

# Kiigumõisa allikad

*Projekti Life Springday LIFE12 NAT/EE/000860 raames 2013 - 2015  
läbiviidud hüdroloogiliste ja bioloogiliste uuringute aruanne*

Tartu, 2015



## Sisukord

Sissejuhatus .....	3
Hüdroloogia .....	4
Hüdrogeoloogia .....	4
Veekeemia .....	10
Taimestik .....	29
Nõrglubja-allikate kasvukohatüübi tunnus-samblaliikidest .....	30
Kiigumõisa allikate sammaltaimed .....	31
Kiigumõisa allikate soontaimed .....	34
Suurselgrootud .....	43
Kalastik .....	54

## Sissejuhatus

Nõrglubjalasundit tekitavad allikad, nn nõrglubjaallikad on Euroopa Liidus kõrgelt väärtustatud ohustatud elupaigatüüp (Loodusdirektiiv \*7220). Elupaigatüüpide käsiraamatu uuendatud versioonis (Interpretation Manual – EUR28 2013) iseloomustatakse \*7220 elupaika kui üldiselt väikesemõõtmelisi karedaveelisi allikaid, kus toimub aktiivne nõrglubja moodustumine ning kus domineerivad samblad (*Cratoneurion commutati*). Allikate ja nendega seotud elupaikade säilimine looduslikus seisundis pole seni rakendatud kaitsemeetmetega alati garanteeritud. Looduslikke allikaid ja allikasoid on rikutud maaparandustöödega ja allikate kujundamisega tiikideks ning veehoidlateks. Lubjalasundit tekitavaid allikaid ja põhjaveesüsteeme on hävitatud lubja kaevandamisega. Osaliselt on olulisemad allikate alad kaitse all erinevate looduskaitse- ja maastikukaitsealadena või mõne pargi koosseisus. Osa allikaid on kaitse all üksikobjektidena. Mitmeid allikaid ja allikaalasid ei ole kantud vastavatesse registritesse ning nende asukohad on ebatäpsed, samuti esineb ebatäpsusi allikate tüpiseerimisel. Kuna just nõrglubjaallikad on tihti väikese vooluhulgaga, nn igritsevad allikad ja nende äratundmine ning asukoha määramine looduses võib olla keeruline, siis kaitse veekoguna alati ei toimi ja kaitset saab tagada elupaigatüübi kaitsmise kaudu. Kuna vee liikumine maapinnas on muutuv, ning nõrglubjaallika elupaiga kujunemine on keerukas kompleks füüsikalise-keemilistest ja bioloogilistest protsessidest, siis võib nõrglubjaallika talitlus teinekord peatuda või hakata arenema uues asukohas. Nõrglubjaallika peamine tunnus - lubja settimine – saab toimuda mitmes erinevas vormis: võib moodustuda kungas või ladestus, samuti tuumade (taimede juured ja varred, kivid) ümber tekkiva lubjakihina. Tihti on allikalehtrites ja –ojades näha lubjahelbeid, mis suurema vooluga kantakse edasi.

Eesti Loodushoiu Keskus viib aastatel 2013 – 2018 läbi nõrglubjaallikate kaitse ja soodsa seisundi taastamise projekti LIFE Springday. Allikate hea seisundi saavutamine ja hoidmine on keerukas, kuna sisaldab tervet kompleksi tegevusi alates põhjalike uuringute ja mõõdistuste teostamisest, õige hüdroloogilise režiimi kujundamisest, ebasobiva taimestiku eemaldamisest ning kaitsekorralduslike meetmekavade väljatöötamisest ja rakendamisest. Projekti käigus kavandatakse ja viiakse ellu nõrglubjaallikate hea loodusliku seisundi taastamiseks vajalikud tööd kolmel Natura 2000 alade võrgustiku kaitsealal: Vormsi saarel Vormsi maastikukaitsealal (Prästviki allikad), Saaremaal Viidumäe looduskaitsealal (Viidumäe allikad) ning Järvamaal Kiigumõisa ja Kõrvemaa maastikukaitsealadel (Kiigumõisa allikad). Kuna nõrglubjaallikaid ei ole Eestis väga põhjalikult uuritud, siis on eesmärgiks ka uuritavate alade hüdrogeoloogiliste ja bioloogiliste näitajate kirjeldamine, et määrata Eesti nõrglubjaallikatele iseloomulikud tunnused.

Käesolevasse aruandesse on koondatud aastatel 2013 – 2015 Järvamaal, Kõrvemaa ja Kiigumõisa maastikukaitsealadel asuvates Kiigumõisa allikates teostatud uuringute tulemused. Ekspertide poolt uuriti allikate hüdroloogilisi näitajaid – hüdrogeoloogiat ja keemiat, allikate ja allikaid ümbritsevate alade taimestikku, elustikust allikates elavaid suurselgrootuid ja kalastikku. Uuringud viidi läbi Loodushoiu Keskuse ja erinevate töörühmade poolt, osaliselt Loodushoiu Keskuse ja AS Maves vahelise lepingu täitmise käigus. Hüdrogeoloogilised uuringud viis läbi Tartu Ülikooli geoloogia osakonna töörühm: Marko Kohv, Argo Jõelett, Raul Paat, Martin Liira. Taimestiku uuringud teostasid Nele Ingerpuu ja Mare Toom Tartu Ülikooli botaanika osakonnast. Henn Timm Eesti Maaülikooli Limnoloogiakeskusest viis läbi suurselgrootute uuringu. Tööde

kavandamises, nende ulatuse ja võimalike mõjude hindamises osalesid Madis Metsur ja Eerik Leibak.

## Hüdroloogia

### Hüdrokeoloogia

#### Metoodika

Projekti eesmärk on kolme ala allikate ning neid ümbritseva allikasoo iseloomustamine ning vee keemia ja dünaamika seiramine. Selleks töötati läbi projektialade kohta leitavad olemasolevad materjalid (valdavalt Eesti Geoloogia Fondist), puuriti allikate ümbrust soopuuriga ning tehti georadari profiile.

Georadariga profileerimist teostati uuringualadel 25.-26. juunil 2014. Mõõtmistel kasutati seadet Zond-12e koos 300 MHz antenniga. Mõõteaeg Kiigumõisa ja Vormsi aladel oli 200 ns ning Viidumäel 300 ns.

Georadari antenni külge oli ühendatud mõõteratas, mis tagas ühtlase mõõtesammu 5 cm. Profiilide positsioneerimiseks kasutati georadariga ühendatud GPS seadet Columbus V-800. Tüüpiliselt on profiilide asukohatäpsus lagedatel aladel parem kui 5 m ning võsas-metsas kuni 12 m (erandjuhtudel kuni 20 m).

Andmeid töödeldi programmiga Prism2. Töötlus sisaldas enamasti sagedusliku ribapääs filtreerimist ja signaali võimendamist, et paremini esile tuua geoloogilist infot ja vähendada mitmesugustest allikatest pärinevat müra. Reljeefiparanduse sisseviimiseks profiilidele kasutati Maa-ameti LIDAR andmestikku.

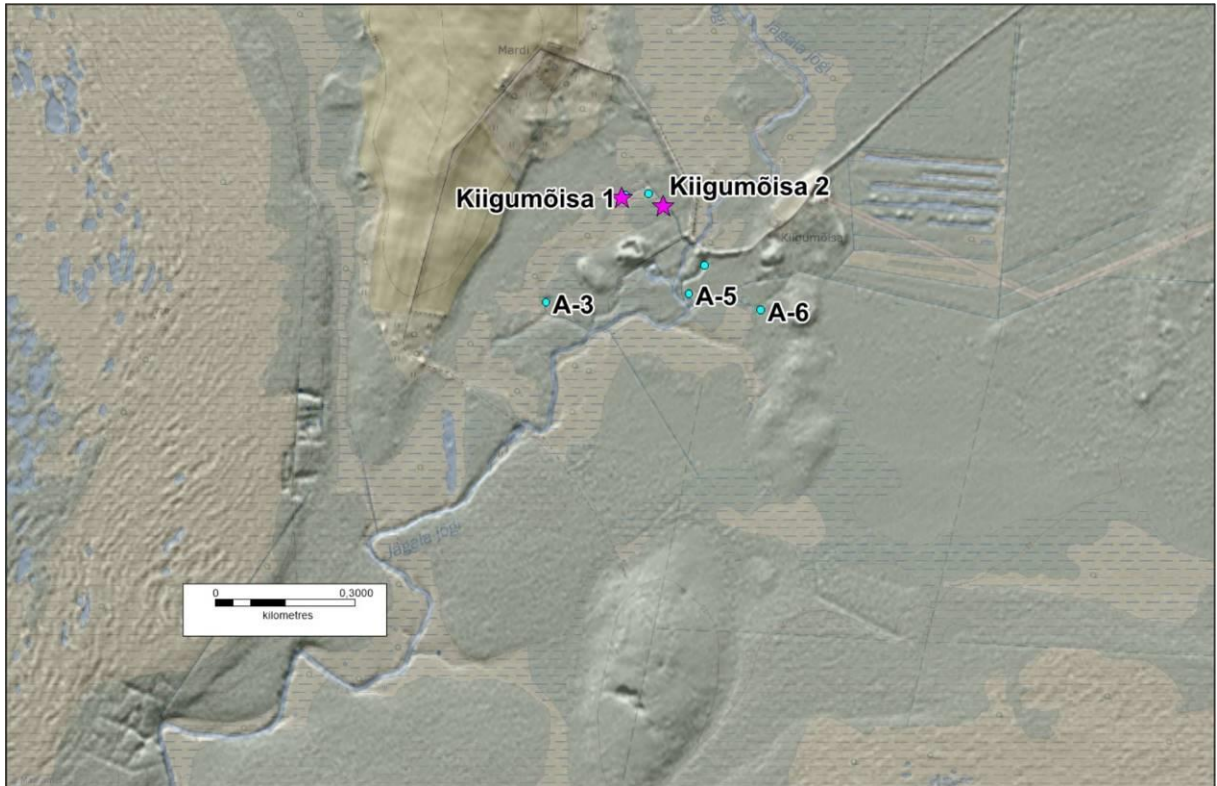
Läbilõigete ajaskaala sügavusskaalaks ümberarvutamiseks on vaja teada elektromagnetlainete levikiirust, mida omakorda kontrollib keskkonna suhteline dielektriline läbitavus ( $\epsilon_r$ ). Võimalusel kasutati  $\epsilon_r$  määramiseks pinnases esinevatelt punktobjektidelt saabuvasid hüperboolseid peegeldusi. Nende puudumisel kasutati liiva-kruusa puhul põhjavee tasemest ülalpool  $\epsilon_r$  väärtust 6 ja veeküllastunud keskkonnas  $\epsilon_r = 25$ , turba puhul  $\epsilon_r = 70$ . Peeneteralistes setetes, moreenis ja aluspõhja kivimites, kus põhjavee taset ei ole näha, või ka detailsemalt liigendamata koondläbilõigetel kasutati  $\epsilon_r = 12 - 16$ .

Veetasemete seireks rajati seirepunktid ning varustati need automaatsete rõhuanduritega (Schlumberg Mini-diver). Seirepunktide täpsed asukohad ning kirjeldus on esitatud Lisa 1.

Veekeemia uuringuteks valiti neljalt proovialalt valiti välja ka kolm lävendit, kust võetakse kokku 4 veeproovi (igal aastaajal). Proovidest määratakse kohapeal temperatuur, leelisus ja pH; laboris mõõdetakse veel täiendavalt ionkromatograafia mõningate vees olevate ionide kontsentratsioone. Veekeemia uuringuteks kasutatud metoodika on täpsemalt lahti kirjutatud peatükis: „Veekeemia metoodika“.

## Tulemused

Kiigumõisa allikate piirkond on tüüpilised Pandivere infiltratsiooniala nõlval asuv põhjavee väljavooluala, kus mööda aluspõhja lubjakivi lõhesid pidi liikuv põhjavesi jõuab enamasti tõusallikatena maapinnale. Geomorfoloogiliselt on tegu Türi voorestiku põhjaosa läbiva Jägala jõe ülemjooksu oruga, mis on antud lõigus looduslikus seisundis (Joonis 1).

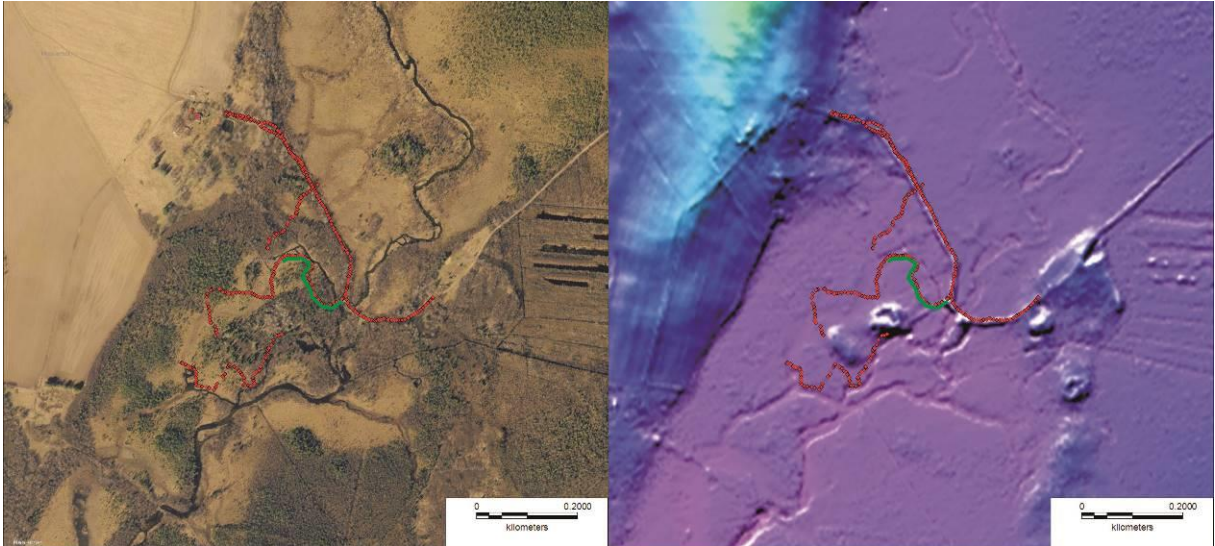


Joonis 1. Kiigumõisa uuringuala. Helesinisega on tähistatud põhilised allikate grupid, lillaga veetaseme seirepunktid. Taustaks varjutatud reljeef ning põhikaart (1:10 000).

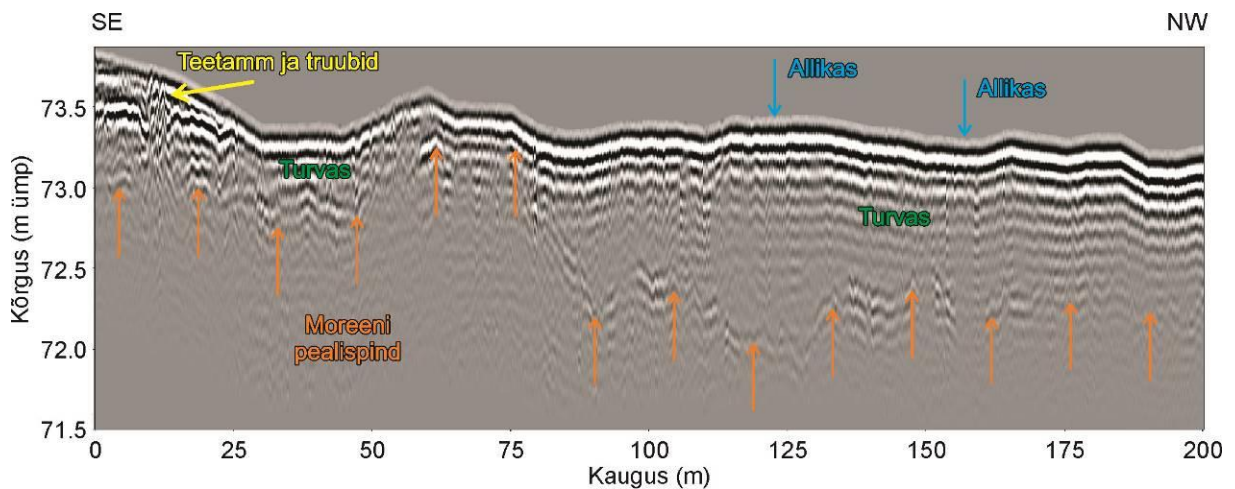
Pinnakate on siin küllaltki õhuke, madalamatel aladel on pindmiseks kihiks hästilagunenud turvas paksusega kuni 1m, selle all on rähkne saviliivmoreen. Jägala jõe põhjas paljandub kohati juba aluspõhi ning seega ei ole pinnakatte paksus ilmselt suurem paarist meetrist. Allikalubjalasundeid ei õnnestunud puurimistel allikagrupid A1-A3 vahelisel alal leida, selle vähene settimine allikalehtrites on küll nähtav, kuid ulatuslikumaid lasundeid ei ole moodustunud. A-3 allikates on kohati üsna märkimisväärne rauaühendite välja settimine.

Kiigumõisa allikate läheduses kaeti georadari profiilidega soostunud ja mineraalpinnasega alasid profiilide kogupikkusega üle 2 km (Joonis 2). Alal esineb lainetava pealispinnaga moreen, mida katab suhteliselt õhuke turbakiht. Turbakihi paksus profiilidel oli allikate läheduses valdavalt vahemikus 0,5 – 1,2 m (Joonis 3), ala edelaosas ulatus turba paksus 2 meetrini. Ümbritsevast alast kõrgemale ulatuvatel moreenküngastel turbakiht puudus või oli liiga õhuke, et georadari profiilidel tuvastada. Karbonaatsetele aluspõhjaktivimitele iseloomulikke reflektoreid ei tuvastatud. Allikakohtades oli turba paksus uuritud ala keskmise lähedane ning ka alusreljeefi pooldest ei eristunud allikad ümbritsevast alast.

Kiigumõisa ala georadari profiilidele on iseloomulik signaali suhteliselt kiire sumbumine, mille tulemusena on turba-alune reljeef kohati raskesti jälgitav ning sügavamal asuvas mineraalpinnases puuduvad peegeldused (näiteks moreenis leiduvatelt kividelt). Selline signaali suhteliselt kiire sumbumine on iseloomulik põhjavee-toitelisele soole (eristub sademevee-toitelistest soodest).

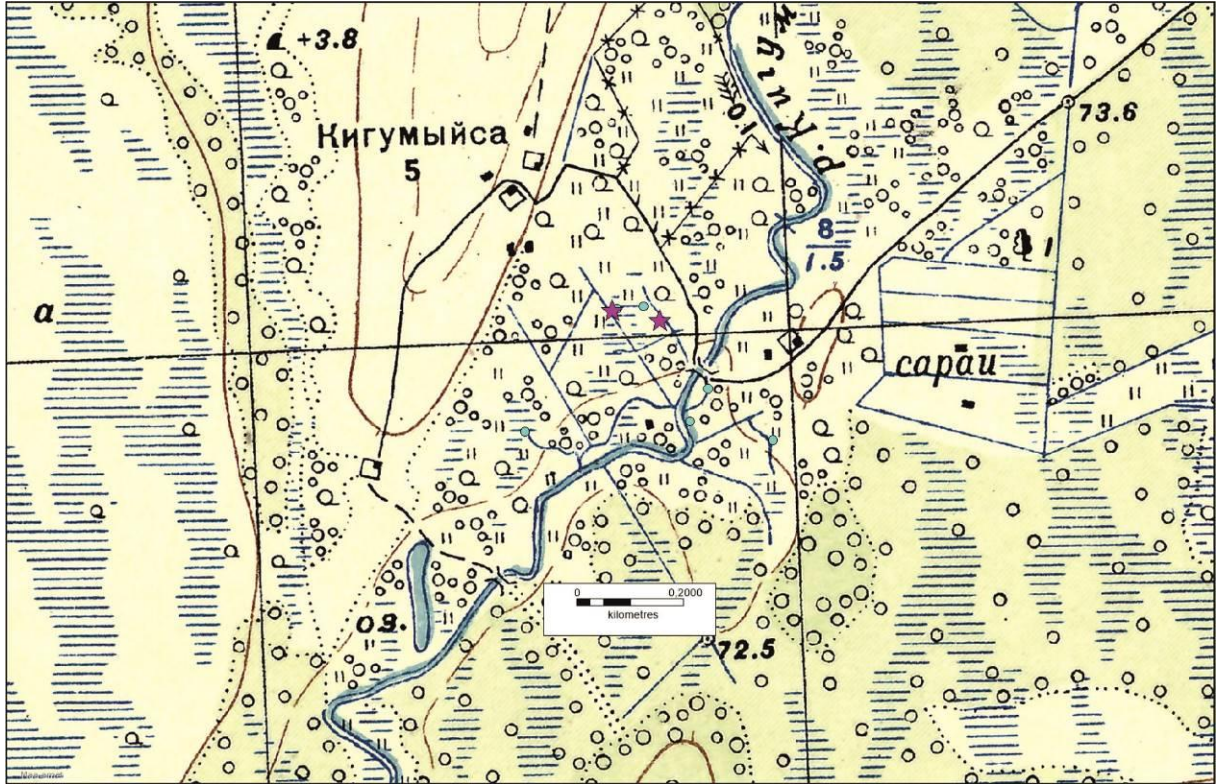


Joonis 2. Kiigumõisa allikate läheduses tehtud georadari profiilide asukoht (punased rombid). Roheline joon markerib Joonisel GPR2 toodud läbilõike asukohta. Taustaks on Maa-ameti ortofoto ja varjutatud reljeef.



Joonis 3. Kiigumõisa allikate ümbruse georadari läbilõike tõlgendustega. Sügavusskaala arvutamiseks kasutati  $\epsilon_r=70$ .

Ajalooliselt on Kiigumõisas tegu olnud talumaadega, kus allikate ümbrust kasutati heina- ja/või karjamaadena. Nende maade kuivendamiseks oli juba enne II MS rajatud labidakraavide võrgustik, mis on osaliselt säilinud tänapäevani. Tolleaegset situatsiooni iseloomustab hästi 1948. a kaart (Joonis 4).



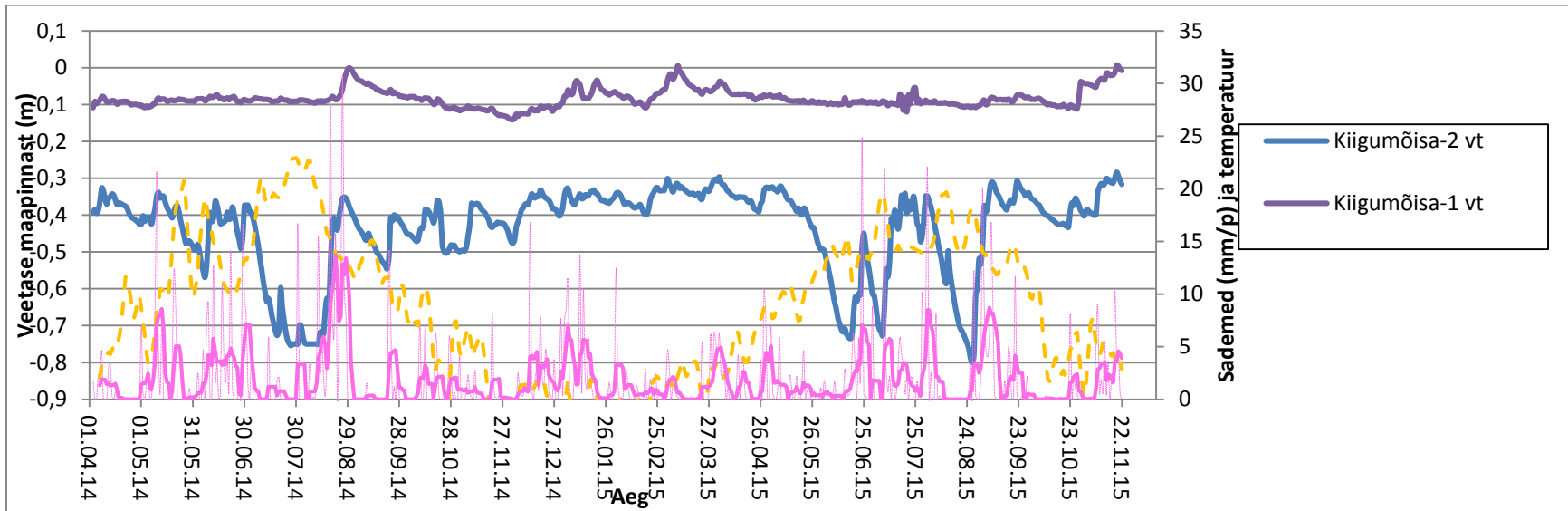
Joonis 4. Kiigumõisa allikate ümbrus 1948. a 1:25 000 kaardil.

Võimalik, et allikate väljavoole on ka hilisemal ajal süvendatud. Niitmise lakkamisel on vanad heina- ja karjamaad osaliselt võsastunud. Ilmselt on siin ka oma osa ka siiani mingil määral töötaval kuivendussüsteemil, sest pikemaajalisem ja kõrgem veeseis pärssiks puude ja põõsaste kasvu.

### Seiresüsteem

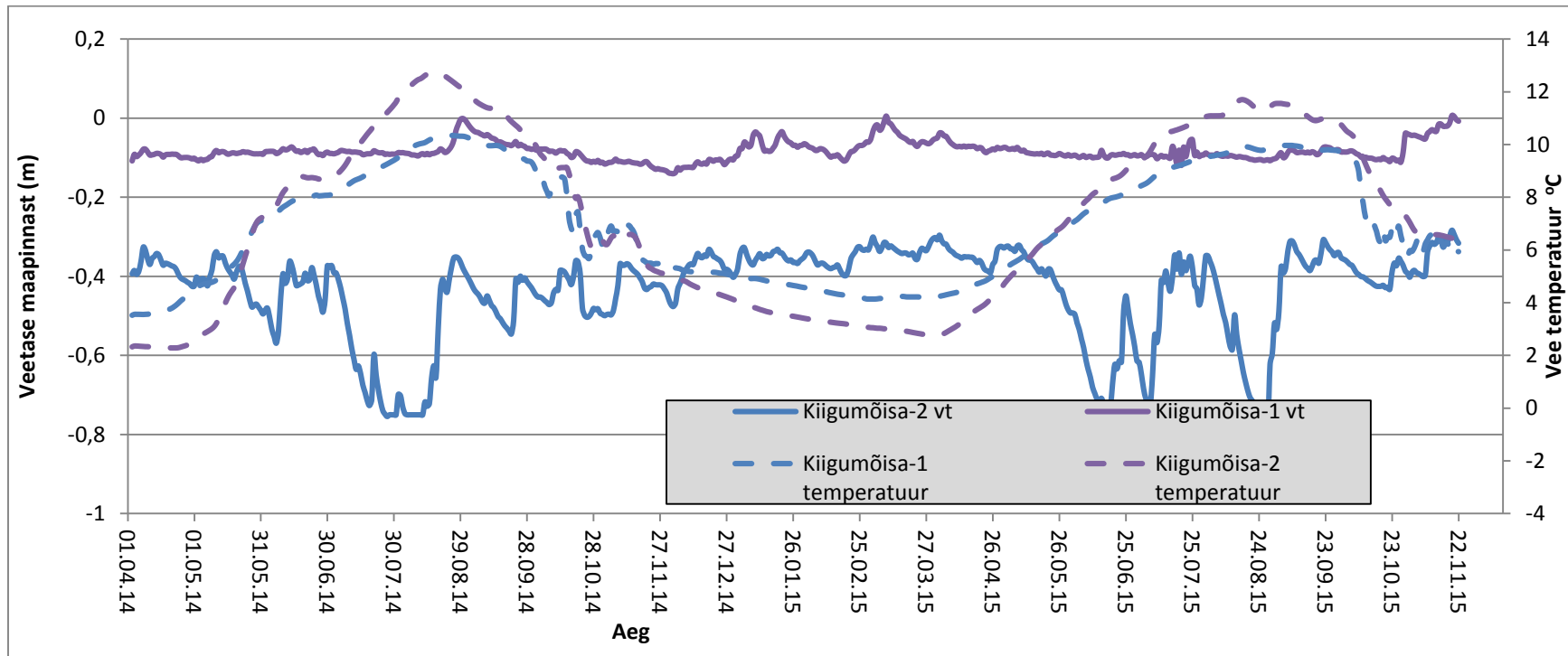
Kiigumõisa alale paigutati kaks automaatset piesomeetrit, mis paiknevad kanalisatsioonitorudest valmistatud filterkaevudes maapinnast 0,85 m sügavusel. Kiigumõisa-1 asub vahetult allikalehtri servas ning Kiigumõisa-2 allikate väljavooluks süvendatud kraavist 12 m kaugusel võsastunud allikasoos.

Piesomeetrite mõõtesamm on 3h, õhurõhu lahutamiseks kasutatakse Türi ilmajaama andmeid. Päevakeskmistatud seiretulemused perioodi 03.04.14 – 22.11.2015 kohta on esitatud Joonisel 5.



Joonis 5a. Veetasemete ja -temperatuuride kõikumised Kiigumõisa seirekaevudes perioodil 03.04.14 – 22.11.15.





Joonis 5b. Kiigumõisas mõõdetud veetasemed ning Türi ilmajaamas samal perioodil mõõdetud sademete ning õhutemperatuuride aegread (silutud 5 päevase aknaga).

Veetasemete graafikutel on ootuspäraselt Kiigumõisa-1 joon praktiliselt tasane, sest see mõõdupunkt on otse allikalehtri ääres ning sealset taset kontrollib ennekõike väljavooluks oleva kraavi kõrgus. Vaid tugevate vihmasadude ja lumesulamise korral (graafikul septembri algus, märtsi keskosa) suureneb ilmselt lehrisse sissevool ning veetase allikalehtris pisut tõuseb. Huvitav on veetaseme tõusu mõningane hiline mine, mis võib viidata vee viibeajale valgla. Madalaim veetase oli novembris 2014, sellele aitas kaasa suhteliselt sademetevaene aga soe sügis 2014. aastal. Veetasemete kõikumisamplituud selles seirepunktis seireperioodi jooksul on väga väike – 0,15 m. Üldiselt on sisse- ja väljavool tasakaalus, veejuhtimiseks kaevatud (süvendatud?) kraav piisavalt lahti ning eesvooluks olev Jägala jõgi piisavalt madalal, et seireperioodi jooksul tõusis veetase üle maapinna 09.03.2015 ja 19.-20.11.2015. Veetaseme graafikult on näha ka 2015. aasta 28. oktoobril allika väljavoolukraavi paigaldatud vineerist voolutõkke mõju. Voolutõkke paigaldati ka allikasse lääne poolt sisse voolanud kraavi, mis läbi registreerib Kiigumõisa 1 alates 28.10.2015 täpsemalt selle allika (allikate grupp 2 läänepoolsem allikas) veetaseme muutusi. Ühe ööpäevaga tõusis veetase 5 cm, kusjuures sademeid ei olnud.

Teine seirepunkt on kraavist 15 m kaugusel võsastunud allikasoo ja sealne veetase kõigub tunduvalt rohkem, amplituudiga 0,5 m. Kõige madalam on veetase sademetevaesel kasvuperioodil, kus andur jäi kokku 9 päevaks „kuivale“, sest veetase langes kaevu põhjast (-0,75 m maapinnast) madalamale. Ka kõige veerohkemal ajal kevadel on veetase -0,3 m maapinnast allpool, seda kontrollivad allikate süvendatud väljavoolud ning kõrguste erinevus Jägala jõega. Inimese poolt ilmselt süvendatud väljavoolud on viinud veetaseme niivõrd alla, et varasemalt tõenäoliselt lage allikasoo on metsastunud.

Allikast väljuv, ühtlaselt külm (7-9 °C) põhjavesi hoiab veetemperatuurid allikalehtris (seirepunkt 1) ühtlasemana võrreldes pinnase temperatuuriga lehrtest eemal (seirepunkt 2).

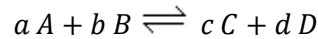
## Veekeemia

### Keemiliste reaktsioonide tasakaal ning küllastusindeks

Valdav osa reaktsioone maapinnal toimuvad tavaliselt vee juuresolekul. Vesi loob lahuselise keskkonna, kus ioonid ja molekulid saavad üksteist vastastikku mõjutada. Kui ioonid või molekulid saavad kokku, võivad nende vahel tekkida sidemed, mille tõttu saame öelda, et on toimunud keemiline reaktsioon ning tekkinud on saadused. Sellised keemilised reaktsioonid on kirja pandud valemitega, mis väljendavad reagentide ja saaduste masside ning laengute tasakaalu. Selliseid reaktsioonivalemeid kasutatakse, et mõista keemiliste reaktsioonide olemust (Faure, 1998).

Keemiliste reaktsioonide vastastikku toimumist ehk elementide lahustumist ning settimist iseloomustab massitoimeseadus. Massitoimeseadus väidab, et keemilised reaktsioonid jõuavad tasakaalu, kui ühtepidi toimuva reaktsiooni kiirus on võrdne sellele vastupidise reaktsiooni kiirusega (valem 1). Teades keemilises reaktsioonis reageerivate ainete ning nendest tekkivate saaduste molaarseid koefitsiente ja kontsentratsioone, saame massitoimeseaduse järgi leida selle tasakaalukonstandi K (valem 2). Tasakaalukonstant kehtib vaid juhul, kui reaktsioonis osalevate reageerivate elementide ning saaduste kontsentratsioonid ei muutu (Faure, 1998).

Keemilise reaktsiooni võrrandist avaldatuna näeb massitoime seadus välja järgmiselt:



valem (1)

$$\frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} = K$$

valem (2)

Väikeste tähtedega (a, b, c, d) on tähistatud reaktsioonis osalevate ionide molaarseid koefitsiente, mis on saadud reaktsiooni tasakaalu viies. Tähtedega C ja D on tähistatud reaktsiooni saadused ning A ja B tähistavad lähteaineid. Tähed nurksulgudes on lähteainete ja saaduste kontsentratsioonid.

Üheks näiteks keemilises tasakaalus oleva vedeliku ja tahkise kohta on kivimi ning põhjavee vaheline reaktsioon. Hindamiseks mineraalide küllastust looduslikes vetes, kasutatakse mõistet küllastusindeks SI (Langmuir, 1997). Teades fluidi sees olevate keemiliste elementide jagunemist, saab arvutada, milliste mineraalide suhtes on see alaküllastunud või üleküllastunud. Leides otsitava mineraali ionaktiivsusprodukti Q ning teades selle mineraali tasakaalukonstanti, saame arvutada mineraali küllastusindeksi SI selles fluidis, kasutades järgmist valemit:

$$SI = \log Q/K$$

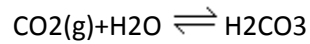
valem (3)

Lahus on tasakaalus, kui mineraali ionaktiivsusprodukt Q on võrdne selle tasakaalukonstandiga ning küllastusindeks on null. Kui mineraali küllastusindeks tuleb negatiivne, on fluid selle mineraali suhtes alaküllastunud. Positiivse tulemuse korral on fluid mineraali suhtes üleküllastunud. Kui küllastusindeks on positiivne, siis lahus on metastabiilses olekus ning üleküllastunud olekus mineraal võib settida välja. Väljasettimine võib olla aga takistatud teiste elementide takistava mõju tõttu, vajalike nukleatsioonitsentrite puudumise tõttu või muude protsesside tagajärjel (Bethke, 2008).

### **Karbonaadi-vee geokeemiline süsteem**

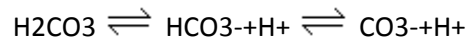
Karbonaatseid kivimeid ((lubjakivid ja dolomiidid) moodustavad põhiliselt Ca- ja Mg-karbonaadid, mis reageerivad kergesti põhjaveega ning muudavad selle „karedaks“. Lisaks lubja- ja dolokivimitele leidub karbonaatseid mineraale ka aktsessorsete mineraalidena või liivaterade vahelise tsemendina liivakivides ning purustatud kujul ka purdsetes (Appelo ja Postma, 1999). Rusikareegel ütleb, et kui karbonaatseid mineraale on pinnases rohkem kui 1%, hakkavad need mõjutama pinnase ja põhjavee keemiat (Langmuir, 1997).

Nende lahustumisel mängib olulist rolli karbenaathape ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), mis on kõige suuremas koguses esinev hape looduslikes vetes. Karbenaathape tekib süsihappegaasi reageerimisel veega (valem 4) (Langmuir, 1997).



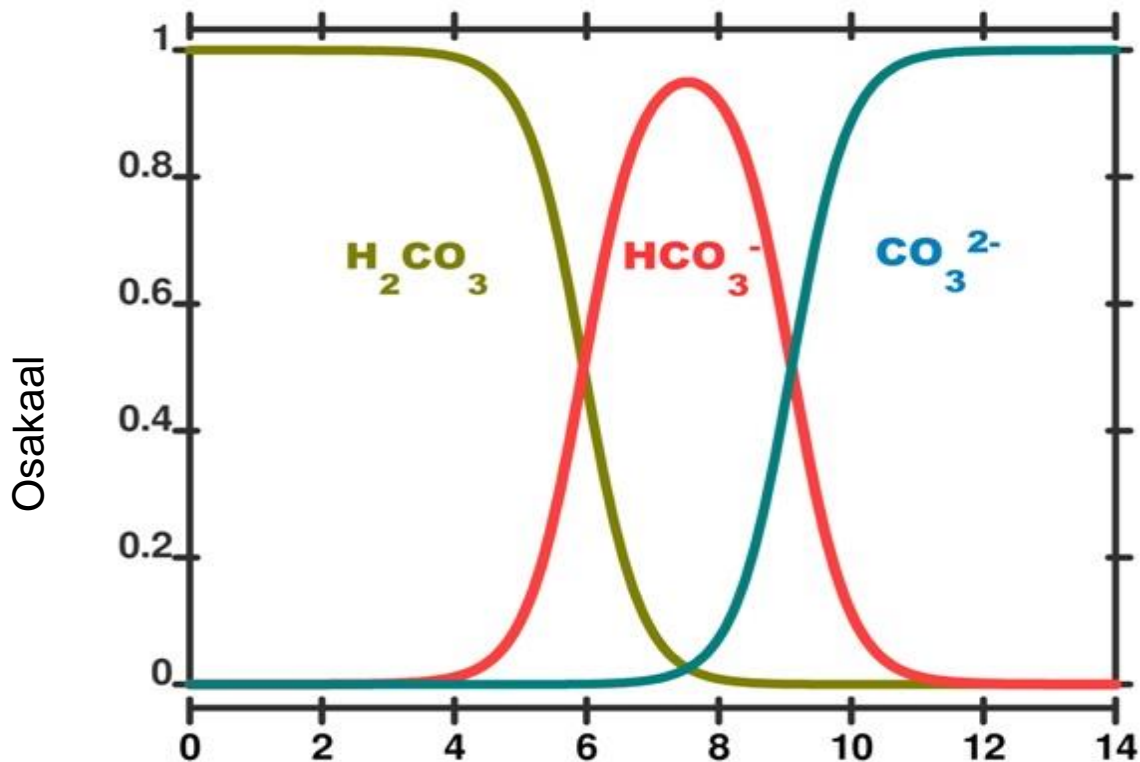
valem (4)

Karbenaathape on nõrk hape ja dissotseerub kergesti. Karbenaathape dissotsiatsioon on kaheastmeline, kus esimeses järgus on produktiks bikarbenaatioon, ning teises järgus karbenaatioon (valem 5) (Krauskopf, 1967).



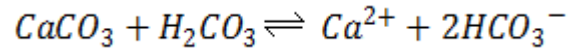
valem (5)

Sõltuvalt vee pH-st võib karbenaathape dissotsiatsiooni produktid esineda looduslikes pinnase- ning põhjavetes peamiselt kolmes erinevas vormis. Vahemikus  $\text{pH}=6,35$  ja  $\text{pH}=10,33$  domineerib vees vesinikkarbenaatioon ( $\text{HCO}_3^-$ ). Vee pH langemisel madalamale väärtusest 6,35 hakkavad veed küllastuma karbenaathapest. Kui vee  $\text{pH}>10,33$ , muutub dominantseks karbenaatioon ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) (Joonis 6). Kaltsiumi- ning vesinikkarbenaatioonirikkad veed, mis on vajalikud allikalubja tekkimiseks, tekivad karbenaatkivimite lahustumisel karbenaathaptega (Langmuir, 1997).



Joonis 6. Karbenaathape esinemise vorm looduslikes vetes sõltuvuses vee pH-st, temperatuuril 25° C.

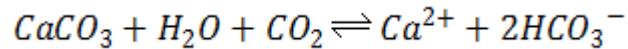
Kui kaltsiumkarbonaat lahustub karbonaathappes, saab seda iseloomustada järgneva reaktsioonivõrrandi abil (valem 6).



valem (6)

Kaltsiumkarbonaadi ja karbonaathappe vaheline reaktsioon (valem 6) on väga oluline mõistmaks karbonaatide käitumist looduslikes tingimustes. Ettepoole reaktsioon näitab, kuidas käituvad karbonaadid, kui need karbonaathappe tõttu keemiliselt murenevad. Tagurpidi reaktsioon väljendab aga olukorda, kuidas CaCO<sub>3</sub> lahusest välja settib. Reaktsioonivõrrandist väljendub ka pH mõju karbonaadi lahustumisele lahuses. Madalate pH väärtuste juures, kui enamus lahuses lahustunud karbonaadist on karbonaathappe (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) vormis, on eelistatud ettepoole reaktsioon. Lahuse pH kasvades kaldub reaktsioon karbonaadi settimise suunas, sest lahuses hakkavad domineerima aluselised OH- ning nõrgalt happelised HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ioonid.

Eelnev võrrand näitab ka, et reaktsiooni tasakaalu nihkumist produktide või saaduste poole ning karbonaadi lahustuvust mõjutab süsihappegaasi (CO<sub>2</sub>) osarõhk. Süsihappegaasi osarõhust lahuses sõltub lahustunud karbonaathappe (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) kontsentratsioon (valem 7).



valem (7)

Igasugune protsess, mis tõstab lahusele kättesaadavat CO<sub>2</sub> kogust, suurendab CaCO<sub>3</sub> lahustuvust. Igasugune CO<sub>2</sub> vähenemine põhjustab karbonaadi väljasettimist lahusest. Tähtsaimad looduslikud protsessid, mis mõjutavad CaCO<sub>3</sub> lahustuvust ning reaktsiooni tasakaalu karbonaadi ja selle saaduste vahel, on näiteks temperatuuri muutused, rõhumuutused, orgaaniline aktiivsus ning orgaanika lagunemine (Krauskopf, 1967).

Süsihappegaasi kokkupuutel põhjaveega tekib karbonaathapet sisaldav lahusti, mis karbonaatkivimitega kokkupuutel neid keemiliselt lahustab. Põhjavette lahustunud kaltsium ja vesinikkarbonaatioonid liiguvad veekompleksis edasi, kuni keskkonnatingimuste muutumisel toimub vastupidine reaktsioon ning karbonaatne aine settib välja allikalubjana (CaCO<sub>3</sub>) (Pentecost, 2005).

### **Allikalubja olemus ja selle tekkimine**

Allikalubi on kontinentaalsetes oludes keemiliselt settinud kaltsiumkarbonaat (CaCO<sub>3</sub>), mis settib allikate, jõgede ja ojade ümbruses, vahetevahel ka järvedes. Allikalubjal on madal kuni keskmine poorsus. Enamus allikalubjast tekib kaltsium- ja vesinikkarbonaatiooniga küllastunud põhjavee süsihappegaasi sisalduse muutumisel (Pentecost, 2005).

Süsihappegaasi sisalduse muutus ja seeläbi kaltsiumkarbonaadi settimine või lahustumine vees(t) on eelkõige tingitud vee temperatuurist. Karbonaatide lahustuvus on otseselt seotud süsihappegaasi lahustuvuse muutumistega vees. Süsihappegaasi nagu iga teise gaasi lahustuvus on külmas vees palju kõrgem kui kuumas. Sellest tulenevalt väheneb temperatuuri tõusul ka kaltsiumkarbonaadi lahustuvus ja ta settib settena välja..

Süsihappegaasi osarõhku vees võib mõjutada ka taimede fotosüntees, sest taimed (sh lubivetikad) kasutavad oma elutegevuse käigus vees olevat süsihappegaasi. Vastupidiselt fotosünteesile suurendab orgaanilise aine lagunemine  $\text{CaCO}_3$  lahustuvust vees. Aeroobsetes tingimustes eraldab orgaanilise aine lagunemine suures hulgas süsihappegaasi veekeskkonda ja see omakorda muudab karbonaadid lahustavamaks (Krauskopf, 1967).  $\text{CO}_2$  osarõhk vees on kõige väiksem päikesepaistelisel ajal, mil taimede fotosüntees on kõige intensiivsem – seega settib allikalupja kõige rohkem palaval suvepäeval päikese käes. Lahustunud süsihappegaasi kogus on suurem külmemas vees öösiti, kui fotosüntees on päikesevalguse puudumise tõttu pidurdunud, kuid orgaanilise aine lagunemine ning rakuhingamine toimuvad (Langmuir, 1997).

Kaltsiumkarbonaadi settimine on mõjutatud ka üleüldisest rõhust. Rõhu suurenemine tõstab kergelt  $\text{CaCO}_3$  lahustuvust vees. Pinnaselähedastes keskkondades mõjutab rõhk karbonaadi lahustuvust siiski läbi lahustunud süsihappegaasi sisalduse vees. Antud juhul on süsihappegaasi sisaldus vees sõltuvuses ümbritseva atmosfääri gaasi rõhust. Teoreetiliselt peaksid isegi väiksemad päevased rõhukõikumised avaldama mõju karbonaadi lahustuvusele kuid teadaolevalt praktiliselt seda täheldatud ei ole (Krauskopf, 1967).

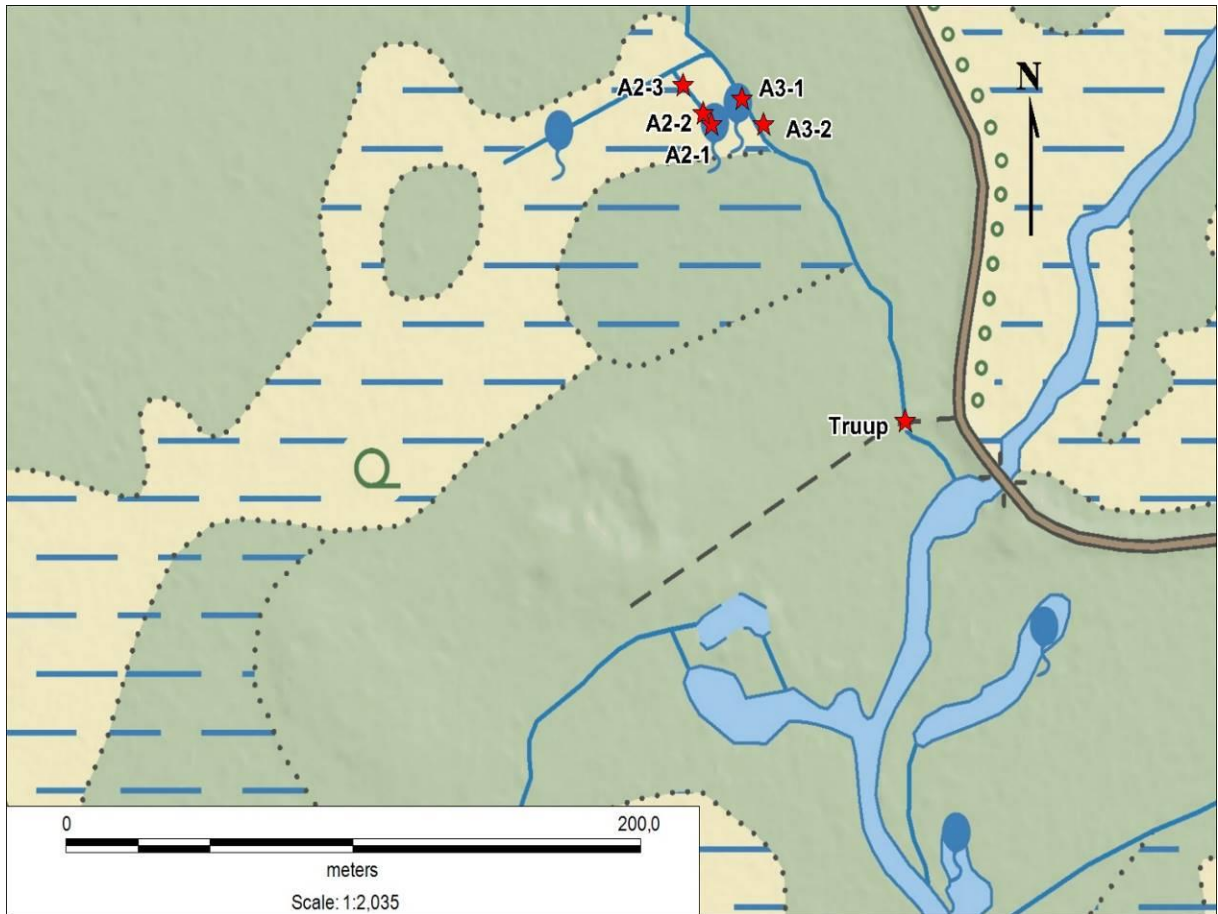
Allikalupja võib tekkekohtade temperatuuride ning vees lahustunud  $\text{CO}_2$  päritolu alusel jagada termaalse ja atmosfäärse tekkega lubjaks. Termaalselt tekkinud allikalubja puhul pärineb karbonaatkivimeid lahustav süsihappegaas termaalsetest protsessidest, mis toimuvad maakoos või isegi sellest sügavamal. Termaalselt moodustunud süsihappegaas lahustub kõrgtemperatuurilises ning kõrge rõhu all olevas põhjavees. Tekkinud põhjavesi on suuteline lahustama suuri koguseid karbonaatkivimeid. Termaalset allikalupja võib kuumaveeallikate läheduses settida välja suures koguses, kus nad moodustavad suuri kuhjeid, terrasse jms omapäraseid pinnavorme. Üks kuulsaimaid termaalse tekkega allikalubja leiukohti on Mammoth Hot Springs Ameerika Ühendriikides, Yellowstone'i rahvusparkis.

Teisel juhul settib allikalubi külmast põhjaveest. Tinglikult nimetame seda atmosfäärse tekkega allikalubjaks, sest karbonaatide lahustuvust põhiliselt kontrolliva süsihappegaasi päritolu on seotud maapealse taimestiku ja selle lagunemisega, ning mullaõhuga (Pentecost, 2005).

Eesti puhul saame rääkida vaid atmosfäärse tekkega allikalubjast.

### **Kiigumõisa seirepiirkond**

Kiigumõisa allikate puhul on tegemist tüüpiliste Pandivere infiltratsioonialal asuvate põhjavee väljavoolualadega. Põhjavesi liigub seal mööda aluspõhja lubjakivi lõhesid ning jõuab tõusuallikatena maapinnale (vt ka aruande I osa). Kiigumõisa seirealal olevad punktid on jaotatud kahe erineva lähestikku asuva allika (A2 ja A3) vahel: A2-1 („keemise“ kohal), A2-2 (allikalehtri serv), A2-3 (ca 5 m kaugusel lehtri servast), A3-1 („keemise“ kohal) ja A3-2 (ca 5 m kaugusel „keemisest“). Seirepunkt Truup asub Jägala jõkke välja voolava kuivenduskraavi truubi kohal (Joonis 7).



Joonis 7. Kiigumõisa uuringualal olevad veekeemia seirepunktid. Samadest punktidest on võetud ka aprillis setteproov. Taustaks maa-ameti WMS-teenuse põhikaart.

### Veekeemia meetodika

Seirepunktides on kohapealsete mõõtmistega määratud punktides oleva vee pH ning elektijuhtivus, kasutades portatiivseid pH- ning elektrijuhtivusmeetrit METTLER TOLEDO SevenGo pro™. Sama aparatuuri kasutamisega on määratud ka vee temperatuur. Samuti on kohapeal läbi viidud veeproovide tiitrimine vee HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ionkontsentratsiooni määramiseks, kasutades vältiitrimiskomplekti Hach Digital Titrator (Model 16900).

Tiitrimisel on kasutatatud digitaalset büretti, mis väikeste annustena lisab hapet vette. Leelisuse määramiseks on kasutatud vävelhapet kontsentratsiooniga 1,6 eq/l ning indikaatorina rohelist-metüülpunast – indikaatorit. Tiitritud on metüülpunase pöördepunktini, pH väärtusega 4,5. Antud pH väärtuse juures muutub indikaatoriga algselt roheliseks värvunud vesi heleroosaks. Saadud tulemus korrutatakse läbi firma Hatch poolt välja arvatud kordajaga, mis sõltub põhjavee CaCO<sub>3</sub> sisalduse vahemikust. Veeproovidest HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ionkontsentratsiooni määramine tuleb teostada kohe peale proovivõttu, sest vee temperatuuri tõustes väheneb CO<sub>2</sub> lahustuvus vees ning sellega kaasneb ka HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ionkontsentratsiooni muutumine.

Laboratoorseteks mõõtmisteks on seirepunktides võetud veeproovid 0,5 l suurustesse plastikpudelitesse, mida on eelnevalt deioniseeritud veega pestud. Pudelid veeproovidega täideti kuni servani kohapeal ja suleti õhukindlalt. Laboris on veeproovidele tehtud kontrolltiitrimine, kasutades automaatset titratsiooniseadeldist Titroline 6000. Lisaks on laboris mõõdetud veeproovide anioonide ning kationide sisaldused, kasutades ionkromatograafi Dionex ICS-1000. Kationide mõõtmiseks on veeproovile tehtud 10-kordne lahjendus destilleeritud veega.

Saadud mõõtetulemusi on kasutatud kaltsiidi küllastusindeksi modelleerimiseks. Modelleerimisel on kasutatud vabavaralist tarkvara PHREEQc versiooni 3.1.5 (USGS, 2014). Proovide mõõtmiste käigus saadud vee pH, temperatuuri, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> sisalduse ning anioonide ja kationide kontsentratsioonide modelleerimise käigus on saadud CaCO<sub>3</sub> küllastusindeksid.

Igast seirepunktist on aprillis 2015 võetud ka setteproov, et analüüsida settes oleva CaCO<sub>3</sub> sisaldust. Setteproovid on seirepunktides kohapeal homogeniseeritud ning pandud proovitopsidesse. Karbonaadi sisalduse määramiseks on mõõdetud kogus igast setteproovist asetatud portselankausikestesse ning erinevate temperatuuride juures ahjus kuumutatud. Esimese etapina on proove 105 °C juures kuivatatud. Järgmiseks on proove 550 °C juures kuumutatud, et vabaneda settes olevast orgaanilisest ainest. Viimase etapina on temperatuur tõstetud 950 °C juurde, mille juures settes olev CaCO<sub>3</sub> laguneb ja eraldub süsihappegaas ning alles jääb CaO. Peale iga kuumutamisetappi on proovid koos portselankaussidega kaalutud. Kuumutuskadu on saadud 550°C ja 950°C juures kuumutatud setteproovide masside vahest. Saadud vahe näitab vaid proovist lendunud süsihappegaasi sisaldust. CaCO<sub>3</sub> protsendilise sisalduse saamiseks on kuumutuskadu läbi jagatud sette kuivkaaluga ning korrutatud teguriga 2,274, mis on saadud, jagades CaCO<sub>3</sub> molaarmassi CO<sub>2</sub> omaga (Heiri et al. 2001).

### **Veekeemia tulemused ja analüüs**

Kaltsiumkarbonaadi küllastusindeksi tulemused seirepiirkondades aastaegade lõikes (august-suvi, november-sügis, veebruar-talv, aprill-kevad) on toodud Joonisel 8. Vertikaalteljel on karbonaadi küllastusindeks (SI) ning horisontaalteljel iga seirepunkt eraldi. Erinevate värvidega on tähistatud veeproovide võtmise aeg.

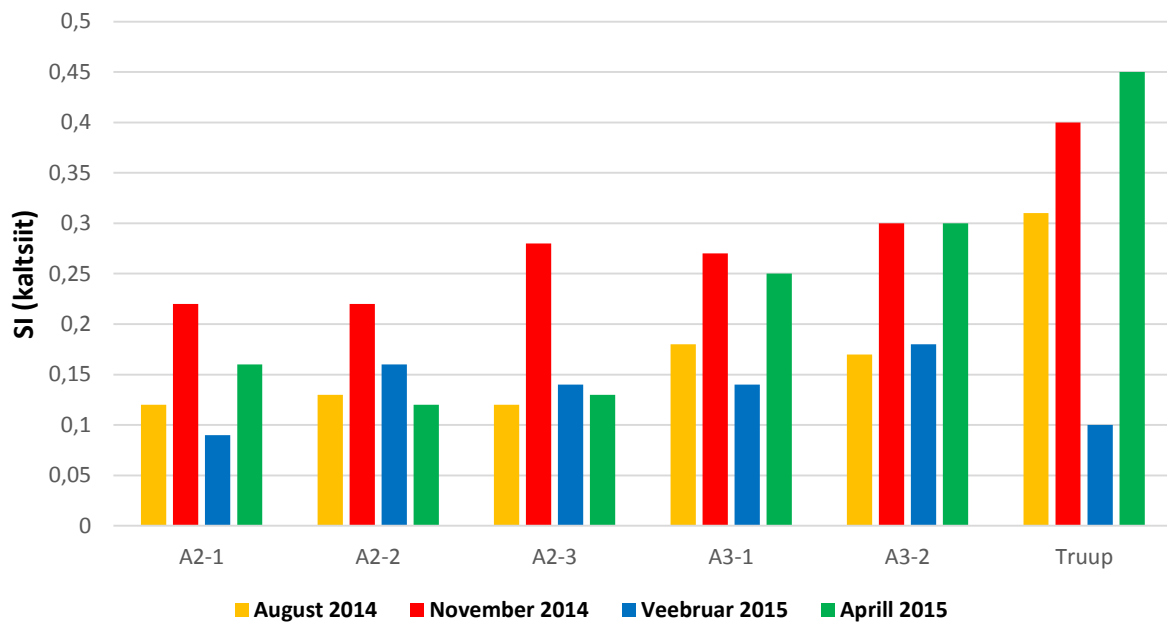
Küllastusindeksi kõige väiksem väärtus kogu seireperioodi jooksul on -0,73 (proov võetud Viidumäel punktist V2-1 augustis) ning kõige suurem 0,58 (proovid võetud samuti Viidumäel punktidest V1-1 novembris ja V1-2 augustis). Kogu seireperioodi jooksul on põhjavesi seirepunktides olnud karbonaadi suhtes alaküllastunud kolmel korral. Selgelt tuleb esile põhjavee alaküllastumus Vormsil olevas Suurallikas (P1 ja P2) veebruaris ning juba mainitud negatiivse anomaalia Viidumäel punktis V2-1 augustis.

Roosna-Allikul (Joonis 8) asuvate Kiigumõisa allikate seirepunktide küllastusindeksi väärtused on teiste seirealade fooni taustal kõige stabiilsemad. Kogu seireperioodi jooksul on seirepunktide põhjavesi kaltsiidi suhtes üleküllastunud. Kõige suurem kaltsiidi küllastusindeksi kõikumine aastaegade jooksul on toimunud seirepunktis Truup. Kõige väiksem modelleeritud põhjavee üleküllastus Kiigumõisas on 0,09 (punktis A2-1, veebruaris) ning suurim 0,45 (punktis Truup, aprillis). Kiigumõisa seirealal seireperioodi jooksul mõõdetud Ca<sup>2+</sup> kontsentratsioonid jäävad vahemikku 75 – 122 mg/l ning HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> puhul 307 – 346 mg/l. Maa seest väljuva põhjavee temperatuur on vahemikus 5,4 – 8,9°C.



Veekeemia andmete põhjal (Lisa 2-5) võib välja tuua ka nitraatiooni ( $\text{NO}_3^-$ ) suurema kontsentratsiooni põhjavees, kui seda on Vormsil (0 – 16,17 mg/l) või Saaremaal (0,01 – 24,39 mg/l). Nitraatiooni kontsentratsioon Kiigumõisas jääb vahemikku 19 – 27 mg/l. Kiigumõisa allikate A2, A3 üsna vähe varieeruvad  $\text{Ca}^{2+}$  ja  $\text{HCO}_3^-$  kontsentratsioonid ning sellest tulenevalt ka küllastusindeksi väike kõikumine viitavad, et üksteisele lähedal asuvate allikate vee toitumisala ning kivimid, mida vesi läbib, on sarnased. Jägala jõkke suubuv alakuivenduskraavil asuval seirepunktil Truup on üldiselt kõrgemad küllastusindeksi väärtused kui teistel Kiigumõisa seirepiirkonna allikatel. Kuna kuivenduskraav on kaevatud rähkse saviliivmoreeni sisse on võimalik, et jõkke voolav vesi jõuab enne seirepunkti jõudmist lahustada ka moreenis olevaid karbonaate ning selle kaudu  $\text{Ca}^{2+}$  ja  $\text{HCO}_3^-$  kontsentratsiooni vees suurendada. Sellele võib kaasa aidata kraavi ümbritseva turbaga kaasnev vee kõrgem happelisus ning orgaanika lagunemisel tekkiv täiendav  $\text{CO}_2$ . Nitraatiooni suuremad väärtused Kiigumõisas on ilmselt seotud põllumajandusega Pandivere kõrgustiku ümber.

### SI Kiigumõisa, august 2014 - aprill 2015

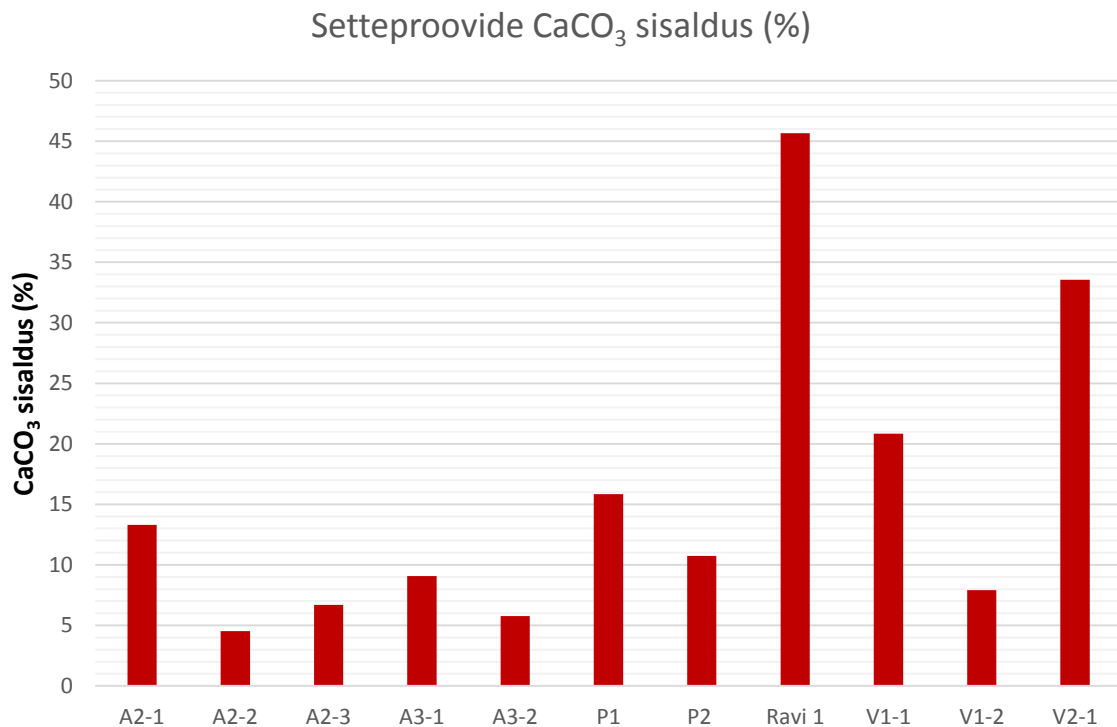


Joonis 8. Allikavee küllastusindeksid erinevatel kuudel Kiigumõisa seirealal Roosna-Allikul. Mõõtepunktide (asukohad Joonisel 7).

Joonisel 9 on kajastatud aprilli välitööde käigus veeproovidele lisaks võetud setteproovides oleva kaltsiumkarbonaadi ( $\text{CaCO}_3$ ) protsentuaalne sisaldus. Kõigis setteproovides oli kaltsiumkarbonaat esindatud. Kiigumõisa seirepunktis Truup setteproovi ei võetud, sest setted koosnesid seal lubjakivi veeristest. Kõige suurem karbonaadi sisaldus (45,65%) on proovis, mis on võetud Vormsi seirepunktist Ravi 1. Kõige väiksem protsentuaalne karbonaadi sisaldus (4,52%) on Kiigumõisa punktist A2-2 võetud proovis. Oluline on märkida, et antud töö raames ei eristatud allikalupja ning lubjakivi setetes. Seega ei saa kindlalt väita, et setetes olev kaltsiumkarbonaadi sisaldus tuleneb vaid allikalubjast, vaid osa sellest on kindlasti purustatud aluspõhjaline lubjakivi või dolomiit. Autoritel ei õnnestunud leida ühtegi meetodit kuidas allikalupja aluspõhjalistest karbonaatidest

eristada peale visuaalse, mikroskoopilise vaatluse ning käsitsi eraldamise. Selline uuringumeetod aga ei mahu käesoleva töö raamidesse..

Siiski võib neis andmetes täheldada karbonaadi sisalduse vähenemise trendi allika maapinnale väljumise kohast kaugenemisel, mis viitab karbonaadi settimisele allikaveest. Trendi jälgivad kõik allikad, välja arvatud allikas 2 Kiigumõisas, kus 5 m kaugusel asuva punkti A2-3 setteproovi karbonaadi sisaldus on suurem kui ca 1 m kaugusel allikalehtri serval positsioneeruva punkti A2-2 oma. Eelnevalt mainitud trend tähendab, et suurem osa kaltsiumkarbonaati settib välja väga väikesel alal vahetult allika maapinnale väljumise läheduses („keemise“ kohas).



Joonis 9. Seirepunktidest aprillis võetud setteproovide kaltsiidi (CaCO<sub>3</sub>) sisaldus protsentides.

Kiigumõisas jääb settes oleva karbonaadi sisaldus vahemikku 4 – 14%. Kõige suurem sisaldus (13,31%) on allika A2 „keemise“ kohalt võetud proovis A2-1. Kõige väiksem karbonaadi sisaldus (4,52%) on allikalehtri servalt võetud proovis A2-2. Jooniselt 9 on näha, et allika 2 lehtris otseselt „keemise“ kohalt võetud põhjasettes on rohkem karbonaati kui seda ca 5 m kaugusel asuvas allika 3 omas

Eraldi lasundina on proovialadel allikalubi olemas ainult Vormis Lubikünka allika juures ja kas seal on tegu vaid paari meetrise läbimõõduga ning alla meetrise suhtelise kõrguse künkaga. Lasundina settimist soodustavad seal järgmised eripärad:

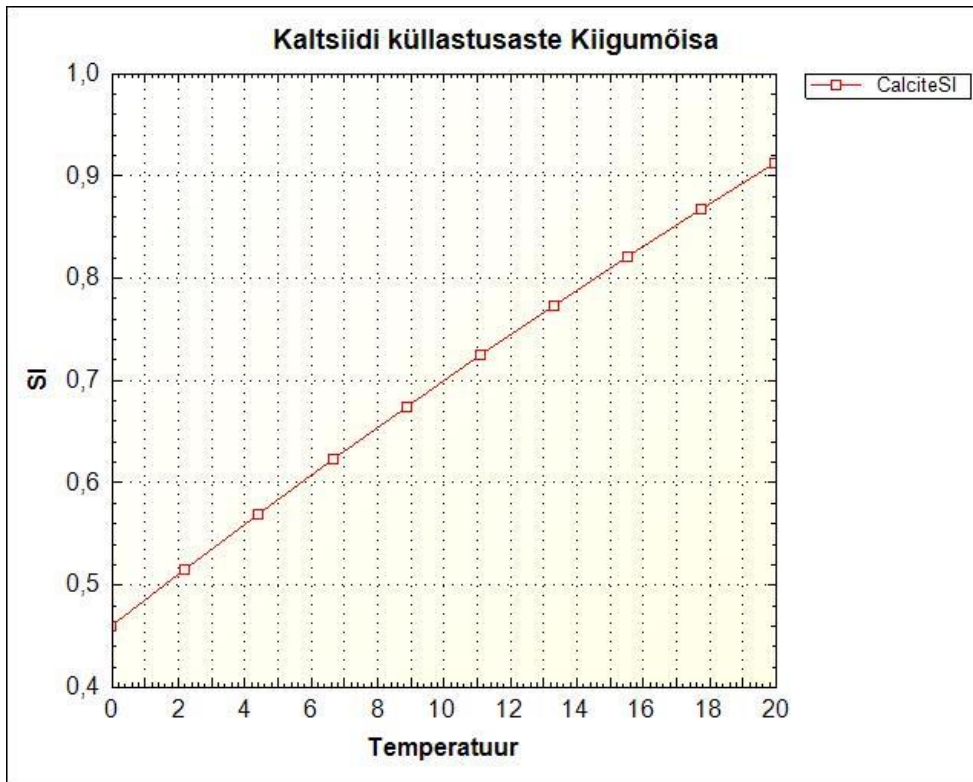
väga väike, kuid suhteliselt ühtlane vooluhulk, mis ei vii sadestuvat lupja teradena kaugemale;

avatud maastik, mistõttu allika on avatud päikesele. Koos väikese voolukiirusega lubab see vee temperatuuril kiiresti tõusta ning seega nihutada karbonaatide tasakaal väljasettimise suunas;

otse allika väljumiskoha juures kasvava taimestik, mis kiirendab veelgi fotosünteesi abil CO<sub>2</sub> eemaldamist veest ning vastavalt karbonaatide tasakaalu nihkumist väljasettimise suunas.

Teoreetiliselt on nende eripärade mõju lahti seletatud veekeemia teoreetilistes peatükkides, kuid nad annavad üsna selged juhised võimalike meetmete jaoks, millega allikalubja väljasettimist saaks proovialadel suurendada. Selleks tuleb ennekõike suurendada vee viibeaega alal sulgedes või vähemalt osaliselt tõkestades praegu sealt vett kiiresti välja viivad kuivenduskraavid. Teiseks tuleks vähemalt osaliselt eemaldada kuivenduse tõttu tihenunud põõsa- ja puurinne, et võimaldada päikese ligipääsu maa- ja veepinnani. See soovitus on siiski siin antud ainult allikalubja settimise vaatepunktist; taimestikuga seotud kaalutlused on omaette teema, mida käesolev aruanne ei puuduta.

Pikem viibeaeg ning päikesevalguse juurdepääs tõstaks veetemperatuuri ning soodustaks allikalubja väljasettimist. Vee temperatuuri ja küllastusastmete (SI) seos on proovialadel esinevas temperatuurivahemikus praktiliselt lineaarne. Näitena on Joonisel 10 näidatud modelleeritud Kiigumõisa kaltsiidi küllastusastme ning vee temperatuuri vaheline seos. Sealt on näha, et kaltsiidi küllastusaste tõuseb ca 0,2 võrra kui vee temperatuur tõuseb 10o võrra. Veetemperatuuri peaks olema võimalik tõsta praeguselt 7-8o ca 20 kraadini, eeldusel vesi liigub ülepinnaliselt õhukese kihina üle päikesele avatud maapinna. Ideaalis võiks veetase ka suveperioodil olla pisut (mõned sentimeetrid) üle maapinna, et tagada allikasoo ühtlane toide ning vee maksimaalne soojenemine. Selline madal vesi ja päikesele avatus oleks sobilik ka rohttaimedele ning vetikatele, mis omakorda kiirendaks lubja väljasettimist. Vetikad oleksid soodsad nukleatsioonitsentrid lubja settimiseks.



Joonis 10. Kaltsiidi küllastusastme sõltuvus temperatuurist „keskmise“ Kiigumõisa allikavee põhjal.

### Veekeemia kokkuvõte

Veekeemia proove võeti kokku kolmel proovialal 12 kohast neljal korral aastas. Põhiliseks eesmärgiks oli kaltsiidi, kui allikalubi põhikomponendi, sisalduse määramine ning võimalust otsimine lubja väljasettimise suurendamiseks. Keemilise modelleerimise abil määrati kaltsiidi küllastusaste (SI), mis näitab antud komponendi ala- või üleküllastust konkreetsete keskkonnatingimuste juures, vastavalt peaks toimuma siis komponendi lahustumine või väljasettimine. Analüüsitulemuste põhjal saab öelda, et kõigi uuringualade puhul on enamuse ajast maapinnale jõudev vesi kergelt kaltsiidi suhtes üleküllastunud olekus, kuid see pole piisav allikalubja laialdasemaks välja seadmiseks.

Allikalubja väljasettimise suurendamiseks saab kasutada järgnevat meetmeid: tõsta veetaset ja pikendada vee viibeaega allikasoodes kraavide sulgemise või osalise tõkestamise abil; avada veega madalalt üleujutatud ala päikesevalgusele pöösa- ja puurinde (osalise) eemaldamise abil; soodustada taimestiku, eriti lubivetikate kasvu madalalt üleujutatud aladel ja voolusängides.

Nimetatud meetmete abil on võimalik suurendada allikalubja väljasettimise hulka ja ala. Aruande tulemusi analüüsides on selge, et kaltsiidi küllastusaste on ajas küllaltki muutlik suurus ning mõjutatud ka teiste potentsiaalselt välja settivate või lahustuvate mineraalide esinemisest. Tervikpildi saamiseks tuleks võtta oluliselt tihedamalt veeproove ning suurendada modelleerimise mahtu, samas ei muudaks ilmselt saadavad tulemused praktiliselt rakendatavaid meetmeid kuivendusest mõjutatud allikasooda seisukorra parandamiseks.

## **Kasutatud kirjandus**

- Appelo, C.A.J., Postma, D. 1999. Geochemistry, groundwater and pollution. Rotterdam, A.A.Balkema publishers, 86-138.
- Bethke, C.M. 2008. Geochemical and biogeochemical reaction modeling. New York, Cambridge University Press, 543 pp.
- Bobbink, R., Beltman, B., Verhoeven, J.T.A., Whigham, D.F. 2006. Wetlands: Functioning, Biodiversity Conservation, and Restoration. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 251-253.
- Faure, G. 1998. Principles and applications of geochemistry. New Jersey, Prentice-Hall, 600 pp.
- Heiri, O., Lotter, A.F., Lemcke, G. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology* 25 (2001), 101–110.
- Kløve, B., Ala-aho, P., Bertrand, G., Boukalova, Z., Ertu, A., Goldscheider, N., Ilmonen, J., Karakaya, N., Kupfersberger, H., Kvoerner, J., Lundberg, A., Mileusnic', M., Moszczynska, A., Muotka, T., Preda, E., Rossi, P., Siergieiev, D., Šimek, J., Wachniew, P., Angheluta, V., Widerlund, A. 2011. Groundwater dependent ecosystems. Part I: Hydroecological status and trends. *Environmental science & policy* 14 (2011), 770-781.
- Krauskopf, Konrad.B. 1967. Introduction to geochemistry. USA, McGraw-Hill book company, 721 pp.
- Langmuir, D. 1997. Aqueous environmental geochemistry. New Jersey, Prentice-Hall, 149-229.
- Paal, J., Leibak, E. 2011. Soode looduskaitseline inverteerimine. Tartu, Eestimaa Looduse Fond, 76-78.
- Pentecost, A. 2005. Travertine. Netherlands, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2-16.
- Raukas, A. Eesti loodus. 1995. Tallinn, Valgus ja Eesti Entsüklopeediakirjastus, 302-311.
- Rõõmusoks, A. 1983. Eesti aluspõhja geoloogia. Tallinn, kirjastus Valgus, 224 lk.
- Truus, L., Ilomets.M. 2012. Saladuslikud lubja-allikasood pakuvad peamurdmist tänini. – *Eesti Loodus*, 2005 (05), 16-20.

Lisa 1. Seiresüsteemi parameetrid

Koht	N	E	Asukoht	Diver ID	Diver sügavus (m)	Geoloogia
Kiigumõisa 1	6546760	594716	Allikalehtrisse viivas soones, vees.	742	-0.74	0.7 turvas, 0.7-0.9 sl moreen
Kiigumõisa 2	6546740	594789	Kraavist 12 m kaugusel võsastunud allikasoo	748	-0.75	1.0 turvas, all sl moreen

Lisa 2. Kogutud ja analüüsitud veekeemia andmed, 25.-26.08.2014.

Seireala	Kiigumõisa (Roosna-Alliku)					
	A2-1	A2-2	A2-3	A3-1	A3-2	Truup
Seirepunkt	Allikas 2	Allikas 2	Allikas 2	Allikas 3	Allikas 3	Väljavool Jägala jõkke
Leelisus (mg- CaCO <sub>3</sub> /l)	252	265	253	259	266	277
pH	7,307	7,306	7,3	7,355	7,333	7,437
F <sup>-</sup> (mg/l)	0,0662	0,0664	0,0679	0,0677	0,0679	0,0678
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	7,7317	7,7436	7,4562	7,6684	7,6655	7,6542
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	14,0393	14,0057	13,9007	14,0719	13,8381	14,177
Li <sup>+</sup> (mg/l)	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002
Na <sup>+</sup> (mg/l)	4,322	3,612	3,928	7,933	5,134	4,636
K <sup>+</sup> (mg/l)	1,53	1,374	1,52	3,487	2,768	2,025
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	18,34	18,454	18,658	18,318	18,554	18,875
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	99,711	99,565	101,006	99,603	99,908	101,69
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	307,44	323,3	308,66	315,98	324,52	337,94
Temp (°C)	6,8	6,8	6,9	7,5	7,4	8,1
Elektrijuhtivus (µS/cm)	576	573	565	563	565	569
SI	0,12	0,13	0,12	0,18	0,17	0,31
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	19,9957	25,1499	24,0743	24,8577	25,1646	23,5777
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,097	0,076	0,062	0,6	0,325	1,011

Lisa 3. Kogutud ja analüüsitud veekeemia andmed, 8.-9.11.2014.

Seireala	Kiigumõisa (Roosna-Alliku)					
	A2-1	A2-2	A2-3	A3-1	A3-2	Truup
Seirepunkt	Allikas 2	Allikas 2	Allikas 2	Allikas 3	Allikas 3	Väljavool Jägala jõkke
Leelisus (mg- CaCO <sub>3</sub> /l)	260	270	279	272	270	271
pH	7,378	7,384	7,422	7,428	7,464	7,555
F <sup>-</sup> (mg/l)	0,0593	0,0569	0,06	0,0616	0,0495	0,0658
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	7,8092	7,7493	8,2155	7,8185	8,4254	7,6427
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	14,9256	15,171	15,2593	15,3616	15,4008	15,5178
Li <sup>+</sup> (mg/l)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Na <sup>+</sup> (mg/l)	3,254	3,177	3,375	3,267	3,27	3,317
K <sup>+</sup> (mg/l)	1,766	1,734	1,765	1,786	1,828	1,791
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	20,251	19,888	19,993	19,963	19,879	20,008
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	103,753	101,995	102,495	102,352	102,079	103,025
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	317,2	329,4	340,38	331,84	329,4	330,62
Temp (°C)	7,2	6,4	6,7	6,7	6,6	6,5
Elektrijuhtivus (µS/cm)	596	602	600	598	603	596
SI	0,22	0,22	0,28	0,27	0,3	0,4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	22,6947	23,2725	22,9447	22,4769	22,6866	22,4867
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,49	0,364	0,443	0,426	0,546	0,66

Lisa 4. Kogutud ja analüüsitud veekeemia andmed, 26.-27.02.2015.

Seireala	Kiigumõisa (Roosna-Alliku)					
	A2-1	A2-2	A2-3	A3-1	A3-2	Truup
Seirepunkt	Allikas 2	Allikas 2	Allikas 2	Allikas 3	Allikas 3	Väljavool Jägala jõkke
Leelisus (mg- CaCO <sub>3</sub> /l)	273	273	276	260	275	274
pH	7,23	7,31	7,29	7,31	7,32	7,26
F <sup>-</sup> (mg/l)	0,0536	0,0583	0,0607	0,0668	0,0697	0,0685
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	8,3249	8,3877	8,4242	8,5075	8,4118	8,1923

Seireala	Kiigumõisa (Roosna-Alliku)					
Seirepunkt	A2-1	A2-2	A2-3	A3-1	A3-2	Truup
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	15,3542	15,3443	15,4571	15,7187	15,6149	15,445
Li <sup>+</sup> (mg/l)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
Na <sup>+</sup> (mg/l)	4,859	3,767	3,687	3,834	4,593	3,58
K <sup>+</sup> (mg/l)	3,471	1,819	1,782	1,834	2,035	1,71
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	20,889	21,029	20,827	21,284	21,161	20,887
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	105,66	105,997	104,388	106,593	106,756	106,638
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	333,06	333,06	336,72	317,2	335,5	334,28
Temp (°C)	6,8	6,2	6,1	6,1	6,1	5,4
Elektrijuhtivus (µS/cm)	603	613	616	613	613	604
SI	0,09	0,16	0,14	0,14	0,18	0,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	25,9543	26,212	26,2483	25,8773	25,6641	24,078
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,653	1,291	0,385	0,408	0,369	0,264

Lisa 5. Kogutud ja analüüsitud veekeemia andmed, 21.-22. ja 27.04.2015.

Seireala	Kiigumõisa (Roosna-Alliku)					
Seirepunkt	A2-1	A2-2	A2-3	A3-1	A3-2	Truup
	Allikas 2	Allikas 2	Allikas 2	Allikas 3	Allikas 3	Väljavool Jägala jõkke
Leelisus (mg- CaCO <sub>3</sub> /l)	296	268	276	277	271	284
pH	7,336	7,385	7,355	7,37	7,383	7,49
F <sup>-</sup> (mg/l)	0,059	0,0552	0,0549	0,0601	0,0588	0,0959
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	7,9109	7,978	7,7189	7,8954	7,9124	8,0096
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	14,3819	14,4913	14,5022	14,7121	14,5884	14,6151
Li <sup>+</sup> (mg/l)	0,0001	0	0	0,0003	0,0005	0,0005
Na <sup>+</sup> (mg/l)	4,246	4,543	5,624	5,993	10,659	12,599
K <sup>+</sup> (mg/l)	0,606	0,829	1,566	3,22	2,357	7,459
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	7,452	7,529	8,379	14,092	13,788	13,8
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	86,607	75,673	81,375	105,828	122,144	121,724



<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	361,12	326,96	336,72	337,94	330,62	346,48
<b>Temp (°C)</b>	6,8	6,8	6,9	7,1	7	8,9
<b>Elektrijuhtivus (µS/cm)</b>	590	590	592	588	593	589
<b>SI</b>	0,16	0,12	0,13	0,25	0,3	0,45
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	26,8897	27,3298	27,2513	26,9003	26,8557	26,4436
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/l)</b>	0,182	0,699	0,695	0,541	0,818	0,687

Lisa 6. Seirepunktidest võetud setteproovide analüüs, CaCO<sub>3</sub> sisalduse määramine.

Punkt	Sette kaal peale kuivatamist, koos kausiga (g)	Kaal peale kuumutamist 550 kraadi, koos kausiga (g)	Kaal peale kuumutamist 950 kraadi, koos kausiga (g)	Kausi kaal (g)	Kuivatatud sette kaal (g)	Kuumutus kadu CO <sub>2</sub> (g)	CaCO <sub>3</sub> sisaldus (%)
<b>A2-1</b>	36,552	36,045	35,184	21,849	14,703	0,861	13,31643
<b>A2-2</b>	27,813	26,453	26,407	25,5	2,313	0,046	4,522438
<b>A2-3</b>	21,645	20,822	20,753	19,305	2,34	0,069	6,705385
<b>A3-1</b>	39,464	39,413	38,854	25,452	14,012	0,559	9,071981
<b>A3-2</b>	27,986	26,849	26,721	22,934	5,052	0,128	5,76152

**Lisa 7 Hüdroloogilised parameetrid**

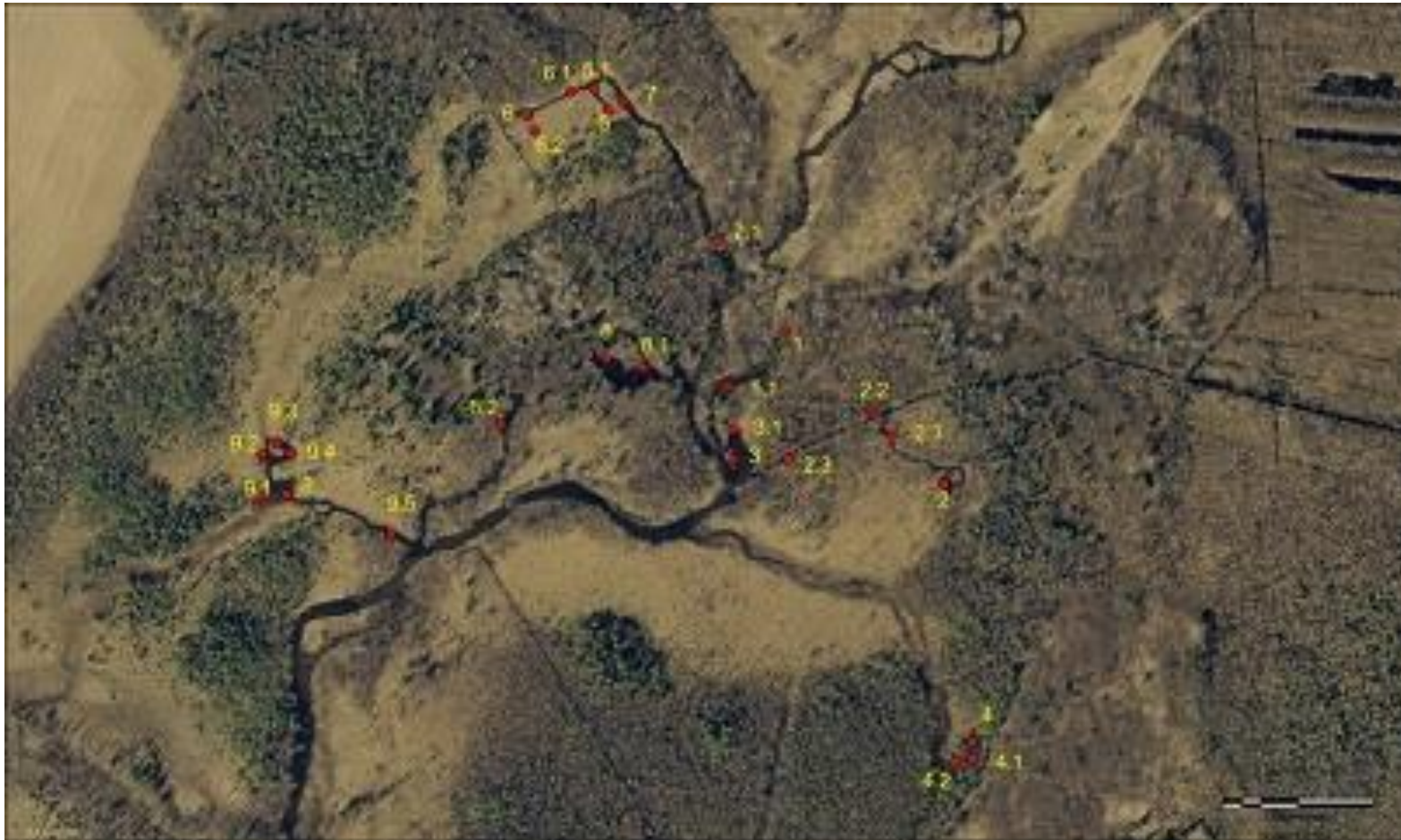
		pH					EC, µS/cm					t1, °C					t2, °C				O2, ppm				O2, %				Vooluhulk, l/s		
Mõõtepunkt		8.05.2014	27.05.2014	20.11.2014	10.06.2015	22.10.2015	8.05.2014	27.05.2014	20.11.2014	10.06.2015	22.10.2015	8.05.2014	27.05.2014	20.11.2014	10.06.2015	22.10.2015	8.05.2014	27.05.2014	20.11.2014	22.10.2015	8.05.2014	27.05.2014	20.11.2014	22.10.2015	8.05.2014	27.05.2014	20.11.2014	22.10.2015	8.05.2015	22.10.2015	5.11.2015
1	1	7,5	7,37	7,42	6,82	7,32	561	555	554	585	560	6,5	6,6	6,8	6,9	6,7	6,4	6,1	6,5	6,5	6	6,4	5,9	5,8	48	51	48	47			
	1.1	7,51	7,36	7,47		7,34	564	557	558		562	6,9	6,6	6,2		7,1	6,9	6,4	4,8	6,8	5,9	5,1	5,4	4	48	41	42	35			
2	2	7,42	7,29	7,48		7,25	543	504	543		500	6,3	7,3	5,9		7,1	6,2	7,1	5,7	6,8	3,4	2,4	4,8	2,1	27	29	39	17			
	2.1	7,51	7,35	7,36	7,42	7,36	540	511	550	594	567	6,6	7,3	6,3	7,3	7,1	6,5	6,9	6,1	6,8	5,1	4,2	1,4	4	41	34	11	33	11	13	
	2.2	7,51					504					6,9					7,1				5,3				43						
	2.3					7,47					568					6,9				6,7				5,5				46	11	13	
3	3	7,49	7,4	7,44		7,33	561	559	570		573	6,8	6,8	6,2		6,6	6,8	7,1	6	6,4	6	5,8	4	4,5	48	48	32	36			
	3.1	7,47		7,48			526		556			7,6		5,9			7,6		5,4		3,7		4,2		31		33				
4	4				7,49	7,6				602	679					7,3	4,3			4,3				14				108			
	4.1				7,5					606						8,5															
	4.2				7,42	7,28				594	667					10	5,3			5				5,2				40			
5	5	7,48	7,38	7,47		7,41	578	578	583		581	6,4	6,3	6,8		7	6,2	6	6,4	6,8	7,5	7,9	7	6,2	60	63	56	50			
	5.1	7,49	7,39	7,48		7,4	578	575	580		584	6,5	6,5	6,8		6,9	6,3	6,4	6,2	6,7	7,5	7,8	6,9	6,8	60	63	56	55			
6	6	7,47	7,37	7,28		7,39	579	581	584		585	6,4	6,5	6,1		6,9	6,3	6,9	5,6	6,7	6,7	7	7	5,9	54	58	55	48			
	6.1	7,55	7,4	7,7		7,47	571	577	477		583	7	7	5,2		6,6	6,8	6,8	4,9	6,3	8,7	8,3	9,6	7,5	71	68	74	60	6		
	6.2	7,71	7,36				556	561				7,6	9,9				7,2	9,7			5,4	2,6			45	23					
7	7	7,53		7,57			582		554			6,6		6,4			6,7		6		7,5		8,3		69		64				
	7.1	7,61	7,47	7,72		7,51	575	574	586		584	7,2	7	5,3		6,5	7,1	6,7	5,2	6,1	9,5	10	9,6	8,2	79	81	75	66	20	14	10
8	8	7,45	7,33	7,42		7,3	598	595	588		586	7,9	6,6	6,8		7,2	8,7		6,6	6,8	4,8	5,2	4,5	4,6	41	44	37	38			
	8.1	7,45	7,37				590	583				7	6,8				7	6,5			4,3	4,9			35	40					
	8.2	7,36	7,42				591	575				6,2	7						6,6		6	6,1			49	49					

9	9	7,47	7,38	7,37	7,27	577	575	578	576	6,7	7,4	6,3	6,6	6,5	7,2	5,9	6,4	5,7	6,8	5	5	46	56	40	40	
	9.1	7,47	7,35	7,38	7,33	571	570	572	576	6,6	6,6	6,6	6,6	6,4	6,4	6,2	6,3	5,3	5,6	4,7	4	33	45	37	32	
	9.2	7,45	7,35	7,5		582	585	575		6,6	6,6	6		6,4	6,5	5,7		6	6,2	7,9		48	51	62		
	9.3	7,46	7,37	7,43		582	585	584		6,4	6,5	6,4		6,4	7	6,2		6,4	6,6	6,4		51	54	52		
	9.4	7,46	7,4	7,46	7,34	584	581	580	578	6,5	7,4	6,6	6,8	6,4	7,6	6,4	6,6	5,5	5,7	6,3	5,4	44	48	51	44	
	9.5	7,5	7,41	7,48	7,43	574	576	578	574	6,7	7,3	6,2	6,7		7,1	6	6,3		6,8	6,7	6,3		56	54	51	34 28

pH, elektrijuhtivus ja temperatuur t1 on mõõdetud mõõteseadmega Eutech CyberScan PC10

Hapniku näitajad ja temperatuur t2 on mõõdetud hapnikumõõtjaga Marvet Junior

Mõõtepunktide asukohad on toodud joonisel 11.



Joonis 11 Kiigumõisa allikad, mõõtepunktide asukohad

## Taimestik

Projekti „LIFE Springday - Conservation and restoration of petrifying spring habitats (code \*7220) in Estonia” eesmärgiks on parandada nõrglubja-allikate seisukorda kolmes Eesti piirkonnas (Saaremaal, Vormsil ja Järvamaal) senise inimtegevuse mõju vähendamiseks. Peamiselt toimub see rajatud kraavide sulgemise abil. Selle tegevusega püütakse parandada ka Euroopa Liidu väärtustatud kasvukohatüübiga 7220 (nõrglubjalasundit moodustavad allikad) seostuvate haruldaste ja ohustatud liikide leviku- ja kasvuvõimalusi. Et hinnata tegevuste mõju liikidele projekti lõppedes aastal 2018, planeeriti sammal- ja soontaimede inventuur aastaks 2014.

Nõrglubja-allikate taimestikku on uuritud suhteliselt vähe. Kõikjal on nendes kooslustes tähtsaimateks sammaltaimed. Sammaltaimed võivad kaltsiumit siduda tänu nende heale katioonide vahetusvõimele (Soudzilovskaia et al. 2010). Eri maades on erinevusi selle kasvukohatüübi taimestiku koosseisus. Iirimaal on eristatud kaks nõrglubja-allikate taimestiku rühma: *Cratoneuron commutatum* – *Festuca rubra* ja *Cratoneuron commutatum* – *Carex nigra* (Rodwell 1995). Viimane neist on liigirikam. Sammaldest seostuvad selle kasvukohaga kõige enam peale *Palustriella commutata* (endine sünonüüm *Cratoneuron commutatum*) ka *Cratoneuron filicinum* ja *Eucladium verticillatum*, soontaimedest *Equisetum telmateia* (Heery 2007). Pentecost (1981) järgi on Inglismaal selles elupaigatüübis samuti sagedaimateks liikideks eelnevalt nimetatud kaks esimest samblaliiki, väga sage on ka *Pellia fabbroniana* (praegune sünonüüm *Pellia endiviifolia*). Lääne-Karpaatides esineb nõrglubjaallikatel *Carici flavae-Cratoneuretum* assotsiatsioon (Hájek et al. 2002). Horvaatia tufiastangute dominantliikideks on *Palustriella commutata* ja *Rhynchostegium riparioides* (Dražina et al. 2013). Hollandis märgitakse selle kasvukoha tunnusliikideks *Brachythecium rivulare*, *Cratoneuron filicinum* ja *Palustriella commutata*, viimane neist on Hollandis haruldane (van Dort et al. 2012). Nõrglubja-allikate samblaflora võib kõikjal olla küllaltki liigirikas, eelpool on loetletud vaid neis kooslustes märgitud enamlevinud samblaliike.

Euroopa Liidu elupaigatüüpide käsiraamatu uuendatud versioonis (Interpretation Manual – EUR28 2013) iseloomustatakse 7220 elupaika kui üldiselt väikesemõõtmelisi karedaveelisi allikaid, kus toimub aktiivne nõrglubja moodustumine ning kus domineerivad samblad (*Cratoneurion commutati*). Taimedena mainitakse käsiraamatus järgmisi liike (siin toodud ainult Eestis esinevad liigid, sulgudes praegu kehtivad sünonüümid): soontaimedest *Pinguicula vulgaris* ja boreaalses regioonis *Carex appropinquata*; sammaltaimedest *Catoscopium nigrum*, *Cratoneuron commutatum* (= *Palustriella commutata*), *C. commutatum* var. *falcatum* (= *Palustriella falcata*), *Cratoneuron filicinum*, *Eucladium verticillatum*, *Gymnostomum recurvirostrum* (= *Hymenostylium recurvirostre*), boreaalses regioonis *Drepanocladus vernicosus* (= *Hamatocaulis vernicosus*), *Philonotis calcarea*, *Scorpidium revolvens*, *S. cossonii*, *Cratoneuron decipiens* (= *Palustriella decipiens*), *Bryum pseudotriquetrum*.

Nõrglubja-allikate taimestiku kohta uuringud Eestis puuduvad. Küttim (2013) on uurinud Põhja-Eestis nõrglubja madalsood, kus levinumad samblaliigid olid *Campylium stellatum* ja *Scorpidium scorpioides*. Need liigid on lubjarikastes allikasoodes tavalised mujalgi Eestis.

Inventuurid teostati vahemikus mai kuni august, 2014. Taimestik inventeeriti allikate sees ning kõige lähemas ümbruses, paiguti ka allikaojade ja allikavee laialinõrgumise alal. Inventuurid teostati aruande autori poolt. Suurem osa sammaltaimedest koguti kaasa ning määrati laboratoorselt. Määratud proove säilitatakse Tartu Ülikooli Loodusmuuseumi herbaariumis.

Taksonoomia aluseks sammaltaimede puhul on Hill et al. (2006) ja Söderström et al. (2007), soontaimede puhul Krall et al (2010).

## Nõrglubja-allikate kasvukohatüübi tunnus-samblaliikidest

Sissejuhatuses toodud Euroopa Liidu elupaigatüüpide käsiraamatus on nimetatud 12 sammaltaimedest tunnusliiki (vt. eespool). Neist neli kuulusid varem ühte perekonda *Cratoneuron*, mis on andnud nimetuse ka kasvukohatüübi 7220 kooslusele (*Cratoneurion*). Nüüdseks on kolm liiki paigutatud eraldi perekonda *Palustriella* (*P. commutata*, *P. falcata* ja *P. decipiens*). Neist neljast liigist just *Palustriella* perekonna liigid levivad peamiselt lubjarikaste allikate piirkonnas. Sõnajalg-nöorsammal (*Cratoneuron filicinum*) eelistab sammuti lubjarikkaid allikalisi kasvukohti, kuid kasvab ka jõgedes, kraavides, madalsoodes ja mujal märgades paikades. Eestis on see liik sage. Põhja-roodikul (*P. decipiens*) on Eestis teada vaid neli leiukohta, kõik kas allikates või allikasoodes. Eesti punases raamatus (2008) on see liik arvatud ohustatud liikide hulka. Kamm-roodik (*P. commutata*) levib Eestis pillatult, teada on ligi 20 leiukohta. Ka need leiukohad on kas allikasood või allikad. Sirp-roodik (*P. falcata*) on võrdlemisi haruldane liik, teada alla 10 leiukoha allikatest ja allikasoodest. Sirp-roodiku levik on veel pisut ebaselge, kuna varem arvati ta kamm-roodiku varieteediks.

Mustpeasamblal (*Catoscopium nigratum*) on Eestis teada 15 leiukohta, mis asuvad valdavalt allikasoodes või lubjarikastes madalsoodes. Paar leiukohta on praeguseks hävinud või vanade andmetega ja seetõttu on liik punases raamatus arvatud ohulähedaste hulka ning kuulub kaitsealuste liikide teise kategooriasse.

Tavasirbik (*Scorpidium cossonii*) ja kaunis sirbik (*S. revolvens*) kuulusid varem sirbikute perekonda (*Drepanocladus*). Tegu on väga sarnaste liikidega, mille kindel eristamine on võimalik vaid mikroskoobi abil. Kui tavasirbik on Eestis väga tavaline, asustades mitmesuguseid soostuvaid niite, veekogude kaldaid ja madalsoid, siis kaunis sirbik levib pillatult (leiukohti paarikümne ligi), kuid tedagi kohtab peale allikaliste kohtade näiteks märjal loopealsel, õõtsikul ning isegi soostuvas metsas.

Väga tavaline liik nii allika- kui madalsoodes, veekogude kallastel kui ka soostuvatel niitudel on allikasoo-pungasammal (*Bryum pseudotriquetrum*).

Harulduste hulka Eestis kuulub aga männas-euklaadium (*Eucladium verticillatum*) kahe leiukohaga klindi nõrgvee piirkondades. Kuna mõlemad leiukohad põhinevad vanadel andmetel, on ta punases raamatus arvatud regionaalselt väljasurnud liikide hulka. Sarnastes kasvukohtades, märgadel paeseintel esineb pillatuna (üle 10 leiukoha) lubi-hümenostüülim (*Hymenostylium recurvirostrum*).

Lubi-allikasammal (*Philonotis calcarea*) levib Eestis pillatult ja seostub peamiselt allikate või allikasoodega, vaid üksikud leiud on ka lubjarikka veega kraavidest.

Harilik kurdsirbik (*Hamatocaulis vernicosus*) on Eestis küllalt tavaline, kuid tedagi kohtab peamiselt allikaliste järvede õõtsikutel või allikasoodes. Liik on tähtis selle poolest, et ta kuulub Loodusdirektiivi II lisasse ja Eesti kaitsealuste liikide kolmandasse kategooriasse, punases

raamatus on ta ohulähedane liik, kuna paljud tema endistest kasvukohtadest on kuivendatud ja liik sealt kadunud (Vellak & Ingerpuu 2012).

Nagu eespool näha, ei ole sugugi kõik elupaigatüübi tunnussambliigid seotud ainult nõrglubja-allikatega. Samas on ka kirjandusest teada, et nõrglubja-allikatel võib kohata ohtralt veel muidki sambliid. Kuidas siis ära tunda, et tegu on väärtusliku elupaigatüübiga? Ilmselt tuleb sellistes kasvukohtades jälgida kahte aspekti: 1) kas esineb allikaveest lubja sadenemist ja 2) kas sadenemises osalevad sambliigid, s.t. kasvavad sadestunud nõrglubja sees ja/või on varte alaosas ümbritsetud kivistunud lubjakihiga. Tähtis on muidugi ka tunnusliikide osalemine, kuid tuleb silmas pidada, et mõnikord neid ei pruugi esineda. Näiteks Viidumäe allikatel oli peale tunnusliikide ka soo-rasvasammal kaetud lubisetega. Lisaks peab uurima allikaid ka geoloogiliselt – kas ja kui sügav on allikalubja kiht.

### Kiigumõisa allikate sammaltaimed

Kiigumõisa allikate lähedusest leiti 31 liiki sammaltaimi, nende hulgas neli helviksambliiki. Sagedaseimad liigid olid allika-pungsammal (*Bryum pseudotriquetrum*), suur tõmptipp (*Calliergon giganteum*), teravtipp (*Calliergonella cuspidata*), harilik kuldsammal (*Campyliadelphus chrysophyllus*), sõnajalg-nöörsammal (*Cratoneuron filicinum*) ja suur lehiksammal (*Plagiomnium elatum*). Dominantideks oli valdavalt teravtipp (foto 12), vähemal määral suur tõmptipp, tähtkuldsammal, sõnajalg-nöörsammal ja tavasirbik. Tunnusliike oli kolm: allikasoo-pungsammal, sõnajalg-nöörsammal ja tavasirbik. Kõik kolm tunnusliiki on laialt levinud ning kasvukohale vähem spetsiifilised kui ülejäänud tunnusliigid. Peaaegu kõik Kiigumõisa allikad on sügavalehtrilised ja järvekesi moodustavad (Foto 13). Samblad kasvavad kõrgetel järskudel kallastel (foto 14) ning tõenäoliselt osalevad lubja setitamisel minimaalselt. Erandiks on teeäärne allikas (nr 1), kus sügavad allikalehtrid puuduvad (Foto 15) ning samblad osalevad tõenäoliselt pisut lubja setitamisel. Siin esineb ka ohtralt sõnajalg-nöörsammalt.



Foto 1. Teravtipp (*Calliergonella cuspidata*) Kiigumõisas allika nr. 4 servas mättal.





Foto 2. Sügavalehtriline allikas Kiigumõisas (nr 5)



Foto 3. Samblad Kiigumõisa allika nr 5 järsul serval.



Foto 4. Kiigumõisa teeäärne allikas (nr. 1).

### Kiigumõisa allikate soontaimed

Kiigumõisa allikate ümbrusest registreeriti 91 soontaimeliiki. Kõige sagedamini esinesid piirkonnas harilik angervaks (*Filipendula ulmaria*) ja paakspuu (*Frangula alnus*). Dominantideks ja kaasdominantideks olid luhttarn (*Carex elata*), ääristarn (*C. hostiana*), hirsstarn (*C. panicea*), pudeltarn (*C. rostrata*), vesi-tarnhein (*Catabrosa aquatica*), soo-osi (*Equisetum palustre*), paakspuu (*Frangula alnus*), harilik sinihelmikas (*Molinia coerulea*), soo-lõosilm (*Myosotis scorpioides*) ja harilik lubikas (*Sesleria coerulea*). Sagedaseimad dominandid olid pudeltarn ja harilik sinihelmikas.

Kaitsealustest liikidest leiti kolmandasse kategooriasse kuuluv kahkjaspunast sõrmkäppa (*Dactylorhiza incarnata*) ja soo- neiuvaipa (*Epipactis palustris*). Hajusa levikuga liikidest leiti allikas nr 1 vesi-tarnheina. Nõrglubja-allikate tunnusliikidest kasvas allika nr. 5 kallastel pääsusilm (*Primula farinosa*) ja allika nr. 6 kõrval oleva allika servas eristarn (*Carex appropinquata*). Viimane on Eestis suhteliselt tavaline liik (Kukk & Kull 2005) kasvades nii madalsoodes, soostunud niitudel kui kraavides.

Liigirohkeimateks osutusid teele lähim allikas (nr.1), kus kasvas 35 liiki ja sellest ca 100 m edelasse jääv allikas (nr. 3), ka 35 liigiga. Siinsete allikate ümbruse taimestikule on iseloomulik tarnade rohkus, samas puudus allikate läheduses pilliroog. Allikalehtrid olid taimedest peaaegu vabad, mõnel pool oli näha põhja katmas arvukamalt mändvetikaid (*Chara*), allikaojades oli ohtralt harilikku kuuskheina (*Hippuris vulgaris*).

## Kokkuvõte

Inventeeritud piirkondadest leiti kokku 59 liiki sammaltaimi (kolmelt alalt: Viidumäe, Prästvik, Kiigumõisa) ja 118 liiki soontaimi (kahelt alalt: Kiigumõisa ja Prästvik). Inventeeriti 29 allikat: Viidumäelt 11, Prästvikist 6 ja Kiigumõisast 12, lisaks mõned allikaoja servad ja ümbritsevad allikavee mõju all olevad kohad.

Kõigist inventeeritud piirkondadest leiti nõrglubja-allikate kooslustele (7220) iseloomulikke tunnusliike. Elupaigatüübi kirjelduses tunnusliikidena mainitud 12 samblaliigist (Interpretation Manual – EUR28. 2013) leiti inventeeritud kolmest piirkonnas kaheksa liiki (sõnajalg-nöorsammal, kamm-roodik, sirp-roodik, kaunis sirbik, tavasirbik, lubi-allikasammal, allikasoo-pungsammal ja mustpeasammal) ja soontaimedest kaks liiki (pääsusilm ja eristarn).

Nõrglubja-allikate elupaigatüüpi võib taimestiku alusel arvata kõik Viidumäel inventeeritud allikad, Prästviki allikatest nr. 5 (Raviallikas) ja allikas nr. 3 ja Kiigumõisa allikatest nr. 1. Neis toimub allikavee väljasettimine sammalde abil aeglasemalt voolavates allikaosades, mis on ka samblavarte ümber märgatav. Enamus Kiigumõisa allikatest moodustavad suhteliselt sügavaid allikalehtreid, kus samblad puuduvad ning soontaimi on mõned üksikud. Siin ääristavad samblad allikalehtreid kaugemal kõrge servana, kus lubja settimist otseselt märgata pole ning taimestik on madal soo ilmeline.

### Lisa 1. Kiigumõisa allikate sammaltaimede nimekiri

Kirjelduste numbrid kaardil 3, koordinaadid tabelis 6. D – dominantliik, KD – kaasdominant. Elupaigatüübi 7220 tunnusliigid rasvases kirjas.

KIRJELDUSE NR	8	8 kõrval	9	7	6	6 kõrval	5	4	1	3	2	10
Amblystegium serpens										x		
Aneura pinguis											x	
Brachythecium rivulare						x						x
Brachythecium salebrosum											x	
<b>Bryum pseudotriquetrum</b>	x	x			x		x	x		x	x	x
Bryum sp	x											
Calliergon giganteum	x	x	x		x	x	x		D		x	KD
Calliergonella cuspidata	D	D		x	D		D	D	KD	D	D	D
Campyliadelphus chrysophyllus	x	x	x	x	x						x	x
Campyliadelphus elodes	x	x		x						x	x	

KIRJELDUSE NR	8	8 kõrval	9	7	6	6 kõrval	5	4	1	3	2	10
Campylium polygamum			x	x						x		
Campylium protensum		x								x	x	x
Campylium stellatum		x		D						x		
Chiloscyphos pallescens											x	
Chiloscyphos polyanthos		x										
Climacium dendroides		x			x						x	x
<b>Cratoneuron filicinum</b>	x		x		x	D	x	x	KD	x	x	x
Drepanocladus sendtneri	x											
Fissidens adianthoides		x			x							x
Fissidens dubius					x							
Hygroamblystegium tenax									x			
Hygroamblystegium varium	x											
Plagiomnium elatum	x	x			x		x			x	x	x
Plagiomnium ellipticum	x	x			x				x	x	x	
Plagiochila asplenioides											x	
Rhytidiadelphus triquetrus											x	
Sanionia uncinata												x
<b>Scorpidium cossonii</b>	x	x	D		x		x			x		
Scorpidium scorpioides	x		x	x								
Thuidium recognitum											x	
Warnsorfia trichophylla			x							x		x

Lisa 2. Kiigumõisa allikate soontaimede nimekiri

Kirjelduste numbrid kaardil 3, koordinaadid tabelis 6. D – dominantliik, KD - kaasdominant

KIRJELDUSE NR	8	8 kõrval	9	7	7*8*9* alalt	6	6 kõrval	5	4	4*5*6* alalt	1	3	2	10
Agrostis stolonifera												x		
Alnus incana					x	x			x		x	x	x	X
Angelica sylvestris					x							x	x	
Betula humilis					x					x				
Betula pubescens			x		x			x			x	x	x	
Calamagrostis canescens											x			
Caltha palustris					x						x	x		
Cardamine amara												x		X
Carex appropinquata							x							
Carex buxbaumii				x										
Carex cespitosa				x							x	x		X
Carex davalliana						x		x						
Carex disticha												x		
Carex elata											KD			
Carex flava			x	x						x	x		x	
Carex hirta											x			

KIRJELDUSE NR	8	8 kõrval	9	7	7*8*9* alalt	6	6 kõrval	5	4	4*5*6* alalt	1	3	2	10
Carex hostiana	x			x		D		x		x		x		D
Carex lasiocarpa					x		D							
Carex panacea	x		x	KD		x		x						
Carex pseudocyperus														
Carex rostrata	KD		KD	KD			KD			x		KD	D	
Catabrosa aquatica											D			
Cirsium oleraceum											x		x	
Cirsium palustre					x			x	x			x	x	
Crepis paludosa													x	
Dactylorhiza incarnata				x						x				
Dechampsia caespitosa				x					x		x	x		
Eleocharis palustris														
Epilobium palustre								x		x		x		
Epipactis palustris						x			x					
Equisetum fluviatile					x						x			
Equisetum palustris				x		KD					x	x	x	x
Equisetum variegatum								x						
Eriophorum latifolium										x				

KIRJELDUSE NR	8	8 kõrval	9	7	7*8*9* alalt	6	6 kõrval	5	4	4*5*6* alalt	1	3	2	10
Filipendula ulmaria	x		x	x		x	x	x	x		x	x	x	x
Frangula alnus				x	x	x		x	KD		x	x	x	x
Fraxinus excelsior											x		x	
Galium boreale												x	x	
Galium palustre												x		
Galium uliginosum				x									x	x
Geum rivale											x			
Glyceria plicata											x			
Hierochloe odorata													x	
Hippuris vulgaris	x								x			x		
Iris pseudacorus											x			
Juncus articulatus				x							x	x		
Juniperus communis					x									
Lathyrus palustris	x			x									x	
Lemna minor							x							
Linum catharcticum				x				x						
Lonicera coerulea				x									x	
Lychis flos-cuculi												x		

KIRJELDUSE NR	8	8 kõrval	9	7	7*8*9* alalt	6	6 kõrval	5	4	4*5*6* alalt	1	3	2	10
<i>Lycopus europaeus</i>					x						x		x	x
<i>Lysimachia vulgaris</i>												x	x	
<i>Lythrum salicaria</i>					x						x			
<i>Melampyrum nemorosum</i>					x									
<i>Mentha arvensis</i>								x						
<i>Menyanthes trifoliata</i>					x	x				x	x	x		
<i>Molinia caerulea</i>	D		D	D		x		KD				D	KD	
<i>Myosotis scorpioides</i>											KD	x		x
<i>Padus avium</i>											x			x
<i>Parnassia palustris</i>	x		x	x						x				
<i>Peucedanum palustris</i>	x		x	x			x	x	x			x		x
<i>Phalaris arundinaceae</i>												x		
<i>Picea abies</i>					x						x		x	
<i>Pinus sylvestris</i>					x			x						
<i>Potentilla anserina</i>												x		
<i>Potentilla erecta</i>				x	x	x		x	x			x	x	
<i>Potentilla palustris</i>	x		x	x							x	x		
<i>Primula farinosa</i>								x						



KIRJELDUSE NR	8	8 kõrval	9	7	7*8*9* alalt	6	6 kõrval	5	4	4*5*6* alalt	1	3	2	10
Ranunculus repens											x			
Ranunculus sp								x						
Rhamnus cathartica						x								x
Ribes nigrum											x			
Salix aurita	x		x				x					x		
Salix caprea											x			
Salix cinerea				x						x				
Salix myrsinifolia						x								
Salix pentandra						x		x						
Salix phylicifolia	x						x					x	x	
Salix rosmarinifolia			x	x	x	x	x	x				x	x	
Schoenus ferrugineus					x					x				
Sesleria caerulea								D	D					
Solanum dulcamara											x			
Sorbus aucuparia					x								x	
Succisa pratensis				x	x			x				x	x	
Trichophorum cespitosum										x				
Urtica dioica											x			

KIRJELDUSE NR	8	8 kõrval	9	7	7*8*9* alalt	6	6 kõrval	5	4	4*5*6* alalt	1	3	2	10
Valeriana officinalis									x		x	x	x	x
Veronica beccapunga											x			
Viburnum opulus				x	x						x		x	

## Suurselgrootud

Suurselgrootute nime all mõistetakse palja silmaga nähtavaid loomi, läbimõõduga enamasti üle 0,5 mm. Nende hulka kuuluvad peamiselt põhjaeelulised olendid: putukad, ämblikulaadsed, vähid, limused, ümarloomad, lame- ja rõngussid, käsnad ning sammalloomad. Hõljumiloomadega võrreldes on nende eelisteks lai levik, suur liigiline ja toitumistüüpide mitmekesisus; kaladega võrreldes vähene liikuvus, pisikutega võrreldes pikk eluiga. Taimedest erinevalt leidub suurselgrootuid ka pimedas (võrade varjus või sildade all). Neid on kerge koguda ja lihtne määrata. Tundlike taksonite (liikide või suuremate süstemaatiliste rühmade) leidmine näitab, et mitte ainult kogumishetkel, vaid vähemalt nende senise eluaja jooksul pole veekogus olulisi kahjustusi toimunud. Suurselgrootuid leidub igal aastaajal ning nad reageerivad inimtegevusele tugevalt ja sageli ennustatavalt. Looduskaitsealuseid ja ohustatud sisevete suurselgrootute liike Eestis praegu kokku 93. Natura 2000 liike (Euroopa Nõukogu Direktiiv..., 1992) on 11, kaitstavaid liike (Looduskaitseseadus, 2004) 10 (kõik Natura liigid peale jõevähi), ning Eesti Punase Raamatu (2008) liike 90. Viimane sisaldab palju liike, kes uuematel andmetel ohustatud ei ole.

Keskkonnaregistris (<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main>) on 2013. a. seisuga üle 900 allika. A. Seire on Pandivere kõrgustikult lähtuvate allikate suurselgrootute kohta koostanud ülikooli lõputöö (1975) ning ülevaate surusääsklastest (1978). Põgusalt on allikate kui selgrootute elupaiku iseloomustanud ka T. Timm ja A. Järvekülg (1975). Eesti Maaülikooli limnoloogiakeskuse suurselgrootute andmebaasis on alates 1990. a. 25 proovi 14 erinevast allika kohta. Kõige rohkem on uuritud Nakimetsa allikaoja Viidumäel Saaremaal (praeguses töös Viidumäe allikas nr. 5).

Arvestades uuritud kohtade ning allikate koguarvu suhet, on allikate suurselgrootud Eestis järvede ja vooluvetega võrreldes väga vähe uuritud. Mujal Euroopas ning Põhja-Ameerikas leidub sellekohaseid kaasaegseid materjale rohkem. Mahukas selleteemaline artiklikogumik on ilmunud juba üle 15 aasta tagasi (Botosaneanu 1998). Soomes on allikate suurselgrootuid palju uurinud Jari Ilmonen Oulu Ülikoolist (Ilmonen & Paasivirta, 2005; Ilmonen et al. 2006, Ilmonen 2009, Ilmonen et al. 2009, 2012, 2013; Virtanen et al. 2009). Muudest lugudest võib näiteks tuua Austria (Staudacher & Füreder 2007), Hispaania (Barquin & Death 2009), Hollandi (Verdonschot & Schot 1987), Inglismaa (Wood et al. 2005), Itaalia (Cantonati et al. 2006, Maiolini & Silveri 2010, Marziali et al. 2010), Poola (Dumnicka et al. 2007, 2013; Rootsli (Hoffsten & Malmqvist 2000), Põhja-Saksa (Martin & Brunke 2012), Sloveenia (Mori & Brancelj 2006), Šveitsi (von Fumetti & Nagel 2012, Zollhöfer et al. 2000), Taani (Lindegaard 1995), Tšehhi (Kroupalova et al. 2011, Kubikova et al. 2012), USA idaosa (Glazier 2012, McCabe & Sykora 2000) vastavasisulised artiklid.

Allikate traditsioonilised tüübid on voolukiiruse ja põhja iseloomu järgi reokreen (allikaoja), helokreen (allikasoo või -lomp) ning limnokreen (allikatiik).

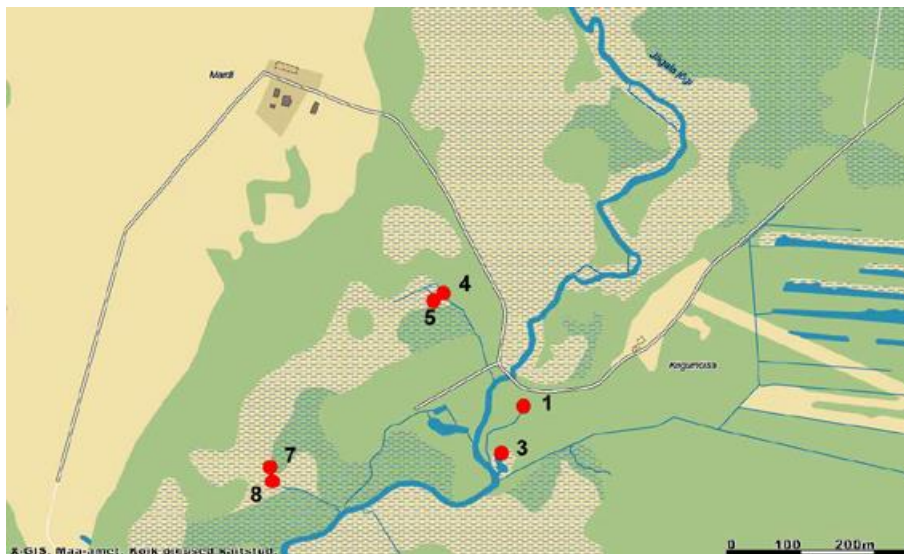
### Uurimisala

Uurimiskohad valis ja nummerdas Mart Thalfeldt Loodushoiu Keskusest järgmiselt (tabel 1, joonis 1). Kiigumõisa allikad (Järvamaa, Jägala jõe ülemjooksu valgala), 6 kohta.

Uuritud kohtade kirjeldus. N - põhjalaius. E - idapikkus. L - limnokreen, R - reokreen, H - helokreen. \* - peaaegu kuivanud

Ala ja nr.	N	E	Tüüp
Kiigumõisa			
1	59,048	25,653	L
3	59,047	25,653	L
4	59,049	25,652	R
5	59,049	25,651	L
7	59,047	25,648	L
8	59,047	25,647	L

Uuritud kohtades oli proovivõtmise ajal veetase enamasti madal. Kiigumõisa allikad olid peaaegu kõik limnokreenid (allikatiigid), peale ühe soisevõitu kraavi (nr. 4).



Joonis 1. Kiigumõisa proovikohad

## Meetodid

Välitööd tehti 2. mail 2014. a. Geograafilised koordinaadid määrati GPS 315 "Magellan" abil. Allikatüübid (kas reo-, limno- või helokreen) hinnati silma järgi.

Suurselgrootuid püüti veekogude põhjast standardkavaga (raami serva pikkus 25 cm, sõelaava läbimõõt 0,5 mm, varre pikkus 1 m) (European..., 1994). Paljude allikate väga väikese

pindala tõttu koguti igal pool ainult kvalitatiivsed proovid. Igast allikast võeti üks proov. Loomad ning kahva sattunud muu tahke materjal fikseeriti kohapeal 96% piirituses; loomad sorditi, loendati ja määrati laboris. Määramistase oli vastavuses mageveekogude seisundi hindamise juhendiga (Timm & Vilbaste 2010).

Uuritud kohtadel iseloomustati suurselgrootute liigistiku järgi ka keskkonnaseisundit (ASPT indeks, Armitage et al. 1983) ning hüdro-morfoloogilisi tingimusi (MESH indeks, Timm et al. 2011). ASPT (taksoni keskmine tundlikkus) võib kõikuda piirides 0-10 ja ta on seda suurem, mida parem on keskkonnaseisund. Eesti veekogudes on ASPT etalonväärtused vooluvete erinevates elupaikades 6,1-6,9, seisuvetes 5,6-6,3 (Pinnaveekogumite... 2009). ASPT on Eesti praegustest seisundiindeksitest ainus, mida saab kasutada ka ainult kvalitatiivsetes proovides, sest ta peaaegu ei sõltu proovi suurusest. MESH on elupaiga põhja iseloomu ja voolukiiruse kombinatsiooni hinnang loomaliikidest indikaatorite järgi. Teda saab samuti kasutada kvalitatiivsetel proovidel. Ta on seda suurem, mida kõvem põhi ja kiirem vool, väärtuste vahemik 0-3. MESH pole veel ametlik seisundiindeks. Eesti looduslikule lähedases seisundis vooluvetes on ta enamasti üle 2,5, väikestes kõva põhjaga järvedes 1-1,5 ning väikestes mudase põhjaga järvedes <1 (Timm et al. 2011).

## Tulemused

Kokku saadi 20 proovist 795 isendit, mis kuulusid 57 taksonisse. Taksonite nimekiri on tabelis 2. Kõige tavalisem rühm oli praeguses töös liigini määramata sirusääsklaste sugukonna (*Chironomidae*) vastsed, keda leidis kõigis proovides. Peaaegu igal pool oli ka vesikakandit (*Asellus aquaticus*). Jõe-kirpvähki (*Gammarus pulex*) leidis kõigis Kiigumõisa ja Viidumäe allikates, kuid ta puudus Vormsil. Herneskarpe (*Pisidium* sp.) leidis sagedamini kui mujal Viidumäe allikates. Haruldastest liikidest võib esile tõsta ehimestiivalist *Molannodes tinctus* (Viidumäe allikas 4). Viidumäel oli mitmes kohas (nr. 2, 3 ja 5) ka vöotkiili (*Cordulegaster boltoni*). Muud harvemini esinenud taksonid on tavalised loomad ja nende katkendlik leidumine allikates oli tõenäoliselt põhjustatud juhuslikkusest.

Tabel 2

Uuritud allikate suurselgrootute taksonid. Allikate numbrid on samad, mis tabelis 1.

Ladina nimi	Eesti nimi	Ki1	Ki3	Ki4	Ki5	Ki7	Ki8
<i>TURBELLARIA</i>	ripsussid						
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	piimjas lamelane						
<i>OLIGOCHAETA</i> Gen. sp.	väheharjasussid		3				
<i>HIRUDINEA</i>	kaanid						
<i>Erpobdella octoculata</i>	harilik ahaskaan						
<i>BIVALVIA</i>	karbid						
<i>Pisidium</i> sp.	herneskarpe						1
<i>Sphaerium corneum</i>	harilik keraskarp		1	5	1	3	

Ladina nimi	Eesti nimi	Ki1	Ki3	Ki4	Ki5	Ki7	Ki8
<i>GASTROPODA</i>	teod						
<i>Bithynia tentaculata</i>	harilik keeristigu						
<i>Galba truncatula</i>	väike sootigu						
<i>Planorbis planorbis</i>	harilik labatigu					2	2
<i>Radix balthica</i>	harilik punntigu		2			1	6
<i>Stagnicola palustris</i>	suur sootigu						
<i>CRUSTACEA</i>	vähid						
<i>Asellus aquaticus</i>	vesikakand	2		2	3	6	3
<i>Gammarus pulex</i>	jõe-kirpvähk	3	3	6	5	6	2
<i>Ostracoda</i> Gen. sp.	karpvähid					2	
<i>ARACHNIDA</i>	ämblikulaadsed						
<i>Argyroneta aquatica</i>	vesiämblik						
<i>Hydrachnidia</i> Gen. sp.	vesilestad	1					
<i>EPHEMEROPTERA</i>	ühapäevikulised						
<i>Baetis</i> sp.	ojapäevik						
<i>Cloeon dipterum</i>	tiigipäevik						
<i>ODONATA</i>	kiililised						
<i>Aeshna</i> sp.	tondihobu						
<i>Calopteryx virgo</i>	harilik vesineitsik						
<i>Cordulegaster boltoni</i>	vöotkiil						
<i>Libellula quadrimaculata</i>	harilik vesikiil						
<i>Somatochlora flavomaculata</i>	läik-hiilgekiil						
<i>PLECOPTERA</i>	kevikulised						
<i>Nemoura cinerea</i>	harilik kevik			3		1	
<i>HETEROPTERA</i>	lutikalised						
<i>Gerris argentatus</i> /sp.	väike liuskur		1				1
<i>Sigara striata</i>	harilik sõudur						
<i>Velia saulii</i>	ojapindur						
<i>COLEOPTERA</i>	mardikalised						

Ladina nimi	Eesti nimi	Ki1	Ki3	Ki4	Ki5	Ki7	Ki8
<i>Agabus</i> sp.	väleujur						
<i>Anacaena</i> sp.		1				2	
<i>Dytiscus</i> sp.	ujur						1
<i>Elodes</i> sp.	ojajalg						
<i>Enochrus</i> sp.	lombimardikas	1				1	2
<i>Haliplus</i> sp.	vesilane					1	1
<i>Hydroporus</i> sp.	kääbusujur		1				
<i>Rhantus</i> sp.	kabeujur						
TRICHOPTERA	ehmestiivalised						
<i>Halesus tessellatus</i> /sp.	võsavana						
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	tume jõgiehmeslane						
<i>Hydroptila</i> sp.	pisiehmeslane						
<i>Limnephilus binotatus</i> /sp.		3					
<i>Limnephilus rhombicus</i>	voolu-järvevana				1		
<i>Limnephilus stigma</i>	tünn-järvevana						
<i>Limnephilus</i> sp. 1	järvevana		8	5	1	3	2
<i>Limnephilus</i> sp. 2	järvevana					1	
<i>Molannodes tinctus</i>	sirmikvana						
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	suurpeaehmeslane						
<i>Potamophylax latipennis</i>	harilik jõevana	6		3	1		
<i>Trichostegia minor</i>	lombipurukas						
DIPTERA	kahetiivalised						
<i>Ceratopogonidae</i> Gen. sp.	habesääsklased						
<i>Chironomidae</i> Gen. sp.	surusääsklased	30	14	36	3	4	5
<i>Culicidae</i> Gen. sp.	pistesääsklased						
<i>Dicranota</i> sp.		1					
<i>Diptera</i> Gen. sp.	kahetiivalised						
<i>Dixidae</i> Gen. sp.	kaldasääsklased						1
<i>Eloeophila</i> sp.							
<i>Gnophomyia</i> sp.							

Ladina nimi	Eesti nimi	Ki1	Ki3	Ki4	Ki5	Ki7	Ki8
<i>Ptychoptera</i> sp.	kurdsääsklased						
<i>Simuliidae</i> Gen. sp.	kihulased						
<i>Tabanidae</i> Gen. sp.	parmlased						

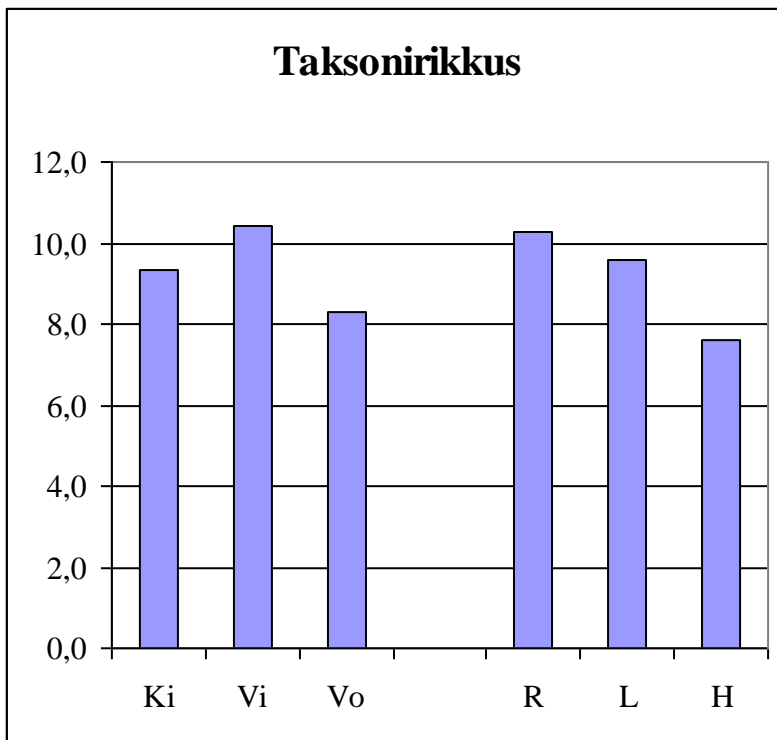
Uuritud kohtade iseloomustus suurselgrootute järgi piirkondade ning allikatüüpide kaupa on tabelis 3 ja joonistel 2-4.

Tabel 3

Isendite arv (Ni), taksonite arv (Nt), taksoni keskmine tundlikkus (ASPT) ning voolukiiruse ja põhja iseloomu indeks (MESH) uuritud kohtades. Allikatüübid: L - limnokreen, R - reokreen, H - helokreen. Ki - Kiigumõisa

Koht	Ni	Nt	ASPT	MESH	Allikatüüp
Ki1	48	9	4,6	2,6	L
Ki3	33	8	4	1,5	L
Ki4	60	7	4,67	2,4	R
Ki5	15	7	4,2	2,4	L
Ki7	33	13	4,4	1,5	L
Ki8	27	12	4,2	1,3	L

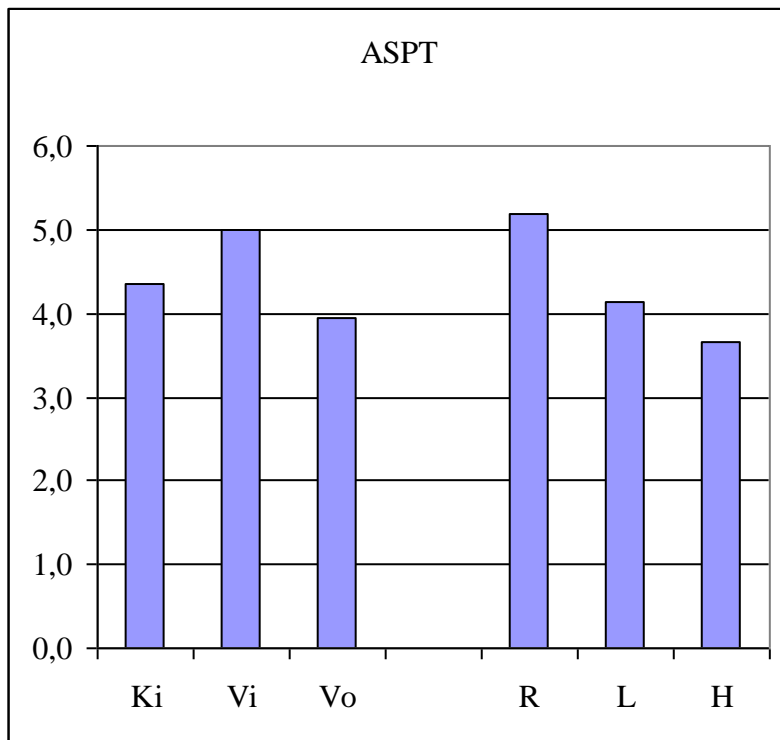




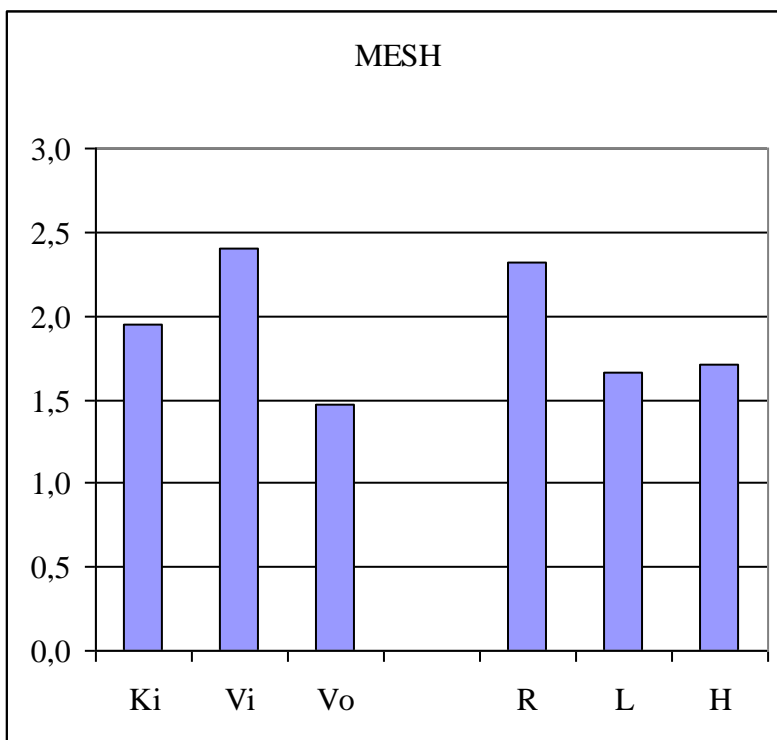
Joonis 2. Keskmine taksonirikkus piirkondade ja allikatüüpide kaupa. Siin ja järgmistel joonistel lühendid nagu tabelis 3

Isendite arvu lähemalt analüüsida pole mõtet, sest tegu oli kvalitatiivsete proovidega. Joonistelt nähtub, et ülejäänud kolme tunnuse keskväärtused järgisid sarnast mustrit. Kõige kõrgemad olid need Viidumäel, millele järgnesid Kiigumõisa ja Vormsi. Kõige rohkem ja kõige tundlikumaid taksonid oli voolavates vetes (reokreenides), mida kinnitas ka samade kohtade MESH-indeksi kõrgeim keskmine väärtus (joonis 4). Nagu tabelist 3 näha, oligi just Viidumäe piirkonnas kõige rohkem reokreene. Taksonirikkuse ja tundlikkuse poolest järgnesid reokreenidele limnokreenid ja helokreenid: s.t. soistes allikates oli keskmiselt kõige vähem ja kõige tundetumaid liike.

MESH keskväärtus osutus helokreenides isegi napilt suuremaks kui limnokreenides, kuid see vahe oli tõenäoliselt ebaoluline. Et hinnata kirjeldatud erinevuste statistilist usaldusväärsust, peaks proovide arv olema oluliselt suurem, kui praeguses töös oli võimalik koguda.



Joonis 3. Taksoni keskmine tundlikkus piirkondade ja allikatüüpide kaupa



Joonis 4. Keskmised hüdro-morfoloogilised tingimused suurselgrootute järgi, piirkondade ja allikatüüpide kaupa

Vaatamata proovide suhteliselt väikesele arvule (kokku 20), oli neid siiski peaaegu sama palju kui varem üldse samalaadilisi proove EMÜ andmebaasis. A. Seire (1975, 1978) kogutud proovid olid praegustest oluliselt teistsuguse eesmärgiga (suunatud peamiselt loomastiku asustustiheduse, biomassi ja eriti surusääsklaste liigilise koosseisu hindamiseks), ja pole praegu enam kättesaadavad. Tulemused sobivad ka seniste teadmistega taksonirikkuse ja taksonite tundlikkuse kohta veekogudes. Vooluveses on nad looduslikult kõrgemad kui seisuveses (Pinnaveekogumite... 2009). See leidis kinnitust ka nüüd: varem väga vähe uuritud väikevetes - allikates.

## Kirjandus

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

Barquin J., Death R.G. 2009. Physical and chemical differences in karst springs of Cantabria, northern Spain: do invertebrate communities correspond? *Aquatic Ecology* 43: 445-455.

Botosaneanu L. (ed.), 1998. *Studies in crenobiology. The biology of springs and springbrooks.* Backhuys Publs, Leiden.

Cantonati M, Gerecke R, Bertuzzi E, 2006. Springs of the Alps - sensitive ecosystems to environmental change: From biodiversity assessments to long-term studies. *Hydrobiologia* 562: 59-96.

Dumnicka E, Galas J, Koperski P., 2007. Benthic invertebrates in karst springs: Does substratum or location define communities? *International Review Of Hydrobiology* 92: 452-464.

Dumnicka E., Galas J., Jatulewicz, I., Karlikowska J., Rzonca B., 2013. From spring sources to springbrook: Changes in environmental characteristics and benthic fauna. *Biologia* 68: 142-149.

Eesti Punane Raamat, 2008. Ohustatud seened, taimed ja loomad: Andmebaas Tartu Ülikooli Loodusmuuseumi juures.

Euroopa Nõukogu direktiiv, 1992. Euroopa Nõukogu direktiiv 92/43/EMÜ looduslike elupaikade ning loodusliku loomastiku ja taimestiku kaitse kohta.

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

Fumetti, S. von, Nagel P., 2012. Discharge variability and its effect on faunistic assemblages in springs. *Freshwater Science* 31: 647-656.

Glazier D. S., 2012. Temperature affects food-chain length and macroinvertebrate species richness in spring ecosystems. *Freshwater Science* 31: 575-585.

Hoffsten P.O., Malmqvist B., 2000. The macroinvertebrate fauna and hydrogeology of springs in central Sweden. *Hydrobiologia*. 436: 91-104.

Ilmonen J., 2009. Benthic macroinvertebrate and bryophyte assemblages in boreal springs: Diversity, spatial patterns and conservation. *Acta Universitatis Ouluensis A, Scientiae Rerum Naturalium* 523.

Ilmonen J., Mykra H., Virtanen R., Paasivirta L., Muotka T., 2012. Responses of spring macroinvertebrate and bryophyte communities to habitat modification: community composition, species richness, and red-listed species. *Freshwater Science* 31: 657-667.

Ilmonen J., Paasivirta L., 2005. Benthic macrocrustacean and insect assemblages in relation to spring habitat characteristics: patterns in abundance and diversity. *Hydrobiologia* 533: 99-113.

Ilmonen J., Paasivirta L., Muotka T., 2006. Changes in spring macroinvertebrate assemblages following catchment-scale restoration: first results. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 29: 1377-1382.

Ilmonen J., Paasivirta L., Virtanen R., Muotka T., 2009. Regional and local drivers of macroinvertebrate assemblages in boreal springs. *Journal of Biogeography* 36: 822-834.

Ilmonen J., Virtanen R., Paasivirta L., Muotka T., 2013. Detecting restoration impacts in inter-connected habitats: Spring invertebrate communities in a restored wetland. *Ecological Indicators* 30: 165-169.

Kroupalova V., Bojkova J., Schenkova J., Paril P., Horsak M., 2011. Small-Scale Distribution of Aquatic Macroinvertebrates in Two Spring Fens with Different Groundwater Chemistry. *International Review of Hydrobiology* 96: 235-256.

Kubikova L., Simon O. P., Ticha K., Douda K., Maciak M., Bily M., 2012. The influence of mesoscale habitat conditions on the macroinvertebrate composition of springs in a geologically homogeneous area. *Freshwater Science* 31: 668-679.

Lindegaard C., 1995. Chironomidae (Diptera) of European cold springs and factors influencing their distribution. *J. Kansas Entomol. Soc. Suppl.* 68: 108-131.

Looduskaitseeadus, 2004. Riigi Teataja I, 38, 258.

Maiolini B., Silveri L., 2010. EPT species distribution in 108 Alpine springs in Trentino (Italy). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 30: 1639-1642.

Marziali L., Lencioni V., Rossaro B. 2010. The chironomids (Diptera: Chironomidae) from 108 Italian Alpine springs. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 30: 1467-1470.

Martin P., Brunke M., 2012. Faunal typology of lowland springs in northern Germany. *Freshwater Science* 31: 542-562.

McCabe D.J., Sykora J.L., 2000. Community structure of caddisflies along a temperate springbrook. *Archiv fur Hydrobiologie.* 148:263-282.

Mori N., Brancelj A., 2006. Macroinvertebrate communities of karst springs of two river catchments in the Southern Limestone Alps (the Julian Alps, NW Slovenia). *Aquatic Ecology* 40: 69-83.

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

Seire A., 1975. Pandivere allikatest ja nende põhjaelustikust. Tartu Riiklik Ülikool, zoologia kateeder. Diplomitöö.

Seire A., 1978. On the Chironomidae fauna of the Pandivere springs. *Hydrobiological Researches (Tartu) VII*: 58-70 (vene k.).

Staudacher K., Füreder L., 2007. Habitat complexity and invertebrates in selected alpine springs (Schutt, Carinthia, Austria). *International Review of Hydrobiology* 92: 465-479.

Zollhöfer J.M., Brunke M., Gonser T., 2000. A typology of springs in Switzerland by integrating habitat variables and fauna. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 121: 349-376.

Timm T., Järvekülg A., 1975. Eesti allikad ekstreemse elupaigana ja nende kaitse. Eesti loodusharulduste kaitseks. Tallinn, 76-89.

Verdonschot P.F.M., Schot J.A., 1987. Macrofaunal community-types in helocrene springs. *Res. Inst. for Nature Manag., Annual Report 1986*. Arnhem, Leersum and Texel, 85-103.

Virtanen R., Ilmonen J., Paasivirta L., Muotka T., 2009. Community concordance between bryophyte and insect assemblages in boreal springs: a broad-scale study in isolated habitats. *Freshwater Biol.* 54: 1651-1662.

Wood, P.J., Gunn, J., Smith, H., Abas-Kutty, A., 2005. Flow permanence and macroinvertebrate community diversity within groundwater dominated headwater streams and springs. *Hydrobiologia* 545: 55-64.






## Kalastik

























































































### Metoodika.

Elektripüügid toimusid 20.11.2014 seljaskantava alalisvoolul töötava elektripüügi agregaadiga. Allikalehtrites (sh –tiikides) toimus püük üldjuhul kaldalt kasutades vajadusel teleskoopkahva. Laiade ja raskemini läbipüütavate allikaojade ning –kraavide puhul, samuti nende suubumiskohtades (jõgi või järv) teostati püüke kahlates. Püügilõikudes määrati kalade liigiline kuuluvus, pikkus ja arvukus.

### Tulemused.

Kiigumõisa allikate piirkonnas tabati kokku 4 kalaliiki: luukarits, lepamaim, jõeforell ja haug. Valdavalt olid allikalehtrid (sh –tiigid) kaladega asustatud, vaid üksikutes lehtrites kalu ei tabatud. Allikalehtrites, samuti lehtritevahelistes ojades ja kraavides leidis 2 kalaliiki: luukaritsat ja lepamaimu. Lehtreid ja Jägala jõge ühendavates kraavides või ojades leidis lisaks luukaritsale ja lepamaimule vähearvukalt ka jõeforelli ja haugi. Peajões tabati kõiki nimetatud kalaliike.

Tabel 1. Kalaliikide arvukus Kiigumõisa allikate erinevates püügilõikudes. A- allikalehter, B- lehtritevaheline kraav või oja, C- lehteri ja peajõe vaheline kraav või oja, D- peajõgi.  - ei tabatud ühtegi isendit;  - tabati 1-3 is.;  - tabati 4-10 is.;  - tabati 11-100 is.;  - tabati üle 100 is.

Püügilõigu tüüp	Luukarits	Lepamaim	Jõeforell	Haug
A				
A				
A				
A				
A				
A				
A				
A				
A				
A				
B				
B				
B				
B				
C				
C				
C				
C				
C				
C				
C-D				
D				

Allikad ja neist lähtuvad ojad ja kraavid pakuvad väikeste kehamõõmetega kaladele (luukarits, lepamaim) võrdlemisi soodsaid talvitumistingimusi. Püüke viidi läbi talvitumisperioodi alguses, siis võis täheldada kalade peitumist allikalätetes olevate pinnamoodustiste ja roigaste varju, samuti allikatesse ja allikaojadesse (-kraavidesse) langenud puulehtede ning taimestiku vahele. Kalastiku poolest eristus teistest allikalehtritest oluliselt Kiigumõisa üks tõusuallikalehtritest, kus kalade (lepamaimude) arvukus oli iseäranis kõrge (ca 500 isendit) ja paiknemine valdavalt mittepeiduline. Röövkalu (forell, haug, ahven) allikalehtrites ei tabatud, küll aga neist allavoolu. Pääs peajõesse on röövkaladel raskendatud kraavide väikeste mõõtmete tõttu. Potentsiaalselt võiks sellised kalarohked allikalehtrid olla talvel toitumisalaks näiteks jäälinnule.



Lepamaim ja luukarits, Kiigumõisa allikad



Haug, Kiigumõisa allikad



Jõeforell, Kiigumõisa allikad



Lepamaimud Kiigumõisa allikas





Kiigumõisa allikad, november 2014



Kiigumõisa allikad, november 2014