eesti Vabariigi piires kogupindalaga 1688 km². Nendeks on omavalitsusüksused, millel on järvega üksnes hüdrograafiline seos, tingituna paiknemisest järve valgjal. Mõnel neist võib olla otsene mõju Võrtsjärvele (näiteks Viljandi ja ka Valga linn, mis mõjutavad järve heitvee reostusega). Nendel omavalitsusüksustel puuduvad otsesed sotsiaalmajanduslikud sidemed Võrtsjärvega.
- V tsooniks on 85,2 km² suurune ala, mis jääb Läti Vabariigi territooriumile ning on seetõttu käsitletav kahe riigi vahelise koostöö objektina. See ala paikneb hüdrograafiliselt peamiselt Pedeli jõgikonnas; väike osa (7,1 km²) jääb Ohne jõgikonda.

Esimesed 3 tsooni moodustavad Võrtsjärve vesikonna veemajanduslikult AKTIIVSE VÖÖNDI kogupindalaga 1601 km², 4. ja 5. tsoon kokku PASSIIVSE VÖÖNDI kogupindalaga 1773 km² (kaasa arvatud Lätisse jääv ala). Järve ökoseisundi jaoks on samaväärselt järvelähedaste aladega olulised ka kaugemal paiknevad suuremad reostajad, nagu Viljandi ja Valga linnad, ning intensiivsem põllumajanduslik maakasutus, millega võib kaasneda suurenenud hajureostus.

KOKKUVÕTE

EL Veepoliitika Raamdirektiiv loob suurepärase võimaluse integreeritult korraldada kõiki vee ja veekogudega seotud küsimusi. Varasemast enam tuleb tähelepanu pöörata veekogude hüdro-morfoloogilistele muutustele ja elustikule. Valglapõhise veemajanduse korraldamiseks on vaja teha mõningaid struktuurseid muudatusi senises riiklikus veemajanduse juhtimise süsteemis. Ümberkorraldused on suhteliselt lihtsalt teostatavad, kuna ei ole vajadust riigi uute haldusstruktuuride moodustamiseks. Tuleb laiendada alamvesikondade juhtkeskonnateenistuste funktsioone ja tööülesandeid ning võtta tööle vastavad spetsialistid.

Eesti veemajanduses nõrgaks kohaks erinevate andmebaaside seostamine, mistõttu kogutud ja süstematiseeritud rohke andmestik on hajutatud erinevate ametkondade ja asutuste vahel. Rakenduslike andmebaasidega on vähe seotud teadusuuringute ja seire tulemused, ilma milleta ei saa käsitleda veekaitse küsimusi suurema üldistuse tasemel.

Inimmõju hindamisel Võrtsjärve vesikonna veekogudele saab välja tuua järgmised konkreetsed järeldused:

1. Võrtsjärv on tugevasti eutrofeerunud veekogu, kuid järve väline reostuskoormus on hakanud viimastel aastatel vähenema. Kõrvuti inimtegevuse mõjuga põhjustavad märgatavaid erinevusi järve ökoseisundis ka hüdroloogiliste tingimuste looduslik muutus: madal veetase, pikk jääkateperiood ja väike veevahetus.

2. Võrtsjärve vesikonna veekogudest on veekvaliteedi poolest halvemas seisundis Tánassilma jõgi ja Väike Emajõgi koos Pedeli jõega ning Konguta pkr. Vähemalt hea veekvaliteediga on Purtsi jõgi ning Õhne jõe ülem- ja keskjooks.
3. Voolusängi hüdro-morfoloogiliste hinnangute järgi on halvemas seisundis Õhne jõgi, Tánassilma jõgi ja Ärna jõgi.
4. Kalastikuliselt suurema väärtusega on Väike Emajõgi, Õhne jõgi ja Purtsi jõgi.
5. Maaparanduslike eesvooludena on olulisemad Konguta pkr, Rõngu jõgi ja Tarvastu jõgi.
6. Kõige suurem on inimtegevuse mõju veekogudele Tánassilma jõgikonnas (koos Ärna jõega), kus on tegemist väga kõrge biogeense reostusega. Suur on inimõju ka Konguta pkr valgjal ning Pedeli jõe valgjal.
7. Lõuna-Eesti puhaste (inimtegevusest vähemõjutatud) vooluveekogude etaloniks võib valida väikestest jõgedest Purtsi jõe ja suurematest jõgedest Õhne (valgla ülevalpool Tõrvat).
8. Võrtsjärve suubuvate suuremate jõgede funktsionaalsel tsoneerimisel kujunevad juhtfunktsioonid järgmiselt:
 - a) Väike Emajõgi – kalavarude taastamine, veeliiklus ja veevõtmine (juhul kui vajadus tekib);
 - b) Õhne jõgi – kalavarude taastamine;
 - c) Tarvastu jõgi – maaparanduslik eesvool;
 - d) Tánassilma jõgi – uurimispolügoon reostuskoormuse vähendamiseks ökotehnoloogiliste võtetega;
 - e) Konguta pkr – maaparanduslik eesvool;
 - f) Rõngu jõgi – maaparanduslik eesvool ja kalavarude taastamine;
 - g) Purtsi jõgi – kalavarude taastamine
9. Veemajanduskava koostamise järgmistel etappidel on vajalik läbi viia väliuuringuid peamiselt veekogude hüdro-morfoloogilise seisundi täpsustamiseks.
10. Järgmisel etapil on otstarbekas läbi töötada Võrtsjärve vesikond jõgikondade kaupa ja seejärel jõgikondade koondmaterjali baasil koostada Võrtsjärve alamvesikonna terviklik veemajanduskava.

KIRJANDUS

EU Veepoliitika Raamdirektiiv. Tõlge eesti keelde. Keskkonnaministeerium, 2002.

Hea tava valgala tervikmajandamisel. Keskkonnajuht 1/2002.

Järvekülg, R., Tambets, J., Tambets, M. Ülevaade kalaliikide ja vee-elupaigatüüpide esinemisest, seisundist ja kaitsest Pärnu alamvesikonnas. Tellija AS Maves, Finantseerija Keskkonnainvesteeringute Keskus. Tallinn, 2002. Käsikiri Keskkonnaministeeriumis.

Järvet, A., Mander, Ü. 2003. Classification of Chemical Status of Rivers for Water Management Planning in Lake Võrtsjärv Catchment Area, Estonia. In: Blain, W.R. and Brebbia, C.A. (Eds.) *River Basin Management II (River Basin Management 2003)*, *Progress in Water Resources Vol. 7*. WIT Press, Southampton, Boston.

Järvet, A. 2000. Valglaviisi veeressursside majandamine – abinõu keskkonnakaitse korralduses. – Kaasaegse ökoloogia probleemid, VIII. Eesti VIII ökoloogiakonverentsi lühiartiklid. Tartu, lk. 63–70.

EESTI SUURJÄRVEDE KALAVARUD JA NENDE KASUTAMINE

Ain Järvalt
EPMÜ ZBI Võrtsjärve limnoloogiajaam

Väino Vaino
TÜ Eesti Mereinstituut

SISSEJUHATUS

Kogu Eesti territooriumist võtavad siseveed enda alla 6,2%, millest ligi 1150 järve osaks langeb 4,8% ja ca 7000 vooluveekogule 1,4%. Ülekaalukalt suurima pindalaga – 3555 km² on Peipsi järv (koos Lämmi- ja Pihkva järvega), millest Eesti territooriumile jääb 1529 km². Võrtsjärve pindala on keskmise veetaseme korral 270 km². Järgnevad Narva veehoidla (191 km²), millest Eestile kuulub 20%. Kõik teised järved jäävad pindalalt juba alla 10 km². Tavaliselt käsitletakse suurjärvedena vaid kaht esimest – Peipsi järve ja Võrtsjärve.

Võrrelduna Eesti kalasaagiga, milles on kokku võetud kaugpüük, Läänemere ja sisevete püük, moodustab viimane suhteliselt väikese osa, keskmiselt vaid 2%. Kuna sisevete kalasaak on aastati küllalt muutuv, moodustab see Läänemere saagiga kõrvutades 3–6% (tabel 1). Peipsi järv annab sisevete kalasaagist omakorda üle 90 %, Võrtsjärv 6–8% ja teised siseveed vaid 1–2%. Saakide kõikumised on tingitud nii töõnduslike liikide arvukuse looduslikest muutustest kui ka puudulikust püügistatistikast erinevatel perioodidel.

Arvestades viimaste aastate kalanduse suhtelist madalseisu, mis on kujunenud seoses ebasoodsa turusituatsiooni ja kalavarude vähenemisega, langeb järjest suurem roll kalandusuringutele. Esmajärjekorras on vaja kiiresti muutuvates tingimustes (looduslikud, seadusandlikud jne) leida uusi võimalusi kalapüügi paremaks reguleerimiseks.

Tabel 1

Eesti kalasaagid aastatel 2001 ja 2002

Püügipiirkond	2001		2002	
	Saak, t	%	Saak, t	%
Läänemeri	82144	97,1	79021	94,5
sh rannikumeri	13782	16,3	10955	13,1
avameri	68362	80,8	68066	81,4
Siseveed	2462	2,9	4579	5,5
sh Peipsi	1975	2,3	4148	5,0
Võrtsjärv	376	0,4	319	0,4
teised siseveed	111	0,1	113	0,1
Kokku	84606		83600	

PEIPSI JÄRV

Peipsi-Pihkva järve ja järvega seotud jõgede kalastik koosneb 37 kalaliigist. Nende hulgas on Eestis seadusega kaitstavad liigid säga, harjus ja tõugjas ning lisaks nimetatutele veel Eesti Punase Raamatu liigid peipsi siig, räabis, jõeforell, hink, vingerjas, võldas ja ojasilm. Eesti mageveeliikidest esinevad järves või selle vesikonnas pea kõik liigid. Introdutseeritud liikidest

on nimetatud 37 liigi hulgas karpkala ja hõbekoger. Viimane on arvukam ja kindlasti ka sigib järves. Lisaks on juhuslikult püütud teisigi võõrliike.

Peamised töõnduskalad (aastane väljapüük Eestis ja Venemaal kokku tavaliselt üle 500 tonni) on viimasel ajal peipsi tint, ahven, koha, särg, latikas ja kiisk, kellele järgnevad haug, luts, peipsi siig ja teised liigid [Pihu ja Kangur, 1999].

Peipsi-Pihkva järv on kõrge kalaproduktiivsusega veekogu. Kaudselt iseloomustab produktiivsust kalade väljapüük, mis viimastel aastatel on olnud keskmiselt 16 kg/ha, II maailmasõja eel ja järel, kuni 1990ndate aastateni, ligikaudu kaks korda kõrgem [Saat jt, 2002]. Töõnduspüügi statistika on olemas alates 1930ndatest aastatest (tabel 2). Sealtmaalt alates on Peipsi üldine kalasaak väheneva trendiga. Viimaste aastakümnete järve saagikuse langus on seotud nii looduslike protsessidega järves kui ka põhjalike sotsiaalmajanduslike (sh kalanduslike) ümberkorraldustega Eestis ja Venemaal. Ametlikus kalapüügi statistikas kajastuvad numbrid on reeglina väiksemad kui tegelik väljapüük, eriti möõdunud kümnendil, mistõttu on alust arvata, et Peipsi saagikus pole ka viimastel aastatel langenud alla 20 kg/ha. Looduslikelt eeldustelt on Peipsi-Pihkva järv tindi-latika-kohajärv [Nõges jt, 1996].

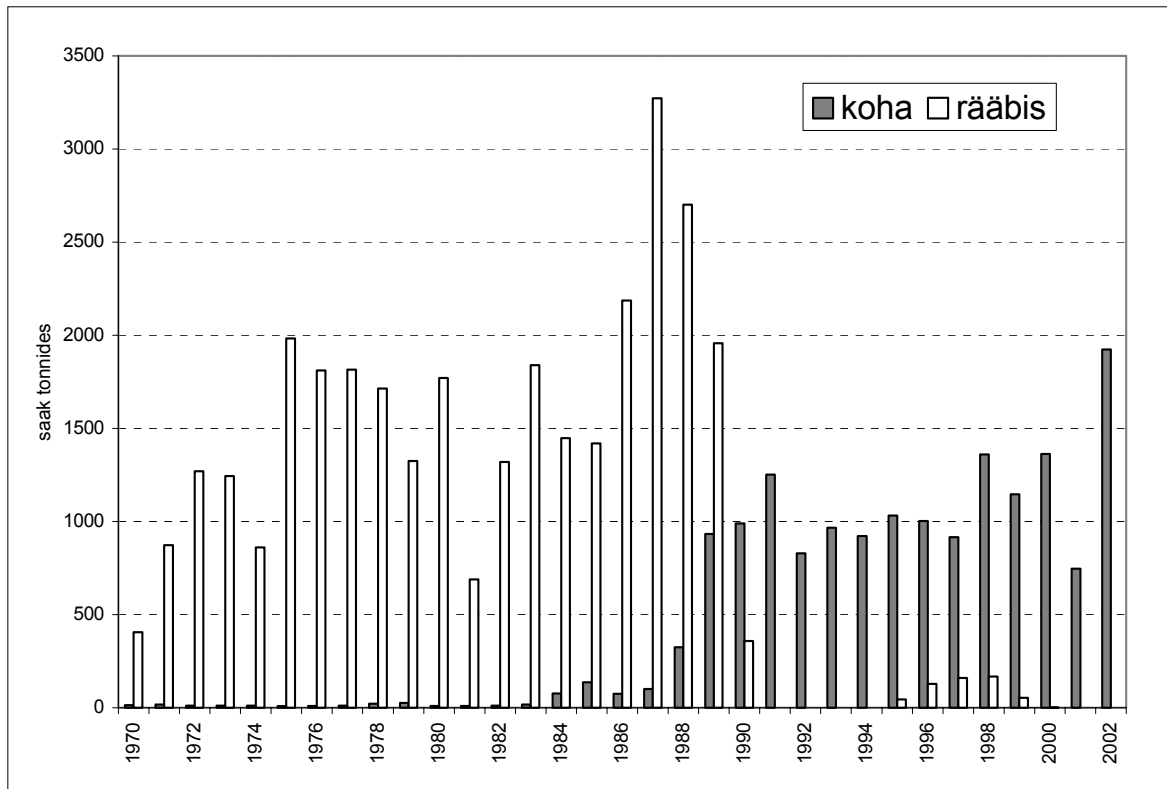
Kuni 1980ndate aastate keskpaigani toimus järve intensiivne eutrofeerumine: tõusis mitmete fosfor- ja lämmastikühendite sisaldus vees, vähenes vee heledus ja läbipaistvus. Järve troof- suse uus tase ja 1980ndate lõpus alanud kliimamuutused lõid eeldused põhjapoolsema leviku- kuga jahedamat ja puhtamat vett eelistavate kalaliikide varu kahanemiseks ning toitaine- terikkamat vett eelistavate liikide tõusuks. Teisalt on saake mõjutanud püügi reguleerimine, eriti peenesilmaliste traalide keelustamine ja põhjanootade arvu vähendamine [Pihu, 1996] ja püügivõimsuse muutused (tuntavaim ahvena puhul). Kalade väljapüük on vähenenud ka kalurite püügieelistuste muutumise tõttu, kus (eriti Eestis) on kadunud või oluliselt vähenenud huvitatus massiliselt esinevate, ent vähest majanduslikku huvi pakkuvate kalaliikide (kiisk, särg ja enamasti teisi karpkalalasi, kalade noorjärgud) väljapüügi osas [Saat jt, 2002] ja saakide mittetäieliku registreerimise tõttu 1990ndatel aastatel.

Viimase 10–15 aasta jooksul on järve kalastikus toimunud muutustest olulisimad rääbise arvukuse vähenemine ja koha arvukuse suurenemine. Koha on kujunenud Peipsi järve kõige väärtuslikumaks töõnduskalaks, samas kui rääbis on oma kunagise üliolulise positsiooni minetanud (joonis 1). Kohapopulatsioon oli Peipsi järves pikka aega, 1930ndate keskpaigast kuni 1980ndate keskpaigani, peenesilmaliste aktiivpüüniste laialdase kasutamise tõttu allasurutud seisundis. Pärast traalpüügi lõpetamist ja põhjanootade arvu märgatavat vähen- damist koos nende tehniliste parameetrite muutmisega hakkas koha arvukus järves suure- nema. Seda protsessi toetasid soodsad keskkonnatingimused järves [Pihu, 1996; Pihu ja Kangur, 2000; Saat jt, 2002].

Rääbisepopulatsioon oli oma õitsengu tipul veel 1980ndate aastate teisel poolel, kuid koos pehmete ja isegi jäävabade talvede saabumisega vähenes selle liigi arvukus kiiresti [Pihu, 1996; Pihu ja Kangur, 2000]. Jätkuvalt kõrgel püügikoormusel (varu kahanemise tingimustes) võis siin kiirendav mõju olla, sest samasuguseid tendentse täheldati samal ajal ka Soome järvedel [Salonen, 1998]. Välistatud pole koha mõju, kes toitub teiste liikide kõrval ka rää- bisest [Kangur, 2000]. Koha ja rääbise arvukuse muutused on selgelt vastasfaasis (joonis 1).

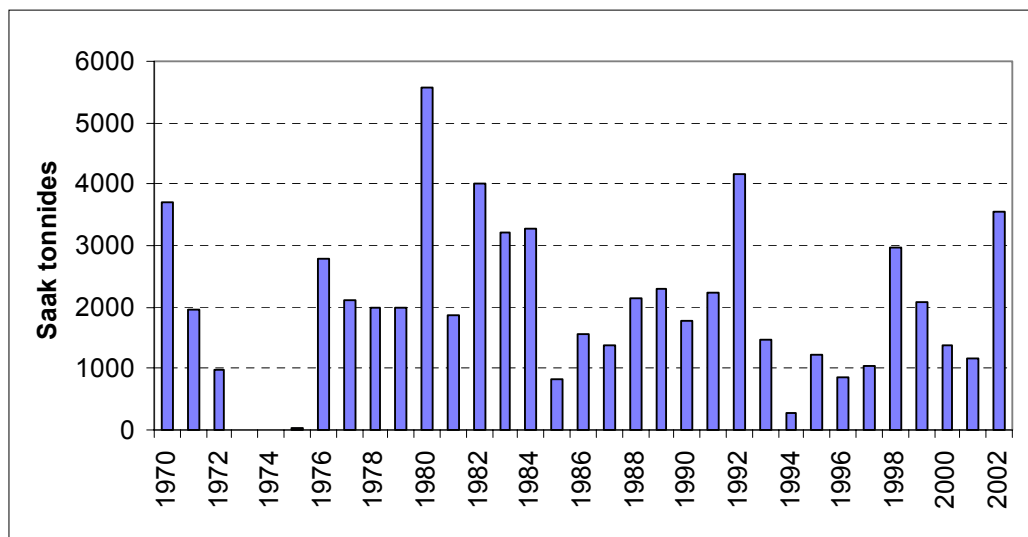
Kahel aastal (1973, 1974) on järves suvel hapnikupuudusel surnud tint (Pihu ja Kangur, 2000) (joonis 2) ja sellise olukorra kordumise tõenäosus on aasta-aastalt üha suurem. Vii- mastel aastakümnetel on tint praktiliselt Pihkva järvest kadunud.

Suurem osa Peipsi-Pihkva järve kalasaagist püütakse välja Peipsist, kusjuures Eesti ja Vene saagid on viimasel ajal enam-vähem võrdsed (tabel 3). 1990ndatel aastatel olid Eesti kalurite tähtsamad püügikalad väljapüügi järgi tint, ahven ja koha, kümnendi keskmine kalasaak oli üle 2400 tonni (tabel 4). 1998. aastal oli Peipsi kalasaagi (1990ndate aastate maksimum- saak) väärtus 31 miljonit krooni ja märkimisväärse osa sellest andsid koha (> 15 miljonit krooni) ja ahven (~ 9 miljonit krooni) [Vetemaa jt, 2001].



Joonis 1. Koha ja rääbise saagid Peipsi-Pihkva järves aastatel 1970–2002

Kuigi Peipsi kalasaagid on 1990ndatel aastatel varasema perioodiga võrreldes järsult vähenenud, jäi saagi rahaline väärtus enam-vähem samale tasemele. Koha kõrge hind on seni kompenseerinud saakide languse ja isegi mõne püügikala (rääbis ja suures osas siig) kadumist. Peipsi-Pihkva järve kalasaagi väärtust aitaks tõenäoliselt tõsta angerjamaimude regulaarne asustamine järve [Pihu, 1996].



Joonis 2. Tindisaagid Peipsi-Pihkva järves aastatel 1970–2002

Eesti poole kalurite käsutuses on ligemale 10 erinevat kalapüünist. Põhiline osa kalasaagist püütakse välja siiski kolme tüüpi püünistega: mõrdadega (sh tindimõrrad) 52%, põhja-nootadega 30% ja võrkudega 17%. Mõrdadega püütakse peamiselt tinti, ahvenat ja särge, põhja-nootadega ahvenat ja koha ning võrgupüügi olulisemad objektid on koha, latikas ja haug [Vaino, 2002]. Kalapüük Peipsi järvel on traditsiooniliselt sesoonne, mille tingivad nii püügi-traditsioonid kui ka mitmesugused püügipiirangud.

Kutseliste kalurite kõrval püüavad järvel kala rannaelanikud (nn piiratud püügiloa omanikud) ning sajad ja tuhanded (sõltuvalt aastaajast) harrastuspüüdjad. Rannaelanike, kelle kasutada on põhiliselt 1000 nakkevõrku järve kaldavööndis, saake on hakatud alates 2001. a registreerima. Nende ametlik aastasaak oli 64 tonni, peamine püügikala särg (49 tonni). Harrastuspüüdjate osa järve kalavarude kasutamisel on senini ebaselge, nagu röövpüügi ulatuski. Teada on, et ainuüksi talvise jääaluse püügiga võtavad harrastuspüüdjad välja vähemalt 100–150 tonni ahvenat [Vetemaa jt, 2002], ja kui siia juurde arvestada ka jäävaba perioodi saak (hinnanguliselt samas suurusjärgus), olid 2001. aastal harrastus- ja kutselised püüdjad enam-vähem võrdsed ahvenavarude kasutajad.

Tabel 2

Peipsi-Pihkva järve kalasaagid tonnides ja saagikus kg/ha aastatel 1931–2002

* perioodi keskmine aastane püük;

** 1990ndail peamiselt kiisk, varem ka väike ahven, muude kalade noorjärgud

Püügiaeg	Tint	Rääbis	Slig	Haug	Latikas	Koha	Luts	Ahven	Särg	Muud**	Kokku	Saagikus
1931-40*	3878	407	68	387	858	320	105	1390	1093	3361	11867	33
1950-57*	3194	482	79	364	978	168	153	544	568	2981	9511	27
1958-68*	3032	953	74	367	255	24	192	942	604	2605	9048	25
1969	6134	667	59	333	156	8	188	1609	483	3544	13181	37
1970	3696	406	72	432	140	15	208	1688	564	5091	12312	35
1971	1944	873	102	456	155	18	211	1854	826	5219	11658	33
1972	979	1270	88	259	222	12	156	3318	1332	6657	14293	40
1973	0	1244	57	275	349	11	129	3910	1376	5379	12730	36
1974	0	861	93	254	325	12	92	2555	1208	4806	10206	29
1975	41	1983	58	242	308	8	123	1229	1087	5197	10276	29
1976	2789	1810	33	260	402	10	118	653	445	5007	11527	32
1977	2116	1815	51	227	487	11	137	671	577	4946	11038	31
1978	1975	1714	38	250	326	21	137	2092	548	2472	9573	27
1979	1978	1325	59	234	219	26	167	1341	361	1859	7569	21
1980	5567	1770	48	237	238	10	233	726	649	1140	10618	30
1981	1867	689	46	287	378	10	243	1104	696	2466	7786	22
1982	4014	1319	63	292	339	11	270	941	474	2146	9869	28
1983	3217	1840	42	355	344	18	155	1323	304	2028	9626	27
1984	3281	1448	29	417	313	76	178	1349	602	2024	9715	27
1985	821	1419	62	413	451	138	137	1713	435	2119	7707	22
1986	1555	2186	106	426	610	75	110	1273	638	2834	9813	28
1987	1371	3271	84	423	491	102	100	716	635	2806	10000	28
1988	2137	2700	84	330	591	325	118	1304	728	3000	11316	32
1989	2282	1957	116	254	479	933	112	1863	591	1940	10527	30
1990	1773	358	101	279	549	990	107	1036	616	1054	6863	19
1991	2248	0	98	263	573	1252	72	640	738	529	6412	18
1992	4156	0	56	162	358	830	29	533	668	1019	7809	22
1993	1473	0	29	181	455	966	26	626	444	623	4824	14
1994	278	0	21	125	324	921	29	825	406	399	3329	9
1995	1229	46	36	117	396	1031	38	923	501	385	4701	13
1996	847	129	72	176	496	1003	44	841	585	212	4405	12
1997	1046	160	39	165	459	916	35	1215	818	423	5276	15
1998	2966	167	70	204	837	1360	22	1244	595	487	7952	22
1999	2090	53	50	262	705	1146	64	1220	561	848	6999	20
2000	1380	2	13	305	840	1363	47	953	904	865	6672	19
2001	1164	0	10	268	753	747	41	495	627	554	4659	13
2002	3559	0	24	305	1214	1924	45	417	1056	1233	9776	27

Tabel 3

Peipsi-Pihkva järve kalasaak tonnides Eestis ja Venemaal 2001. aastal

* koos Lämmijärve kalasaagiga

** peamiselt kiisk

Riik	Järve osa	Tint	Rääbis	Siig	Haug	Latikas	Koha	Luts	Ahven	Särg	Muud**	Kokku
Venemaa	Pihkva	0	0	0	57	241	52	1	17	128	169	665
	Peipsi*	540	0	1	89	280	246	7	197	286	373	2020
Eesti	Peipsi*	623	0	9	123	231	450	32	281	213	12	1975
Kokku		1164	0	10	268	753	747	41	495	627	554	4659

Tabel 4

Eesti kalasaagid tonnides Peipsi ja Lämmijärvest aastatel 1990–2002

*peamiselt kiisk

Kalaliik	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Keskm 1990- 99	2000	2001	2002	Keskm 2000- 02
oha	436	532	419	514	450	378	370	261	707	623	469	622	450	911	661
Ahven	686	416	403	508	666	617	632	883	809	670	629	538	281	230	349
Haug	96	96	67	65	31	29	68	65	98	111	73	111	123	145	126
Latikas	229	271	224	235	111	99	96	132	168	135	170	135	231	324	230
Särg	68	141	151	43	70	93	209	149	125	164	121	223	213	261	232
Tint	445	353	1551	502	224	710	478	401	1421	947	703	1104	623	2214	1314
Siig	43	27	34	18	14	25	63	30	60	35	35	9	9	11	9
Rääbis	138	0	0	0	7	45	127	153	159	47	68	2	0	0	1
Luts	31	21	8	9	6	24	30	25	15	50	22	34	32	37	34
Muud*	119	140	348	139	95	112	34	61	51	63	116	11	12	18	14
Kokku	2292	1997	3205	2034	1674	2133	2106	2161	3611	2846	2406	2788	1975	4150	2971

1990ndate alguses, suurte poliitiliste ja sotsiaal-majanduslike muutuste perioodil, suurenes märgatavalt püügikoormus järve kalavarudele. Mitmekordistus kalurite arv, intensiivistus olemasolevate püüniste kasutamine ja täiendavate püüniste (peamiselt võrgud) püügileasestamine [Vetemaa jt, 2001]. Kuigi need probleemid suruti raamidesse seadusandluse korrastamise, terve kompleksi püügimeetmete rakendamise ja ka järelevalve tugevdamise teel, on püüdjad endiselt palju ja oht ülepüügiks säilinud. Eesti poolel on Peipsi järves ühe ruutkilomeetri kohta püügil 3 legaalselt nakkevõrku, 0,35 mörda ja 0,13 põhjanoota.

Püügiõiguse eest tuleb Eestis maksta. Alates 2000. aastast müüakse 10 % lubadest oksjonil. Okjonisüsteemi rakendamisel loodetud püügilubade kontsentratsiooni väiksema arvu püüdjate kätte Peipsil ei toimunud, pigem vastupidi. 2001. aastal oli juba 65 kalapüügilubade omanikku [Vetemaa jt, 2002], varasema 51 vastu. Osa lubadest omandati varem illegaalselt püüdnud kalurite poolt. 2003. a. kevadel püügiõiguse oksjon kaotati.

Ebastabiilsus Peipsi järve kalanduses ja järve enese arengus eelmise sajandi viimastel kümnenditel on tõstatanud palju probleeme ja muutnud keerukaks järve kalavarude säästva ja ratsionaalse majandamise. Varu hindamine ja kasutamine käib Eesti-Vene kalandus-komisjoni otsuste alusel.

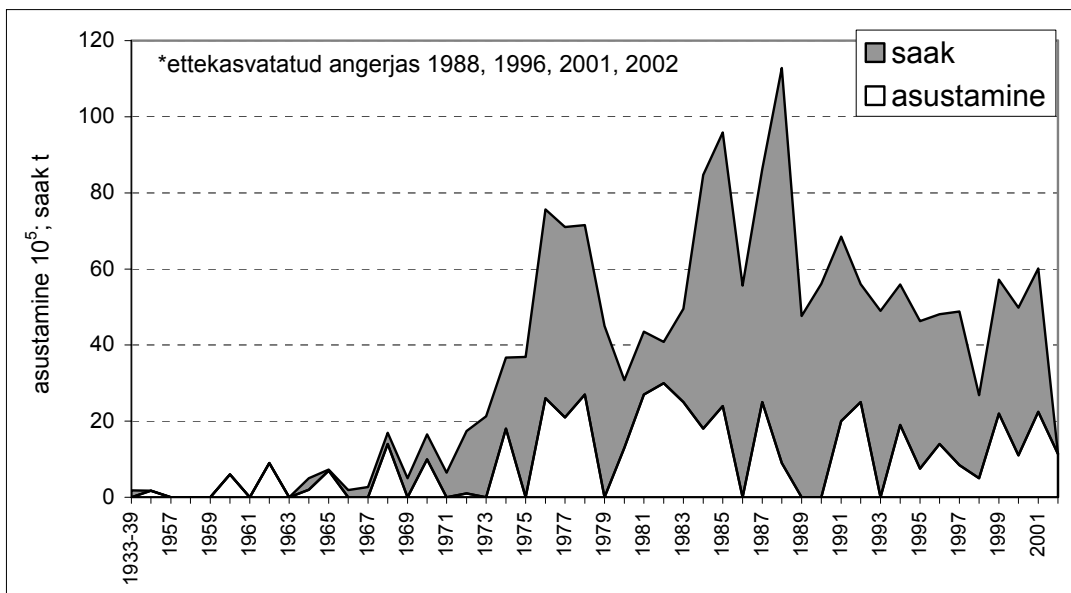
PEAMISED PROBLEEMID JA TRENDID

- külmalembeste liikide (räabis, peipsi siig, luts) arvukuse vähenemine ja sooja-lembeste liikide arvukuse kasv (koha, särg, latikas);
- kalavarude jaotus kahe riigi vahel ja sellest tulenevalt erinevused varude haldamise meetodites;
- liiga intensiivne ja sageli kontrollimatu püük;
- püüdjaid liiga palju, vähendamisega kaasnevad sotsiaalsed probleemid.

VÖRTSJÄRV

Vörtsjärve kalafaunasse kuulub praegu teadaolevail andmeil 35 liiki, kellest olulisemad on angerjas, koha, latikas, haug. Periooditi muutuvad tähtsaks ka luts ja ahven, esimene just kõrgvee perioodidel (rekordsaak 17 t), teine koha ja haugi arvukuse madalseisu aastatel (18 t aastal 2000) [Järvalt ja Pihu, 2000]. Vähemarvukad on linask, säinas, hõbekoger ja koger. Mittetöenduslikest liikidest on arvukamad kiisk, särg ja peipsi tint. Märkimisväärne on Vörtsjärves ka viidika ja nuru arvukus. Kaitsealustest kalaliikidest on rohkesti tõugjat. Kunagi töenduslikult püütud liikidest on väga haruldaseks jäänud väiksema troofsusega vett eelistavad räabis ja peipsi siig. Vimba, kes esines püügistatistikas veel enne neljakümnendaid [Haberman ja Järvalt, 1984], pole viimastel kümnenditel enam tabatud. Pea igal aastal satub püünistesse ka mõni säga. Kalakasvandustest on pääsenud järve karpkalad, harva mõned tuurlased või vikerforellid.

Vörtsjärve eripäraks on võrreldes meie teiste looduslike veekogudega angerjakasvatus, millest lähtuvalt tuleb siin ette näha eritingimused kalamajanduse korraldamiseks. VÖRTSJÄRVE KALAVARUDE HALDAMINE ON SEOTUD PEAMISELT KOOSKÕLA LEIDMISEGA KAHE ERINEVA POOLUSE VAHEL – KOHALIKE LIIKIDE SÄÄSTLIK JA ANGERJA MAKSIMAALNE-VÄLJAPÜÜK.



Joonis 3. Angerja asustamine ja saak Vörtsjärves 1933–2002

Eestis on angerjas looduslikul teel levinud põhiliselt rannikumeres ja Pärnu jõe vesikonnas. E. Pihu [1993] andmetel on angerja esinemist märgitud 74 Eesti järves. Angerja teekond Atlanti ookeanist läbi Läänemere Võrtsjärve kulges Narva jõe, Peipsi järve ja Emajõe kaudu. Angerja looduslik asurkond ei ole Võrtsjärves kunagi kuigi suur olnud, aastatel 1933–1939 püüti teda keskmiselt 1,8 tonni aastas (0,07 kg/ha) (joonis 3). Narva hüdroelektrijaama tammi rajamine 1950ndate aastate algul tõkestas angerja loodusliku tee kogu Peipsi vesikonda. Alates 1956. aastast hakati Võrtsjärve tooma esialgu Prantsusmaa ja hiljem Inglismaa rannikult püütud angerjamaine. ALATES 1970NDATEST AASTATEST ON ANGERJAKASVATUS VÕRTSJÄRVE KALAMAJANDUSE ÜKS OLULISEMAID SUUNDI. Aastatel 1956–2001 on Võrtsjärve lastud kokku üle 43 miljoni maimu e klaasangerja. Aastatel 1988, 1995 ja 2001–2002 asustati kokku veidi üle miljoni ettekasvatatud angerja. Võrtsjärvest on ajavahemikul 1965–2002 püütud ametlikel andmetel kokku 1148 t angerjat ehk keskmiselt 31,8 t aastas (1,2 kg/ha). Lähiaastate prognoos näitab angerjasaakide mõningast langust, mille põhjuseks on aastatel 1995–1998 asustatud angerjate suhteliselt väike arv (joonis 3). Saakide tõusule paneb aluse üleminek regulaarsele ettekasvatatud angerjate asustamisele, kelle tagasipüük on klaasangerja asustamisest ligi 10 korda kõrgem. 1995. aasta ettekasvatatud põlvkonnast on kolme aasta jooksul välja püütud 25 % asustatutest. 2001. aastal asustati Võrtsjärve 430 000 ja 2002 aastal 285 000 ettekasvatatud angerjat. Võrtsjärves on angerja tagasipüük kõikunud küllalt suurtes piirides, jäädes erinevatel perioodidel vahemikku 2–8% [Kangur, 1998]. Võrreldes teiste Euroopa riikide andmetega on Võrtsjärves angerja tagasipüügi protsent märgatavalt madalam kahel põhjusel. Esiteks ei ole püügistatistika vastanud tegelikule saagile (eriti möödunud kümnendil) ja teine oluline tegur on Võrtsjärve suurus ja avatus. Angerjal, eriti maimuna, on tugev instinkt rännata peamiselt ülesvoolu, kuid ka väljavoolusid pidi igasse vähegi sobivasse veekogusse. Alates 1987. aastast ei ole peale Võrtsjärve teistesse Peipsi vesikonna veekogudesse enam angerjaid lastud, v.a 2000. a 5000 ja 2002. a 50 000 ettekasvatatud angerjat Saadjärve ning 20 000 Kaiavere ja 6000 angerjat Vagula järve, mis ei ole veel püükidesse jõudnud. Seega on alust arvata, et viimastel aastatel kogu Peipsi vesikonnast püütud angerjad pärinevad enamuses Võrtsjärvest.

Võrtsjärv on viimastel aastakümnetel olnud väga hea kalastiku koosseisuga järv, kuigi mitte väga kõrge produktiivsusega. Aasta keskmine saak (13 kg/ha) on jäänud vahemikku 240–680 tonni e 10–25 kg/ha, millest 60–70% moodustavad väärtuslikud liigid: angerjas, koha, latikas, haug, ahven ja luts. Võrreldes läinud kümnendiga olid Võrtsjärve olulisemate kala-liikide saagid aastatel 2000 ja 2001 keskmisel tasemel, kuid 2002 oli suur langus mitme olulise liigi osas (angerjas, koha). Kogusaaki (350 t e 13 kg/ha) on käesoleva kümnendi alguses suhteliselt püsivana suutnud hoida eeskätt peenkala osa tõus (tabel 5).

Keskmine kalasaagi väärtus 1997. aasta esmakokkuostu hindades on 7,8 miljonit Eesti krooni e ligi 300 krooni veepeegli hektari kohta. Seoses angerjamaimude sisseostmiseks kuluva kuni 2 miljonilise investeeringuga igal aastal on puhastulu sellevõrra väiksem. Peamine kutseline püügivahend Võrtsjärvel on mõrd, mis on rakendatud silmas pidades eeskätt normaalsel aastal lõviosa kalurite sissetulekust andvat angerjapüüki. Kõige tulemuslikumad püügiajad enamuse liikide osas on kevad ja sügis v.a koha, kelle saagist ligi pool püütakse jää alt võrkudega. Viimasel kümnendil on Võrtsjärvel lubatud püügivahendite arv olnud suhteliselt stabiilne, vastavalt 360 nakkevõrku ja 300–360 mõrda. Seega väljastati iga järvepinna ruutkilomeetri kohta võrdselt 1,3 mõrra ja 1,3 nakkevõrgu luba, mis on tublisti väiksem püügivahendite tihedusest Peipsi järvel. Suurema arvu mõrdadega püüdmise kahel viimasel aastal on aidanud kaasa angerja tagasipüügi suurenemisele, kuigi saak ühe mõrra kohta on veidi langenud.

Järvel töötas kuni 1998. a lõpuni 20 kalurit, kelle peamise sissetuleku allikas on kalapüük. 1999. a kasvas kalurite arv 26le ja kalapüügiksiooni juurutamisega kolmel viimasel aastal on järvel kutselise püügiga tegelejaid juba 32. Võrtsjärve kalureid ühendab tulundusühistu Valma Kalur, kuhu kuulub enamuse eriettevetjatena tegutsevatest kaluritest. Saakide registreerimine kutseliste kalurite poolt on Võrtsjärvel aasta-aastalt paranenud, mida kinnitab vahe vähenemine statistikas kajastuvate ja prognoositud saakide vahel.

Tabel 5

Võrtsjärve kalasaagid aastatel 1971–2002 tonnides

Aasta	Angerjas	Koha	Haug	Latikas	Luts	Ahven	Muud	Peenkala	Kokku
1971	6,5	28,1	12,9	20,1	2,7	4,5	0,5	75,3	150,6
1972	16,4	32,3	14	21,4	2,4	3,3	0,8	80,7	161,4
1973	21,3	43	11,5	16	1,2	3,8	0,4	92,3	184,6
1974	18,7	50,7	17,6	25,9	2,7	0,9	0,2	42,6	161,9
1975	36,9	51,8	12,3	23,8	1,3	1,6	0,3	41,3	151,1
1976	41,6	46,3	9	27,1	1,6	1	0,1	33,1	155,1
1977	50	45,3	12,8	33,2	1,7	0,6	0,3	20,8	156,3
1978	45	62	17,8	31,7	2,6	2,7	0,3	42,1	209,2
1979	19	73	19	26,1	3	3	0,8	40,3	210,2
1980	17,8	50,9	24,8	42	11,2	9,1	0,6	53,1	210,7
1981	16,4	42,4	29,3	63	17,9	7,9	0,4	68,4	247,1
1982	10,8	55,2	34,5	45,8	8,8	9,2	0,3	72	242,2
1983	24,6	50,5	51,4	60	7,4	8,8	0,6	85,3	274,8
1984	66,7	36,9	50,4	59,9	8,9	7,2	0,3	104	292,2
1985	71,9	59	39	100,1	7,4	5,4	0,3	168,4	446,3
1986	55,6	68,2	61,4	74,7	6,9	9,4	0,6	205,4	498,5
1987	61,2	45,5	35	76,9	6,6	7	1,2	163,3	391,1
1988	103,7	53,4	48,7	127	6,6	6,3	1,2	330,4	634,8
1989	47,6	44,5	56,4	196,7	5,9	7,4	1,4	303,6	719,6
1990	56,1	18,8	45,8	194,4	2,5	4,4	1	147,8	414,7
1991	48,5	26,7	30,5	139,4	4,8	3,7	1,4	212,5	419
1992	31	14	25	100	3,3	6,2	0,3	97,7	246,5
1993	49	36	32	81	7	8	0,8	107	271,8
1994	36,9	25,5	23,4	87,8	4,2	5,4	1,4	79,1	226,8
1995	38,8	28,3	19,4	68,7	1,4	5,2	0,1	112,8	235,9
1996	34,1	22,3	28,1	69,1	3	2,1	0	88,2	212,8
1997	40,3	20,7	19,3	92,3	3,4	2,4	0,1	98	236,2
1998	21,8	43,7	16,1	70,5	3,8	2,9	0,1	81,9	219
1999	37,4	34,5	24,9	47,8	2,6	12,1		116,7	275,9
2000	38,8	29,5	40,7	54,4	3,8	18,3	2,0*	150,1	337,6**
2001	37,6	32,8	50,8	56,8	4,0	12,6	0,2*	191,7	376,5**
2002	20,4	25,2	44,8	30,5	3,5	9,7	0,1	184,3	318,8**

*2000–2001 a muud = hõbekoger

**2000–2002 aastal on arvestatud kutselisele püügile lisaks ka piiratud püüki

Mõned aastad, eriti 1998 ja 2002 on olnud kalavaesed. Esmalt on tegu loomulike looduslike tingimustest mõjutatud kalade arvukuse muutustega. Teisalt mõjuvad aastatetagused lüngad angerjamaimude sisselaskmises, samuti järjest intensiivistuv püük. Kuigi püügivahendite arv on juba aastaid sama, püütakse võtta igast püügivahendist maksimum, olgu see siis mõrd või nakkevõrk, mida Võrtsjärvel kasutatakse.

Kõige tundlikumad looduslike tingimuste järskude muutuste, ülepüügi ja muude varusid ohustavate tegurite suhtes on Võrtsjärves koha ja haug, kelle arvukust kalandusuuringud ja kaitse püüavad säilitada optimaalsel tasemel. Kuna angerjamaimud on sisse ostetud ja tema järelkasv ei sõltu püügist, on majanduslikult põhjendatud võimalikult palju neist kohapeal kinni püüda. Samuti lubatakse piiramatult püüda Võrtsjärves latikat, sest tema kudemistingimused, hoolimata suhteliselt kasinast toidubaasist, on väga head.

Võrtsjärve kalastikku mõjutavatest looduslikest tingimustest on veetase ja selle muutumise kiirus üks olulisemaid. Erakordselt suured muutused veetasemes, mille tagajärjel järve vee maht kõigub mitmeid kordi ja veepeegli pindala muutub tuhandetes hektarites, mõjutavad

kalade arvukust kudemis- ja talvitumistingimuste ning toidubaasi kaudu. Samuti kaasnevad veetaseme muutustega kalade leviku mosaiiksuse ja käitumise muutused, mis raskendavad kalade püüdmist seni kasutatud püügivahenditega ja väljakujunenud püügipiirkondadest. Statistiliselt usaldatavad seosed kalasaakide ja veetaseme vahel avalduvad mitmete liikide puhul. Samaaegselt veeseisuga mõjutavad oluliselt kalastikku ka teised keskkonnategurid, eeskätt veetemperatuur kudemis- ja toitumisperioodil, jäävaba perioodi kestus jne, mis varjutavad otsest veetaseme mõju. Ka püügistatistika on sõltuvalt omandivormi ja kalahindade muutustest periooditi erinev.

PEAMISED PROBLEEMID

- kooskõla leidmine angerja maksimaalse ja kohalike liikide säästliku püügi vahel;
- angerjakasvatus nõuab suuri investeeeringuid, millel pikk tasuvusaeg;
- suur veetaseme kõikumine;
- seadusandlus ei ole arvestanud alati angerjakasvatuse omapära.

KIRJANDUS

Afanasjev, E.A., Koncevaja N.Ja., Saat, T., Vaino, V. 2001. /Kalapüügi seisund Peipsi-Pihkva järves/ (Sostojanie promõsla rõbö v Pskovsko-Chudskom ozere). Kogumikus: Sotsial'nye i ekologicheskie problemy Baltijskogo regiona. Chast' 2. Pskov, 129-138. ISBN 5-87854-177-8. (Vene keeles)

Haberman, H., Järvalt, A. 1984. Võrtsjärve kalastiku kvalitatiivsetest ja kvantitatiivsetest muutustest. In Haberman, J. (ed.) Võrtsjärve ökosüsteemi seisund, 106-112.

Järvalt, A. 1998. Estimation of fishing mortality and abundance of pikeperch *Stizostedion lucioperca* (L.) in Lake Võrtsjärv, Estonia, by Virtual Population Analysis. *Limnologica*, 28 (1), 109-113.

Järvalt A., Pihu E. 2002. Influence of water level on fish stocks and catches in Lake Võrtsjärv. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology, Ecology*, 51, 1, 74-84.

Kangur, A. 1998. European eel *Anguilla anguilla* (L.) fishery in Lake Võrtsjärv: current status and stock enhancement measures. *Limnologica*, 28 (1), 95-101.

Kangur, A. 2000. Feeding of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.), in Lake Peipsi. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Biology. Ecology*, 49, 1, 98-108.

Nõges, T., Haberman, J., Jaani, A., Laugaste, R., Lokk, S., Mäemets, A., Nõges, P., Pihu, E., Starast, H., Timm, T., Virro, T. 1996. General description of Lake Peipsi-Pihkva. *Hydrobiologia*, 338, 1-9.

Pihu, E. 1996. Fishes, their biology and fisheries management in Lake Peipsi. *Hydrobiologia*, 338, 163-172.

Pihu, E., Kangur, A. 1999. Kalad ja kalandus. Rt.: Pihu, E., Raukas, A. (toimetajad), Peipsi. Eesti Vabariigi Keskkonnaministeerium, Tallinn, lk. 154-164.

Saat, T., Vaino, V., Afanasjev, G., Koncevaya, N. 2002. Fisheries and fisheries management on Lake Peipsi-Pihkva. Chapter 26 (pp. 322-331) in: I.Cowx (ed.), *Management and Ecology of Lake and Reservoir Fisheries*. Oxford: Fishing News Books, Blackwell Science Ltd.

Salonen, E. 1998. The vendace stock and fisheries in Lake Inari. *Boreal Env. Res.*, 3, 307-319.

Vetemaa, M., Kosk, A., Eero, M., Saat, T. 2002. The present structure and development scenarios of L. Peipsi-Pihkva fish resource use. The Second Intern. Conf. Sustainable Management of Transboundary Waters in Europe. Poland, Miedzyzdroje, 21-24 April. (Accepted manuscript).

Vetemaa, M., Vaino, V., Kuldin, S., Saat, T. 2001. Cooperative fisheries management of transboundary Lake Peipsi-Pihkva. *Fisheries Ecology and Management*, 8 (4-5): 443-451.