

PÕLTSAMAA ÜHISGÜMNAASIUM

VIKTORIA KIRPU

11.A KLASS

PÕLTSAMAA JÕEVEE KOOSTISE KVALITEEDINÄITAJAD KEVADEL 2013

JUHENDAJAD ALEKSANDR KIRPU JA KAJA LINDE

SISSEJUHATUS

Autor valis uurimistöö teemaks Põltsamaa jõevee koostise kvaliteedinäitajad kevadel 2013, sest Põltsamaa jõgi on Põltsamaa linna uhkus ning autorit huvitas jõevee olukord kevadel ja Põltsamaa linna mõju jõevee koostisele.

Uurimistöö eesmärk oli uurida Põltsamaa jõevee koostise muutusi kevadel. Autor soovis teada saada, kuidas Põltsamaa linn mõjutab jõevee koostist. Sõltuvalt eesmärkidest koostati uurimisküsimused.

- Kuidas muutub jõevee koostis kevadel 2013. aastal?
- Kas ja millisel määral mõjutab Põltsamaa linn Põltsamaa jõevee koostist?

Antud uurimistöö materjal põhineb kvalitatiivsel ja kvantitatiivsel uurimismeetodil. Uuriti Põltsamaa jõe üld- ja geograafilisi andmeid ning Põltsamaa linna läbiva jõeosa ajalugu. Mõõdeti alates 1. aprillist kuni 21. juunini veetemperatuuri ja -karedust ning nitraatide, fosfaatide ja vesinikioonide sisaldust (pH). Lisaks sellele märgiti üles ka õhutemperatuuri- ja suhtelise õhuniiskuse näitajad. Veeproove võeti linna Kirikumäe ehk Parvei silla juurest ja Väike-Kamari küla äärselt jõevalt.

Autor eeldas, et Põltsamaa linna veepuhastussüsteem on piisavalt efektiivne ja Põltsamaa jõevee koostises muutusi ei esine. Oletatavalt nitraatide ja fosfaatide kogus vees oluliselt ei muutu, sõltuvalt õhutemperatuurist ja veehulgast muutuvad veetemperatuur, pH- ja vee kareduse näitajad.

Eelnevast lähtuvalt püstitati uurimistöö hüpoteesid.

- Põltsamaa linna veepuhastussüsteem on piisavalt efektiivne ja jõevee koostises muutusi ei esine.
- Nitraatide ja fosfaatide kogus vees oluliselt ei muutu, kuid sõltuvalt õhutemperatuurist ja veehulgast muutuvad veetemperatuuri, pH- ja veekareduse näitajad.

Täna töö juhendajaid õpetajaid Kaja Lindet ja Aleksandr Kirput.

1. TEOREETILINE OSA

1.1. PÕLTSAMAA JÕE ÜLDANDMED

Põltsamaa jõgi on Pedja jõe suurim lisajõgi. Selle ülemjooks asub Lääne-Virumaal, keskjooksu ülemine osa Jõgeva- ja Järvamaal, keskjooksu alumine osa Jõgevamaal ja alamjooks Viljandimaal (Järvekülg 2001: 313). See kuulub Peipsi-Võrtsjärve vesikonda (Järvekülg 2001). Suurimad parempoolsed lisajõed on Preedi (41 km), Päänurme (15 km) ja Ilmandu jõgi (13 km) ning Võlingi oja (13 km), vasakpoolsed lisajõed Nõmme jõgi (14 km) ja Soosaare peakraav (13 km) (EE 12, 2003 s.v. Põltsamaa jõgi). Nimetusteks on Paala jõgi, Mustjõgi ja Vakkjõgi ning rahvapäraselt kutsutakse seda veel ka Mõhu ja Mõhkküla jõeks. Jõeosade nimed allavoolu on Vao, Vorsti, Ao, Piibe, Nava, Uus- (Räägu kanal), Jõeküla ja Rutikvere jõgi. (Järvekülg 2001: 313) (vt Tabel 1)

Tabel 1. Põltsamaa jõe üldandmed

Pikkus	135 km
Laius keskjooksul	~20 m
Valgla	1310 km ²
Sügavus keskjooksul	0,3–4,3 m (keskmiselt 1 m)
Langus	72,2 m
Keskmine langus	0,52 m/km
Veepinna absoluutne kõrgus lähtel	105,0 m
Veepinna absoluutne kõrgus suudmes	32,8 m
Põhja materjal	Savi, liiv, kivid, muda
Vee allikad	60% – põhjavesi 30% – lumesulamisvesi 10% – vihmavesi
Aasta keskmine vooluhulk	12,3 m ³ /s
Vooluhulk suudmes	12 m ³ /s
Vooluveestik	Kogupikkus
	557 km

	Tihedus	0,42 km/km ²
Jõgikond		1310 km ²
Vesikond		Peipsi-Võrtsjärve vesikond
Lisajõed	Parempoolsed	Preedi (41 km), Pänurme (15 km) ja Ilmandu jõgi (13 km), Võlingi oja (13 km)
	Vasakpoolsed	Nõmme jõgi (14 km), Soosaare peakraav (13 km)
Nimetused		Paala jõgi, Mustjõgi, Vakkjõgi
Jõeosade nimed (allavoolu)		Vao jõgi, Vorsti jõgi, Ao jõgi, Piibe jõgi, Nava jõgi, Uusjõgi (Räägu kanal), Jõeküla jõgi, Rutikvere jõgi
Rahvapärased nimetused		Mõhu jõgi, Mõhkküla jõgi
Kalastik		Särg, võldas, haug, lepamaim, trulling, luts, viidikas, ahven, turb, säinas, jõeforell, vikerforell
Asukoht		Ülemjooks – Lääne-Virumaa Keskjooksu ülemine osa – Jõgeva- ja Järvamaa Keskjooksu alumine osa – Jõgevamaa Alamjooks – Viljandimaa

(Järvekülg 2001: 313–321; EE 11, Miidel, Järvet 2002 s.v. Eesti jõed; EE 12, 2003 s.v. Põltsamaa jõgi)

1.2. PÕLTSAMAA JÕE GEOGRAAFILISED ANDMED

Põltsamaa jõe ülemjooks asub Pandivere kõrgustikus Ärina-Kännukülas, keskjooks Kesk-Eesti tasandikul ning alamjooks Võrtsjärve nõos (EE 12, 2003 s.v. Põltsamaa jõgi; Järvekülg 2001: 313). Jõe valgla hõlmab Pandivere kõrgustiku lõunanõlva ja Võrtsjärve madaliku põhjaosa. Põltsamaa jõgi algab Tamsalu – Väike-Maarja maantee ääres olevast allikast.

Jõgi möödub enne Põltsamaale jõudmist paremal kaldal asuvast Pudukülast, Adavere külast ja alevikust ning Mõhkkülast, samuti vasakul kaldal olevatest Pajusi ja Mällikvere küladest, ristub Tallinna-Tartu maanteega ja jõuab sillast paar kilomeetrit alamal linna. (Järvekülg 2001: 314) Seal on jõel paisjärv elektrijaamaga, neli saart, pikem kärestik ja 17 silda (millest 3 ületavad jõge ning ülejäänud ühendavad kaldaid jõesaartega või kulgevad üle vallikraavi) (Miller 2005: 6; EE 12, 2003 s.v. Põltsamaa). Põltsamaalt kuni Kamarini voolab jõgi jälle peamiselt põldude vahel üldsuunas lõunasse. Jõesäng on käänuline, kohati silmuslik. (Miller 2005: 6)

Linnast 4 km alamal asub jõel 1956. aastal rajatud Kamari paisjärv (ca 25 ha) ja hüdroelektriyaam. (Järvekülg 2001: 314)

1.3. PÕLTSAMAA LINNAS OLEVA JÕEOSA AJALUGU

Põltsamaa linnas oli Uue- ja Vana-Põltsamaa valdade piiriks Põltsamaa jõgi. Enne Põltsamaale jõudmist hargnes jõgi kaheks. (Kull 1978) Mõhkküla ja Kamari vahemikus voolas Põltsamaa jõgi kuni 18. sajandi teise pooleni oma ürgses sängis Kuningamäe orus linnast lääne pool kuni Kamarini (Tallinna mnt kohalt Maamõõtjate silla juurest piki Kuningamäe küla serva) (Järvekülg 2001: 314; Kull 1978). Teine jõeharu läbis Põltsamaa linna (vt Lisa 4). Kamaris toimus jõeharude ühinemine. Kunagi peeti Kuningamäe alt minevat jõeharu peaharuks ja Põltsamaalt tulevat kõrvalharuks. Aja möödudes leiti jõe põhjast ehitusmaterjali ning Põltsamaa mõisnik J. I. von Lauw käsul tehtud kaevandamistöde tõttu muutus kõrvalharu sügavamaks (Järvekülg 2001: 314; Kull 1978). Põltsamaa jõekallas on siiani kohati järsk ja kõrge. Kuningamäe jõeharu jäi aja jooksul väikeseks. Veel 20. sajandi algul oli seal kevadisel suurvee ajal palju vett. Nüüdseks on maaparanduse tõttu jõeharu kadunud – Viljandi maanteest edasi Kamari poole rajati lai magistraalkraav, mis viib nüüdseks ainsasse Põltsamaa linna läheduses olevasse harusse. (Kull 1978)

2. METOODIKA

Käesolev uurimistöö materjal põhineb kvalitatiivsel ja kvantitatiivsel uurimismeetodil. Uuriti Põltsamaa jõe üld- ja geograafilisi andmeid ning Põltsamaa linna läbiva jõeosa ajalugu. Mõõdeti alates 1. aprillist kuni 21. juunini vee temperatuuri ja karedust ning nitraatide, fosfaatide ja vesinikioonide sisaldust (pH). Lisaks sellele märgiti üles ka õhutemperatuuri- ja suhtelise õhuniiskuse näitajad. Võeti veeproove linna Kirikumäe ehk Parvei silla (vt Lisa 2) juurest ja Väike-Kamari küla jõeäärselt alalt (vt Lisa 3 ja Lisa 1).

2.1. VERNIER' LabQuest™ (VERSIOON 1.1) SEADE

LabQuest™ on iseseisev andmelugeja ja sellele on võimalik lisada Vernier' andureid. Käesoleva uurimistöö vaatlustes kasutati Stainless Steeli termosensorit (vt ptk 2.1.1). LabQuest™ seade on puutetundliku ekraaniga andmekoguja, graafikujoonestaja ja andmete analüüsija. Seda on võimalik kasutada nii klassiruumis kui ka välitingimustes. (LabQuest Quick-Start Guide 2008: 1) LabQuest™-ga saab kogutud andmed kanda üle arvutisse (vt Lisa 5) (<http://www.vernier.com/products/interfaces/labq/> 19.10.2013).

2.1.1. Stainless Steel termosensor ja selle kasutamine

Stainless Steeli termosensor on vastupidav ja üldotstarbeline laboratoorne temperatuuriandur. See on mõeldud temperatuuri mõõtmiseks keemia, füüsika, bioloogia, geoteaduste ja keskkonnateaduse eksperimentides. (Stainless Steel Temperature Probe 2012:

1) Selle temperatuuri mõõtmisvahemik on $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -st kuni $135\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ni (Stainless Steel Temperature Probe 2012: 2). Seade ei vaja kalibreerimist (Stainless Steel Temperature Probe 2012: 4).

Tüüpilised kasutusvõimalused on järgmised:

- soojuse fusioonkatsete uurimisel
- ilma uurimisel
- endotermiliste reaktsioonide katsetel
- eksotermiliste reaktsioonide katsetel
- isolatsiooni uurimisel.

(Stainless Steel Temperature Probe 2012: 1)

Kuidas kasutasin Stainless Steel termosensorit:

- 1) ühendasin Stainless Steeli termosensori Vernier' LabQuest™ seadme külge;
- 2) käivitasin andmete kogumise tarkvara;
- 3) tarkvara tuvastas Stainless Steeli termoanduri ja laadis vaikimisi andmete kogumise programmi;
- 4) panin termosensori vette ja kirjutasin saadud andmed üles.

(Stainless Steel Temperature Probe 2012: 1)

Mõõtma hakati kohe peale jää sulamist ning kõik veeproovid võeti jõevee pinnalt umbes kahe meetri kauguselt kaldast. Kokku oli läbi viidud kolm mõõtmist, mille keskmised temperatuurinäitajad olid viidud andmetabelisse. Õhutemperatuuride näitajad (Pajusi mõõtepunkt) võeti EMHI-ilmateenistuse kodulehelt ajavahemikuga ± 1 h kell 17.

2.2. VESINIKIOONIDE SISALDUS JA SELLE MÄÄRAMINE

pH näitab vesinikioonide sisaldust vees. Puhas vesi dissotseerub üheaegselt kui hape ja alus, tal on võrdsed nii happelised kui ka aluselised omadused. Neutraalse vee molekulide dissotsiatsioonil tekib võrdne hulk vesinik- (H^+) ja hüdroksiidioone (OH^-). (Karik 1994: 80)

Happelises lahuses ületab vesinikioonide kontsentratsioon hüdroksiidioonide kontsentratsiooni $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$. Mida rohkem on vesinikioone, seda happelisem on vesilahus. Aluselises keskkonnas on aga hüdroksiidioonide kontsentratsioon suurem kui vesinikioonidel $[\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$. Mida rohkem on hüdroksiidioone, seda aluselisem on vesilahus. (Karik 1994: 81)

Praktikas rakendatakse keskkonna happelisuse või aluselise hindamisel negatiivset kümnendlogaritmi vesinikioonide kontsentratsioonist (c). Seda nimetatakse vesinikeksponeendiks ja seda arvutatakse valemiga $\text{pH} = -\log c [\text{H}^+]$. Selle avaldise abil saab

kergesti leida lahuse pH, lähtudes vesinikioonide kontsentratsioonist. pH väärtus saab olla vees 0 kuni 14 (vt Lisa 6). (Karik 1994: 81)

pH arvulised väärtused erinevad vastavalt keskkonnale:

neutraalne keskkond	$[H^+] = [OH^-]$	pH = 7
happeline keskkond	$[H^+] > [OH^-]$	pH < 7
Aluseline keskkond	$[OH^-] > [H^+]$	pH > 7

(Karik 2003: 154)

2.2.1. pH mõõtmine ja pH-meeter

pH-meeter on pH määramiseks vaja paigutada uuritavasse vesilahusesse. Tänapäeval toodetakse/kasutatakse peamiselt komplekselektroode, kus mõõde- ja võrdluselektrood on ühes ja samas kestad. Sellist kasutati ka siinses töös. Sobiva konstruktsiooniga elektroodi valimisel tuleb arvestada mõõdetava keskkonna omadusi (sh konsistentsi) ja temperatuuri, pH eeldatavat väärtust. Asetades komplekselektroodi uuritavasse lahusesse, tekib elektroodidel vesinikioonide toimel elektripotentsiaal. (Laumets 1997)

pH-meeter mõõdab elektrootide potentsiaali vahet ja teisendab selle pH-lugemiks. pH määramisel peab arvesse võtma mõõdetava vesilahuse temperatuuri. See mõjutab elektroodi lineaarkordajat, mõõdetavat lahust, elektrootide reageerimisega ja isothermide lõikumispunkti pH-elektroodi tunnusjoonte graafikul. Ideaalsetes tingimustes lõikuvad isothermjooned siis, kui väljundpinge on 0 mV ja pH 7,0. pH-elektroodi kalibreerimisel sellest lähtutakse, kuid arvestatakse, et ideaalsetele lähedaste omadustega elektrootid on üsna haruldased. Praktikas valitakse mõõtmistemperatuur kalibreerimise omale võimalikult lähedane. (Laumets 1997)

pH mõõtmiseks kasutati digitaalset pH-meetrit pHep byHanna (päritolumaa Mauritius) (vt Lisa 7).

2.2.2. Kalibreerimine

pH-meetriga võimalikult täpsete tulemuste saamiseks tuleb pH-meeter eelnevalt kalibreerida. Tavaliselt kalibreeritakse elektroodi kahe kuni kolme punkti järgi. Alguses määratakse tegelik nullpunkt neutraalse puhverlahusega (pH = 7), seejärel lineaarkordaja avaldamiseks vajalik teine punkt, kasutades happelist (pH = 4) ja/või aluselist (pH = 10) puhverlahust, olenevalt sellest, millises keskkonnas hiljem mõõtmisi tehakse. Kalibreerimisel tuleb tingimata järgida pH-meetri tootja juhtnööre. (Laumets 1997) Uurimistöös on kasutatud samasugust kalibreerimismeetodit.

pH-meetri kalibreerimiseks kasutati järgmisi puhverlahuseid:

pH = 4 puhverlahus – AVS Titriinorm

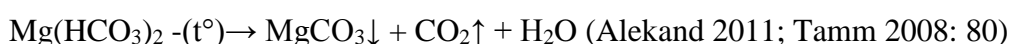
pH = 7 puhverlahus – AVS Titrinorm

pH = 9 puhverlahus – AVS Titrinorm

Kalibreerimissagedus sõltub soovitud täpsusest ja kasutatavatest lahustest. Juhul kui elektroodi tuleb sageli puhastada, peaks kalibreerima enne iga mõõtmist. Tavatingimustes pidevalt töötades on soovitatav kalibreerida vähemalt kord päevas, seejuures mitte unustades, et elektroodi tuleb alati kalibreerida kahe punkti järgi. (Laumets 1997)

2.3. VEE KAREDUS (Ca²⁺ ja Mg²⁺)

Looduslik vesi sisaldab alati mitmesuguseid lahustunud lisandeid. Eestis sisaldab vesi peamiselt magneesiumi- ja kaltsiumisoolasid. (Karik 1994: 146) Jõevees on kõige levinumaks iooniks vesinikkarbonaatioon (Karik 2006: 11). Vee karedus (täpsemalt üldkaredus) on suurel määral tingitud vees lahustunud kaltsiumi- ja magneesiumisooladest. Kõrgele kaltsium- ja magneesiumioonide sisaldusele vees vastab kõrge vee karedus, mida mõõdetakse ühikutes mmol/l. (Karik 2003: 303; AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 49) Joogivee karedus ei tekita terviseprobleeme isegi väga kareda vee korral (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 49). Vee kasulikke omadusi on vee karedus siiski palju mõjutanud: pehme ehk vähese kaltsiumioonide sisaldusega vesi on parem soojavesüsteemidele. Vee keetmisel moodustuvad karedast veest rasklahustuvad Ca- ja Mg-ühendid, mis sadestuvad katlakivina keedunõu seintele. (Karik 2003: 303; AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 49–50) Vees lahustunud kaltsium- ja magneesium-vesinikkarbonaat laguneb vee soojendamisel või keetmisel vastavalt kaltsium- ja magneesiumkarbonaadiks. Katlakivi teket iseloomustab järgmine võrrand:



Vee karedusest sõltub ka vee loomastik ja taimestik, sest erinevatele organismidele sobib elutingimusteks kas pehme või kare vesi. Pinnaveekogud ja vihmavesi on tavaliselt väga pehmed. Vesi puurkaevudest on sageli suhteliselt kõrge kaltsiumisisaldusega, sest see on pidevas kontaktis maa-aluste kivimikihtidega. (vt Tabel 2) (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 50)

Õhuniiskus on tihedalt seotud vee karedusega, sest magevee hulk jões sõltub sademete hulgast. Mida suurem on õhuniiskus, seda suurem on ka sademete hulk.

Tabel 2. Vee kareduse astmed

Saksa kraadid (°dH)	CaO mg/l	Ca ²⁺ ja Mg ²⁺ mmol/l	Vee kareduse astmed
---------------------	----------	---	---------------------

1–9	10–100	0,18–1,75	Pehme vesi
10–19	100–200	1,75–3,5	Keskmise karedusega vesi
20–28	200–280	3,5–5	Kare vesi
>28	>280	>5	Väga kare vesi

(Visicolor® ECO – total Hardness; Aland 2009)

2.3.1. Vee kareduse määramine

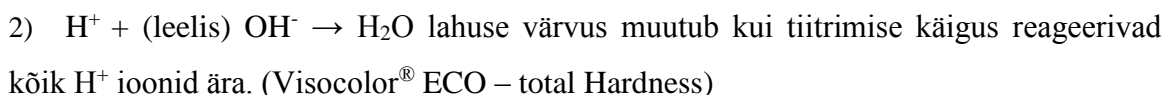
1. Lisasin katseklaasi 5 ml jõevett (katseklaasil märgitud piirini) (Visicolor® ECO – total Hardness).
2. Lisasin ühe tilga kompleksooni EDTA ja metalliioone sisaldavat indikaatorit (GH-1) ning segasin lahust. Kui vesi oli võtnud ühtlase roosa värvuse, siis võis jätkata punkti 3 täitmist. Kui aga vesi oli muutunud tumeroheliseks, siis tegemist oli väga pehme veega ja üldkaredus oli väiksem kui üks saksa kareduskraad (°dH). Tumerohelise lahuse korral oli katse lõpetatud (Visicolor® ECO – total Hardness).
3. Lisasin tiitrimisreaktiivi (GH-2) tilkhaaval pidevalt segades (hoides uuritava lahusega klaasi vertikaalselt). Katse oli lõpetatud, kui vesi muutus punasest tumeroheliseks. Lisatud tilkade koguarv kuni värvimuutuseni andis üldise vee kareduse arvulise väärtuse saksa kareduskraadides (°dH) (Visicolor® ECO – total Hardness).
4. Määramine: 1 tilk = 1 °dH = 0,178 Ca²⁺ ja Mg²⁺ mmol/l (Visicolor® ECO – total Hardness).

Reaktiivide koostis:

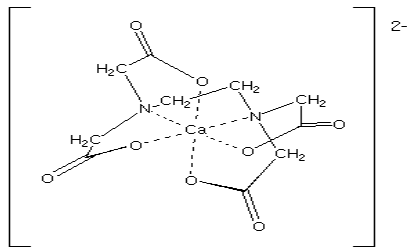
GH-1 – etüleendiamiintetraatsetaat (EDTA)

GH-2 – leelise lahus

Katse tegemisel toimunud reaktsioonid:



Õhuniiskuse näitajad (Jõgeva mõõtepunkt) võeti EMHI-ilmateenistuse kodulehelt ajavahemikuga ±1h kell 17.



Joonis 1. CaEDTA kompleksi struktuur

(<http://chemlabs.uoregon.edu/GeneralResources/models/hexadentate.html> 23.10.2013)

2.4. NITRAATIOONIDE (NO_3^-) SISALDUS

Lämmastikuühendid (peamiselt ammoniumioonid NH_4^+ , nitritioonid NO_2^- ja nitraatioonid NO_3^-) on olulised veemajanduses ja heitvee tehnoloogias. Lämmastikuühendid mängivad olulist rolli lämmastikuringes ning nende kontsentratsioon on vastavuses hapnikusisaldusega vees. Nitraatide sattumist loodusesse võivad põhjustada mitmed tegurid. Lämmastik on atmosfääri peamine koostisosa (~78 protsenti). Kuid olulisel määral mõjutavad nitraatide kogust keskkonnas ka inimtegevus (mootorsõidukid, lennukid, tehased, põllumajandus). (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 36–37)

Lämmastikoksiidid reageerivad atmosfäärist osaliselt vihmaga ja nendest moodustuvad vees lahustuvad nitraadid ja nitritid, mis tulevad vihmaga maapinnale. Tänu mootorsõidukite väljalaskesüsteemidesse katalüsaatorite paigaldamisele on lämmastikoksiidide sattumine loodusesse oluliselt vähenenud. Nitraatidel on väga positiivne mõju taimede kasvule, sest lämmastikväetised on valkude ja nukleiinhapete koostiselemendid. Seetõttu kasutatakse nitraatidel põhinevaid väetisi (nt KNO_3) aianduses ja põllumajanduses. (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 37; Karik, Kuiv, Truus 2001: 166) Nitraatväetisi ei kasutata üksikult, vaid rakendatakse veel fosfor- ja kaaliumväetisi, sest muidu koguneb väetatud taimedesse liigselt nitraate (Karik, Kuiv, Truus 2001: 166). Kahjuks satuvad vihma tõttu kõrge nitraadikontsentratsiooniga veed vihmaperioodil põldudelt nende läheduses asuvatesse veekogudesse (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 37).

Kõrge nitraadisisaldus tiikides ja jõgedes põhjustab taimede kiiret kasvu ja vetikate vohamist. Üleväetamine võib põhjustada ökosüsteemis ökoloogilise tasakaalu nihkumise, sest hapnikusisaldus vees aina väheneb. Tagajärjeks on eutrofeerumine, mis võib mõjuda enamikele veorganismidele surmavalt. Loomulikult on oht oluliselt kõrgem stagneerunud kui voolavates veekogudes. Ka joogivees võib leida nitraate. (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 37) Tõhus järelkontroll nitraatidesisalduse järgi on tähtis veekogudes ja nende läheduses asuvatel põldudel, et säilitada ökoloogilist tasakaalu. (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 38)

Nitraadid on vähemürgised ühendid. Nende toksiline toime põhineb peamiselt nitrititel, mis tekivad nitraatide lagunemisel mikroobide abil. Inimestel ja teistel püsisoojastel organismidel on evolutsiooni käigus välja kujunenud paindlik kaitsesüsteem nitraatide poolt esile kutsutud funktsionaalsete häirete kõrvaldamiseks. Suurte dooside korral, mil ensüümisüsteemid on pidevalt pingeseisundis ja organismi loomulik vastupanuvõime ammendatud, tekivad kudedes aga haiguslikud muutused. (Järvan 2009: 7) Organismis häiruvad hingamise protsessid, algab hemoglobiini lagunemine veres ning võib kaasneda häireid kesknärvisüsteemis ja südame tegevuses (Järvan 2009: 7; Sepp 2007: 97). Eriti võivad haigusnähud esineda väikelastel, rasedatel, vanuritel ja seedetrakti haigusi põdevatel inimestel (Järvan 2009: 7). See on ka üks põhjustest, miks ei tohi juua pinnavett ja miks tuleb pidevalt kontrollida joogivee kvaliteeti (AQUANAL® – Ökotest 2006: 38; Karik, Kuiv, Truus 2001: 166). Tulenevalt asjaolust, et mineraalnitraadid on vees lahustuvad, on nitraadid probleemiks jõevee puhastussüsteemides (eriti kui jõevees on suuri reostuse märke). (AQUANAL® – Ökotest 2006: 38)

2.4.1. Nitraatide sisalduse määramine

1. Lisasin katseklaasi katseteks vajaliku koguse jõeveet (katseklaasil märgitud piirini) (AQUANAL® – Ökotest 2006: 36).
2. Lisasin kaks mõõtelusikatäit esimest reaktiivipulbrit. Sulgesin katseklaasi ja segasin seda, kuni reaktiiv oli lahustunud (AQUANAL® – Ökotest 2006: 36).
3. Avasin katseklaasi ja lisasin ühe mõõtelusikatäie teist reaktiivi. Sulgesin katseklaasi ja segasin seda ühe minuti (AQUANAL® – Ökotest 2006: 36).
4. Jätsin lahuse seisma kümneks minutiks. Avasin prooviklaasi ja võrdlesin värvi veeproovi skaalaga (AQUANAL® – Ökotest 2006: 36; Colour chart with instructions for AQUANAL® – Ökotest 2006: 1).
5. Määramiseks aetasin katseklaasi põhja valge ringi kohale. Siis uurisin katseklaasi ülevalt ja võrdlesin veeproovi värvi valget ala ümbritseva värviga. Vastav kontsentratsiooni mg/l on kirjutatud värvilise ala alla, millel on sama värv veeprooviga (vt Lisa 8). Vahepealseid väärtuseid tuli ka hinnata. Reaktiivid lubasid nitraatide sisaldust mõõta 5 mg/l täpsusega (AQUANAL® – Ökotest 2006: 36; Colour chart with instructions for AQUANAL® – Ökotest 2006: 1).

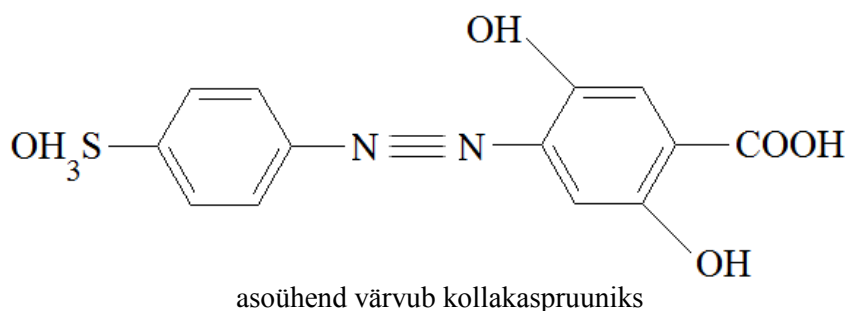
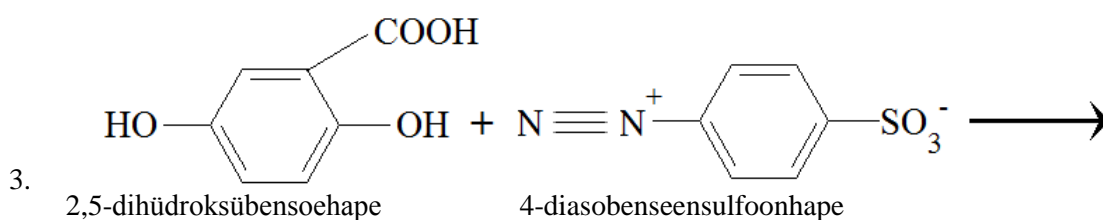
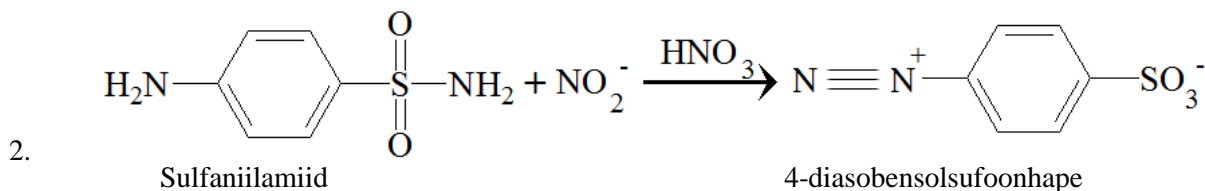
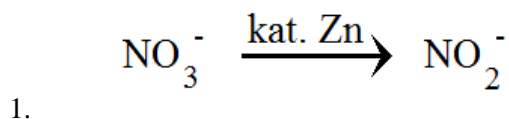
Reaktiivide koostis:

Reaktiiv 1: sulfaniilamiid, boorhape, 2,5-dihüdrosübensoehape

Reaktiiv 2: boorhape, tsingi pulber

(AQUANAL® – Ökotest 2006: 38)

Nitraatioonide määramiskatsete tegemisel toimunud reaktsioonid:



(AQUANAL® – Ökotest 2006: 39)

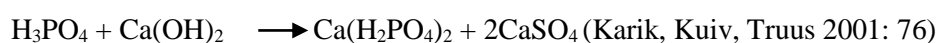
2.5. FOSFAATIOONIDE (PO_4^{3-}) SISALDUS

Fosfor on keemiliselt aktiivne element ning seda ei esine looduses lihtainena, vaid ainult anorgaanilistes ja orgaanilistes ühendites. Fosforit sisaldavad erinevad keemilised üendid, näiteks orgaaniliselt ühendatud fosfor, fosfaatioonid ja ortofosfaatioonid. Looduslikus, saastamata põhjavees ja mägedes on fosfor peamiselt leitav fosfaatioone sisaldavate mineraalidena: apatiidina, fosforiidina ja orto-fosfaadina. Fosfaadi (PO_4^{3-}) kontsentratsioon sellistes veekogudes on tavaliselt alla 0,1 mg. Sellist vett peetakse puhtaks ja seda võib kasutada joogiveena. (AQUANAL® – Ökotest 2006: 43–44)

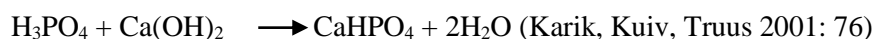
Industriaalühiskond on põhjustanud fosfori ja selle keemiliste ühendite sissevoolu keskkonda ning sellel on märkimisväärne mõju fosfori sisaldusele põhja-, pinna- ja joogivees. Viimase paari sajandi jooksul on majapidamis- ja tööstustooted põhjustanud looduses tõsise fosfaadireostuse. Inimene kasutab argielus fosforit mitmel erineval viisil: näiteks pesupulbrites, puhastusvahendites ja nõudepesuvahendites. Üsna olulist fosfaadi

sissevoolu keskkonda põhjustab ka liigne veepehmedite kasutamine. Pehmedite koostisained (naatriumpolüfosfaadid) pehmedavad vett, moodustades lahustuva kaltsiumiühendi. Naatriumpolüfosfaate kasutatakse majapidamises kuumaveevarustussüsteemides ja ka joogivee järeltöötuses. Suur osa fosfaatisaldavatest ainetest satuvad peale kasutamist reovette, kus see muudetakse reoveepuhastis lahustumatuks vormiks ja filtreeritakse välja. (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 44) Filtreerimise jääki saab muuta väetiseks, taimekaitsevahendiks ja isegi näriliste peletusaineks (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 44; Karik 1994: 117).

Töödeldes looduslikke fosfaate (apatiiti) väävelhappega, moodustub vees lahustuv ja taimede poolt kergemini omastatav kaltsiumvesinikfosfaadi ja kaltsiumsulfaadi segu, mida nimetatakse superfosfaadiks:



Fosforhappe kaltsiumhüdrosiidiga neutraliseerimisel tekib kaltsiumvesinikfosfaat ehk pretsipitaat, mis praktiliselt ei lahustu vees, kuid taimejuurte eritiste mõjul muutub ta lahustuvaks ja omastatavaks:



Nii fosfor kui ka selle ioonid on peaaegu kõikide organismide ja taimede asendamatu koostisosa. Seda on võimalik leida virtsas, kuid ka kunstlikes anorgaanilistes väetistes. Kõrgete fosforisisaldusega väetiste liigtarvitamine võib põhjustada fosfori liigse kontsentratsiooni mullas. Sademete tõttu varakevadisel ajal satuvad põllul olevad fosforiühendid põhja- ja pinnavette. (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 44)

Siiani ei ole suudetud tõestada, kas fosforil on kahjulik mõju tervisele. Fosfaate sisaldavate väetiste kasutamine mõjub taimede kasvule soodsalt. Liigne fosfaatväetiste kasutamine võib viia veekogude eutrofeerumiseni. Selle tagajärjel nihkub veekogu ökoloogiline tasakaal. Mõned võimalused peatamaks fosfori sissevoolu loodusesse, on nõuda selliste ühendite tarbimise vähendamist ning kontrollida eriti hoolikalt fosfaatide sattumist loodusesse ja veekogudesse. (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 44–45)

2.5.1. Fosfaatioonide sisalduse määramine

1. Lisasin katseklaasi katseteks vajaliku koguse jõeveett (katseklaasil märgitud piirini) (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 43).
2. Lisasin kümme tilka esimest reaktiivi ja segasin katseklaasi, kuni tekkis ühtlane lahus (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 43).
3. Lisasin kaks tilka teist reaktiivi ja segasin katseklaasi, kuni tekkis ühtlane lahus (AQUANAL[®] – Ökotest 2006: 43).

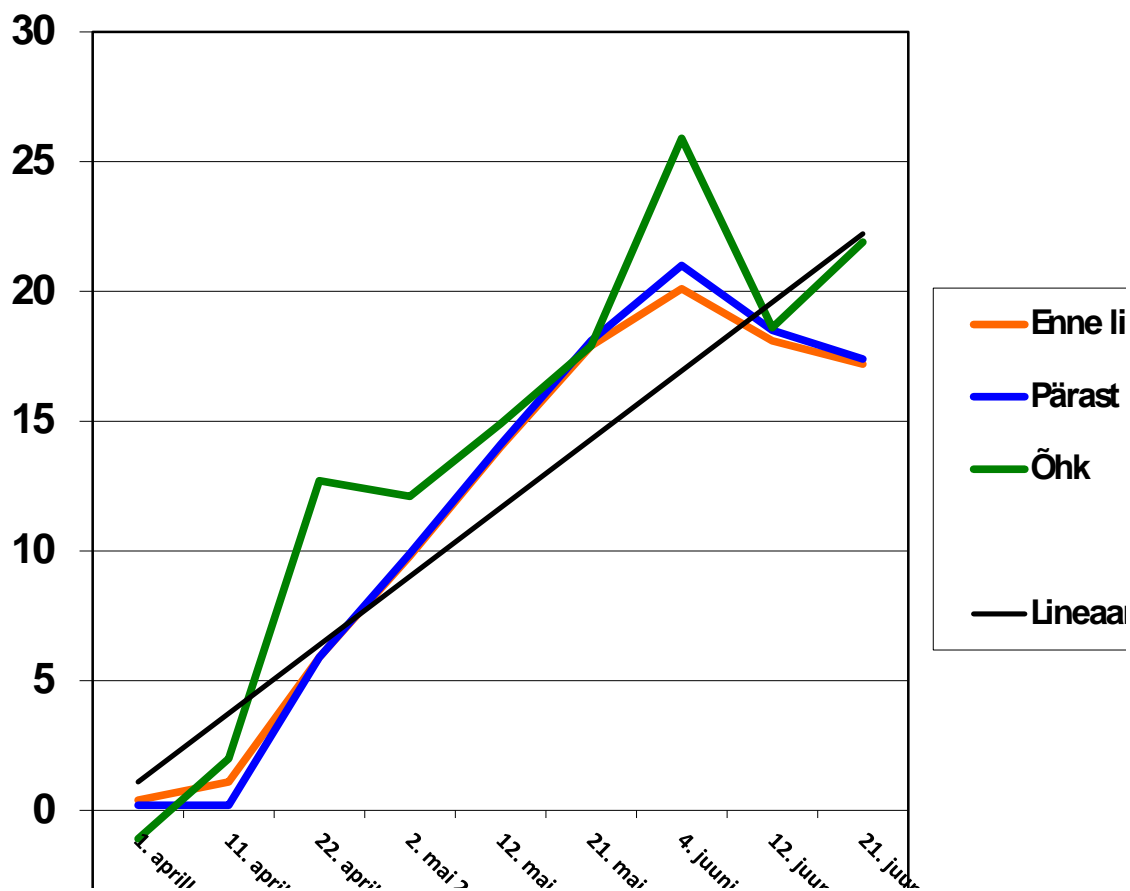
Õhutemperatuur (°C)	-1,1	2	12,7	12,1	14,9
Suhteline õhu-niiskus (%)	93	94	28	28	65

Kuupäev	21.05.2013		4.06.2013		12.06.2013		21.06.2013	
Asukoht	Enne linna	Pärast linna	Enne linna	Pärast linna	Enne linna	Pärast linna	Enne linna	Pärast linna
Temperatuur (°C)	17,9	18,1	20,1	21	18,1	18,5	17,2	17,4
pH	8	8	7,9	8,1	8,5	8,6	8,3	8,4
Veekaredus (mmol/l)	2,16	2,43	2,34	2,34	2,34	2,52	2,34	2,34
NO ₃ ⁻ (mg/l)	alla 5	alla 5	alla 5	alla 5	alla 5	alla 5	alla 5	alla 5
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	alla 0,5	alla 0,5	alla 0,5	alla 0,5	alla 0,5	alla 0,5	alla 0,5	alla 0,5
Õhutemperatuur (°C)	17,9		25,9		18,6		21,9	
Suhteline õhu-niiskus (%)	79		41		52		71	

3.1. JÕEVEE TEMPERATUUR

Uurimistöös on kasutatud temperatuuri mõõtmiseks Vernier' LabQuesti™ (versioon 1.1) seadet ja termosensorit (vt ptk 2.1). Seade ei vajanud kalibreerimist.

Temperatuuri muutumine (°C)



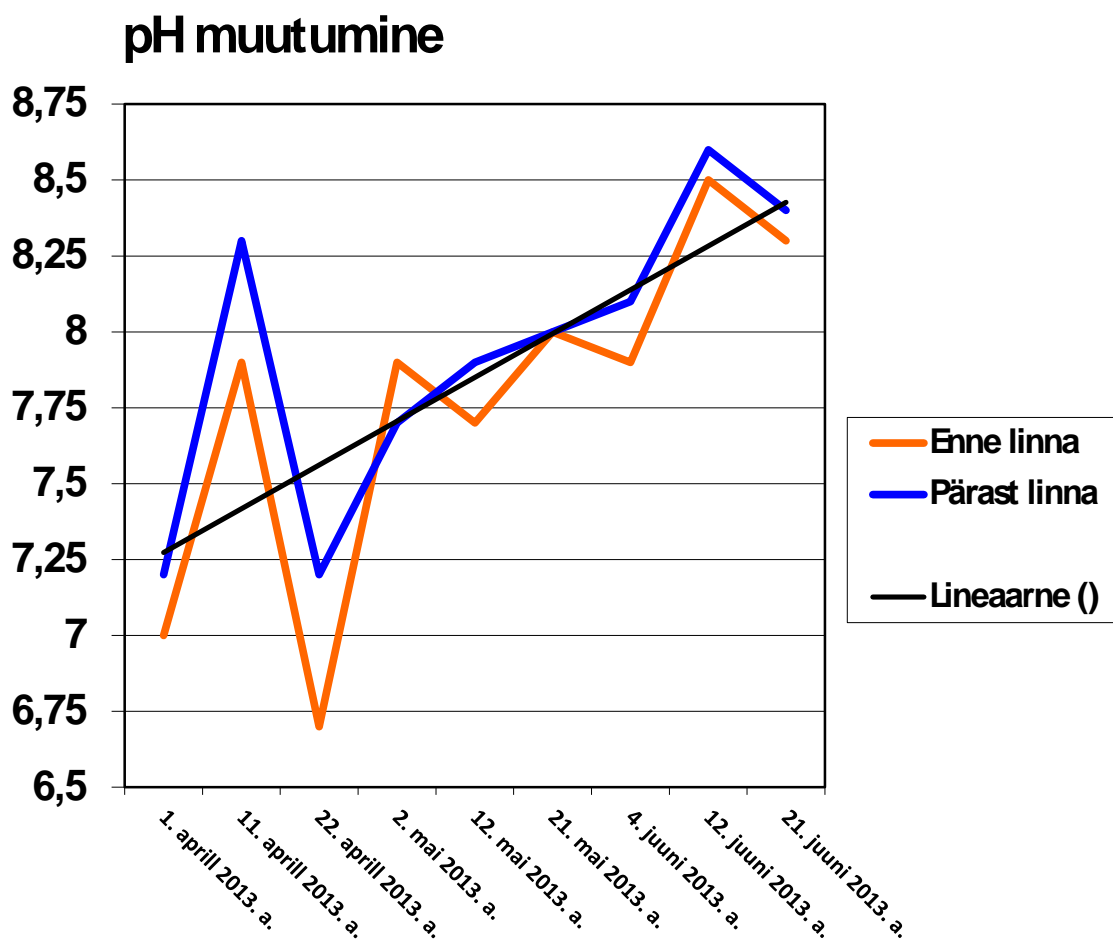
Joonis 2. Vee- ja õhutemperatuuri muutumine 1.04.–21.06.2013

1. aprillil oli enne ja pärast linna veetemperatuur vastavalt 0,4 °C ja 0,2 °C. Jõgi oli kaetud veel täielikult jääga. 11. aprillil oli tõusnud seoses õhutemperatuuritõusuga ka veetemperatuur enne linna (1,1 °C-le), kuid veetemperatuur pärast linna oli jäänud samaks nagu 1. aprillil (0,2 °C). Jõgi oli osaliselt kaetud jääga. 22. aprillil oli veetemperatuur ühtlustunud ja tõusnud 5,9 °C-ni. 2. mail oli veetemperatuur jällegi tõusnud 9,8 °C–9,9 °C-ni, kuigi õhutemperatuur oli 22. aprilli näiduga võrreldes langenud 0,6 °C. Antud olukord oli põhjustatud seetõttu, et enne 2. maid oli õhutemperatuur olnud kõrge ja mõõtmise kuupäevaks oli see langenud. 12. maiks oli temperatuur taas tõusnud 14 °C-ni. 21. mail oli temperatuur veelgi tõusnud, jõudes umbes 18 °C-ni. Sellel kuupäeval oli õhutemperatuur võrdne ka enne linna oleva jõevee temperatuuriga – 17,9 °C. 4. juuniks oli temperatuuritõus olnud natuke sujuvam – enne linna 20,1 °C-ni ja pärast linna 21 °C-ni. 12. juunil hakkas veetemperatuur langema nii enne kui ka pärast linna – vastavalt 18,1 °C ja 18,5 °C. 21. juunil oli veetemperatuur veel natuke langenud – umbes 17,4 °C-le, kuigi õhutemperatuur oli võrreldes 12. juuni näiduga tõusnud 3,3 °C. Antud olukord oli põhjustatud seetõttu, et enne 21. juunit oli õhutemperatuur olnud madal ja mõõtmise kuupäevaks oli see tõusnud.

Graafikult (vt Joonis 2) on näha, et jõevee temperatuur sõltub õhutemperatuurist. Mida kõrgem on õhutemperatuur, seda kõrgem on ka jõevee temperatuur. Järsemad õhutemperatuuri muutused ei kajastu kohe jõevee temperatuuri muutustes, jõevee temperatuur muutub sujuvalt. Jõevee temperatuur oli mõõtmise ajal keskmiselt pidevalt tõusnud (vt graafikul lineaarne). Kuna mõõtmise erinevus enne ja pärast linna polnud täheldatav ($\pm 0,9$ °C), siis võib järeldada, et Põltsamaa linn ei mõjutanud oluliselt Põltsamaa jõe temperatuuri.

3.2. JÕEVEE pH

Uurimistöös on kasutatud pH mõõtmiseks digitaalset pH-meetrit (vt ptk 2.2.1). pH mõõtmisel on kasutatud ekspressmeetodit – pH määramisel ei soojendatud uuritavat vett. Mõõtmine tehti umbes kahe minuti jooksul.



Joonis 3. pH muutumine 01.04.–21.06.2013

1. aprillil oli vee pH enne linna 7 ja pärast linna natuke aluselisem pH 7,2. Jõgi oli kaetud enamjaolt veel jääga. 11. aprilliks oli mõlemal pool linna aluselisisus märgatavalt tõusnud – enne linna oli pH 7,9 ja pärast linna 8,3. Jõevee jää oli hakanud sulama, aga jõevee hulk ei

olnud veel tõusnud. 22. aprillil oli vesinikioonide sisaldus langenud enne linna 6,7 ja pärast linna 7,2. Selleks hetkeks oli jää täielikult sulanud ja jõevee hulk oli märgatavalt tõusnud.

2. mail oli jõe vesi natuke aluselisem, pH oli ligikaudu 7,8. Jõevee hulk oli hakanud taas vähenema. 12. maiks oli aga olukord jõevees stabiliseerunud – pH vastavalt 7,7 ja 7,9. 21. maiks oli vesi muutunud veidi aluselisemaks – pH 8. Jõevee hulk oli pisut langenud, aga mitte oluliselt, sest vahepeal oli pikem vihmaperiood. 4. juunil enne ja pärast linna oli pH umbes 8. Jõevee hulk oli taas veidi langenud.

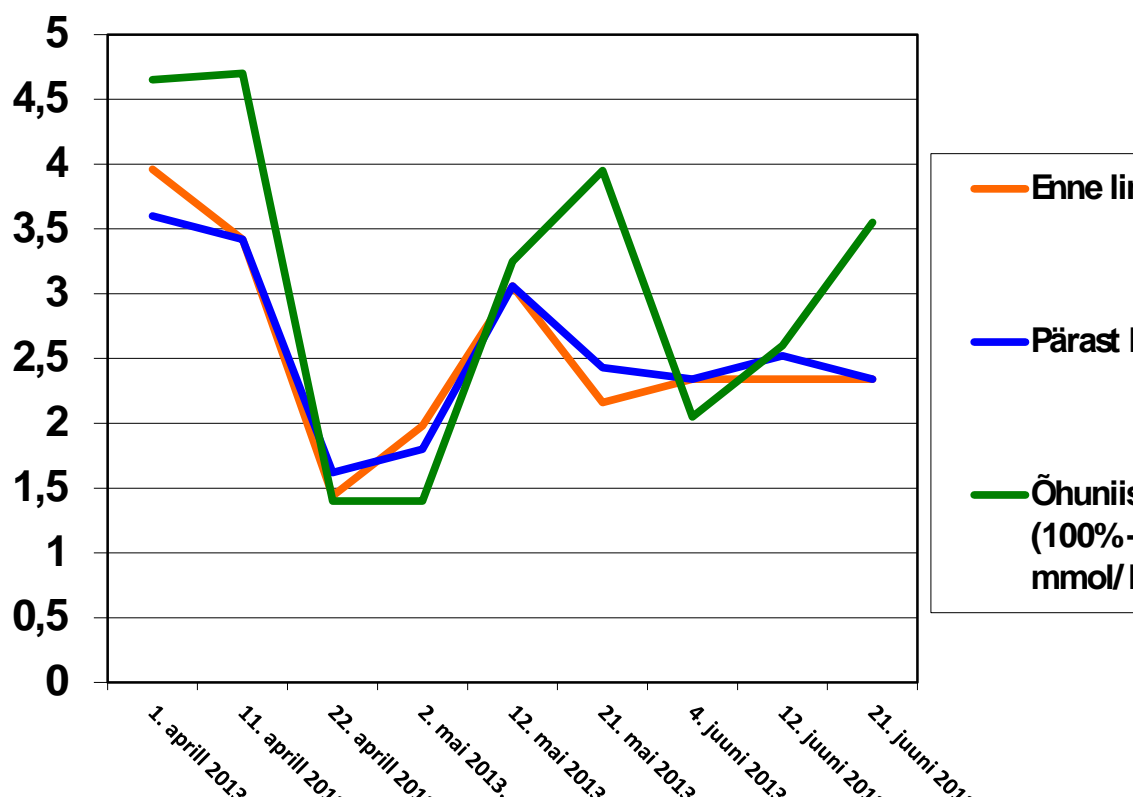
12. juuniks oli pH järsult tõusnud umbes 8,5-ni. Põhjuseks oli pikema kuivema perioodi tulek, mil jõevee hulk vähenes. 21. juunil oli pH aga taas natuke langenud kuni 8,3-ni. Mõned päevad enne mõõtmist oli vihmaperiood, mis tõstis veidi jõevee hulka.

Jõevee pH kõikumine sõltub vee hulgast. Mida rohkem on jõeveet, seda happelisem on vesi. Graafikult (vt Joonis 3) võib näha, et 1. aprillist alates kuni 21. juunini oli pH keskmiselt pidevalt tõusnud. Kuna mõõtmise erinevus enne ja pärast linna polnud täheldatav ($\pm 0,5$), siis võib väita, et Põltsamaa linn ei mõjutanud oluliselt Põltsamaa jõe pH-d.

3.3. JÕEVEE KAREDUS

Vee kareduse uurimiseks on töös kasutatud Visicolor[®] ECO kogukareduse kompleksomeetrilist tiitrimist (vt ptk 2.3).

Vee kareduse muutumine (mmol/l)



Joonis 4. Vee kareduse muutumine 01.04.2013–01.06.2013

(100% õhuniiskusele vastab veekaredus 5 mmol/l)

1. aprillil oli vee karedus enne linna 3,9 mmol/l ja pärast linna 3,6 mmol/l. Sellel ajal oli jõgi kaetud jääga. Jões oli vett vähe ning seetõttu oli vee karedus suur (magneesium- ja kaltsiumühendite kontsentratsioon suurenes). 11. aprillil oli vee karedus mõõdukalt langenud ning enne ja pärast linna mõõtmistulemused ühtlustunud 3,42 mmol/l-ni. Jää oli sulanud, aga jõevee hulk ei olnud veel tõusnud. 22. aprilliks oli toimunud suur vee kareduse langus – kuni 1,44 mmol/l-ni. Jõevee tase oli oluliselt tõusnud, kuna oli lisandunud lumesulamisvesi, mis on pehme magevesi. 2. maiks oli vee kareduse tase tõusnud kuni 1,98 mmol/l-ni. Jõevee hulk ei olnud vähenenud, aga oli tõusnud vee temperatuur. Viimati mainitud asjaolu soodustab vee karedust põhjustavate ainete lahustumise suurenemist vees.

12. mai tulemused olid eelmise mõõtmise tulemustega võrreldes palju kõrgemad – 3,06 mmol/l. Jõevee hulk oli hakanud vähenema ja vee temperatuur oli taas suurenenud. 21. mai tulemused näitasid enne linna 2,16 mmol/l ja pärast linna 2,43 mmol/l. Need tulemused olid madalamad kui eelmise mõõtmise tulemused, sest mõõtmisele eelnes mitmepäevane vihmaperiood. See suurendas jõevees pehme vee hulka. 4. juuniks oli enne linna vee karedus 2,34 mmol/l. Jõevee hulk oli taas vähenenud. 12. juunil oli pärast linna vee karedus suurenenud 2,52 mmol/l-ni ning enne linna oli veekaredus jäänud samaks. 21. juunil püsis vee karedus 2,34 mmol/l juures.

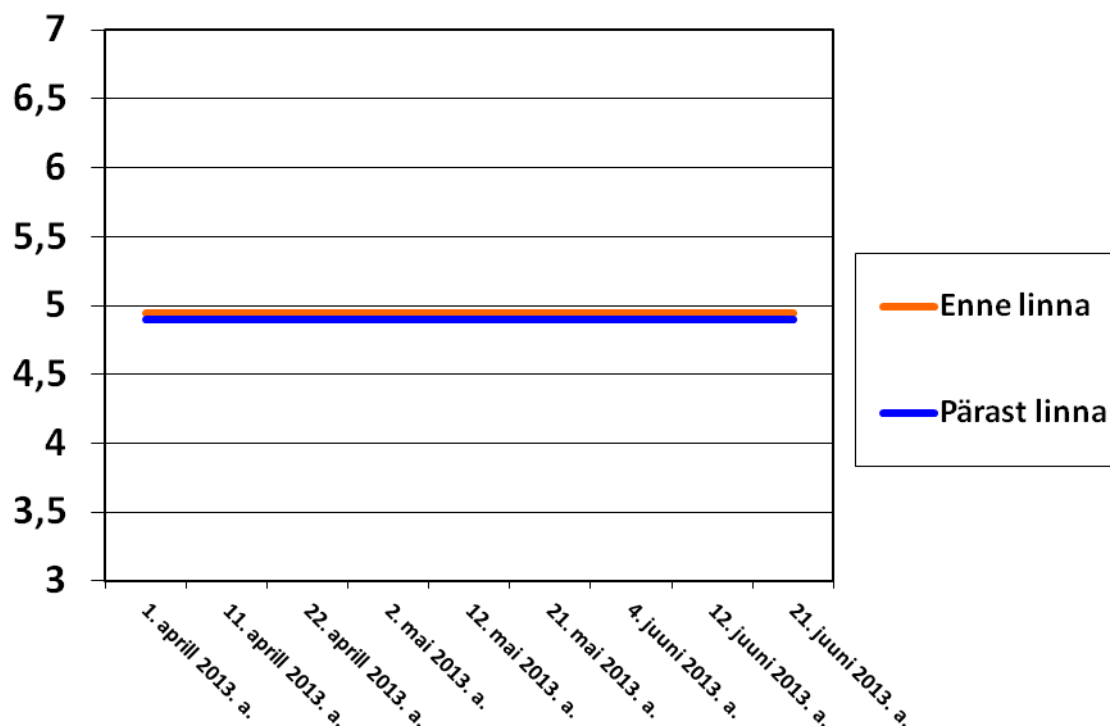
Põltsamaa jõe vesi on suhteliselt pehme. Näiteks Tallinna Ülemiste järve vee karedus võib olla koguni 14 °dH ehk 2,6 mmol/l, mis on keskmise karedusega vesi (Lääne 2013). See võib olla põhjustatud sellest, et Põhja-Eestis leidub rohkem vee karedust soodustavat paekivi. Põltsamaa jõgi voolab aga Kirde-Eestist Kagu-Eestisse, mis on suhteliselt paekivivaene. Lisaks sellele on Põltsamaa jõgi vooluveekogu ja Ülemiste järv on muutunud eutroofseks (Trei, Trei 2003). Need asjaolud võivad põhjustada taolisi erinevusi kahe veekogu vahel.

Vee kareduse kõikumine sõltub magevee hulgast jõevees. Lumesulamise ajal ja pikemal vihmaperioodil muutus jõevesi pehmemaks. Kuna mõõtmise erinevus enne ja pärast linna polnud täheldatav ($\pm 0,3$ mmol/l), siis võib järeldada, et Põltsamaa linn ei mõjutanud oluliselt Põltsamaa jõe vee karedust.

3.4. JÕEVEE NITRAATIOONIDE (NO_3^-) SISALDUS

Nitraatioonide uurimiseks on uurimistöös kasutatud AQUANAL® – Ökotest Water Laboratory mõõtmiskomplekti (vt ptk 2.4).

Nitraationide sisalduse muutumine (mg/l)



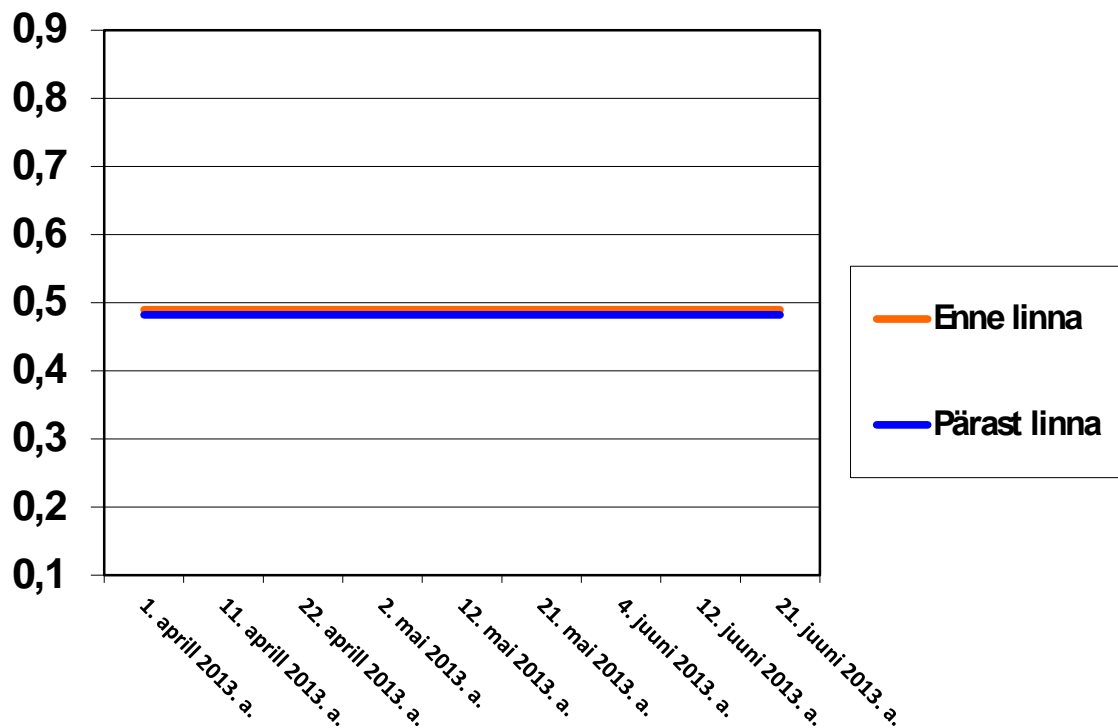
Joonis 5. Nitraationide sisalduse muutumine 01.04.2013–21.06.2013

Nitraationide sisaldus püsis uurimise käigus stabiilselt alla 5 mg/l. Vastava mõõtmiskomplektiga täpsemaid mõõtmistulemusi on võimatu saavutada. Käesoleva uurimise käigus saadud tulemustest võib järeldada, et jõeveses ei esinenud muutusi nitraationide sisalduses. Nitraate võis jõeveses esineda, aga neid oli alla 5 mg/l. Sellegipoolest võib mõõtmise tulemustest esile tuua, et nitraadireostust Põltsamaa jões uurimise ajal polnud ning Põltsamaa linn mõjutanud oluliselt Põltsamaa jõe nitraationide sisaldust.

3.5. JÕEVEE FOSFAATIOONIDE (PO_4^{3-}) SISALDUS

Fosfaationide uurimiseks on uurimistöös kasutatud AQUANAL[®] – Ökotest Water Laboratory mõõtmiskomplekti (vt ptk 2.5).

Fosfaatioonide sisalduse muutumine (mg/l)



Joonis 6. Fosfaatioonide sisalduse muutumine 01.04.2013–21.06.2013

Fosfaatioonide sisaldus püsis uurimise käigus stabiilselt alla 0,5 mg/l. Vastava mõõtmiskomplektiga täpsemaid mõõtmistulemusi on võimatu saavutada. Käesoleva uurimise käigus saadud tulemustest võib järeldada, et jõevees fosfaatioonide sisalduses muutusi ei esinenud. Fosfaate võis jõevees esineda, aga neid oli alla 0,5 mg/l. Sellegipoolest võib mõõtmise tulemustest täheldada, et fosfaadireostust Põltsamaa jões uurimise ajal polnud ega Põltsamaa linn mõjutanud oluliselt Põltsamaa jõe fosfaatioonide sisaldust.

KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöö teema oli „Põltsamaa jõevee koostise kvaliteedinäitajad kevadel 2013“. Uurimus viidi läbi ajavahemikul 1. aprill kuni 21. juuni 2013, see tähendab alates jää sulamisest kuni soojade suvepäevadeni. Uurimistöö eesmärk oli uurida Põltsamaa jõevee koostise muutusi suurvee ajal ja Põltsamaa linna keskkonna mõju vee koostisele.

Eespool nimetatud eesmärkide saavutamiseks kasutati kvalitatiivset ja kvantitatiivset uurimismeetodit. Uuriti Põltsamaa jõe üld- ja geograafilisi andmeid ning Põltsamaa linna läbiva jõeosa ajalugu. Vee koostise väljaselgitamiseks võeti veeproove Kirikumäe ehk Parvei silla juurest ja Väike-Kamari küla äärselt jõealalt. Mõõdeti veetemperatuuri ja -karedust ning nitraatide, fosfaatide ja vesinikioonide sisaldust (pH). Lisaks sellele tehti märkmeid õhutemperatuuri- ja suhtelise õhuniiskuse näitajate osas.

Uuringu tulemuste analüüsimisel saadi vastused töös püstitatud uurimisküsimustele.

1. Selgus, et nitraatioonide ja fosfaatioonide hulk uurimise perioodil ei muutunud.
2. Jõevee karedust mõjutab vee hulk jões – suurveeaegadel muutus vesi pehmemaks.
3. Jõevee temperatuuri kõikumine sõltub õhutemperatuurist.
4. pH näit sõltub vee hulgast.
5. Põltsamaa linna reoveed ei ole märkimisväärselt mõjutanud Põltsamaa jõe ökoloogilist keskkonda.

Kokkuvõttes võib öelda, et käesoleva uuringu eesmärgid täideti. Uurimistöö kõige olulisema tulemusena selgus, et Põltsamaa linna veepuhastussüsteem töötab piisavalt efektiivselt ja vee koostises muutusi ei esine. Nitraatide ja fosfaatide koguse muutust vees oluliselt ei suudetud täheldada. Veetemperatuur sõltub õhutemperatuurist, vee karedus sõltub veehulgast ning pH-d mõjutab veehulk. Uurimistööle püstitatud hüpoteesid leidsid kinnitust.

Edaspidi oleks huvitav uurida Põltsamaa linna reoveepuhastuses kasutusel olevaid tehnoloogiaid ja reovee puhastuse meetodeid; uurida puhastusjaama siseneva ja sealt väljuva, puhastusprotsessi läbinud reovee kvaliteeti ning jõevee koostise võimalikke muutusi kesksuvest kuni jõevee jäätumiseni.

KIRJANDUS

Teatmeteosed

- 1) Eesti entsüklopeedia, 11 köide. 2002. (Avo Miidel, Arvo Järvet) – muudetud 2011.
- 2) Eesti entsüklopeedia, 12 köide. 2003. – muudetud 2011.

Trükised

- 1) Järvan, M. 2009. *Nitraadid Taimekasvatustoodangus*. Saku: AS Rebellis.
- 2) Järvekülg, A. 2001. *Eesti jõed*. Tartu: Tartu Ülikooli kirjastus.
- 3) Karik, H. 1994. *Üldine KEEMIA*. Tallinn: Koolibri.
- 4) Karik, H. 2003. *KEEMIA koduõpetaja*. Tallinn: Kirjastus Ilo.
- 5) Karik, H. 2006. *Looduslik vesi ja hämmastavad imeveed*. Tallinn: Koolibri.
- 6) Karik, H., Kuiv, K.K., Truus, K. 2001. *Keemia*. Tallinn: Kirjastus Ilo.
- 7) Sepp, E. 2007. *JOOGIVESI JA MEIE*. Tallinn: Kirjastus Ilo.
- 8) Tamm, L. 2008. *KEEMIA õpik IX klassile I osa*. Kirjastus: Avita.

Internetiallikad

- 1) Aland A. 2009. *Vee kareduse määramine*.
http://www.eau.ee/~aland/vee_karedus.pdf(11.10.2013)
- 2) Alekand, P. 2011. *Vee karedus*.
http://www.hkhk.edu.ee/vesi/vee_karedus.html(11.10.2013)

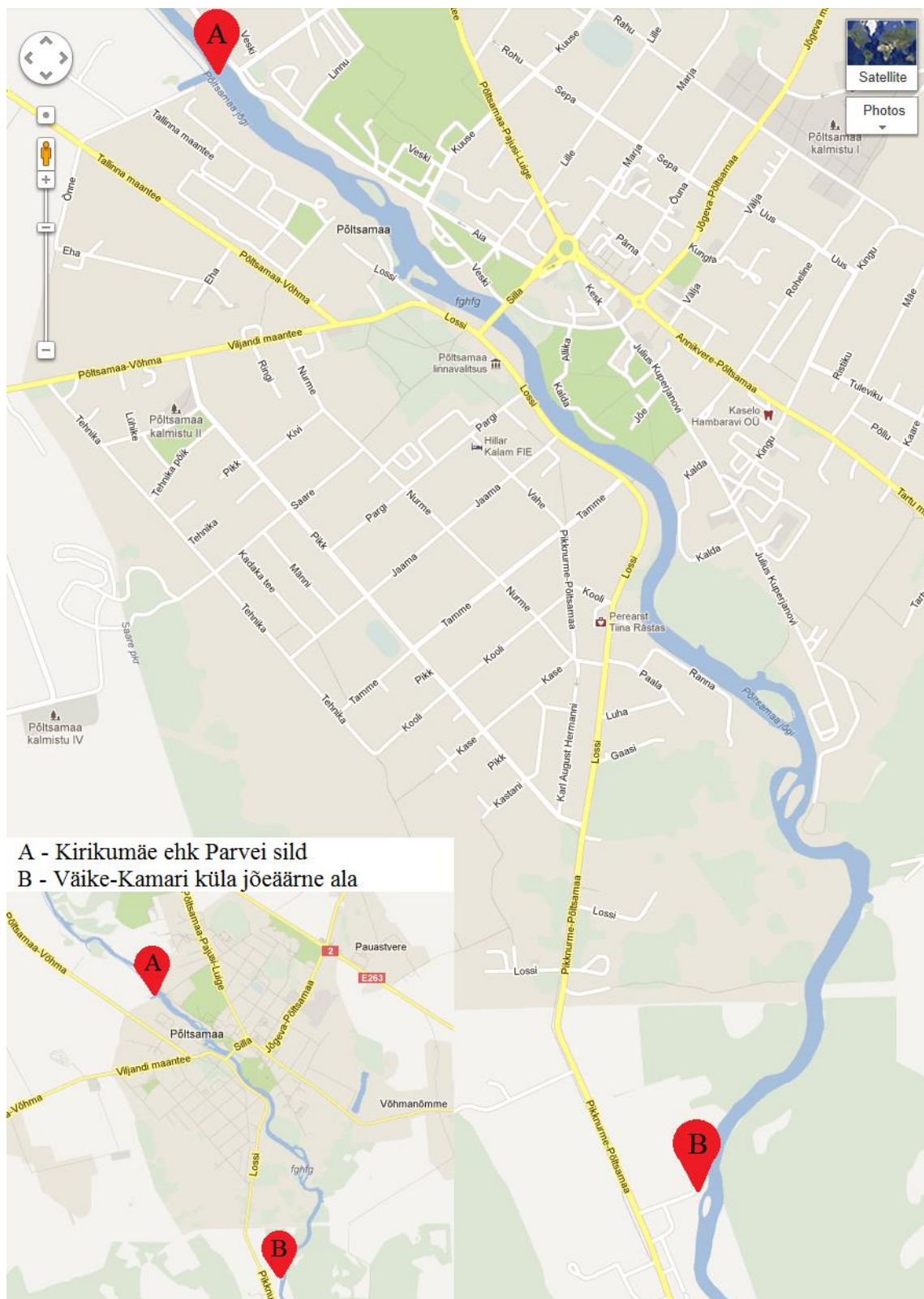
- 3) <http://chemlabs.uoregon.edu/GeneralResources/models/hexadentate.html> (23.10.2013)
- 4) <http://www.vernier.com/products/interfaces/labq/>(19.10.2013)
- 5) Kull, H. 1978. *Kilde Põltsamaast ja tema lähiümbruse ajaloost.*
http://www.hot.ee/poltsamaamuuseum/helle_kull.html(27.04.2013)
- 6) Käsiraamat. n.d. *Visicolor® ECO – total Hardness.*
<http://www.geonet.com.tw/down/931029en.pdf>(24.10.2013)
- 7) Käsiraamat. 2008. *LabQuest Quick-Start Guide.*
http://www2.vernier.com/manuals/labquest_quickstart_guide.pdf(24.10.2013)
- 8) Käsiraamat. 2012. *Stainless Steel Temperature Probe.*
<http://www2.vernier.com/booklets/tmp-bta.pdf>(24.10.2013)
- 9) Laumets, R. 1997. *pH-elektroodide kasutamine, kalibreerimine ja hooldamine.*
http://www.keskkonnatehnika.ee/arhiiv/1997/4_1997/automaa.htm(11.10.2013)
- 10) Lääne, A. 2013. *Tallinna Veepuhastusjaam, Ülemiste järve vee kvaliteet 2013, Veevõtt puhastusse.* http://www.tallinnavesi.ee/images/stories/Ülemiste_vee_kvaliteet_2013.pdf
- 11) Trei, T., Trei, T. 2003. *Sajand Ülemiste järves: taimed teavad tõtt.*
http://www.loodusajakiri.ee/eesti_loodus/index.php?artikkel=547

Muu materjal

- 1) Käsiraamat. 2006. *AQUANAL® – Ökotest.*
- 2) Käsiraamat. 2006. *Colour chart with instructions for AQUANAL® – Ökotest.*
- 3) Miller, M. 2005. *Kuidas mõjutab Suure Silla tamm Põltsamaa jõge? Uurimistö, hoiul Põltsamaa Ühisgümnaasiumi raamatukogus.*

LISAD

LISA 1. VEEVÕTUKOHAD



<http://maps.google.ee/> (27.04.2013)

LISA 2. KIRIKUMÄE EHK PARVEI SILD



http://static2.nagi.ee/i/p/437/88/10947061e7a03c_m.jpg/1 (04.05.2013)

LISA 3. KAMARI KÜLA JÕEÄÄRNE ALA



<http://maps.google.ee/> (11.05.2013)

LISA 4. PÕLTSAMAA JÕGI JA SUUR SILD ENNE 1935. AASTAT



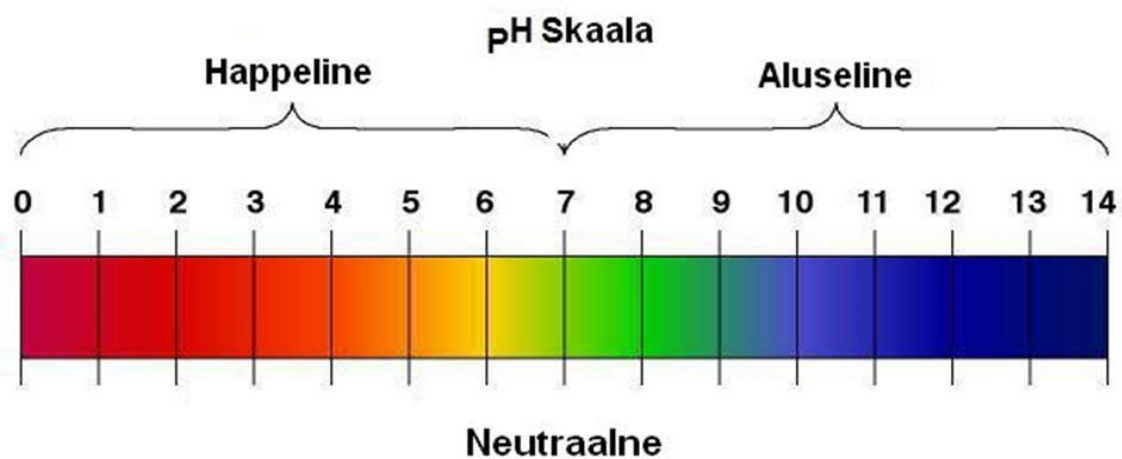
<http://www.vanadpildid.net/oberphalen/county14> (03.05.2013)

LISA 5. VERNIER' LabQuest™ (VERSIOON 1.1) SEADE JA TERMOSENSOR



http://www.independencescience.com/admin/client_uploads/client_images_large/tlq_500.png (19.10.2013)

LISA 6. pH-SKAALA



<http://cdn1.collective-evolution.com/assets/uploads/2011/12/PH-Scale1.jpg> (15.04.2013)

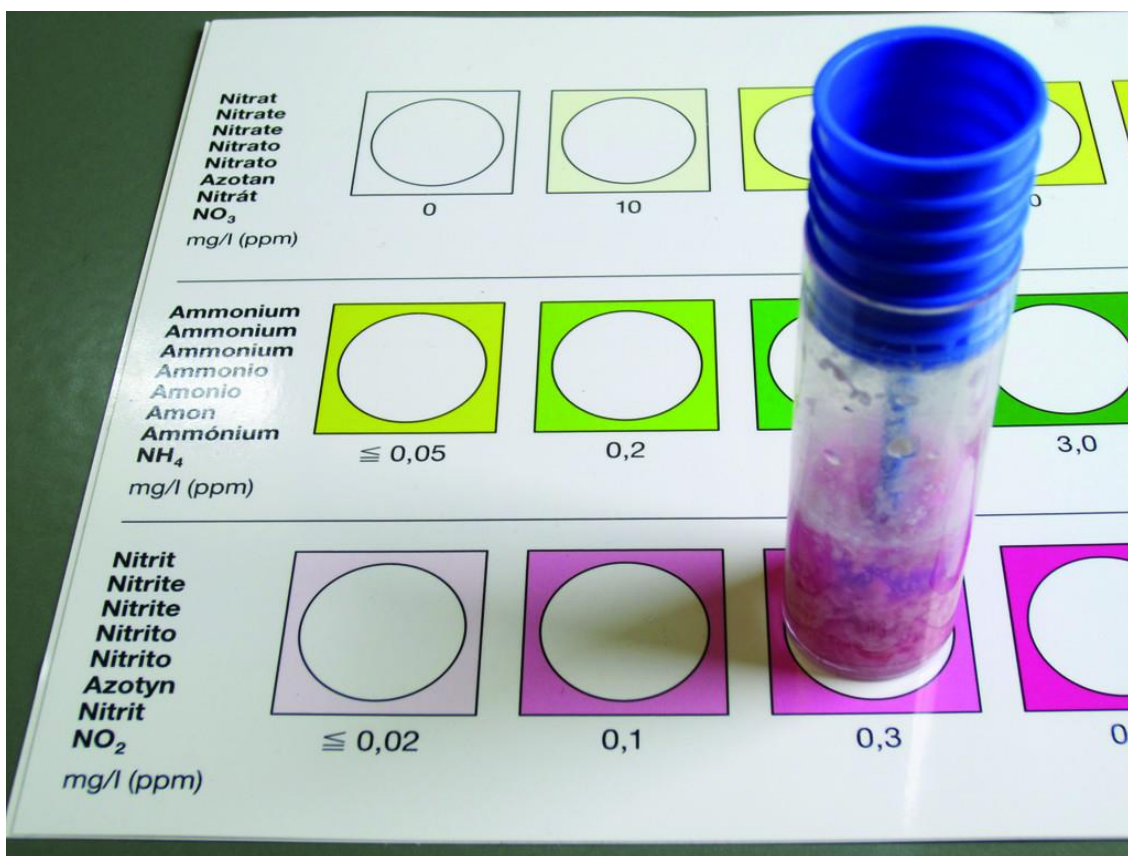
LISA 7. DIGITAALNE pH-MEETER pHep byHanna



<http://swimmingpoolsthailand.com/51-102-large/phep-hi-98107-digital-ph-tester.jpg>

(24.10.2013)

LISA 8. AINE KONTSENTRATSIOONI MÄÄRAMINE



http://www.der-hedinger.de/uploads/tx_t3nav/3237E5B8-F06D-461B-BC55-9B606B6ECDCB.jpg (12.10.2013)