

Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledž

Keskkonnakaitse õppetool

**HÜDROMETEOROLOOGILISTE TEGURITE MÕJU
ÜLEUJUTUSVEE ELEKTRIJUHTIVUSE
DÜNAAMIKALE MATSALU MÄRGALAL**

Magistritöö tööstusökoloogia erialal

Kaisi Kalma

Juhendaja: PhD Mari Ivask

Tartu 2016

Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev magistritöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli magistrikraadi taotlemiseks ja et selle alusel ei ole varem taotletud akadeemilist kraadi.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

.....

Kuupäev

.....

Allkiri

Sisukord

Kasutatud mõistete seletus	4
Sissejuhatus	5
1 Üleujutusvee elektrijuhtivus Matsalu märgalal	7
1.1 Matsalu märgala kirjeldus.....	7
1.2 Elektrijuhtivus ja soolsus	11
2 Materjal ja meetodika	13
2.1 TTÜ Tartu Kolledži poolt paigaldatud veemõõdukaevud	13
2.2 Hüdrometeoroloogilised andmed	14
2.3 Meetodid – elektrijuhtivuse mõõtmine Matsalus 2013-2015, andmetöötlus.....	15
3 Tulemused.....	18
3.1 Üleujutusala hüdrooloogilised ja meteoroloogilised tingimused.....	18
3.2 Üleujutusvee elektrijuhtivuse dünaamika 2013-2015	20
3.3 Vee elektrijuhtivust mõjutavad tegurid.....	24
3.3.1 Üleujutusvee elektrijuhtivuse seos veetemperatuuri ja –tasemega mõõdupunktide kaupa	24
3.3.2 Üleujutusvee elektrijuhtivuse seos veetasemega Kasari hüdromeetriaajas ja Virtsu rannikujaamas.....	25
3.3.3 Üleujutusvee elektrijuhtivuse seos kliimatingimustega.....	28
4 Arutelu	37
Kokkuvõte	42
Summary	44

Tänuõnad	46
Kasutatud kirjandus	47
LISA 1 Mõõteseadmete koordinaadid	

Kasutatud mõistete seletus

Alluviaalne – jõesetetest tekkinud või pärinev (Eesti Keele Instituut, 2009).

Moreenrand – laugenõlvaline kulutusrand, mis on kujunenud erineva suurusega kivimmaterjalist (Orviku, 1993).

Möllirand – peeneteralistest setetest moodustunud väga lauge kuhjerand, mis kaldub kinni kasvama (Orviku, 1993).

Oligohaliinne – looduslike veekogude vesi, mille soolsus on 0,5-5 ‰ (Eesti Keele Instituut, 2009).

Homotermia – situatsioon, kus vee kihistus puudub ja kogu veekiht on täielikult segunenud (Timm, 1991).

Tiitrimine – Meetod ainete, ionide või elementide sisalduse määramiseks, mis põhineb analüüdi (tiitritav aine) reaktsioonil ainega, mille kontsentratsioon on täpselt teada (titrant) (Tamm ja Timotheus, 2013).

Sissejuhatus

Matsalu laht on keerulise hüdroloogilise režiimiga veekogu, kus toimub läänest lahte tungiva Väinamere riimvee ja idast saabuvate jõgede mageda vee segunemine (Simm, 1984). Kogu vaadeldav piirkond (Kasari jõe(-stiku) alamjooks, delta ja Matsalu laht) jääb Matsalu Rahvuspargi piiridesse. Lisaks toimuvad sellel territooriumil perioodilised üleujutused, mis kannavad luhtadele orgaanilisi ja mineraalseid setteid (Palo, 1996; Paal *et al.*, 1999). Üleujutatavad niidud on maismaaselgrootute jaoks keeruline elupaik ja ellujäämise seisukohalt on neile oluline üle elada kõrgvee periood. Üleujutuse kestus ja vee kõrgeenenud soolsus on negatiivse mõjuga enamusele mullaelustiku rühmadele (Ivask, 2016).

Käesolev töö on jätk ETF Grandiprojekt 9145 raames läbiviidud suuremale uurimusele „Mullaelustiku ruumiline jaotus ja koosluste üleujutusejärgne taastumine Matsalu Rahvuspargi lammi- ja rannaniitudel“ (2012-2015), mille käigus uuriti mullaelustiku ruumilise jaotuse ning üleujutuse dünaamika seost Matsalu Rahvuspargi kõrgusmudeliga, selgitati kuidas toimub niitude koloniseerimine pärast üleujutuse lõppemist erinevate loomarühmade poolt, ja leiti millised maastikuelemendid niitudel ja naaberaladel toimivad refuugiumidena mullaelustikurühmade jaoks.

Käesoleva töö esimeses peatükis („Kirjanduse ülevaade“) kirjeldatakse Matsalu üleujutusala ja sealset kliimat ning seletatakse lahti mõisted elektrijuhtivus ja soolsus. Teises peatükis („Materjal ja meetodika“) kirjeldatakse käesoleva töö käigus kasutatud andemete kogumist ja algandmete töötlemise meetodeid. Kolmandas peatükis („Tulemused“) kirjeldatakse käesoleva töö tulemusi. Neljandas peatükis („Arutelu“) analüüsitakse, kuidas mõjutavad erinevad hüdrometeoroloogilised tegurid elektrijuhtivust.

Käesoleva töö eesmärgid on:

- välja selgitada Matsalu üleujutusala elektrijuhtivuse dünaamika aastatel 2013 kuni 2015;
- välja selgitada, missugused hüdrometeoroloogilised tegurid mõjutavad üleujutusvee elektrijuhtivust üleujutusala erinevates piirkondades.

Töö autor püstitas järgmised hüpoteesid:

- hüdrometeoroloogilised tegurid (veetase, veetemperatuur, sademed, õhutemperatuur, tuule kiirus ja suund) mõjutavad mõõdupunktide vee elektrijuhtivust;
- mõõdupunktide vee elektrijuhtivus sõltub mõõdupunkti asukohast Väinamere ja Kasari jõe suhtes.

1 Üleujutusvee elektrijuhtivus Matsalu märgalal

1.1 Matsalu märgala kirjeldus

Matsalu laht on Läänemere laht Eesti läänerannikul, mille pindala on 67 km². Lahe pikkus on 16 km ja laius 4 kuni 6 kilomeetrit. Rannajoone pikkus lahes on 165 km. Matsalu lahe sügavus on keskmiselt 1,5 m, suurim sügavus lahe suudmes on 3,5 m, lahe idaosa sügavus on enamasti alla meetri. Lahe mahutavus on 0,104 km³ (Kumari, 1985; Meriste, 2005). Matsalu laht koos roostiku ja Kasari jõe alamjooksuga paiknevad Lääne-Eesti madalikul Matsalu/Kasari orundis, mille keskmeks on ida suunas väga laugelt tõusev orund, kus maapinna tõus on keskmiselt 0,25 m/km kohta (Meriste, 2005).

Matsalu lahe hüdrooloogilised iseärasused on tingitud lahe madalusest, vee vahetusest Väinamere avaosaga ja Kasari jõe vete juurdevoolust. Matsalu lahes on selge veetaseme kõikumine sõltuvalt aastaegadest. Kevadel (märts kuni mai) on veetaseme miinimum ja maksimum on sügisel (september kuni november). Veetase lahes võib kõikuda kuni 2,5 meetri ulatuses. Matsalu lahe aastane sissevool Kasari jõest on 865 miljonit m³, mis ületab lahe mahu kaheksa korda (Kumari, 1985).

Matsalu laht on keerulise hüdrooloogilise režiimiga veekogu, kus toimub läänest lahte tungiva Väinamere kloriidse riimvee ja idast saabuvate jõgede mageda vesinikkarbonaatse vee segunemine. Kuna laht on suhteliselt pikk ning kitsas ja merele vähe avatud, toimub nende vete segunemine suvise vee madalseisu korral aeglaselt ja lahe piires ebaühtlaselt. Soolsuse poolest erineb vesi lahe lääne- ja idaosas tunduvalt. Lahe lääneosa vesi ei erine Läänemere vee soolsuse ja ionkoostise poolest üldse või erineb õige vähe. Läänest itta liikudes väheneb vee soolsus pidevalt ja vesi muutub oligohaliinseks. Siinjuures püsib vee soolsus kogu läänepoolses lahe osas kuni lahe saarterikka aheneva osani suvel enamasti 4-5 ‰ piires. Kogu selle lahe osa ionkoostises prevaleerivad kloriidid (Eipre ja Pärn, 1982). Saarestikust ida suunas hakkab vee soolsus järsult vähenema. Lahe madal idaosa on tugevasti mõjutatud siia suubuvatest jõgedest ja seetõttu on lahe vesi seal suvel koguni mäge. Vee soolsus on 0,3-0,6 ‰. Ioonkoostises on kloriidide osatähtsus väike, domineerivad vesinikkarbonaadid. Vee soolsus lahe idaosas oleneb suurel määral valitsevatest hüdrometeoroloogilistest tingimustest: tuule suunast, veeseisust lahes ning suubuvates jõgedes (Simm, 1984).

Matsalu Rahvusparki üleujutusalasid mõjutab tugevasti paljude lisa- ja harujõgedega Kasari jõgi. Kasari on Väinamere vesikonna pikim (112 km) ja suurima valgala (3210 km²) jõgi (Järvekülg, 2001; Meriste, 2005). Ligikaudu 10 km enne suubumist Matsalu lahte hargneb ta rohketeks lisajõgedeks ja suudmeharudeks (Kumari, 1985). Kasari harujõgede (Rõude jõgi ja Aruoja) ja Rannamõisa jõe suudmetesse on setete ja muude takistuste kandmise tõttu tekkinud uued harujõed (Meriste, 2003). Igal kevadel 2000. aastate alguseni puhastati Matsalu Rahvusparki administratsiooni eestvedamisel Kasari jõe peaharu suuet, kuid ummistuste kasvades sellest tegevusest loobuti. Tagajärjeks oli Kasari jõe peaharu suudme roostumine. Kasari jõe peaharu väga suurte (500-750 m³/s) kevadiste vee vooluhulkade tõttu tekivad ilmselt väljavoolukanali asemele uued looduslikud jõeharud, sarnaselt Rõude ja Rannamõisa jõgede suudmealal toimunule (Jairus, 2014; Kilki, 2015).

Kasari jõe alamjooksu keskmine vooluhulk on 23-28 m³/s, maksimaalne 500-750 m³/s ja minimaalne 0,8-1,0 m³/s (Meriste, 2005). Kasari jõgi on põuaperioodil veerikas, kuna jõgikonna pinnakate soodustab maapinnale avanevate karsti- ja tektooniliste riketega pinnavee laskumist põhjaveekihti. Edasi liigub vesi Kasari madalikku katvate savide alla, mis põhjustab suuri arteesiabasseine Kasari ja Vigala (üks Kasari lisajõgedest) ülemjooksudel (Kumari, 1985). Kui palju vett satub üleujutatavatele luhtadele oleneb vooluhulgast, kevadel vähem, kuid suvel rohkem. Kevadise suurvee ajal üleujutuse tekkimise kriitiliseks vooluhulgaks on arvatud 18 m³/s ning suvisel üleujutusel 16-20 m³/s. Arvesse on võetud, et kevadel ei ole kanalid veel rohtunud ja vesi suudab kanalite suudmeist välja voolata. Suvel mõjutab üleujutust tuulte suund, mis kas tõstab (16 m³/s) või langetab merevee taset (20 m³/s) (Meriste, 2005; Kilki, 2015).

Kasari jõgi ja selle lisajõed kannavad orgaanilisi ja anorgaanilisi ühendeid üleujutusosaladele ning Matsalu lahte, olles Matsalu luhaniitude ja Kasari jõe delta peamised orgaanilise ainega varustajad. Kasari delta ongi tekkinud jõe poolt kaasa toodud setetest, mis kombineerituna maakerkeprotsessiga liigutavad Matsalu looduskooslusi pidevalt lääne poole põhjustades lahe maismaastumist (tänapäeval küll üha aeglasema kiirusega) (Kumari, 1985; Meriste, 2003; Meriste *et al.*, 2005; Kilki, 2015).

Lääneranniku mereline kliima avaldub eelkõige talvises kõrgemas õhutemperatuuris olles 2°C võrra kõrgem kui Ida-Eestis, suvine temperatuur on aga ainult vähe madalam, kui Ida- ja Kagu-Eestis. Tavaliselt on aasta kõige külmem kuu veebruar keskmise temperatuuriga -5,5°C ja kõige soojem kuu juuli keskmise temperatuuriga 17 °C. Sügiselt talvele üleminek toimub

aeglaselt. Sellel perioodil esineb lühiajaliselt külma ja võib sadada lund. Esimesed öökülmad rannikul on oktoobri algul. Püsivam külm saabub detsembri teisel poolel ja kestab märtsi alguseni, kestvusega umbes 75 päeva. Alla 0°C langeb ööpäeva keskmine õhutemperatuur detsembri algul ja öökülmad lõpevad mai keskpaiku. Seega, pikaajaliste vaatluste põhjal aastatest 1881 kuni 1960 on külmavaba perioodi kestvus Läänerannikul ja saartel maapinnal 145 kuni 150 päeva (Eipre ja Pärn, 1982).

Sademete aastane hulk rannikul on 620-700 mm. Miinimum märtsis-aprillis (30-40 mm), maksimum augustis (80-90 mm). 62-64% sademete hulgast langeb maha aprillist oktoobrini. Kõige enam sajupäevi on novembrist kuni jaanuarini – 16 kuni 18 päeva kuus ja kõige vähem mais- juunis keskmiselt 10 päeva kuus, aastas kokku keskmiselt 155-170 (Eipre ja Pärn, 1982).

Eesti territooriumil puhuvad seoses üldiste õhuvooludega kogu aasta (eriti aga talvel ja sügisel) valdavalt edela- ja lõunatuuled. Kevadel sagenevad ka põhja- ja läänetuuled ning suvekuudel on ülekaalus edela-, lääne- ja loodetuuled. Aasta keskmine tuule kiirus on rannikul ja saartel 5,0-5,5 m/s. Kõige suurem on tuule kiirus oktoobrist jaanuarini, ulatudes 6,5 m/s, kevadel ja suvel püsib kiirus 5 m/s piires. Tugevat tuult kiirusega 15 m/s või rohkem esineb rannikul ja saartel kõige sagedamini oktoobris ja novembris (keskmiselt neli päeva kuus), aastas kokku umbes 25-30 päeva. Kõige sagedamini puhuvad rannikul tugevad tuuled loodest, seejärel põhjast ja edelast ning kõige harvemini kirdest, idast ja kagust (Eipre ja Pärn, 1982).

Veetemperatuuri mõõtmisi on Matsalu lahel teostatud ebakorrapäraselt, seetõttu saab temperatuurirežiimi iseloomustada lähimate vaatluspunktide, peamiselt Haapsalu andmeil. Mõlema avamerest isoleeritud madala lahe veetemperatuuri kujundavad samad tegurid. Kuna Matsalu laht on madalaveeline mereosa, siis iseloomustavad seda kõrge suvine temperatuur ja pikk miinustemperatuuride periood. Veetemperatuuri aastane käik on tüüpiline mandrilisele ja madalale veekogule. Avamerel tõuseb veetemperatuur kõige kõrgemale augustis, kuid Mandri-Eesti lahtedes on vesi kõige soojem juulis, üheaegselt õhutemperatuuri maksimumiga. Umbes 95 päeva aastas – juuni algusest septembri alguseni püsib veetemperatuur 15°C – st kõrgemal. Juulikuu keskmine veetemperatuur on Matsalus peaaegu 20°C. Kuna laht on madal siis soojeneb või jahtub vesi kiiresti põhjani. Matsalu lahes ei esine suvel järske veetemperatuuri langusi, kuna piirnevates Väinamere osades valitseb homotermia. Õhutemperatuuri langedes aga jahtub vesi kiiresti ja külmade saabudes tekib lahesoppidesse

kohe jää. Sõltuvalt soolsusest on Matsalu lahe vee külmumistemperatuur -0,3 kuni 0°C. Veetemperatuur püsib kogu talve -0,1 kuni -0,2°C piires (Eipre ja Pärn, 1985).

Pika jääperioodi Matsalu lahes tingivad madalus, eraldatus soojemast avamerest ja sügav ulatumine mandrissse. Jää hakkab Matsalu lahel tekkima novembri teisel poolel ja külmade püsides kattub kogu laht jääga võrdlemisi kiiresti, esmalt jäätuvad roostikud. Keskmiselt on jääd Matsalu lahes 140 päeva. Pikk jääperiood tingib paksu jääkatte, kusjuures väga külmadel talvedel võib lahe madal idaosa kohati põhjani läbi külmuda. Harilikult ulatub jää paksus märtsi lõpuks 40-50 cm-ni. Jää lagunemine algab aprilli esimesel poolel. Lahe äärmises idaosas kiirendab jää sulamist mereveest soojem Kasari suurvesi. Talve karmusest sõltuvalt võib esineda keskmisest üsna suuri kõrvalekaldeid (Kumari, 1985).

Kogu vaadeldav piirkond (Kasari jõe(-stiku) alamjooks, delta ja Matsalu laht) jääb Matsalu Rahvuspargi piiridesse. Sellel alal kaitstakse Lääne-Eestile iseloomulikke looduslikke ja poollooduslikke märgalasid, seal elavaid looma- ja kasvavaid taimeliike ning Lääne-Eestile iseloomulikku pärandkultuuri. Matsalu Rahvuspark kanti 1976. aastal Ramsari rahvusvahelise tähtsusega märgalade nimekirja (Ramsar, 2015). Alates 2004.a kannab ala rahvuspargi nime. Pindala on 48 610 ha. Matsalu Rahvuspark kuulub Euroopa tähtsaimate linnualade hulka, olles tähtis pesitsus-, puhke- ja toiteala paljudele veelindudele, kus on loendatud ühtekokku 283 linnuliiki ja 780 taimeliiki, sealhulgas enam kui 20 liiki orhideesid (Keskkonnaamet, 2016).

Üleujutused Matsalu Rahvuspargis mõjutavad rannaniitusid, mis on tekkinud neotektoonilise maakerke tulemusel merepinnast kõrgemale tõusnud merepõhjast (Palo, 1996; Paal *et al.*, 1999; Meriste, 2003), luhaniitusid, madalrandu (moreen- ja möllirand) ning roostikke (Kumari, 1985, 1997; Meriste, 2005). Mere alt vabanenud ala katavad esialgu pioneerkooslused ning hiljem arenevad soolalembesed taimekooslused, mis taluvad tormilainete üleujutust. Kohati ulatuvad rannaniidud merelisest mõjust ka kaugemale sisemaale, kus järk-järgult lähevad üle aru- või looniitudeks, mida mõnikord loetakse rannaniitude hulka, kuigi nad on klassifitseeritavad rannikuniitudena. Luhaniidud on tekkinud Kasari jõe laugesse orundisse kuhjunud alluviaalsetest setetest või lammimetsade raadamise järel karjatamise ja niitmise tulemusel (Palo, 1996; Luhamaa *et al.*, 2001). Perioodilise suurveega kantakse pidevalt luhale orgaanilisi ja mineraalseid setteid (Palo, 1996; Paal *et al.*, 1999). Matsalu luhaniidud algavad Kasari maanteevõllist juurest, olles seal 1,3 km laiad ja

ulatuvad mööda jõeorgu kuni roostikupiirini rannikul 8 km laiuselt (Meriste, 2005; Kilki, 2015).

Ranna- ja luhaniitude põhilisteks taimeliikideks on tarnad ja teised soiste niitude taimed. Kinni kasvamise ära hoidmiseks on vajalik regulaarne ülejutus, heina niitmine ja karjatamine üheskoos. Võrreldes 1930. aastatega on karjatamine ja heina niitmine vähenenud ja sellega seoses on toimunud ranna- ja luhaniitude suksessioon võsa ning roostiku suunal (Kumari, 1997; Lotman 1997). Ranna- ja luhaniidud on inimtekkelised kooslused, roostikud aga on Matsalu ülejutusosaladele omane looduslik kooslus. Roostikud asuvad enamasti Matsalu lahe idaosas aga paiguti ka mujal rannikul ning Kasari jõe deltas. Roostikes kasvavad taimeliigid on harilik pilliroog, järvekaisel ja ahtalehine hundinui (Kumari, 1997; Kilki, 2015).

1.2 Elektri juhtivus ja soolsus

Aine võimet juhtida elektrivoolu nimetatakse elektri juhtivuseks ning ta iseloomustab vabade laengukandjate liikuvust elektrivälja mõjul. Elektri juhtivus on elektritakistuse pöördväärtus ning see on kindla ainemahu elektri juhtivus, mida mõõdetakse siimens meetri kohta (S/m) või üks mikrosiimens sentimeetri kohta ($\mu\text{S/cm}$). Elektrit juhtivad ioonid vees pärinevad lahustunud sooladest ja anorgaanilisest materjalist nagu alküülid-, kloriidi-, sulfaadi- ja kloriidiühenditest. Deioniseeritud vee juhtivus on alla ühe, destilleeritud veel alla kümne, joogiveel 100 – 500, mageveel 100-2000 ja mereveel 55000 $\mu\text{S/cm}$ (Plakk, 2005; Kemker, 2016).

Elektri juhtivust mõjutab temperatuur. Kui vee temperatuur suureneb 1°C võrra suureneb elektri juhtivus 2-4%. Temperatuur mõjutab ionide liikuvust ja paljude soolade ja mineraalide lahustuvust vees. Selline protsess toimub näiteks veekogus, kus vesi päeval päikese mõjul soojeneb (elektri juhtivus suureneb) ja öösel jahtub (elektri juhtivus väheneb) (Kemker, 2016).

Soolsuseks nimetatakse vees lahustunud mineraalide hulka (TDS- total dissolved solids). Madala soolsuse juures kasutatakse ka mõistet mineraalsus. Soolsust võib mõõta ja väljendada mitmel moel. Klassikaline väljendusviis on mg/l kuid kasutatakse ka väljendust g/kg ehk promille (‰) (Stewart, 2008).

Algselt mõõdeti soolsust kloriidide tiitrimise teel. Seoses mõõtetehnika arenguga, samuti ioonkoostise varieeruvuse tõttu, mindi 1970-ndatel UNESCO ekspertide ettepanekul üle

praktilisele soolsuse skaalale (dimensioonitu ühik PSU), kus mõõdetakse merevee elektrijuhtivust, temperatuuri ja rõhku ning soolsus määratakse nende põhjal vastava algoritmi abil. Praktilise soolsuse ühik (PSU – Practical Salinity Unit) on saadud standardse kaaliumkloriidi (KCl) vesilahuse ja vaadeldava mereveeproovi elektrijuhtivuse erinevuse suhtesest. Kuna tegemist on seosega, siis ühikuid soovitatavalt ei kasutata, vaid märgitakse näiteks S=35. Standardse ionkoostisega merevesi, milles on 35 grammi soolasid ühe liitri vee kohta, annab 35 praktilise soolsuse ühikut (Stewart, 2008).

On leitud ligikaudsed empiirilised seosed vesilahuste TDS ja elektrijuhtivuse (EC, Electrical Conductivity) vahel kujul $TDS(\text{mg/l}) = EC(\mu\text{S/cm}) * 0,64$ (Kemker, 2016).

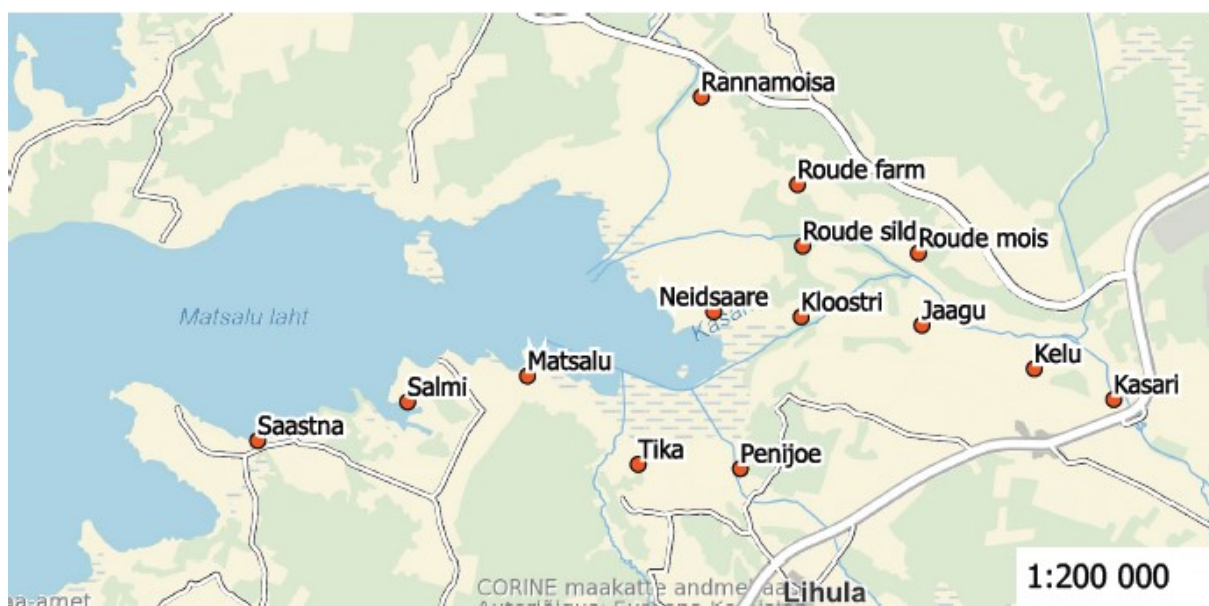
Vee muudavad soolaseks paljud erinevad soolad. Ligikaudu 85% ionidest merevees moodustavad naatriumi- ja klooriioonid. Lisaks leidub merevees veel sulfaate, magneesiumi-, kaltsiumi-, kaaliumi- ja teiste elementide ioone. Paljud neist ionidest esinevad ka mageveekogudes, kuid palju väiksemates kogustes. Magevee ionide koostis sõltub ümbritsevast keskkonnast. Magevees on suurim osakaal vesinikkarbonaatidel (Kemker, 2016).

2 Materjal ja metoodika

Prooviala kirjeldus ja andmete kogumine on varasemalt kirjeldatud Siim Kilki magistritöös „Matsalu märgala üleujutusmudel ja selle võimalike rakenduste analüüs.“ Siim Kilki magistritöö oli osa suuremast uurimusest ETF Grandiprojekt 9145 „Mullaelustiku ruumiline jaotus ja koosluste üleujutusejärgne taastumine Matsalu Rahvuspargi lammi- ja rannaniitudel“ (2012-2015). Käesoleva töö läbiviimiseks kasutatakse samuti ETF Grandiprojekti 9145 raames paigaldatud mõõteseadmete andmeid nagu üleujutuse sügavus, veetemperatuur ja elektrijuhtivus. Lisaks kasutatakse Keskkonnaagentuurist saadud andmeid.

2.1 TTÜ Tartu Kolledži poolt paigaldatud veemõõdukaevud

Geoloog Mats Meriste poolt läbiviidud kõrgusandmete analüüsi tulemuste alusel määrati proovialade ja mõõtesensorite asukohad Matsalu Rahvuspargi ranna- ja luhaniitudel. Erinevatesse asukohtadesse (vt joonis 1) paigaldati 14 automaatsensoriga mõõteseadet Solnist Levelloger Junior 3001 (tootja Solnist Canada Ltd.).



Joonis 1. Mõõteseadmete asukohad (Maa-amet, 2015; Kilki, 2015)

Üleujutuse sügavuse mõõtmisel kasutatud mõõteseadmete koordinaadid on mõõdetud globaalse asukohamääramissüsteemi (GPS – ingl k *Global Positioning System*) kasutava seadmega GARMIN GPSmap 62s ning saadud koordinaadid (Lisa 1) on WGS84 standardi kujul pikkus- ja laiuskraad (näiteks 23.792567 ja 58.80778587). GPS-i toimimise analüüsi

raporti (WAAS T&E Team, 2015) järgi on GPS-i globaalne horisontaalne täpsus kuni 3,247 m (95%).

Mõõteseadmed paigaldati roostevabast terasest traadi abil maapinnast ühe meetri sügavusele kaanega kaetud PVC-torusse (välisläbimõõt 50 mm, seinapaksus 2 mm, siseläbimõõt 46 mm) nii, et mõõtesensor on maapinnast 95 cm sügavusel. Saastna mõõteseade sensor asub geoloogiliste tingimuste tõttu (maapinna lähedal asuv Siluri lubjakivilasund) 45 cm sügavusel. Puuraugud pikkusega on 1500 mm puuriti mõõteseadmete paigaldamiseks bensiinimootoriga 1500-millimeetrit pika 80 mm läbimõõduga pinnasepuuriga.

Mõõteseadmed mõõdavad veetaset, veetemperatuuri ja vee elektrijuhtivust, intervalliga 1 tund, välja arvatud Jaagu ja Penijõe mõõteseade, mis mõõtsid nimetatud näitajaid 5-tunnise intervalliga ajavahemikus 24.11.2012 kuni 17.07.2013. Andmeid koguti kolmes ajavahemikus – 24.11.2012 kuni 17.07.2013 ja 19.09.2013 kuni 20.08.2014 ning 22.08.2014 kuni 10.09.2015. Üks andmerida koosneb viiest parameetrist – kuupäev, kellaeg, veetase (meetrites), vee temperatuur (°C), elektrijuhtivus ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Mõõteseadmete täpsus on $\pm 0,1\%$ mõõtetulemusest (Solnist, 2012). Käesoleva töö käigus kasutati ajavahemikul 1.01.2013 kuni 30.06.2015 kogutud andmeid. Andmeid oli kokku 20 296 rida. Perioodidel, mil veetase oli veemõõdukaevus elektrijuhtivuse mõõtmiseks liiga madal ja mõõteseade registreeris null-elektrijuhtivuse, jäeti andmed andmeridadest välja.

2.2 Hüdrometeoroloogilised andmed

Seoste leidmiseks kliimatingimustega (õhutemperatuur, sademete hulk, tuule kiirus ja suund) ning Kasari veetaseme ja Väinamere veetasemega küsiti andmeid Keskkonnaagentuurist. Proovialale kõige lähimad vaatlusjaamad on Virtsu rannikujaam (koordinaadid: laius: N 58°34'29'', pikkus: E 23°30'37'') ning Kasari hüdromeetriaajaam (koordinaadid: laius: N 58°43'35'', pikkus: E 23°59'49''). Keskkonnaagentuurist saadud andmed vastavate sammudega on esitatud tabelis 1. Andmeperiood on 1. jaanuar 2013 kuni 30. juuni 2015. Veetaseme andmed on väljendatud Balti süsteemis (BS), mis on veetaseme absoluutne kõrgus Läänemere veetaseme suhtes. Kasari null kõrgus on 2,65 m BS. Kasari igapäevast sademete summat mõõdetakse ainult soojal aastaajal.

Tabel 1. Keskkonnaagentuurist saadud andmed ja neile vastavate aja sammudega.

Virtsu rannikujaam	Kasari hüdroomeetriaajaam	samm
merevee tase H (cm)	veetase H (cm)	ööpäev
tuule suund (°) ja kiirus (m/s)	õhutemperatuur (°C)	tund
sademete summa (mm)	sademete summa (mm)	ööpäev

2.3 Meetodid – elektrijuhtivuse mõõtmine Matsalus 2013-2015, andmetöötlus

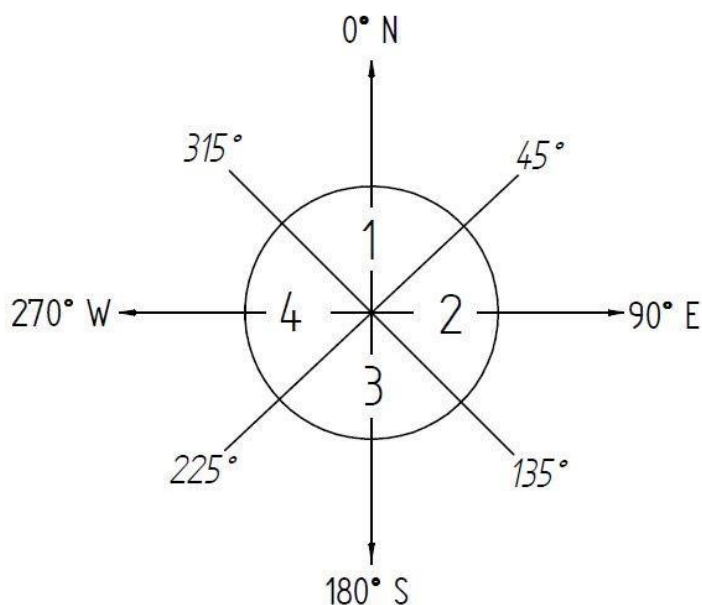
Elektrijuhtivuse täpseks hindamiseks kalibreeriti mõõteseadmed 07.12.2012 kolmes erinevas naatriumkloriidilahuses (elektrijuhtivusega 1413 $\mu\text{S/cm}$, 5000 $\mu\text{S/cm}$ ja 12 880 $\mu\text{S/cm}$). Destilleeritud vee puudumisel loputamiseks, kalibreeriti pärast esimest mõõteperioodi mõõteseadmed 18.09.2013 ainult lahuses, mille elektrijuhtivus oli 5000 $\mu\text{S/cm}$. Teise mõõteperioodi lõpus 20.08.2014 puhastati mõõteseadmed destilleeritud vees ja kalibreeriti kahes lahuses – esiteks lahusega, mille elektrijuhtivus oli 1413 $\mu\text{S/cm}$, ja teiseks lahusega, mille elektrijuhtivus oli 12 880 $\mu\text{S/cm}$. Enne kalibreerimist laeti mõõteseadmete kogutud andmed arvutisse ja sünkroniseeriti mõõteseadmete kellaeg arvuti kellaajaga. Uue mõõteperioodi algusaeg määrati kõigil mõõteseadmetel ühesugune (sama kellaeg ja kuupäev). Mõõteperioodi algusaeg määrati mõõteseadmete maha panemise päevale järgneval päeval, et mõõteseadmete sensorid ühtlustuksid keskkonnatingimustega.

Andmete paremaks töötlemiseks rühmitati mõõdupunktid sarnaste elektrijuhtivuste (kuu keskmised) käigud (sarnased tõusud ja langused) alusel neljaks rühmaks (vt tabel 2). Mõõdupunktidel Jaagu, Kasari ja Penijõe on palju andmeid puudu, kuna need on jõe veest väga mõjutatud ning põhjavee tase oli nii madal, et elektrijuhtivust polnud võimalik mõõta. Nende punktide jagamisel rühmadesse võib esineda ebatäpsusi ja nende punktide andmetega polnud võimalik teha kõiki arvutusi (seost veetasemega mõõdupunktis ning veetemperatuuriga).

Tabel 2. Mõõdupunktide jaotumine rühmadesse elektrijuhtivuse alusel. *-kuuluvus rühmadesse võib olla ebatäpne.

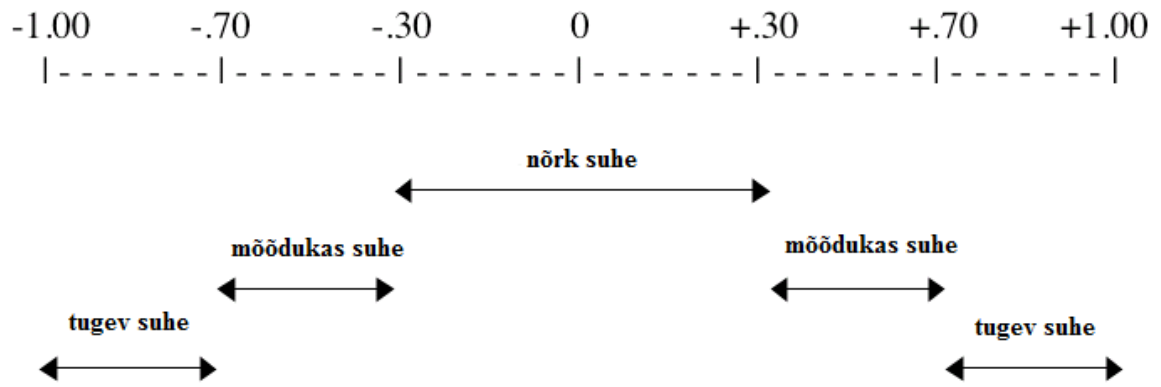
1. rühm	2. rühm	3. rühm	4. rühm
Salmi	Matsalu	Rannamõisa	Kasari*
Saastna	Tika	Rõude farm	Rõudemõis
		Jaagu*	Kelu
			Penijõe*
			Kloostri
			Neidsaare
			Rõude sild

Tuule suuna andmete töötlemiseks jagati tuuled neljaks (vt joonis 2). Põhjast puhuvad tuuled (1) on 315° kuni 45°, idast puhuvad tuuled (2) on 45° kuni 135°, lõunast puhuvad tuuled (3) on 135° kuni 225° ja läänest puhuvad tuuled (4) on 225° kuni 315°.



Joonis 2. Tuule suunade numbriline jaotus.

Andmetöötlemiseks kasutati Microsoft Excel 2010. Statistiliseks andmete analüüsiks kasutati programmi STATISTICA 10.0, mitteparameetrilist Kruskal-Wallis'e meetodit ja mitmest regressioonanalüüsi. Seoste tugevust hinnati korrelatsioonikordaja alusel ($p < 0,05$), kasutati järgmist skaalat (vt joonis 3).



Joonis 3. Korrelatsioonikordaja tugevuse skaala (Mertler ja Vannatta, 2005).

3 Tulemused

3.1 Üleujutusala hüdroloogilised ja meteoroloogilised tingimused

Tabelis 3 on välja toodud Virtsu rannikujaamas mõõdetud hüdroloogilised ja meteoroloogilised andmed (keskmine tuule kiirus (m/s), sademete summa (mm), keskmine merevee tase H (cm)). Maksimaalne tuule kiirus oli 13,6 m/s (13.12.2013). Suurim sademete päevane summa oli 31,3 mm (9.08.2013). Suurim sademete kuu keskmine summa oli 87,6 mm (august 2014) ja väikseim 14 mm (aprill 2014 ja märts 2013). Merevee tase oli antud perioodil vahemikus 417,3 kuni 587,6 cm. Minimaalne vee tase oli 29.01.2014 ja maksimaalne 11.01.2015.

Tabel 3. Virtsu rannikujaamas mõõdetud kuude keskmine tuule kiirus ja merevee tase ning sademete summa.

Kuu	Keskmine tuule kiirus (m/s)	Sademete summa (mm)	Keskmine merevee tase H (cm)
jaanuar 2013	3,42	37	492,7
veebruar 2013	2,42	35,6	489,7
märts 2013	2,81	14	466,3
aprill 2013	3,18	33,8	476,0
mai 2013	2,74	70,6	Veetase paigast ära
juuni 2013	2,90	45,6	487,8
juuli 2013	3,44	41,4	496,2
august 2013	2,57	58	500,7
september 2013	2,87	42,9	492,3
oktoober 2013	3,56	61,4	483,0
november 2013	4,07	80	525,2
detsember 2013	4,50	48,7	538,9
jaanuar 2014	3,44	44,9	486,9
veebruar 2014	3,37	38,6	471,6
märts 2014	3,66	33,8	496,1
aprill 2014	3,30	14	485,7
mai 2014	3,31	30,6	481,0
juuni 2014	3,39	51,6	482,5
juuli 2014	2,53	41,6	488,4
august 2014	3,28	87,6	505,5
september 2014	2,78	15,2	486,5

Tabel 3 jätkub lk 19.

Kuu	Keskmine tuule kiirus (m/s)	Sademetete summa (mm)	Keskmine merevee tase H (cm)
oktoober 2014	3,39	41,4	487,2
november 2014	3,20	18,2	477,9
detsember 2014	3,94	78,3	508,8
jaanuar 2015	4,48	49,7	540,3
veebruar 2015	3,57	20	512,0
märts 2015	3,53	43	492,2
aprill 2015	4,12	48	507,0
mai 2015	3,31	27	507,2
juuni 2015	3,37	46,9	514,5

Tabelis 4 on välja toodud Kasari hüdromeetriajaamas mõõdetud hüdroloogilised ja meteoroloogilised andmed (keskmine õhutemperatuur (°C), sademetete summa (mm), keskmine merevee tase H (cm)). Maksimaalne õhutemperatuur oli 32,8°C (4.08.2014) ja minimaalne -23,2°C (11.03.2013). Kõrgeim kuu keskmine temperatuur oli 19,9°C (juuli 2014) ja madalaim -7,2°C (jaanuar 2014). Suurim sademetete päevane summa oli 40,6 mm (9.08.2013). Suurim sademetete kuu keskmine summa oli 160,8 mm (juuli 2014) ja väikseim 33,8 mm (märts 2013 ja aprill 2014). Veetase mõõteperioodil oli vahemikus 16,12 kuni 219,7 cm. Minimaalne veetase oli 15.10.2013 ning maksimaalne 20.04.2014.

Tabel 4. Kasari hüdromeetriajaamas mõõdetud keskmine õhutemperatuur ja veetase ning sademetete summa.

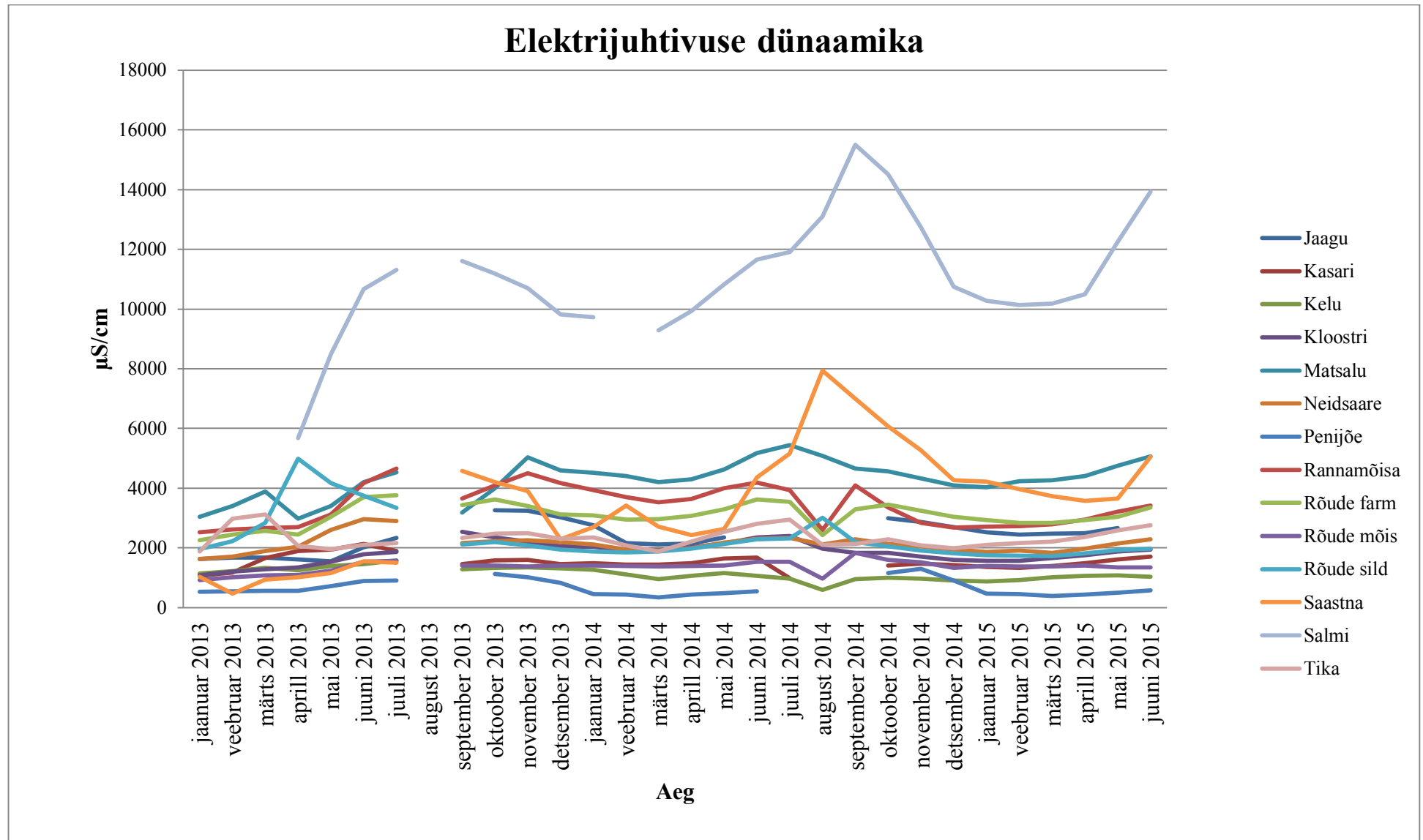
Kuu	Keskmine õhutemperatuur (°C)	Sademetete summa (mm) (soojal ajal)	Keskmine veetase H (cm) (gr "0" = 2,65 m BS)
jaanuar 2013	-5,5		130,1
veebruar 2013	-2,7		46,6
märts 2013	-6,8		29,4
aprill 2013	2,8	90,2	106,6
mai 2013	14,0	127,4	61,2
juuni 2013	17,5	88,2	54,5
juuli 2013	17,4	149	28,9
august 2013	16,8	145,2	33,4
september 2013	11,8	87,4	23,7
oktoober 2013	7,4	135,4	24,0
november 2013	4,9	78,2	106,3
detsember 2013	2,7		95,4

Tabel 4 jätkub lk 20.

Kuu	Keskmine õhutemperatuur (°C)	Sademe summa (mm) (soojal ajal)	Keskmine veetase H (cm) (gr "0" = 2,65 m BS)
jaanuar 2014	-7,2		96,5
veebruar 2014	0,0		51,9
märts 2014	2,2		65,6
aprill 2014	6,1		59,0
mai 2014	11,3	89,2	48,9
juuni 2014	13,7	98	47,5
juuli 2014	19,9	160,8	46,4
august 2014	17,1	154,2	40,4
september 2014	12,1	60,6	49,1
oktoober 2014	6,5	40,4	46,4
november 2014	2,2	33,8	54,8
detsember 2014	0,1		86,1
jaanuar 2015	-0,3		59,9
veebruar 2015	0,1		73,2
märts 2015	2,5		78,8
aprill 2015	5,6		70,3
mai 2015	9,7	77,6	59,6
juuni 2015	13,7	104,8	20,7

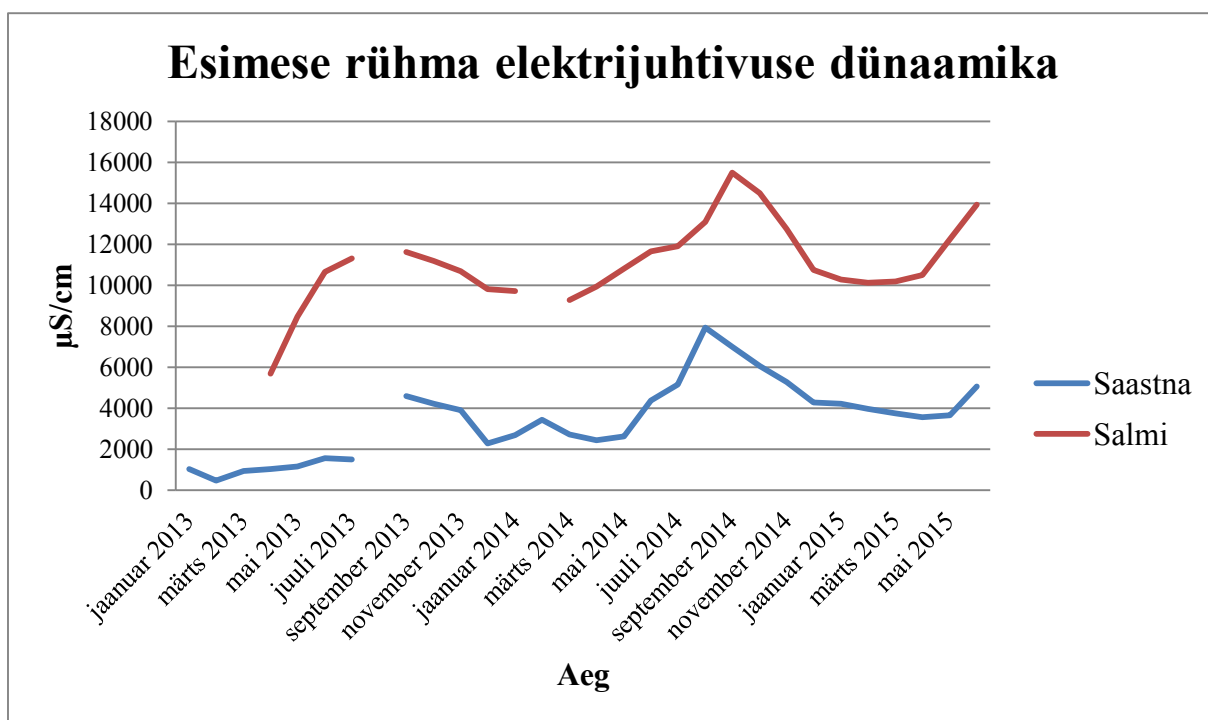
3.2 Üleujutusvee elektrijuhtivuse dünaamika 2013-2015

Mõõdupunktide kuude keskmiste vee elektrijuhtivus jääb vahemikku 334 kuni 15 505 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Kõige kõrgem vee elektrijuhtivus oli alati Salmi mõõdupunktis ning enamasti kõige madalam vee elektrijuhtivus oli Penijõe mõõdupunktis (vt joonis 4).



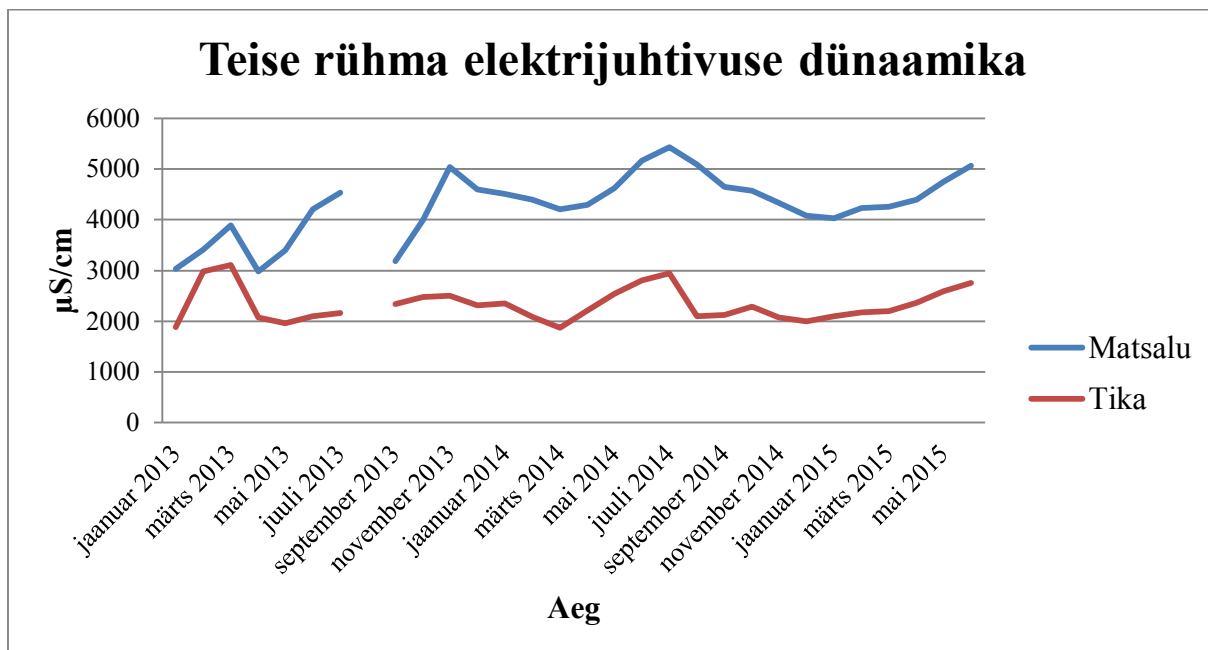
Joonis 4. Vee elektrijuhtivuse dünaamika 1. jaanuar 2013 kuni 30. juuni 2015

Mõõdupunktid rühmitati sarnaste vee elektrijuhtivuste kuude keskmiste käikude (sarnased tõusud ja langused) alusel neljaks rühmaks. Esimene rühm, kuhu kuuluvad Saastna ja Salmi mõõdupunkt, erines teistest kuna neil oli märgatavalt kõrgem maksimaalne kuude keskmine vee elektrijuhtivus (Saastna 7 934 $\mu\text{S}/\text{cm}$., Salmi 15 505 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Saastna ja Salmi maksimaalne kuude keskmine vee elektrijuhtivus oli ajaliselt väga lähestikku ja ka ülejäänud elektrijuhtivuse käik oli väga sarnane. Esimese rühma vee elektrijuhtivus jäi vahemikku 469 kuni 15 505 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (vt joonis 5). Madala veetaseme tõttu võivad Saastna mõõdupunkti vee elektrijuhtivuse andmed jaanuar 2013 kuni juuli 2013 olla esitatud veaga.



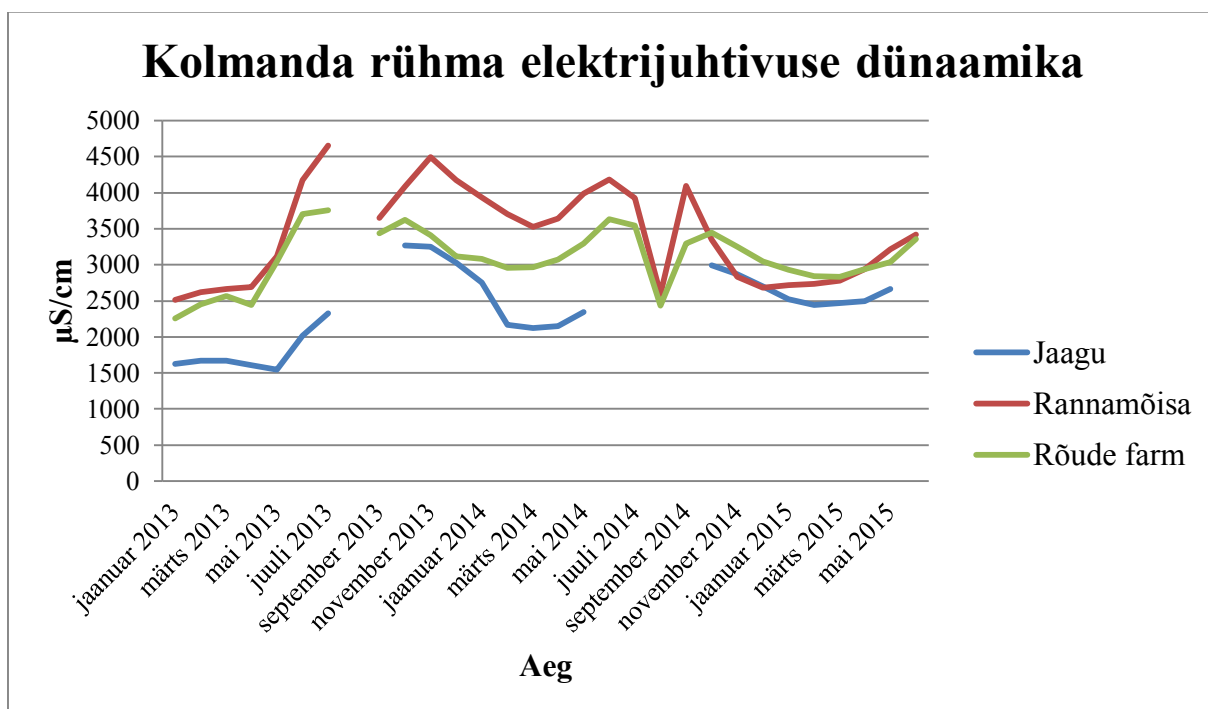
Joonis 5. Esimese rühma vee elektrijuhtivuse dünaamika 1. jaanuar 2013 kuni 30. juuni 2015.

Teise rühma (Matsalu ja Tika mõõdupunktid) vee elektrijuhtivus jäi vahemikku 1 877 kuni 5 435 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (vt joonis 6).



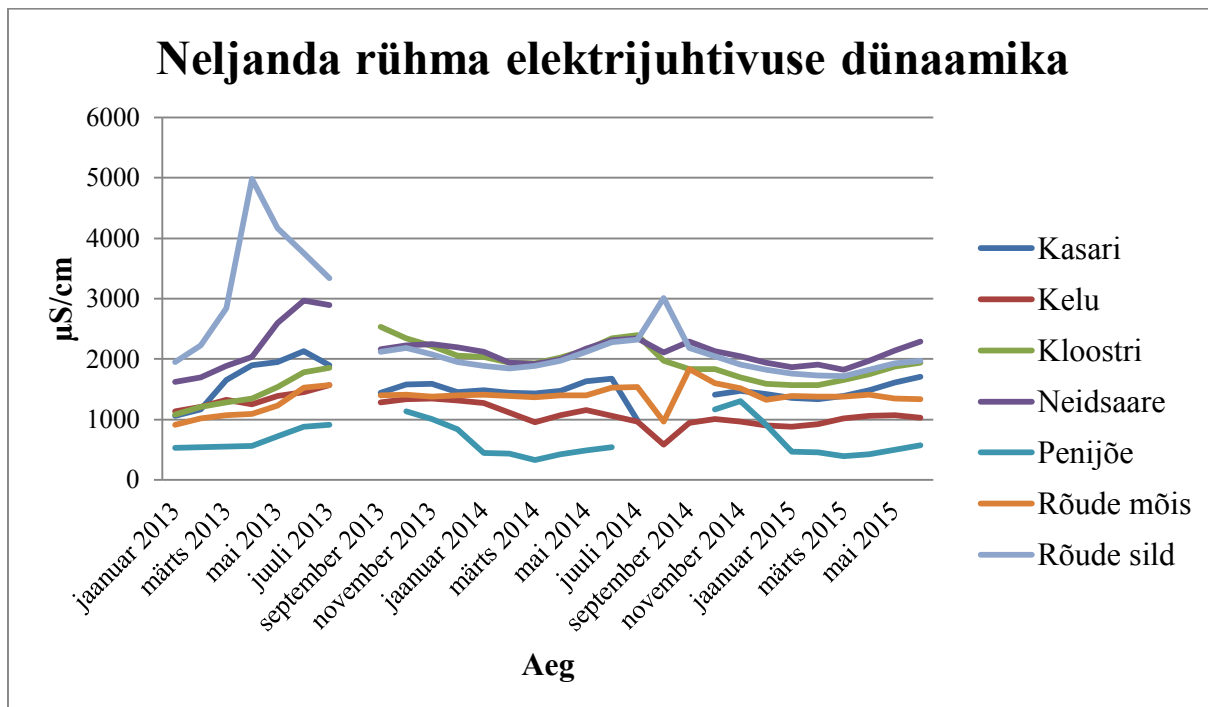
Joonis 6. Teise rühma vee elektrijuhtivuse dünaamika 1. jaanuar 2013 kuni 30. juuni 2015.

Kolmanda rühma (Jaagu, Rannamõisa ja Rõude farmi mõõdupunktid) vee elektrijuhtivus jäi vahemikku 1 547 kuni 4 652 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (vt joonis 7).



Joonis 7. Kolmanda rühma vee elektrijuhtivuse dünaamika 1. jaanuar 2013 kuni 30. juuni 2015.

Neljanda rühma (Kasari, Rõude mõis, Kelu, Penijõe, Kloostri, Neidsaare, Rõude silla mõõdupunktid) vee elektrijuhtivus jäi vahemikku 334 kuni 4 988 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (vt joonis 8).



Joonis 8. Neljanda rühma vee elektrijuhtivuse dünaamika 1. jaanuar 2013 kuni 30. juuni 2015.

3.3 Vee elektrijuhtivust mõjutavad tegurid

3.3.1 Üleujutusvee elektrijuhtivuse seos veetemperatuuri ja –tasemega mõõdupunktide kaupa

Järgnevalt kirjeldatakse seoseid, mille andmed pärinevad mõõdupunktides olevatelt seadmetelt. Kõigis mõõdupunktides (va Kasari, Penijõe ja Jaagu, kus oli liiga palju puuduvaid andmeid) olid veetase ja vee elektrijuhtivus omavahel seotud (vt tabel 5). Kloostri, Neidsaare, Rõude farmi, Rõude mõis, Rõude sild, Salmi ning Tika mõõdupunktis oli seos negatiivne, mis tähendab, et kui veetase oli mõõdupunktis kõrge, siis elektrijuhtivus oli madal. Vastupidiselt ehk positiivselt oli seoses ülejäänud mõõdupunktid ehk Kelu, Matsalu, Rannamõisa ja Saastna. Neist statistiliselt usaldusväärsed negatiivsed seosed olid Kloostri ($r = -0,464$; $p < 0,05$) ja Rõude farmi mõõdupunktide ($r = -0,6529$; $p < 0,05$) veetaseme ja vee elektrijuhtivuse vahel.

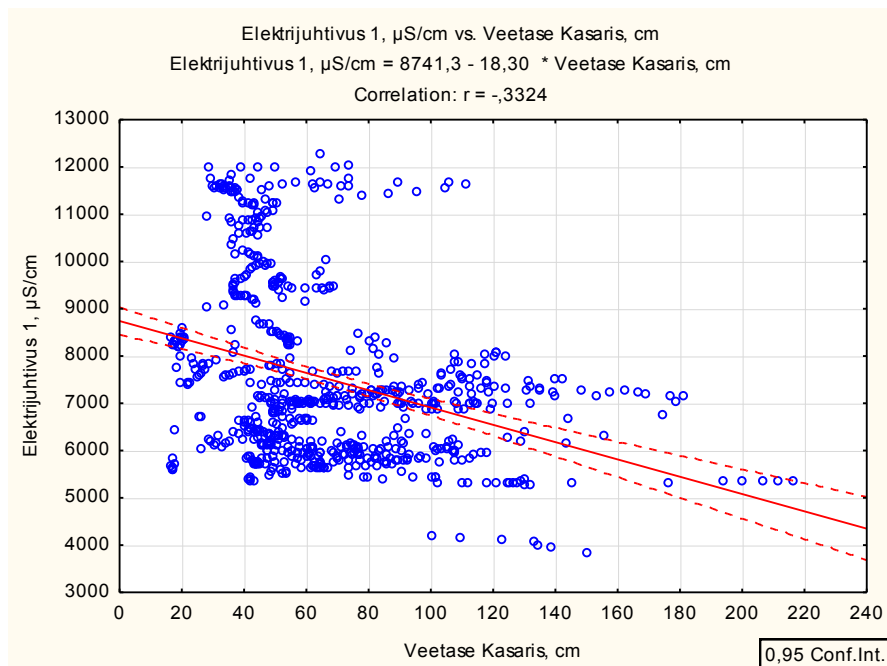
Vee temperatuur ja vee elektrijuhtivus olid mõõdupunktides positiivselt seotud (va Kasari, Penijõe, Jaagu), see tähendab, et kui vee temperatuur suurenes siis ka vee elektrijuhtivus suurenes (vt tabel 5). Kõige tugevamad seosed olid Rõude farmi ($r=0,7768$; $p<0,05$) ja Salmi mõõdupunktis ($r=0,7629$; $p<0,05$). Kõige nõrgem oli seos Rõude silla mõõdupunktis ($r=0,192$; $p<0,05$).

Tabel 5. Üleujutusvee elektrijuhtivuse seos veetaseme ja veetemperatuuriga mõõdupunktide kaupa. *-korrelatsioon on statistiliselt usaldusväärne.

Koht	Veetase >EC	Temperatuur>EC
Kasari, Penijõe, Jaagu	Palju andmeid puudu, ei arvatud	
Kelu	0,2415	0,3032
Kloostri	-0,464*	0,4446*
Matsalu	0,2865	0,2694
Neidsaar	-0,0187	0,465*
Rannamõisa	0,1112	0,4362
Rõude farm	-0,6529*	0,7768*
Rõude mõis	-0,2526	0,3821
Rõude sild	-0,082	0,192
Saastna	0,014	0,356
Salmi	-0,0075	0,7629*
Tika	-0,4798	0,5202*

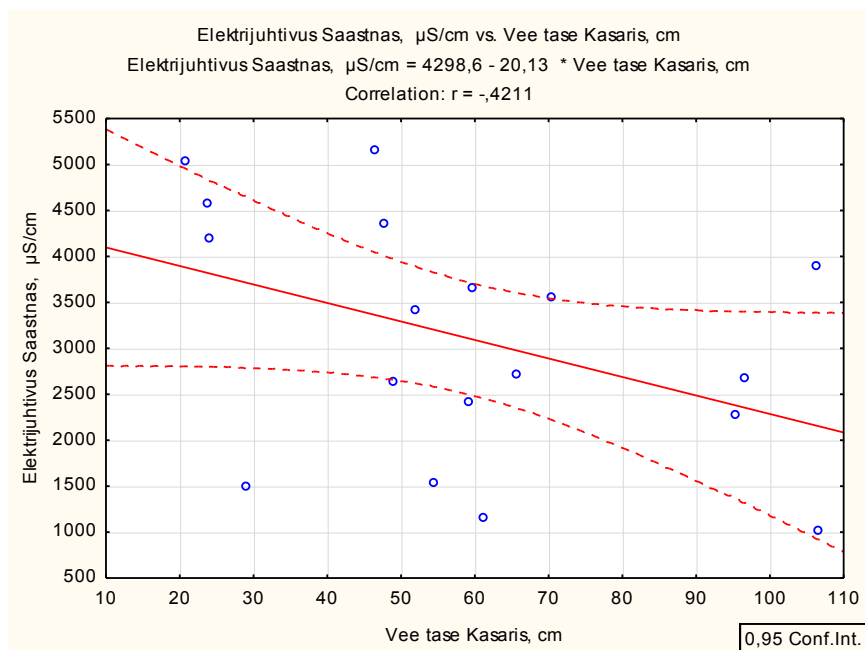
3.3.2 Üleujutusvee elektrijuhtivuse seos veetasemega Kasari hüdromeetriaajaamas ja Virtsu rannikujaamas

Vaadeldes elektrijuhtivust rühmadena, siis Kasari jõe veetase oli seoses ainult esimese rühma (Saastna ja Salmi mõõdupunkt) keskmise elektrijuhtivusega ($r= -0,3324$; $p<0,05$) (vt joonis 9), see seos on nõrk ja statistiliselt mitteusaldusväärne. Kui veetase Kasari hüdromeetriaajaamas suurenes siis esimese rühma elektrijuhtivus langes. Teiste rühmade keskmine elektrijuhtivus on seotud Kasari hüdromeetriaajama veetasemega veelgi nõrgemalt ja on seega statistiliselt mitteusaldusväärne.

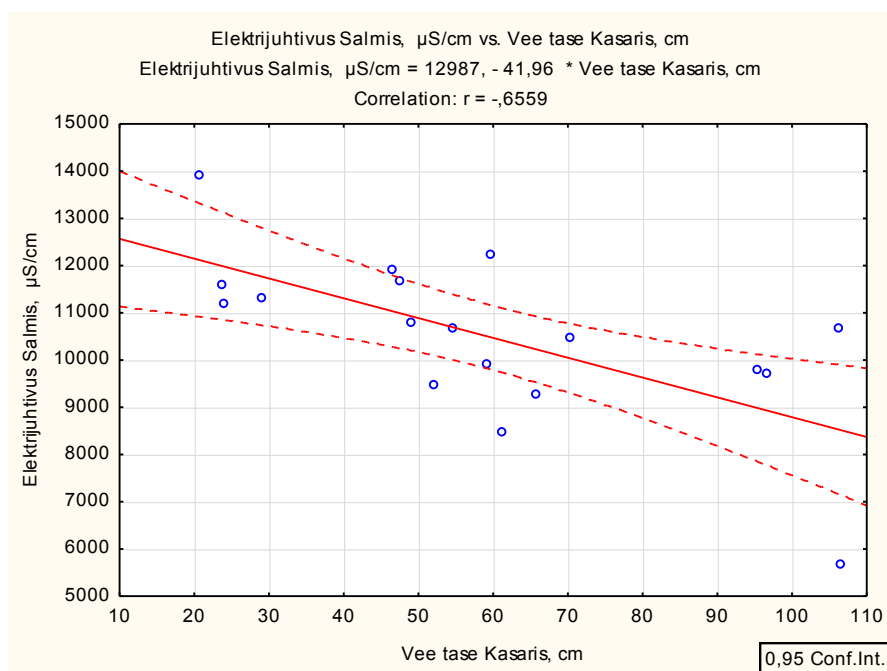


Joonis 9. Esimese rühma keskmiste vee elektrijuhtivuste seos veetasemega Kasari hüdromeetriaajas.

Seosed üksikute mõõdupunktide elektrijuhtivuse ja Kasari hüdromeetriaaja veetasemega olid olemas neljas mõõdupunktis. Rõude silla mõõtepunkti vee elektrijuhtivus ($r=0,17189$; $p<0,05$) oli positiivselt nõrgalt seotud veetasemega Kasari hüdromeetriaajas, st kui veetase Kasari hüdromeetriaajas suurenes, siis suurenes ka vee elektrijuhtivus Rõude silla mõõtepunktis. Negatiivselt oli seotud Kloostri ($r= -0,3989$; $p<0,05$), Saastna ($r= -0,4211$; $p<0,05$) ja Salmi ($r= -0,6559$; $p<0,05$) mõõtepunktide elektrijuhtivus ja Kasari hüdromeetriaaja veetase, st kui Kasari hüdromeetriaajas veetase tõusis, siis vee elektrijuhtivus nendes punktides vähenes. Statistiliselt usaldusväärne ($p<0,05$) seos on aga ainult Saastna (vt joonis 10) ja Salmi mõõdupunkti (vt joonis 11) elektrijuhtivuse ja Kasari hüdromeetriaaja veetaseme vahel.



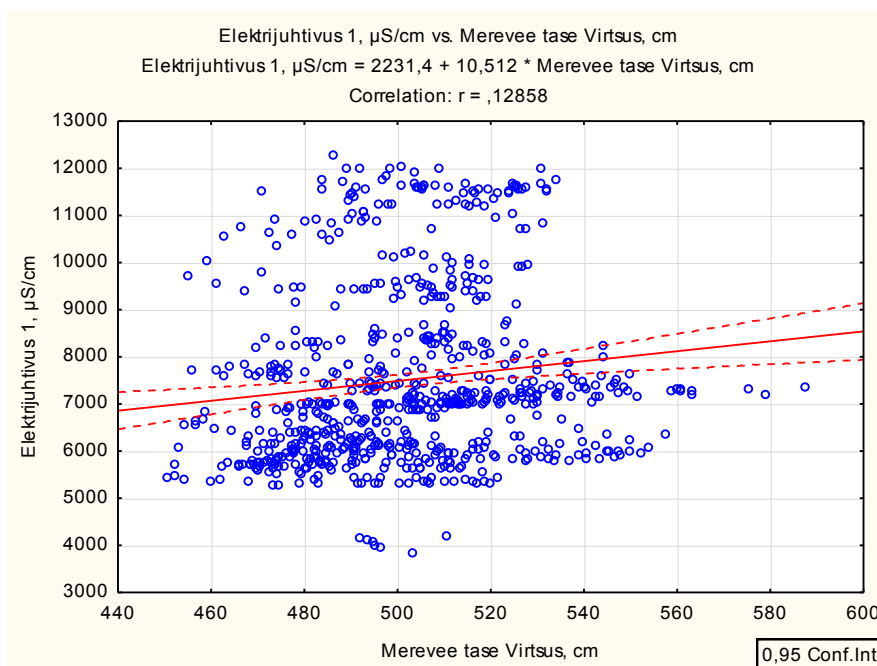
Joonis 10. Saastna mõõdupunkti vee elektrijuhtivuse seos veetasemega Kasari hüdroomeetriaajas.



Joonis 11. Salmi mõõdupunkti vee elektrijuhtivuse seos veetasemega Kasari hüdroomeetriaajas.

Merevee tase Virtsu rannikujaamas oli positiivselt seotud esimese rühma (Salmi ja Saastna mõõdupunktid) keskmise vee elektrijuhtivusega ($r = 0,12858$; $p < 0,05$) (vt joonis 12). Kui merevee tase Virtsu rannikujaamas suurenes, siis esimese rühma mõõdupunktides vee elektrijuhtivus samuti suurenes, seos on nõrk ja statistiliselt mitteusaldusväärne. Teistes

rühmades seosed vee elektrijuhtivuse ja Virtsu rannikujaama merevee tasemega olid veelgi nõrgemad ja statistiliselt mitteusaldusväärsed.

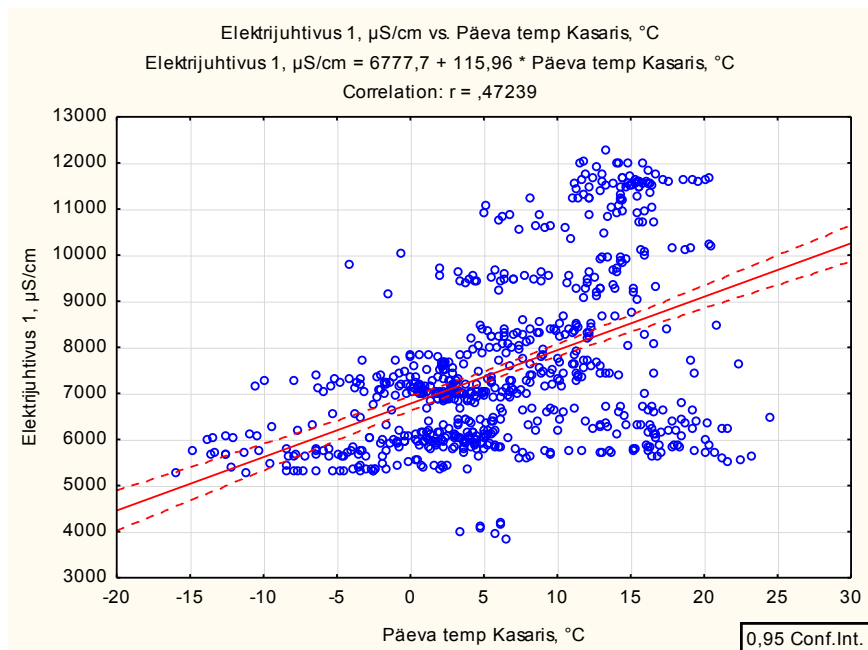


Joonis 12. Esimese rühma keskmiste elektrijuhtivuste seos merevee tasemega Virtsu rannikujaamas.

Üksikute mõõdupunktide lõikes esines seos vee elektrijuhtivuse ja Virtsu rannikujaama merevee taseme vahel ainult ühes mõõdupunktis. Salmi mõõdupunkti vee elektrijuhtivus oli nõrgalt positiivselt seotud Virtsu rannikujaama merevee tasemega ($r=0,33679$; $p<0,05$).

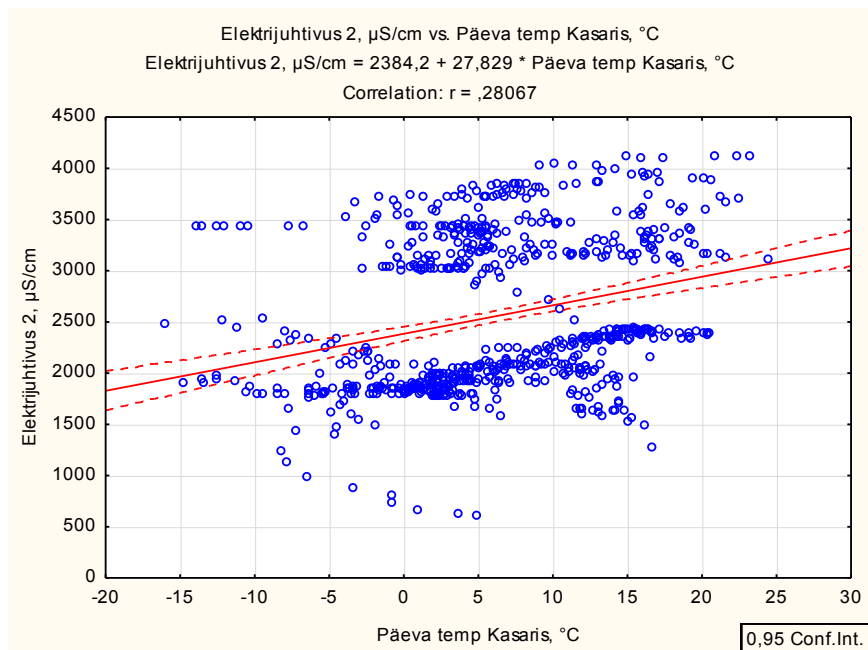
3.3.3 Üleujutusvee elektrijuhtivuse seos kliimatingimustega

Esimese rühma mõõdupunktide (Salmi, Saastna) vee elektrijuhtivuste keskmised väärtused on positiivselt seotud päeva keskmise **õhutemperatuuriga** Kasari hüdromeetriaajas ($r=0,47239$ $p<0,05$) (vt joonis 13), st kui päeva keskmine temperatuur suurenes, siis suurenes ka keskmine vee elektrijuhtivus esimese rühmas.



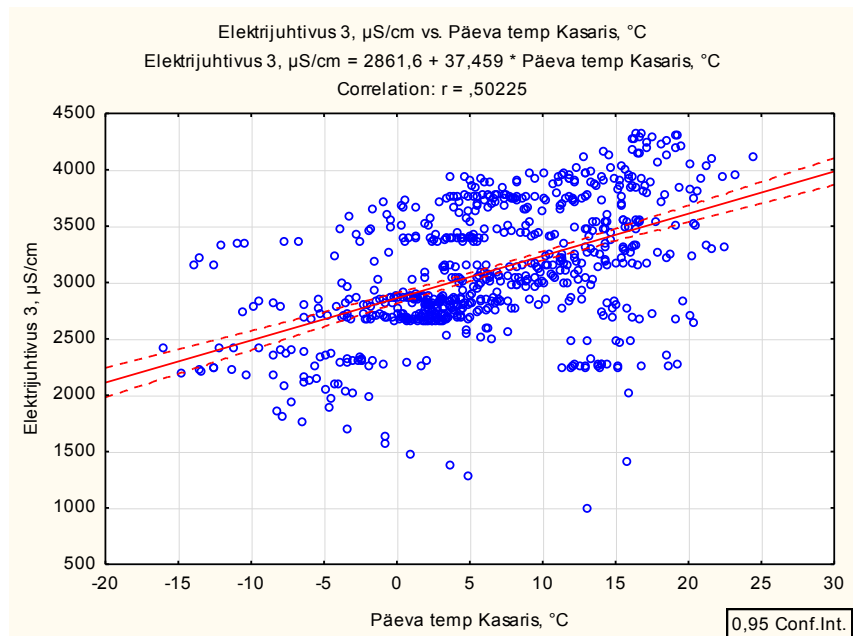
Joonis 13. Esimese rühma keskmiste vee elektrijuhtivuste seos päeva keskmise temperatuuriga Kasari hüdroomeetriaajas.

Teise rühma mõõdupunktide (Matsalu ja Tika) vee elektrijuhtivuste keskmised on positiivselt kuid nõrgalt seoses päeva keskmise temperatuuriga Kasari hüdroomeetriaajas ($r = 0,28067$, $p < 0,05$) (vt joonis 14), st kui päeva keskmine temperatuur suurenes, siis suurenes ka keskmine vee elektrijuhtivus teises rühmas.



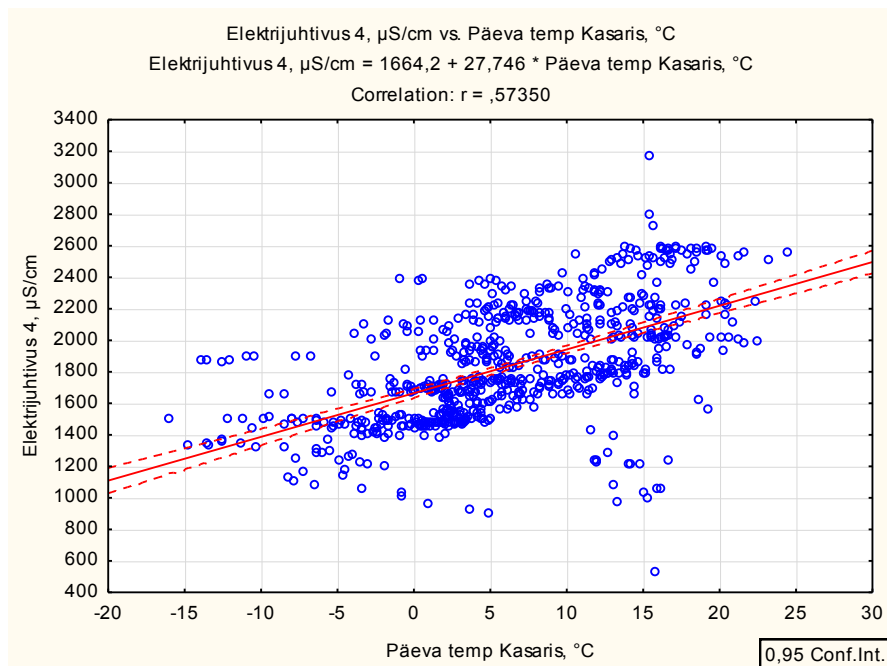
Joonis 14. Teise rühma keskmiste vee elektrijuhtivuste seos päeva keskmise õhutemperatuuriga Kasari hüdroomeetriaajas.

Kolmanda rühma mõõdupunktide (Jaagu, Rannamõisa ja Rõude farm) vee elektrijuhtivuste keskmised on positiivselt seoses päeva keskmise õhutemperatuuriga Kasari hüdrometriaajas ($r= 0,50225$; $p<0,05$) (vt joonis 15), st kui päeva keskmine õhutemperatuur suurenes, siis suurenes ka keskmine vee elektrijuhtivus kolmandas rühmas.



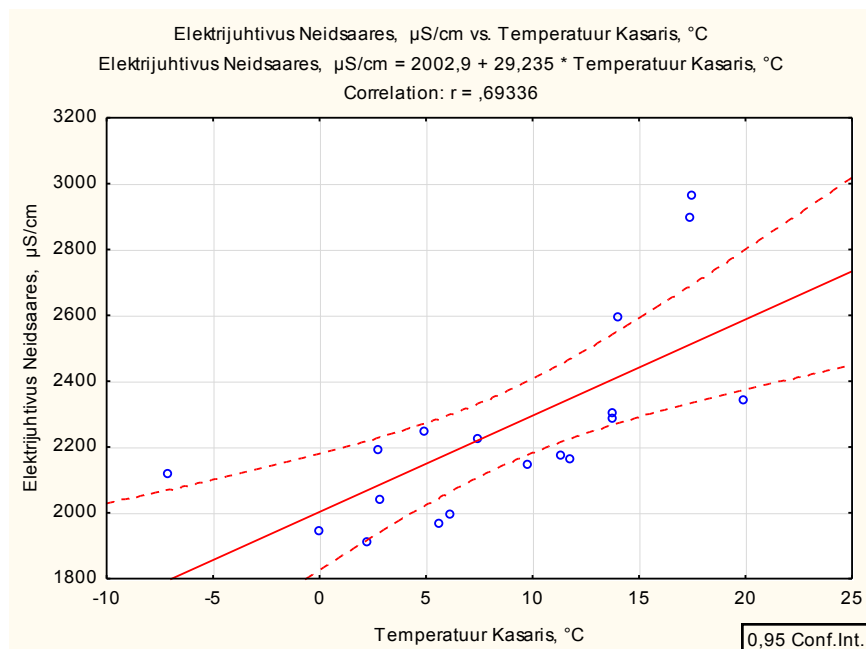
Joonis 15. Kolmanda rühma keskmiste vee elektrijuhtivuste seos päeva keskmise temperatuuriga Kasari hüdrometriaajas.

Neljanda rühma mõõdupunktide (Kasari, Rõude mõis, Kelu, Penijõe, Kloostri, Neidsaare, Rõude sild) vee elektrijuhtivuste keskmised on positiivselt seoses päeva keskmise temperatuuriga Kasari hüdrometriaajas ($r= 0,57360$; $p<0,05$) (vt joonis 16), st kui päeva keskmine temperatuur suurenes, siis suurenes ka keskmine vee elektrijuhtivus neljandas rühmas.



Joonis 16. Neljanda rühma keskmiste vee elektrijuhtivuste seos päeva keskmise temperatuuriga Kasari hüdromeetriaajas.

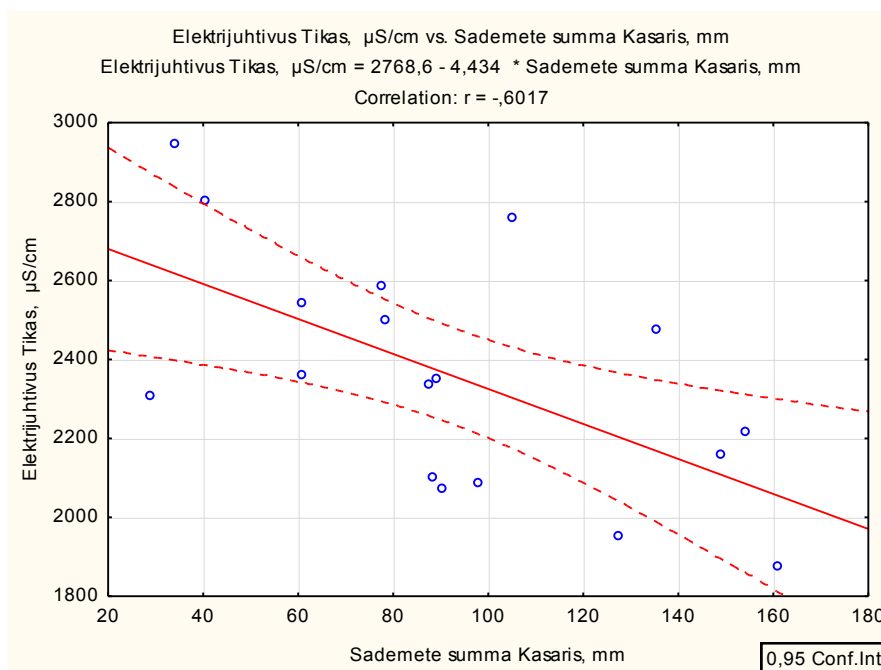
Kaks positiivset seost oli ka üksikute mõõdupunktide vee elektrijuhtivuse ja Kasari hüdromeetriaajas kuu keskmise temperatuuri vahel. Nõrgalt oli omavahel seoses Rõude silla mõõdupunkti vee elektrijuhtivus ja temperatuur Kasari hüdromeetriaajas ($r = 0,28716$; $p < 0,05$). Tugevamalt olid seoses aga Neidsaare mõõdupunkti vee elektrijuhtivus ja temperatuur Kasari hüdromeetriaajas ($r = 0,69336$; $p < 0,05$) (vt joonis 17).



Joonis 17. Neidsaare mõõdupunkti vee elektrijuhtivuse seos kuu keskmise temperatuuriga Kasari hüdromeetriaajas.

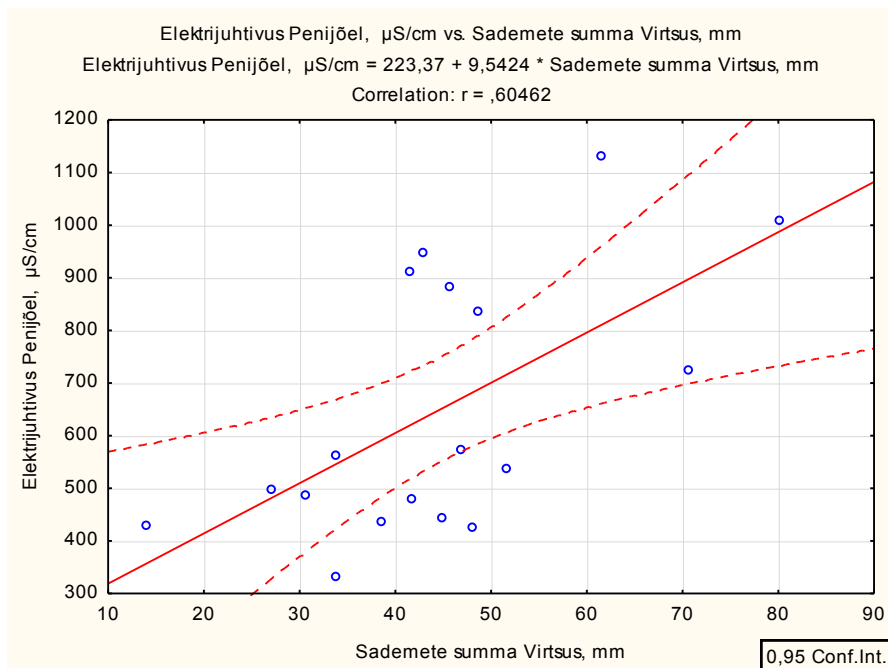
Kuu **sademete** summa Virtsu rannikujaamas ning kolmanda (Jaagu, Rannamõisa ja Rõude farm) ($r = -0,0805$; $p < 0,05$) ja neljanda rühma (Kasari, Rõude mõis, Kelu, Penijõe, Kloostri, Neidsaare, Rõude sild) ($r = -0,0845$; $p < 0,05$) keskmiste vee elektrijuhtivuste vahelised seosed olid statistiliselt mitteusaldusväärsed. Teiste rühmade keskmine elektrijuhtivus on seotud sademete summaga Virtsu rannikujaamas veelgi nõrgemalt ja on seega statistiliselt mitteusaldusväärne. Kuu sademete summa Kasari hüdroomeetriaajas ja keskmiste vee elektrijuhtivuste vahelised seosed rühmades olid statistiliselt mitteusaldusväärsed.

Seoseid üksikute mõõdupunktide vee elektrijuhtivuse ja Kasari hüdroomeetriaajas sademete summa vahel esines kahes mõõdupunktis. Negatiivselt olid seoses Saastna ($r = -0,3368$; $p < 0,05$) ja Tika mõõdupunktide ($r = -0,6017$; $p < 0,05$) vee elektrijuhtivus Kasari sademete summaga, st kui Kasaris sademete summa suurenes siis nende punktide elektrijuhtivus vähenes. Statistiliselt usaldusväärne seos on ainult Tika mõõdupunkti ja sademete summa vahel (vt joonis 18).



Joonis 18. Tika mõõdupunkti vee elektrijuhtivuse seos kuu sademete summaga Kasari hüdroomeetriaajas.

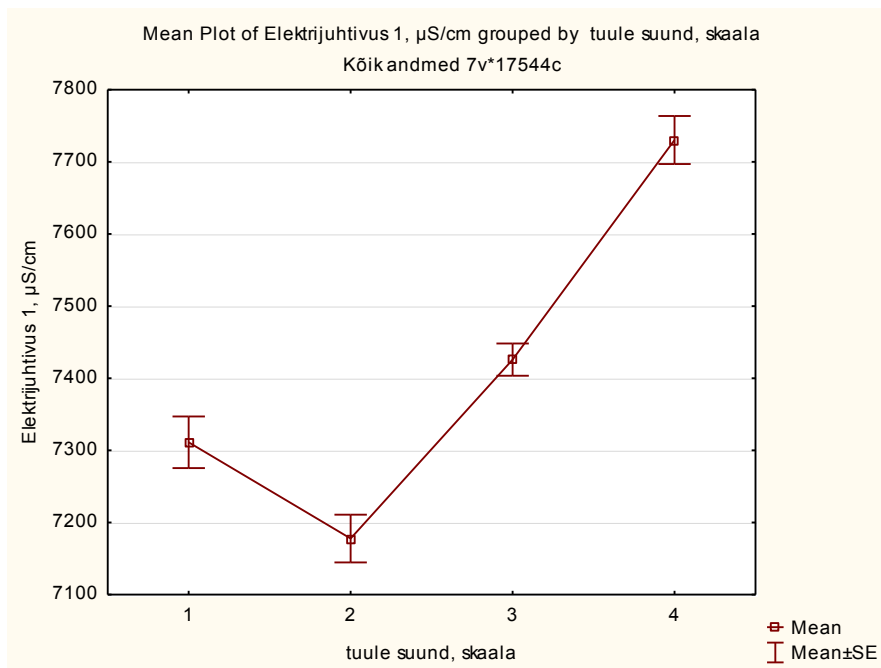
Positiivselt oli omavahel seotud Penijõe mõõdupunkti vee elektrijuhtivus ja kuu sademete summa Virtsus rannikujaamas ($r = 0,60426$; $p < 0,05$), st kui sademete summa Virtsus suurenes siis vee elektrijuhtivus Penijõe mõõdupunktis samuti suurenes (vt joonis 19).



Joonis 19. Penijõe mõõdupunkti vee elektrijuhtivuse seos kuu sademete summaga Virtsu rannikujaamas.

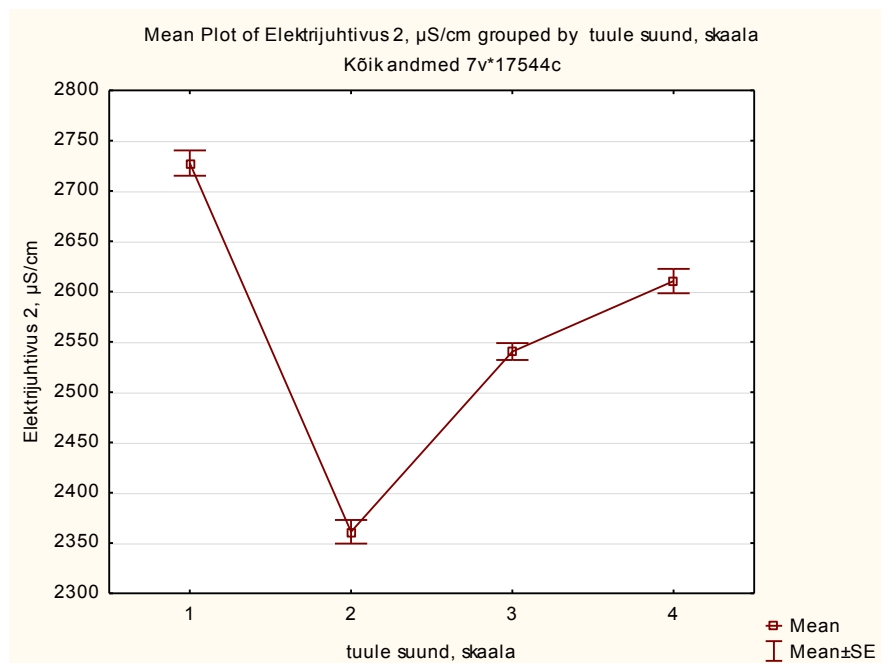
Seoseid **tuule kiirusega** Virtsu rannikujaamas oli üks. Väga nõrgalt oli seotud teise rühma mõõdupunktide (Matsalu ja Tika) keskmised vee elektrijuhtivused ja tuule kiirus Virtsu rannikujaamas ($r = 0,3011$; $p < 0,05$). Seos ei ole statistiliselt usaldusväärne.

Joonisel 20 on näha, kuidas mõjutab **tuule suund** vee elektrijuhtivust esimese rühma mõõdepunktides (Saastna ja Salmi). Kõige väiksem on vee keskmine elektrijuhtivus idast (2) puhuvate tuule korral. Suurim vee elektrijuhtivus mõõdeti läänetuulte (4) ajal.



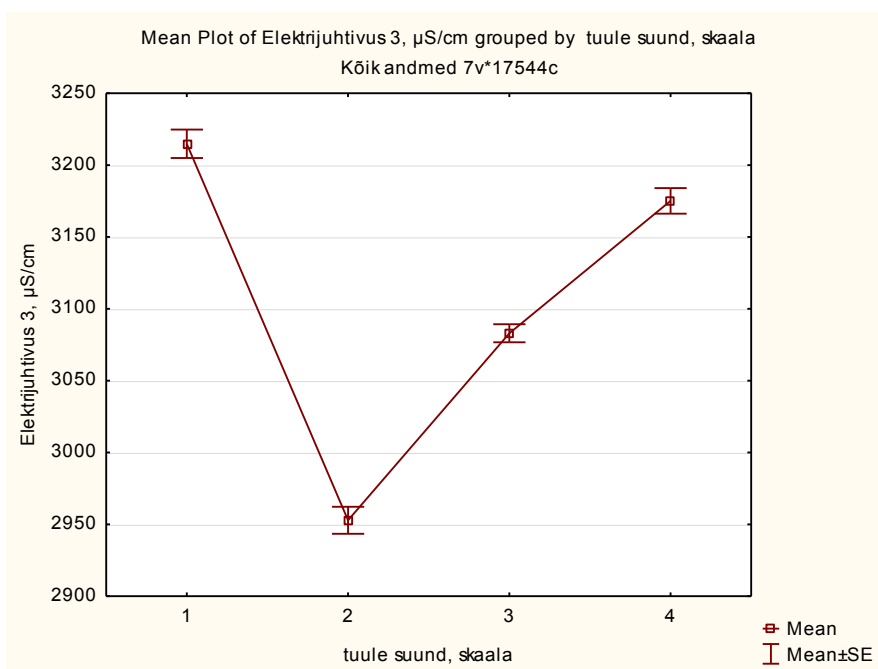
Joonis 20. Esimese rühma mõõdupunktide vee keskmine elektrijuhtivus vastavalt tuule suunale.

Joonisel 21 on näha, kuidas mõjutab tuule suund vee elektrijuhtivust teise rühma mõõtepunktides (Matsalu ja Tika). Kõige väiksem keskmine vee elektrijuhtivus on idast (2) puhuvate tuule korral. Suurim vee elektrijuhtivus on põhjatuulte (1) ajal.



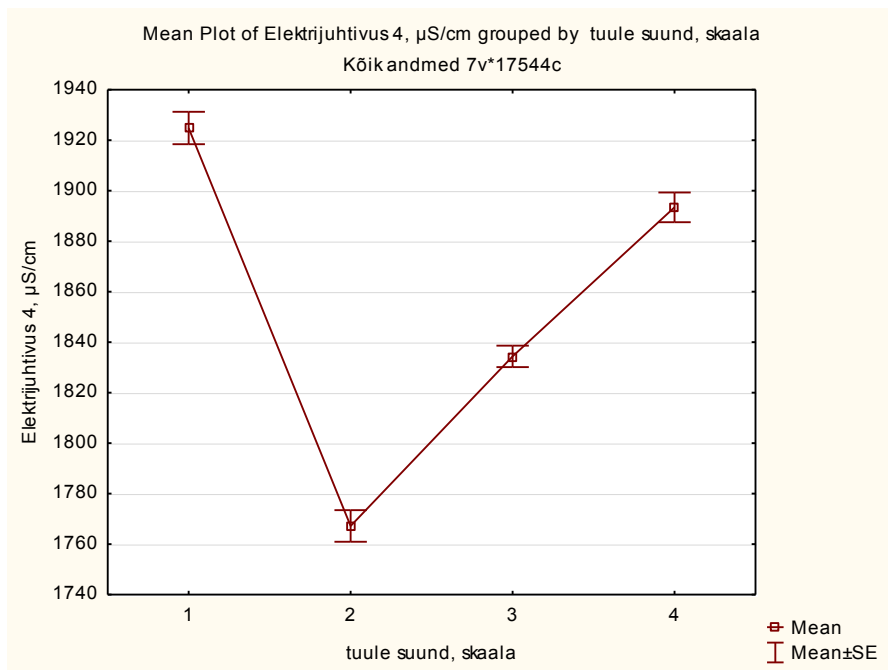
Joonis 21. Teise rühma mõõdupunktide vee keskmine elektrijuhtivus vastavalt tuule suunale.

Joonisel 22 on näha, kuidas mõjutab tuule suund elektrijuhtivust kolmanda rühma mõõtepunktides (Jaagu, Rannamõisa ja Rõude farm). Kõige väiksem keskmine elektrijuhtivus on idast (2) puhuvate tuule korral. Suurim elektrijuhtivus on põhjast puhuvate tuulte (1) ajal.



Joonis 22. Kolmanda rühma mõõdupunktide vee keskmine elektrijuhtivus vastavalt tuule suunale.

Joonisel 23 on näha, kuidas mõjutab tuule suund elektrijuhtivust neljanda rühma mõõtepunktides (Kasari, Rõude mõis, Kelu, Penijõe, Kloostri, Neidsaare, Rõude sild). Kõige väiksem keskmine elektrijuhtivus on idast (2) puhuvate tuule korral. Suurim elektrijuhtivus on põhjast puhuvate tuulte (1) ajal.



Joonis 23. Neljanda rühma mõõdupunktide vee keskmine elektrijuhtivus vastavalt tuule suunale.

4 Arutelu

Matsalu laht koos Kasari jõe deltaga kujundavad suurima rannikul paikneva märgala süsteemi Läänemere idakaldal. Neid üleujutatavaid alasid peetakse kliimamuutuste suhtes üheks kõige tundlikumaks piirkonnaks Läänemere rannikul (Kont *et al.*, 1996). Peamine kliimamuutuste mõju rannikualadele avaldub merevee taseme muutumises ja ranniku hüdrodünaamikas. Matsalu märgala on tähtis pesitsuspaik ja üks olulisemaid puhkealasid Ida-Atlandi rändeteel paljudele erinevatele linnuliikidele (Meriste *et al.*, 2012).

Matsalu soodsad looduslikud tingimused on rikka ja mitmekesise elustiku aluseks, mille säilitamiseks on vaja tunda õppida kõiki tegureid, mis on olulised kaitseala ökosüsteemide säilitamiseks (Ratas, 1984). Üks oluline tegur on üleujutusvee soolsus, mis määrab ära kogu üleujutatavate alade muldade soolsuse. Soolsus akumuleerub mullas ja mõjutab elutingimusi ning kogu bioloogilist mitmekesisust, luues eripäraseid omanäolisi elupaiku (Cañedo-Argüelles *et al.*, 2013; Ivask *et al.*, 2012).

Käesoleva töö eesmärgiks oli selgitada, milline on Matsalu üleujutusala vee elektrijuhtivuse dünaamika aastatel 2013 kuni 2015 ning missugused hüdrometeoroloogilised tegurid mõjutavad üleujutusvee elektrijuhtivust üleujutusala erinevates piirkondades.

Vastavalt kirjandusele erineb Matsalu lahe vee soolsus lahe eri osades tunduvalt (Simm, 1984; Kumari, 1985). Ka üleujutatavatel aladel on vee soolsus erinev (joonis 4). Elektrijuhtivuse dünaamika Matsalu üleujutusosal on erinev kõigis 14. mõõdupunktis. Suurem vee elektrijuhtivus oli läänepoolsetes mõõdupunktides nagu Salmi, Saastna ja Matsalu. Neist aga omakorda eristub väga kõrge elektrijuhtivusega Salmi mõõdupunkt. Salmi mõõdupunkt erineb geograafiliste tingimuste poolest teistest punktides - punkt asub väikese lahe sopis, mis on avatud Väinamere soolasematele veemassidele, kuid Kasari jõest pärit magedamad veemassid ei muuda Salmi mõõdupunkti elektrijuhtivust oluliselt väiksemaks. Lisaks on Salmi mõõdupunkti üleujutusvee tase madal, mistõttu suvel kõrgete temperatuuridega vesi aurustub pinnalt ja elektrijuhtivus suureneb. Saastna mõõdupunkti vee elektrijuhtivus on väga muutlik ja kohati kõrgem kui teistes mõõdupunktides (v.a Salmi), mille põhjuseks on ilmselt mõõdupunkti asukoht: Saastna mõõdupunkt on Väinamerele kõige lähim mõõdupunkt ja on oluliselt mõjutatud Väinamere vee kõrgemast soolsusest.

Elektrijuhtivuse dünaamikas leidub ka sarnasusi. Enamasti juuni alguses peale kevadist üleujutust elektrijuhtivus tõuseb. Kõige kõrgem elektrijuhtivus, olenevalt meteoroloogilistest tingimustest, võiks olla augusti kuus (andmeid ainult 2014 aasta augusti kohta). Joonisel 4 on näha, et augustis 2014 oli elektrijuhtivus punktides väga erinev, mis on põhjustatud ilmselt sademetest, kuna Keskkonnaagentuuri andmetel oli juulis (160,8 mm) ja augustis (154,2 mm). 2014 katse ajal mõõdeti kõige suuremad sademete summad kuus Kasari hüdromeetriaajas, mis põhjustas üleujutusvee soolsuse languse: vee elektrijuhtivus langes ilmselt sademete mõjul Kelu, Rannamõisa, Rõude farmi, Rõude mõisa ja Tika mõõdupunktides. Talvel on elektrijuhtivus enamasti madalam ja stabiilsem, kuid Väinamererele kõige lähemaid mõõdupunkte mõjutab olukord merel.

Võrreldes andmeid, mis pärinevad mõõtepunktides olevatelt seadmetelt leiti, et kõigis mõõdupunktides, millega arvetusi tehti olid elektrijuhtivuse kõikumised seotud samas punktis oleva veetaseme kõikumistega. Statistiliselt usaldusväärne oli see seos vaid Kloostri mõõdupunktis, kus vee elektrijuhtivus langeb kui veetaseme tõuseb, mis tuleneb sellest, et mõõdupunkti jõudev vesi on pärit Kasari jõest ning madala elektrijuhtivusega. Sarnaselt võib kirjeldada seost Rõude farmi mõõdupunkti elektrijuhtivuse ja veetaseme vahel. Elektrijuhtivuse muutused erinevates mõõdupunktides näitavad, et üleujutusvee soolsus on küll veetasemega seotud, kuid oleneb põhjustest, mille tõttu veetaseme tõusis. Kui Väinamerest tuleb läänetuultega vett juurde, siis sellele lähemates mõõdupunktides vee soolsus tõuseb, samas kui Kasari jõe suurenenud vooluhulk ja ka sademed võivad veetaseme tõsta samaaegselt soolsuse langusega.

Veetemperatuur ja vee elektrijuhtivus olid samuti kõigis mõõdupunktides seotud. Üheteistkümnest mõõdupunktist viies oli elektrijuhtivus statistiliselt usaldusväärses seoses veetemperatuuriga. Kõik seosed olid positiivsed, seega võib järeldada, et kui veetemperatuur tõuseb, suureneb ka vee soolsus (elektrijuhtivus) samas mõõdupunktis. Põhjused tulenevad nii asjaolust, et temperatuur mõjutab ionide liikuvust ja paljude soolade ja mineraalide lahustuvust vees kui ka vee aurumisest veepinnalt - suvel, kõrgemate temperatuuride korral osa vett aurustub ja alles jäänud vesi muutub seetõttu soolasemaks.

Matsalu lahe keemilise koostise määrab suures osas ära läänest lahte tungiv Väinamere riimvesi ja idast lahte suubuvate jõgede mage vesi (Kumari, 1985). Käesolevas töös otsiti üleujutusvee elektrijuhtivuse seoseid Kasari hüdromeetriaaja veetasemega ja Virtsu rannikujaama veetasemega. Kõrgema veetaseme puhul neis mõõdejaamades võiks rohkem vett

ka välja valitud mõõdupunktidesse jõuda. On teada, et Kasari jõest voolab aastas läbi 865 mln m³ vett, mis ületab Matsalu lahe mahtu kaheksa korda (Kumari, 1985). Kasari hüdromeetriaama veetase oli statistiliselt usaldusväärses seoses ainult Saastna ja Salmi mõõdupunktide vee elektrijuhtivusega. Põhjus võib olla selles, et ülejäänud mõõdupunktides oli elektrijuhtivus varasemalt juba nii madal, et veetaseme muutus suurenenud magevee lisandumise tagajärjel ei toonud kaasa suuri muutusi elektrijuhtivuses. Saastna ja Salmi mõõdupunktide elektrijuhtivus on üldiselt kõrgem kui teistes mõõdupunktides, kuid suurvee ajal, kui suuremad veemassid Kasari jõest liiguvad lahte, langeb ka nendes punktides vee elektrijuhtivus. Virtsu rannikujaama veetasemega statistiliselt usaldusväärsed seosed puudusid. Esinesid nõrgad positiivsed seosed Salmi ja Saastna mõõdupunktide elektrijuhtivusega, mis näitasid, et kui merevee tase on kõrgem siis on ka elektrijuhtivus suurem. Kui merevee tase on Virtsu rannikujaamas kõrgem siis ilmselt jõuab ka Matsalu lahte rohkem soolasemat vett, mis suurendab elektrijuhtivust.

Järgnevalt uuriti kas vee elektrijuhtivus on seotud kliimaatiliste teguritega. Kõigi rühmade keskmised elektrijuhtivused olid positiivses seoses päeva keskmise õhutemperatuuriga Kasari hüdromeetriaajas. Esimese, kolmanda ja neljanda rühma mõõdupunktide andmetega olid seosed statistiliselt usaldusväärsed. Teise rühma vee elektrijuhtivus oli samuti seotud õhutemperatuuriga, kuid seos oli veidi nõrgem. Esines statistiliselt usaldusväärne seos Neidsaare mõõdupunkti vee elektrijuhtivuse ja Kasari hüdromeetriaama õhutemperatuuri vahel. Sarnaselt nagu veetemperatuuri seos vee elektrijuhtivusega on põhjendatav ka õhutemperatuuri seos elektrijuhtivusega. Mida kõrgem on õhutemperatuur, seda enam soojeneb vesi ja toimub vee aurustumine veepinnalt, mille tulemusena soolade kontsentratsioon vees suureneb.

Meteoroloogilistest teguritest uuriti, kas sademed avaldavad mõju elektrijuhtivusele erinevates punktides. Selleks kasutati kahe kõige lähema vaatlusjaama andmeid ja võrreldi neid eraldi mõõdupunktide vee elektrijuhtivusega. Kasari hüdromeetriaama kuu keskmised sademete summad oli statistiliselt usaldusväärses seoses Tika mõõdupunkti vee elektrijuhtivusega. Seos oli negatiivne, tähendab, et kui sademeid on rohkem, siis vee elektrijuhtivus väheneb. Tika mõõdupunkt asub madalamas kohas ja sinna võib koguneda rohkem sademetest tulevat vett. Virtsu rannikujaama kuu keskmine sademete hulk oli vastupidises seoses Penijõe mõõdupunkti vee elektrijuhtivusega. Keskkonnaagentuuri andmete põhjal võib väita, et kui Virtsu rannikujaamas sajab, siis enamasti sajab ka Kasari hüdromeetriaajas ning seejuures on sademete hulk Kasaris suurem. Selle tõttu võib Penijõe

mõõdupunkti valguda ümbritsevatelt aladelt sademete vett, millega tuleb kaasa orgaanilisi aineid, mis samuti võivad vee elektrijuhtivust suurenda (Eipre ja Pärn, 1982). Teistes mõõdupunktides statistiliselt usaldusväärseid seoseid sademetehulgaga ei leitud.

Üks olulisemaid meteoroloogilisi tegureid on tuule suund. Tuule suund võib tõsta või langetada merevee taset (Meriste, 2005), mis omakorda võib muuta ka Matsalu lahe vee soolsust erinevates lahe piirkondades. Seoseid tuule suundadega vaadeldi rühmade kaupa. Esimese rühma puhul on selgelt näha, et kõige suurem vee elektrijuhtivus on läänest puhuvate tuulte korral, teistest ilmakaartest puhuvate tuulte ajal oli vee elektrijuhtivus madalam. Esimese rühma punkte mõjutab selgelt lääne tuulte ajal mõõdupunktidesse jõudev merevesi, mis tõstab vee elektrijuhtivust. Teise, kolmanda ja neljanda rühma puhul oli kõige suurem vee elektrijuhtivus põhjast puhuvate tuulte korral, kuid enamasti peaaegu sama kõrge ka läänest puhuvate tuulte korral. Läänest puhuvate tuulte mõjul jõuab mõõdupunktidesse rohkem merevett, kuid põhjast puhuvad tuuled võivad liigutada üleujutuse ajal vett, millega koos liigub mõõdupunktidesse rohkem orgaanilist ainet muidu seisva veega deltaalalt, mis võib tõsta vee elektrijuhtivust. Selgelt kõige madalam elektrijuhtivus oli idast puhuvate tuulte korral, mil lahte ei tule juurde merevett, vaid ainult mage vesi jõgedest. Tuule kiirusega statistiliselt usaldusväärseid seoseid puudusid.

Kuude keskmiste vee elektrijuhtivuste dünaamika (joonis 4) graafikute alusel rühmitatud üleujutusvee parameetrite mõõdupunktid on iga rühma sees iseloomustatavad sarnaste teguritega. Esimesse rühma kuulusid Saastna ja Salmi mõõdupunktid, mis asusid kõige lähemal Väinamerele. Esimese rühma mõõdupunktid asuvad rannaniitudel, piirkonnas, kus pole ühte pikka üleujutust vaid hulk lühikesi üleujutusi, kevadine üleujutusperiood kestab keskmiselt vaid kaks päeva (Ivask, 2016). Selle rühma kuude keskmine vee elektrijuhtivus jäi vahemikku 469 kuni 15 505 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esimese rühma mõõdupunktide vee elektrijuhtivus oli statistiliselt seotud veetemperatuuriga, veetasemega Kasari hüdroomeetrijaamas, õhutemperatuuriga Kasari hüdroomeetrijaamas ning tuule suunaga. Rühma kuulusid Matsalu ja Tika mõõdupunktid, nende kuude keskmine vee elektrijuhtivus jäi vahemikku 1 877 kuni 5 435. Mõõdupunktid asuvad üleminekuniitudel, mida iseloomustab pikk üleujutusperiood - 40 kuni 80 päeva (Ivask, 2016). Selle rühma mõõdupunktid asuvad niitudel, mille üleujutus pärineb nii lahe riimveest kui Kasarist tulenevast mageveest. Teisest rühma mõõdupunktides mõõdetud vee elektrijuhtivus oli seoses veetasemega ja veetemperatuuriga samades mõõdupunktides. Kogu rühma elektrijuhtivust mõjutas positiivselt tuule suund.

Kolmandasse rühma kuulusid Jaagu, Rannamõisa ja Rõude farmi mõõdupunktid, nende kuude keskmine vee elektrijuhtivus jäi vahemikku 1 547 kuni 4 652 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mõõdupunktid asuvad Kasari jõe deltaalal märgadel lamminiitudel, kus on pikk üleujutusperiood – 16 kuni 85 päeva (Ivask, 2016). Üleujutus pärineb ainult Kasari jõe mageveest, merevesi siia ei ulatu. Kolmanda rühma mõõdupunktide vee elektrijuhtivustest esines sama punkti veetasemega statistiliselt usaldusväärne seos ainult Rõude farmi mõõdupunktis. Vee elektrijuhtivus oli seotud ka veetemperatuuriga ($p < 0,05$). Kolmanda rühma mõõdupunktide vee elektrijuhtivus oli seotud õhutemperatuuriga Kasari hüdroomeetriaamas ning seda mõjutas ka tuule suund.

Neljandasse rühma kuulusid Kasari, Rõude mõisa, Kelu, Penijõe, Kloostri, Neidsaare ja Rõude silla mõõdupunktid. Rühma elektrijuhtivus jäi vahemikku 334 kuni 4 988 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mõõdupunktid asuvad lamminiitudel, kus üleujutusperiood on enamasti lühem (kuni 16 päeva), välja arvatud Neidsaare ja Rõude Silla mõõdupunktid, mis asuvad deltaala keskel ja kus üleujutuse kestus on võrreldav kolmanda rühmaga – kuni 85 päeva (Ivask, 2016). Neljanda rühma mõõdupunktide vee elektrijuhtivustest oli sama punkti veetasemega seoses Kloostri mõõdupunkti vee elektrijuhtivus. Veetemperatuuriga olid seotud Kloostri ja Neidsaare mõõdupunkti vee elektrijuhtivused. Neljanda rühma elektrijuhtivus oli seoses ka õhutemperatuuriga Kasari hüdroomeetriaamas. Üksikute mõõdupunktide kaupa vaadelduna eristus teistest vee elektrijuhtivustest Neidsaare, kus elektrijuhtivus oli tugevas seoses õhutemperatuuriga. Sademete hulk Virtsu rannikujaamas mõjutas Penijõe mõõdupunkti vee elektrijuhtivust. Kogu neljanda rühma vee elektrijuhtivust mõjutas tuule suund.

Matsalu üleujutusala vee elektrijuhtivuse dünaamika on mõõdupunktides erinev ning hüdro meteoroloogilised tegurid mõjutavad erinevalt mõõdupunktide vee elektrijuhtivust. Töö autori püstitatud esimene hüpotees pidas osaliselt paika. Hüdro meteoroloogilised tegurid mõjutavad vee elektrijuhtivust, kuid erinevates mõõdupunktides avaldavad hüdro meteoroloogilised tegurid üleujutusvee soolsusele erinevat mõju, mis väljendub mõõdetud vee elektrijuhtivuste väärtuste erinevustes. Teine püstitatud hüpotees pidas paika - mõõdupunktide vee elektrijuhtivus sõltub mõõdupunkti asukohast Väinamere ja Kasari jõe suhtes. Enamus hüdro meteoroloogilisi parameetreid (päeva keskmine õhutemperatuur, sademete summa ja veetase Kasari hüdroomeetriaamas, sademete summa ja veetase Virtsu hüdroomeetriaamas) mõjutavad kõige enam neljanda rühma mõõdepunktide vee elektrijuhtivust, mõju ei ole tugev. Veetase Virtsu hüdroomeetriaamas mõjutab kõige enam esimese rühma mõõdepunktide vee elektrijuhtivust.

Kokkuvõte

Läänemere idaosas paiknev Matsalu laht koos Kasari jõega moodustavad keerulise mosaiikse maastikuga ala, mis koosneb nii merest, ranniku kui ka sisemaa märgaladest. Läänemere riimvesi on loonud Matsalu lahe ümbrusesse erilised elupaigad. Samuti muudavad piirkonna eriliseks Kasari jõe perioodilised üleujutused. Merest pärit riimvesi ja jõgedest pärit magevesi segunevad tugevate läänest puhuvate tuulte ajal või kevadise suurvee ajal. Üleujutuse sagedus ja kestvus nagu ka üleujutusvee soolsus mõjutavad üleujutavate alade taimestiku ja loomastiku mitmekesisust.

Käesolevas töös uuriti seoseid Matsalu Rahvuspargi ranna- ja luhaniitudele paigutatud mõõtesensorite (14 tk) andmete (elektrijuhtivus, veetase, veetemperatuur) vahel ning elektrijuhtivuse seoseid Keskkonnaagentuurist saadud andmetega (veetase, veetemperatuur, sademed, õhutemperatuur, tuule kiirus ja suund). Hüdro meteoroloogilised andmed on mõõdetud kahes kõige lähemal asuvas vaatlusjaamas (Virtsu rannikujaam, Kasari hüdro meetrijaam). Osaliselt kasutati seoste leidmiseks ka erineva vee elektrijuhtivuse dünaamikaga piirkondade keskmisi vee elektrijuhtivuste andmeid (neli rühma). Uuriti, millised hüdro meteoroloogilised tegurid mõjutavad üleujutusvee elektrijuhtivust üleujutusala erinevates piirkondades.

Töö alguses püstitatud eesmärgid said täidetud. Matsalu üleujutusala vee elektrijuhtivuse dünaamika on mõõdupunktides erinev ning hüdro meteoroloogilised tegurid mõjutavad erinevalt mõõdupunktide vee elektrijuhtivust. Töö autori püstitatud esimene hüpotees pidas osaliselt paika. Hüdro meteoroloogilised tegurid mõjutavad vee elektrijuhtivust, kuid erinevates mõõdupunktides avaldavad hüdro meteoroloogilised tegurid üleujutusvee soolsusele erinevat mõju, mis väljendub mõõdetud vee elektrijuhtivuste väärtuste erinevustes. Teine püstitatud hüpotees pidas paika - mõõdupunktide vee elektrijuhtivus sõltub mõõdupunkti asukohast Väinamere ja Kasari jõe suhtes.

Töö analüüsi tulemuste põhjal võib järeldada, et:

- kõigi mõõdupunktide vee elektrijuhtivus oli seoses sama mõõdupunkti veetasemega ja veetemperatuuriga;
- Kasari hüdro meetrijaama veetase oli statistiliselt usaldusväärnes seoses ainult kahe Väinamerele kõige lähema punkti vee elektrijuhtivusega;
- Virtsu rannikujaama veetasemega statistiliselt usaldusväärsed seosed puudusid;

- kõigi rühmade keskmised vee elektrijuhtivused olid positiivses seoses päeva keskmise õhutemperatuuriga Kasari hüdrometriaajas;
- Kasari hüdrometriaaja kuu sademete summa oli statistiliselt usaldusväärses seoses ainult Tika mõõdupunkti vee elektrijuhtivusega;
- Virtsu rannikujaam kuu keskmine sademete summa oli seoses Penijõe mõõdupunkti vee elektrijuhtivusega;
- statistiliselt usaldusväärsed seosed tuule kiirusega puudusid;
- tuule suund mõjutab kõigi punktide vee elektrijuhtivust, kõige suurem mõju on lääne ja põhjatuulel.

Summary

Effect of hydrometeorological factors on dynamics of flood water electroconductivity in Matsalu wetland

The Matsalu Bay together with the Kasari River in the eastern part of the Baltic Sea form a complex mosaic-like landscape area comprising the sea, the coast and the wetlands in the inland part of Estonia. The brackish water of the Baltic Sea has created extraordinary habitats in the region around the Matsalu Bay. The periodical floods of the Kasari River make the region peculiar. The brackish water from the sea and the fresh water from rivers are mixed due to strong western winds or during the spring flooding. The frequency and duration of flooding and the salinity of the water affect the variety of flora and fauna in the flooded area.

The paper studies relations between the data (conductivity, level of water and water temperature of the sensing devices (14 pcs) installed on the coastal meadows and the bottom-land meadows of Matsalu National Park and the relations of conductivity in the data received from the Environmental Board (level of water, water temperature, precipitation, air temperature, wind speed and direction). Hydrometeorological data has been measured in two closest observation stations (Virtsu coastal station, Kasari hydrometric station). In order to find relations, partially also the average water conductivity data from areas with different conductivity dynamics are used (four groups). Hydrometeorological factors, which affect the conductivity of the flood water in different flooded areas of the region, are studied.

The tasks established at the beginning of the survey are achieved. The dynamics of the water conductivity in the flooded area of Matsalu is different in measuring points and the hydrometeorological factors affect the conductivity in different measuring points differently. The first hypothesis established by the author of the paper is partially valid. Hydrometeorological factors affect the conductivity of water; however, in different measuring points the hydrometeorological factors have a different impact on the salinity of flood water, which is expressed in different values of the conductivity of the measured water. The second hypothesis established is valid: the conductivity of water in measuring points depends on the location of the measuring point in regard to the Väinamere Sea and the Kasari River.

Based on the results of the analysis of the survey it may be concluded as follows:

- The conductivity of measuring points is positively or negatively related with the water level and water temperature in the same measuring point;
- The water level of Kasari hydrometeorological station is statistically in reliable relation with the water conductivity measured in the measuring point closest to the Väinamere Sea;
- Reliable statistic relations with the water level in the Virtsu coastal station are not observed;
- The average conductivity of all groups are in positive relation with the average air temperature in Kasari hydrometric station;
- The sum of the monthly precipitation of Kasari hydrometric station is statistically in reliable relation only with the conductivity of Tika measuring point;
- The average sum of monthly precipitation in Virtsu coastal station is in relation with the conductivity in the Penijõe measuring station;
- No statistically reliable relations with the wind speed is observed
- The direction of the wind affects the conductivity in all points, the bigger impact is observed in case on the western and northern wind.

Tänuõnad

Autor soovib tänada oma juhendajat, Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledži professor Mari Ivaskit väga hea juhendamise ja ühiste diskussioonide eest, tänu millele sai käesolev magistritöö võimalikuks. Autor avaldab tänu Mart Meristele abistavate vestluste eest. Samuti soovib autor tänada Eesti Teadusfondi Grant Nr. 9145 „Mullaelustiku ruumiline jaotus ja koosluste üleujutusejärgne taastumine Matsalu Rahvuspargi lammi- ja rannaniitudel“ (2012-2015) projekti finantseerimise eest ning Keskkonnaagentuuri hüdrometeoroloogiliste andmete eest.

Kasutatud kirjandus

Cañedo-Argüelles, M., Kefford, B.J., Piscart, Ch., Prata N., Schäfer R.B., Schulze, C.-J. 2013. Salinisation of rivers: An urgent ecological isuse. *Environmental Pollution* 173, 157–167

Eesti Keele Instituut. 2009. Eesti keele seletav sõnaraamat. Veebilehekülg. Eesti Keele Sihtasutus. Tallinn. <http://www.eki.ee/dict/ekss/index.cgi> (30.04.2016)

Eipre, T., Pärn, M. 1982. Matsalu Riiklik Looduskaitseala ja selle ümbruse kliima ning veerežiim. Rmt: Paakspuu, V. (koostaja). Eesti NSV riiklike looduskaitsealade teaduslikud tööd III. „Valgus“. Tallinn. lk. 4-42

Ivask, M., Meriste, M., Kuu, A., Kutti, S., Sizov, E. 2012. Effect of flooding by fresh and brackish water on earthworm communities along Matsalu Bay and the Kasari River. *European Journal of Soil Biology*. 53. p. 11-15.

Jairus, T. 2014. Muutused Kasari ja Rannamõisa-Rõude delta jõesuudmete arengus aastatel 2005-2013. Bakalaureusetöö. Tartu Ülikool, Loodus- ja tehnoloogiateaduskond, Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, Geoloogia osakond. Tartu. 68 lk.

Kemker, C. Conductivity, Salinity & Total Dissolved Solids. <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/#cond> (30.03.2016)

Keskkonnaamet. 2016. Matsalu Rahvuspark. Veebileht. <http://www.keskkonnaamet.ee/?lang=matsa> (11.04.2016)

Kilki, S. 2015. Matsalu märgala üleujutuste mudel ja selle võimalike rakenduste analüüs. Magistritöö. Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledž Keskkonnakaitse õppetool. Tartu.

Kont, A., Jaagus, J., Aunap, R., Ratas, U., Ravis, R. 2008. Implications of sea – level rise for Estonia. *Journal of Coastal Research*. 24. p. 423–431.

Kont, A., Ratas, U., Puurmann, E., Ainsaar, M., Pärtel, M., Zobel, M. 1996. Eustatic fluctuations of the world ocean and their impact on the environment and social life of Estonia. In: Estonia in the System of Global Climate Change, Publication 4. Tallinn, Estonia: Institute of Ecology, University of Tallinn. p. 104–122.

Kumari, E. 1985. Matsalu – rahvusvahelise tähtsusega märgala. Valgus. Tallinn. 309 lk.

Kumari, E. 1997. Matsalu märgala inimtekkeste ökosüsteemide kujunemisest ja kaitses. Rmt: Mägi, E., Kaisel, K. (toim). Loodusevaatlusi 95/96. Matsalu Looduskaitseala. Tallinn. 201 lk.

Lotman, A. 1997. Poollooduslike koosluste hooldusest Matsalu märgalal. Rmt: Mägi, E., Kaisel, K. (toim). Loodusevaatlusi 95/96. Matsalu Looduskaitseala. Tallinn. 201 lk.

Luhamaa, H., Ikonen, I., Kukk, T. 2001. Läänemaa pärandkooslused. Seminatural communities of Läänemaa County, Estonia. Pärandkoosluste Kaitse ühing. Tartu–Turku. 96 lk.

Maa-amet. 2015. WMS teenus.

Meriste, M. 2003. Loodusolude muutumise põhjused Matsalu märgalal. Rmt: Mägi, E. (toim). Loodusevaatlusi 2000-2002. Matsalu Looduskaitseala. Lihula. 136 lk.

Meriste, M. 2005. Matsalu märgala maismaastumine. Magistritöö. Tartu Ülikooli Geoloogia Instituut. Tartu.

Meriste, M., Kirsimäe, K., Freiberg, L. 2012. Relative sea-level changes at shallow coasts inferred from reed bed distribution over the last 50 years in Matsalu Bay, the Baltic Sea. Journal of Coastal Research. 28. p. 1-10.

Meriste, M., Üts, M., Kirsimäe, K. 2005. Matsalu märgala roostike struktuuri ja leviku muutused aastatel 1980-2004. Rmt: Mägi, E. (toim). Loodusevaatlusi 2004-2005. Matsalu Looduskaitseala. Penijõe. 124 lk.

Mertler, C. A., Vannatta, R. A. 2005. Advanced and multivariate statistical methods: Practical application and interpretation (3rd ed.). Los Angeles, CA: Pyrczak.

Orviku, K. 1993. Nüüdisrandla. Rmt: Lutt, J., Raukas, A. (toim). Eesti šelfi geoloogia. Eesti Geoloogia Selts. Tallinn. 178 lk.

Paal, J., Ilomets, M., Fremstad, E., Moen, A., Børset, E., Kuusemets, V., Truus, L., Leibak, E. 1999. Eesti märgalade inventeerimine 1997. a. Projekti „Eesti märgalade kaitse ja majandamise strateegia“ aruanne. Eesti Loodusfoto. Tartu. 166 + xxviii lk.

Palo, A. 1996. Eesti ranna- ja luhaniidud: geograafiline ja ajalooline ülevaade. Rmt: Leibak, E., Lutsar, L. (toim). Eesti ranna- ja luhaniidud. Eestimaa Looduse Fond. Tallinn. 247 lk.

Plakk, T. Muldade elektrofüüsikalised omadused. http://adek.ee/public/files/Infoleht_175.pdf (02.04.2016)

Ramsar. 2015. Ramsar Sites in order of their addition to the Ramsar List of Wetlands of International Importance. http://ramsar.rgis.ch/pdf/sitelist_order.pdf (17.04.2016)

Ratas, U. 1984. Matsalu Riiklik Looduskaitseala saarte maastikulisest struktuurist. Rmt: Paakspuu, V. (koostaja). Eesti NSV riiklike looduskaitsealade teaduslikud tööd IV. „Valgus“. Tallinn. lk. 8-28

Simm, H. 1984. Matsalu lahe soolsusest. Rmt: Paakspuu, IV. (koostaja). Eesti NSV riiklike looduskaitsealade teaduslikud tööd III. Tallinn, „Valgus“, lk. 32-38

Stewart, R., H. Introduction To Physical Oceanography. http://oceanworld.tamu.edu/resources/ocng_textbook/PDF_files/book.pdf (24.04.2016)

Tamm, L., Timotheus, H. 2013. Keemia õpik 9. klassile. Keemilistest reaktsioonidest igapäevaeluni. Avita. Tallinn. 160 lk.

Timm, H. 1991. Verevi järve seisund, Eesti Teaduste Akadeemia Tartu. lk 139

WAAS T&E Team. 2015. Global Positioning System (GPS) Standard Positioning Service (SPS) Performance Analysis Report. William J. Hughes Technical Center. Atlantic City International Airport, NJ 08405. 64 p.

Käsikirjad

Ivask, M. 2016. Mullaelustiku ruumiline jaotus ja koosluste üleujutusejärgne taastumine Matsalu Rahvuspargi lammi- ja rannaniitudel. ETF Grant 9145. Lõpparuanne. Käsikiri TTÜ Tartu Kolledžis.

Lisad

LISA 1

Tabel 1. Mõõteseadmete koordinaadid

Nimi	Koordinaat X	Koordinaat Y
Rannamõisa	23.7925670	58.80778587
Rõude farm	23.83649321	58.78718843
Rõude mõis	23.89156826	58.77108621
Kasari	23.98052188	58.73660331
Kelu	23.94436243	58.74383555
Jaagu	23.89324213	58.75408109
Kloostri	23.83830269	58.75596299
Penijõe	23.81081994	58.72014997
Tika	23.76437523	58.72108631
Matsalu	23.71390108	58.74183111
Salmi	23.65946247	58.73557502
Saastna	23.59141398	58.72623699
Rõude sild	23.83888724	58.77267265
Neidsaare	23.79852955	58.75715021