



Loimijoen vesistöalueen padotus- ja juoksutuselvitys





Loimijoen vesistöalueen padotus- ja juoksutus selvitys

RAPORTEJA 80 | 2017

**LOIMIJOEN VESISTÖALUEEN
PADOTUS- JA JUOKSUTUSSELVITYS**

**Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus**

Taitto: KEHA-keskus

ISBN 978-952-314-652-5 (PDF)

ISSN-L 2242-2846

ISSN 2242-2854 (verkkajulkaisu)

URN:ISBN:978-952-314-652-5

www.doria.fi/ely-keskus

Sisältö

1. Alkusanat	3
2. Taustaa	4
3. Sidosryhmäyhteistyö	5
4. Vesistöalue ja vesistön säännöstely	6
4.1 Vesistöalue	6
4.2 Vesistön säännöstely	7
5. Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesistön hydrologiaan	10
5.1 Menetelmän kuvaus	10
5.2 Lämpötila ja sademäärä	10
5.3 Lumi	13
5.4 Virtaama	13
5.5 Vedenkorkeus	15
6. Tulva- ja kuivuushaitat	18
6.1 Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulva- ja kuivuushaittoihin.....	19
6.2 Säännöstelyn vaikutukset tulva- ja kuivuushaittoihin	20
7. Säännöstelylupien ongelmakohdat ja kehittämistarpeet.....	22
8. Selvitetyt säännöstelyvaihtoehdot ja niiden vaikutukset	25
8.1 Vaihtoehtojen vaikutukset vedenkorkeuksiin ja virtaamiin	25
8.2 Vaihtoehtojen muista vaikutuksista	33
9. Säännöstelyjen vaikutusmahdollisuudet Loimijoen vesistöalueen tulviin ja kuivuuksiin	36
10. Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet.....	38
Pyhäjärven säännöstelyä koskevat suositukset	38
Muut suositukset	39
11. Lähteet.....	41
Liitteet	42
Liite 1. Tarkasteltavien säännöstelyvaihtoehtojen vaikutus Kuhalankosken padolla sekä Loimijoen Maurialankoskella historiajaksolla 1985-2014 ja ilmastonmuutojaksolla 2020-2049	43
Liite 2. Tammelan Pyhäjärven ja loimijoen vedenkorkeus- ja virtaama-analyysi	50
Liite 3. Loimijoen padotus- ja juoksutusselvitys: loimijoen jääpatotarkastelu	72
Liite 4. Yhteenveto vesistön käyttäjille suunnatusta nettikyselystä ja sidosryhmätyöpajasta	86
Liite 5. Loimijoen padotus- ja juoksutusselvitys, Pyhäjärven ja Kuivajärven rantapeltojen vettymishaitta	94



1. Alkusanat

Padotus- ja juoksutus selvityksen laatii valtion valvontaviranomainen (ELY-keskus) yhteistyössä lupien haltijoiden sekä kuntien ja muiden viranomaisten kanssa. Selvitys tehdään riittävässä laajuudessa vesistön tai sen osa-alueen kattavana. Säädöksen tavoitteena on parantaa ilmastonmuutoksen vaikutuksiin varautumista erityisesti sään ja vesiolojen ääri-ilmiöiden kuten tulvien, rankkasateiden, epätavanomaisten jääilmiöiden ja kuivuuden osalta.

Loimijoen padotus- ja juoksutus selvityksen on laatinut Suomen ympäristökeskus Hämeen ELY-keskuksen johdolla vuonna 2017. Padotus- ja juoksutus selvityksen vesistömallinnuksen teki Miia Kumpumäki ja vaikutus-tarkastelut Tanja Dubrovin. Selvityksen yhteydessä on tehty erilliset raportit:

- Tammelan Pyhäjärven ja Loimijoen vedenkorkeus ja virtaama-analyysi (Alina Oksala / Suomen ympäristökeskus)
- Loimijoen jääpatoselvitys (Juha Aaltonen / Suomen ympäristökeskus)
- Yhteenveto kyselystä ja sidosryhmätyöpajasta (Merja Suomalainen / Hämeen ELY-keskus)
- Pyhäjärven ja Kuivajärven rantapeltojen vettymishaitta (Jussi Leino ja Merja Suomalainen / Hämeen ELY-keskus)

Selvitystyötä varten perustettiin ohjausryhmä, jonka puheenjohtajana toimi johtava vesitalousasiantuntija Timo Virola ja sihteerinä vesitalousasiantuntija Merja Suomalainen Hämeen ELY-keskuksesta. Ohjausryhmä kokoontui työn aikana neljä kertaa. Ohjausryhmään nimetyt jäsenet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Loimijoen padotus- ja juoksutus selvityksen ohjausryhmä

Organisaatio	Edustaja	Varaedustaja
Forssan kaupunki	kunnallistekniikan päällikkö Tero Tiensuu	tekninen johtaja Antti Heinilä
Tammelan kunta	ympäristösihteerinä Erja Klemelä	tekninen johtaja Hannu Jalava
Jokioisten kunta	kunnaninsinööri Kari Tasala	kehitysinsinööri Emilia Naatula
Ypäjän kunta	tekninen johtaja Jouko Käkönen	rakennustarkastaja Tuula Mikkola
Loimaan kaupunki	ympäristötarkastaja Matti Norr	
Loimijoen yläjuoksun perkausyhtiö	Antti Jaakkola	Jorma Pelto-Huikko
Xylo Gas Oy	toimitusjohtaja Eerin Rosenström	
Varsinais-Suomen ELY-keskus	johtava vesitalousasiantuntija Juha-Pekka Triipponen	
Suomen ympäristökeskus	johtava hydrologi Bertel Vehviläinen	hydrologi Miia Kumpumäki
Hämeen ELY-keskus	johtava vesitalousasiantuntija Timo Virola, puheenjohtaja	johtava asiantuntija Terhi Moilanen
Hämeen ELY-keskus	vesitalousasiantuntija Merja Suomalainen, sihteerinä	

2. Taustaa

Vuonna 2014 vesilakiin (587/2011) lisättiin säädös, jonka mukaan vesistön vedenkorkeuksiin ja virtaamiin vaikuttavien hankkeiden lupamääräyksiä voidaan tarkistaa tai antaa uusia määräyksiä, jos tulvista tai kuivuudesta aiheutuu yleiseltä kannalta vahingollisia vaikutuksia, joita ei muulla tavoin voida vähentää.

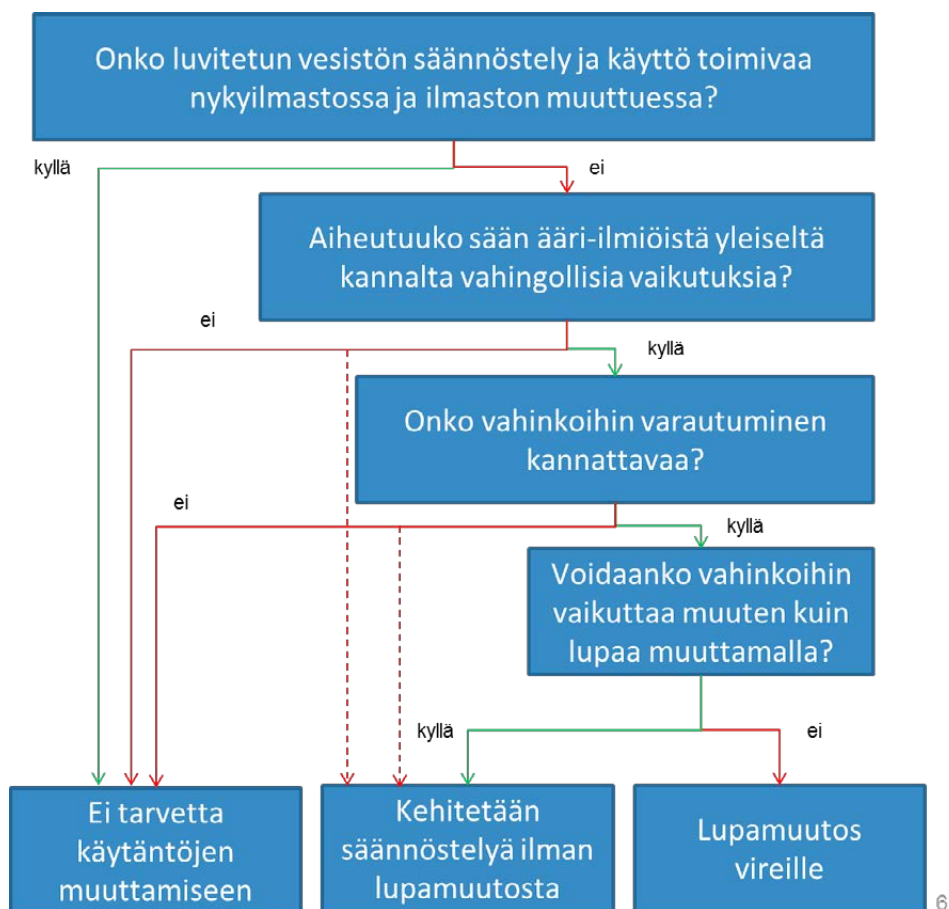
Laissa tarkoitettuja vahingollisia vaikutuksia ovat

- yleinen vaara ihmisen hengelle, turvallisuudelle tai terveydelle, (yhteiskunnan ensisijainen arvo)
- suuri vahinko yleiselle edulle (energiantuotanto, liikenneyhteydet, vedenhankinta, muu yhteiskunnan toiminnalle välttämätön infrastruktuuri)
- suuri ja laaja-alainen vahinko yksityiselle edulle.
- Eri hankkeiden lupamääräykset voidaan lisäksi sovittaa yhteen tulva- ja kuivuusriskien tehokkaaksi hallitsemiseksi koko vesistöalueella. Kaikkein ei voi, eikä kannata varautua, mutta mikäli ongelmatilanteita on mahdollista ennakoita, voidaan lupien tarkistusmenettelyllä vähentää tarvetta väliaikaisten ja usein kiireellisten poikkeuslupien hakemiseen.

Padotus- ja juoksutusselvityksen perusteella valtion valvontaviranomainen (ELY-keskus) tekee ratkaisun vedenkorkeuksiin ja virtaamiin vaikuttavien hankkeiden lupamääräyksiä tarkistamisesta tai muista toimista (kuva 1).

ELY-keskus voi

- laittaa aluehallintovirastossa vireille hakemuksen yhdelle tai useammalle vesitaloushankkeelle annettuihin lupiin sisältyvien määräysten muuttamiseksi tai uusien määräysten antamiseksi tai
- kehittää säännöstelyä toimijoiden kanssa ilman lupamuutoksia tai
- todeta, ettei muutoksiin ole tarvetta.



Kuva 1. Padotus- ja juoksutusselvitykseen perustuva säännöstelyluvan muuttaminen

3. Sidosryhmäyhteistyö

Selvitystyön ohjausryhmässä olivat mukana Forssan, Jokioisten, Loimaan, Tammelan ja Ypäjän kuntien edustajat, Pyhäjärven säännöstelyn luvanhaltija ja järven säännöstelyä hoitava yhtiö, Hämeen ja Varsinais-Suomen ELY-keskukset sekä Suomen ympäristökeskus. Ohjausryhmän tehtävänä oli ohjata sekä hanketta että erityisesti hankkeen tavoitteiden asettamista ja vaihtoehtojen tunnistamista. Ohjausryhmän tehtävänä oli myös käsitellä ja hyväksyä hankkeen loppuraportti.

Viestinnän osalta ohjausryhmässä sovittiin, että kukin taho vastaa itsenäisesti sille tullessiin yhteydenottoihin hanketta koskien. Hämeen ELY-keskus laati hankkeen kuluessa viisi lehdistötiedotetta, jotka menivät paikallismediassa hyvin läpi. Selvityksen tiedotteet ja valmistuneet materiaalit vietin myös ymparisto.fi-sivuston Loimijoen säännöstelyn sivulle.

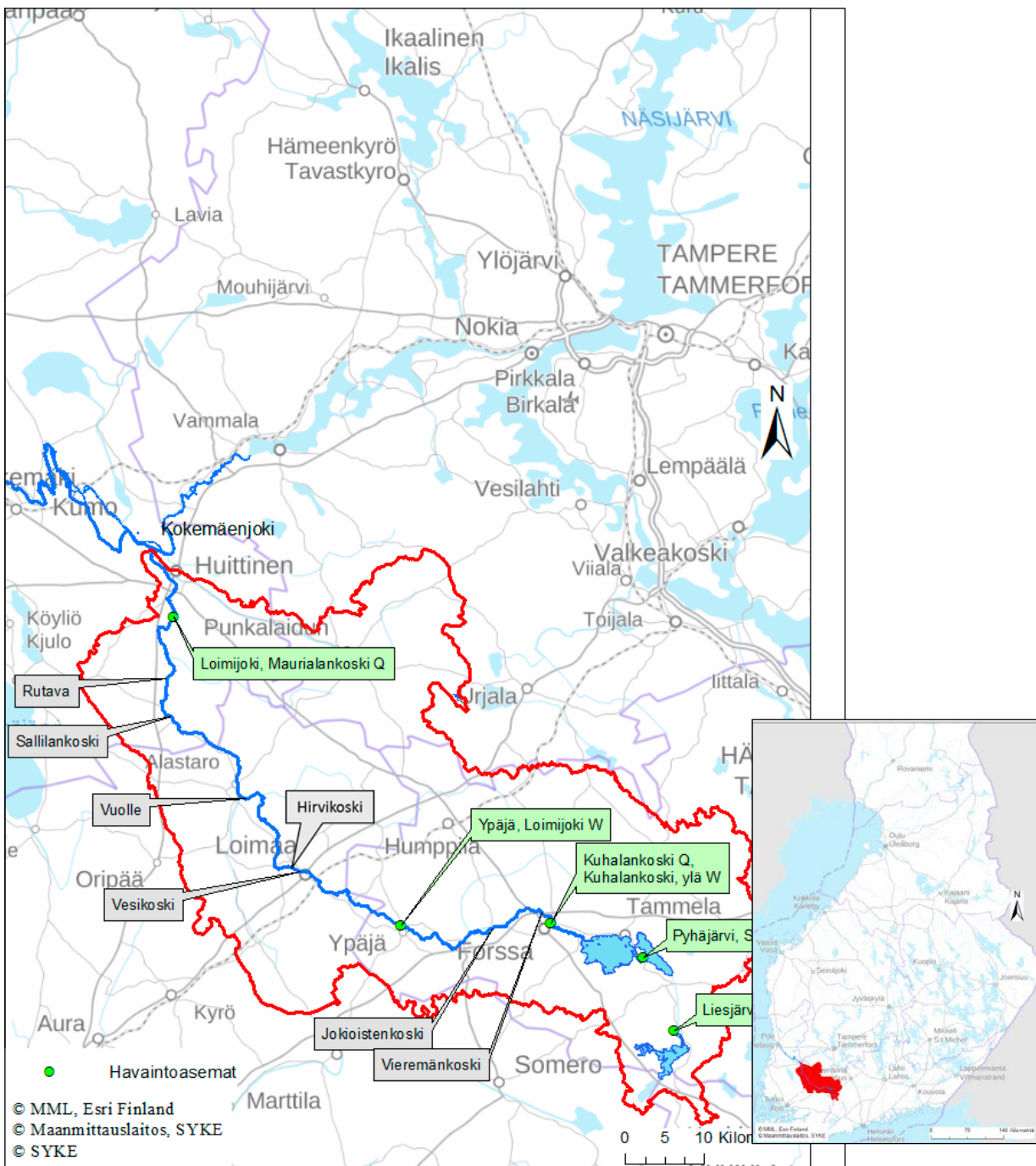
Vesistön käyttäjien kokemuksia ja näkemyksiä Loimijoen vesistön tilasta ja vedenkorkeuksista selvitettiin nettikyselyllä hankkeen alkuvaiheessa huhti-toukokuussa 2017. Kyselyyn saatiin peräti 205 vastausta, joista suurin osa koski Tammelaa. Yhteenvedo kyselyn tuloksista on esitetty liitteenä 4.

Kyselyn tuloksia käytiin läpi toukokuussa järjestetyssä sidosryhmätyöpajassa, jossa pohdittiin selvitykselle tavoitteita ja toimenpiteitä. Työpajaan osallistui edustajia vesialueen omistajista eli Tammelan Pyhäjärven ja Lunttilan osakaskunnista, Tammelan kunnasta, Forssan kaupungista, Tammelan vapaa-ajan asukkaat ry:stä, Tammelan Pyhäjärven-Kuivajärven suojeluyhdistys ry:stä, Loimijoen yläjuoksun perkausyhtiöstä ja Hämeen ELY-keskuksesta. Sidosryhmätyöpajaan kutsuttiin edustajia myös paikallisista vene- ja purjehdusseuroista, lintuharrastajista ja voimayhtiöistä, mutta näiltä tahoilta ei valitettavasti saatu edustajaa paikalle. Nettikyselyn ja työpajan tulosten perusteella hankkeen ohjausryhmässä sovittiin selvityshankkeessa tarkasteltavista vaihtoehdoista. Toinen sidosryhmätyöpaja oli tarkoitus järjestää lokakuussa SYKE:n laatimien vaihtoehtotarkastelujen valmistuttua, mutta se peruttiin vähäisten ilmoittautumisten vuoksi.

4. Vesistöalue ja vesistön säännöstely

4.1 Vesistöalue

Loimijoen vesistöalue (35.9) on osa Kokemäenjoen vesistöaluetta, joka on Suomen neljänneksi suurin vesistö. Yhteensä 114 km:n mittainen Loimijoki on Kokemäenjoen suurin sivujoki, joka saa alkunsa Tammelan ylänköalueelta Pyhäjärven kaakkoispuolelta (kuva 2). Loimijoki virtaa Forssan kaupungin lävitse kohti lounaisen Suomen viljelysalueita Jokioisten, Ypäjän, Loimaan ja Huittisten kuntien alueilla. Huittisissa Loimijoki yhtyy Kokemäenjokeen, josta vedet laskevat edelleen Pohjanlahteen.



Kuva 2. Loimijoen valuma-alueen kartta sekä sijainti Suomessa. Valuma-alueen rajat on merkitty punaisella. Padot (paitsi Kuhalankoski) on merkitty harmailla laatikoilla ja keskeisiä vedenkorkeus- sekä virtaamahavaintoasemia vihreällä.

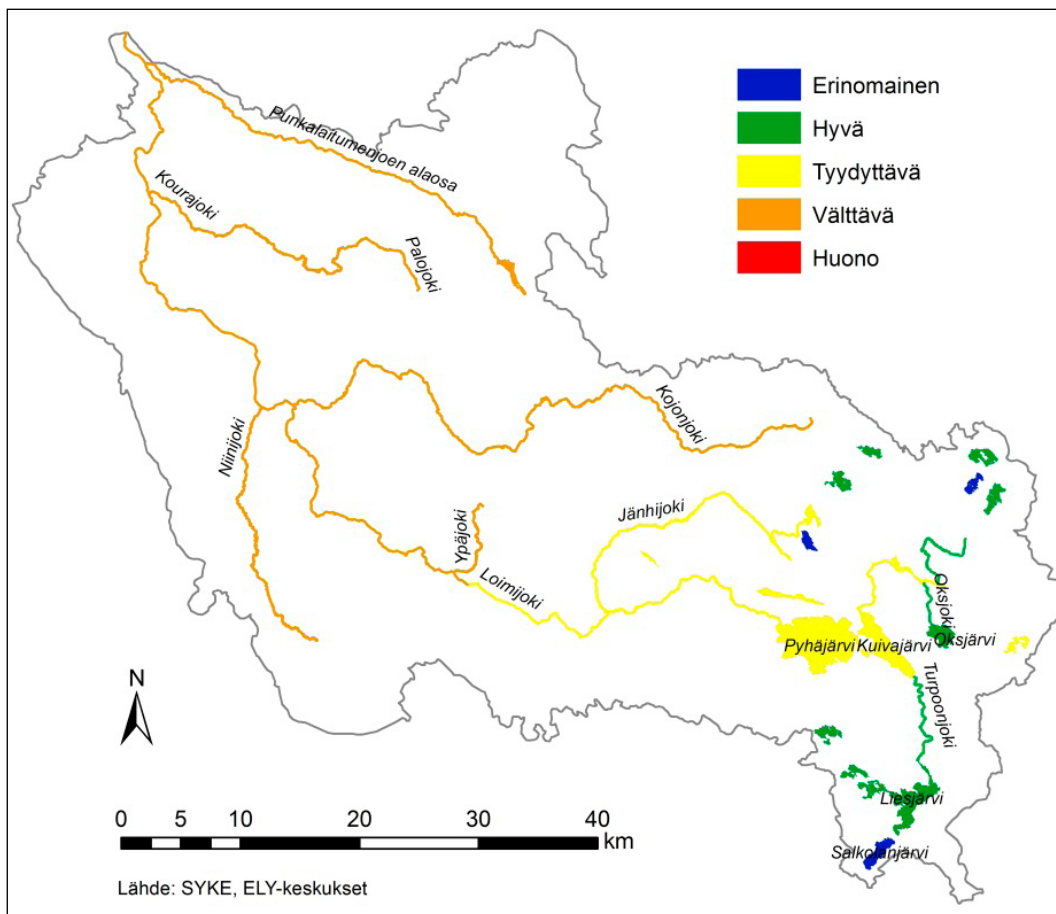
Loimijoen valuma-alue (3 138 km²) on vähäjärvistä ja peltojen osuus on suuri, noin 40 %. Vesistöalueen järvisyys on 2,74 % ja yli puolet alueen järvistä on alle 10 ha kokoisia. Loimijoen virtaamavaihtelut ovat suuria, koska virtaamia tasoittavia järviä on vähän. Tammelan Pyhäjärveä säännöstellään Kuhalankosken padolla. Lisäksi Loimijoen varrella on useita patoja ja voimalaitoksia, jotka säännöstelevät joen vedenkorkeutta.

Loimijoki on runsasravinteinen vesistö ja vesienhoidon mukaisen luokituksen mukaan sen ekologinen tila on yläjuoksulla tyydyttävä ja alajuoksulla välttävä (kuva 3). Ekologista tilaa heikentää paitsi ravinnekuormitus, myös se, että joki on nousuesteiden (patojen) vuoksi nimetty voimakkaasti muutetuksi vesimuodostumaksi.

4.2 Vesistön säännöstely

Loimijokea säännöstellään Kuhalankosken, Vieremänkosken, Jokioistenkosken, Vesikosken, Hirvikosken, Vuolteen, Sallilan ja Rutavan padoilla. Vesikosken voimalaitosta ei nykyisin käytetä sähköntuotantoon ja Hirvikoskella on vain säännöstelypato. Muilla padoilla on vesivoimantuotantoa ja Rutavaa lukuun ottamatta ne tuottavat sähköä yleiseen jakeluverkkoon.

Pyhäjärveä säännöstelevällä Kuhalankoskella (kuva 4) Länsi-Suomen vesioikeuden vuonna 1992 tekemä päätös (34/1992/4) on säännöstelyn osalta viimeisin. Sen mukaan Kuhalankosken padon tulvaluukkujen yläreuna saa olla enintään korkeudella 96,60 m (N60), eikä vedenkorkeus padolla saa ylittää tätä tasoa. Vedenjuoksua padolla on säännösteltävä päätöksen liitteenä olevan juoksutusohjeen mukaisesti (kuva 5). Juoksutus on määritelty Pyhäjärven eri vedenkorkeuksille ja ajanjaksoille. Suurimman osan vuotta juoksutus toimii purkautumiskäyrän tavoin eli mitä korkeampi on Pyhäjärven vedenkorkeus, sitä suurempi juoksutuksen tulee olla. Kevättulvaan varautumiseksi Pyhäjärven veden pinnan lasku tehdään 1.3. mukaisen lumen vesiarvon perusteella 1.4 mennessä sitä suurempana, mitä enemmän lunta on. Tulvan aikana vesi pyritään nostamaan 20.5. tavoitetasoon 96,95 m (N60). Ainoastaan kevättulva-aikana 1.4.-20.5. juoksutus voi olla niin suuri kuin patoaukot vetävät, muuna aikana suurin sallittu juoksutus on 20 m³/s. Minimijuoksutus on maaliskuussa 1,0 m³/s, 20.5.-31.12. 0,8 m³/s ja muina aikoina 1,2 m³/s.



Kuva 3. Loimijoen valuma-alueen vesimuodostumien ekologinen tila.

Vieremänkosken voimalaitos on saanut toiminnalleen luvan Etelä-Suomen aluehallintoviraston 2.9.2015 antaman päätöksen nro 165/2015/2 mukaisesti. Lisäksi asiasta on annettu Vaasan hallinto-oikeuden päätös 16/0216/2 (11.10.2016), jolla on tarkennettu Vieremänkosken tai Kuhalankosken voimalaitosten huolto- ja kunnossapitotöiden aikaista menettelyä. Vieremänkosken vesivoimalaitoksen viereistä pohjapatoa koskee Länsi-Suomen vesioikeuden päätös nro 42/1987/2. Vedenpinta Vieremänkosken padon yläpuolella saa olla enintään 92,55 m (NN) ja vähintään 92,05 m (NN). Mikäli vedenpinta uhkaa nousta yli korkeuden 92,55 m (NN) tai on tätä ylempänä, on yläkanavan aukkoa avattava riittävästi ylityksen estämiseksi tai rajoittamiseksi mahdollisimman lyhytaikaiseksi. Pohjapadon yli on pidettävä jatkuvasti minimissään 1 m³/s virtaama. Kun virtaama Vieremänkoskella laskee alle 1,5 m³/s, voimalaitoksen koneistot on pysäytettävä, ja ne voidaan käynnistää uudelleen kun virtaama on yli 1,5 m³/s.

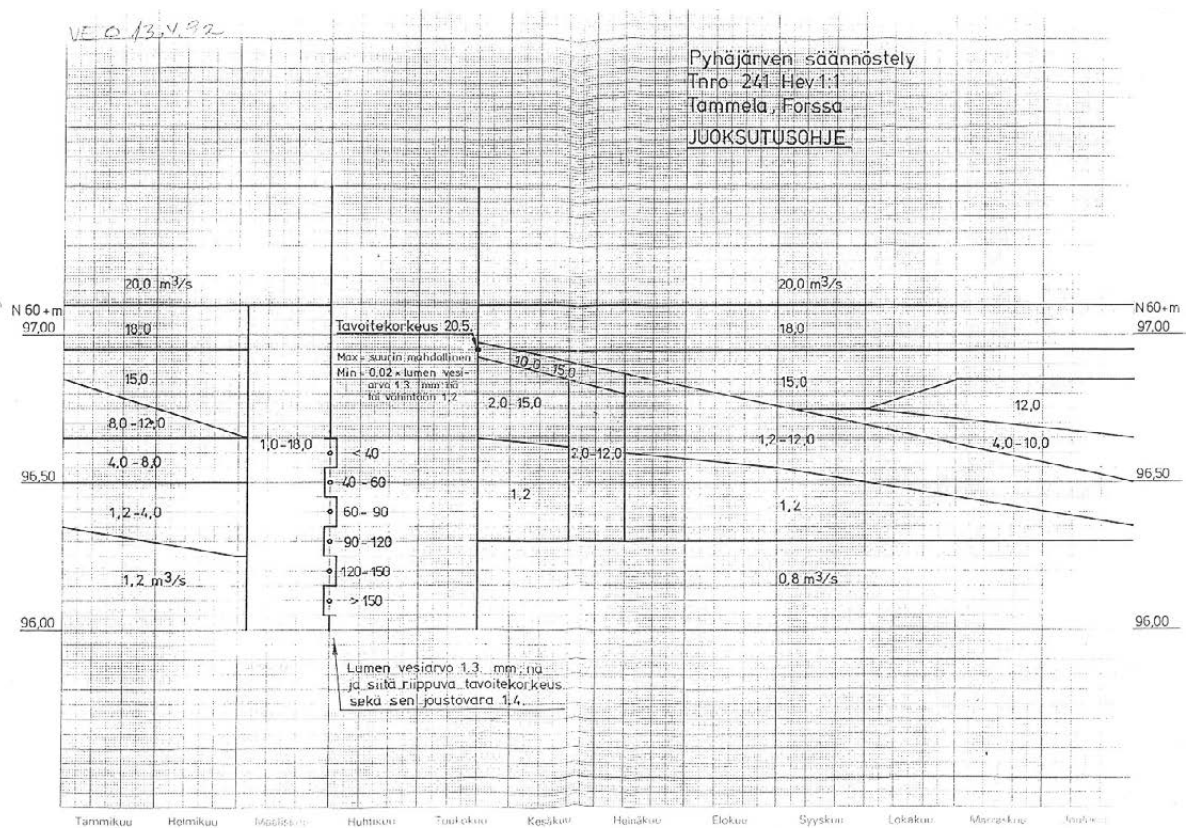
Jokioistenkosken voimalaitoksen vedenkorkeutta säännöstellään Hämeen läänin maaherran 13.6.1931 antaman päätöksen mukaan siten, että vettä on lupa padota kiintopisteen avulla määritettyyn korkeuteen 49,20 m, joka N60-tasossa vastaa korkeutta 89,20 m. Padotuskorkeudella ja sen alapuolella tulvaluukut saa sulkea siten, että vesi ei nouse padotuskorkeutta ylempiä.

Vesikosken voimalaitoksen vedenkorkeutta säännöstellään Vesistötoimikunnan 31.3.1962 antaman päätöksen padon uudelleenrakentamisesta sekä Länsi-Suomen vesioikeuden 24.11.1997 antamien selventävien määräysten mukaan. Määräysten mukaan vesi Vesikosken padon yläpuolella saadaan padottaa korkeuteen 79,13 m (N60). Mikäli vedenpinta uhkaa nousta tämän yli tai on tätä ylempänä, on tulva-aukkoja avattava riittävästi ylityksen estämiseksi tai rajoittamiseksi mahdollisimman lyhytaikaiseksi. Kun Loimijoen virtaama on niin pieni, ettei sitä käytetä sähkön tuottamiseen, vedenkorkeus on pyrittävä pitämään lähellä korkeutta 79,13 m (N60) sitä kuitenkaan ylittämättä.

Hirvikosken säännöstelypato sijaitsee noin kaksi kilometriä Vesikosken voimalaitoksesta alavirtaan. Kynnyspadon rakentamista ja vedenkorkeuksien säännöstelyä koskee Länsi-Suomen vesioikeuden 11.10.1990 antama päätös 100/1990/4. Päätöksen mukaan vedenjuoksutus on hoidettava niin, ettei vedenkorkeus padon yläpuolella ylitä korkeutta +32,20 m eikä alita korkeutta +29,88 m. Mikäli tästä padotuksesta tulvan aikana aiheutuu yläpuolisen Vesikosken voimalaitoksen säännöstelypadon vedenjuoksukyvyyn haitallista heikkenemistä, on luvan saajan Hirvikosken padon luukkuja avaamalla ja vedenjuoksua siten lisäämällä pyrittävä näitä haittoja estämään. Korkeudet on luvassa ilmoitettu suhteessa Vesikosken vanhassa säännöstelypadossa sijaitsevaan kiintopisteeseen.



Kuva 4. Kuhalankosken voimalaitos. Kuva Hämeen ELY-keskus 2015.



Kuva 5. Pyhäjärven säännöstelyn juoksutusohje

Vuolteen voimalaitoksen vedenkorkeutta säännöstellään Vesistötoimikunnan 11.10.1950 antaman päätöksen sekä Länsi-Suomen vesioikeuden 24.11.1997 antamien selventävien määräysten mukaan. Vuolteen padon yläpuolella vesi saadaan padottaa korkeuteen 68,43 m (N60). Mikäli vedenkorkeus uhkaa nousta tämän yli tai on tätä ylempänä, on tulva-aukkoja avattava riittävästi ylityksen estämiseksi tai rajoittamiseksi mahdollisimman lyhytaikaiseksi. Kun Loimijoen virtaama on niin pieni, ettei sitä käytetä vesivoiman tuottamiseen, vedenkorkeus on pyrittävä pitämään lähellä korkeutta 68,43 m (N60) sitä kuitenkaan ylittämättä.

Sallilan voimalaitoksen vedenkorkeutta säännöstellään Turun ja Porin läänin maaherran 6.6.1922 antaman päätöksen sekä Länsi-Suomen vesioikeuden 13.12.1985 antaman muutospäätöksen ja 24.11.1997 selventävien määräysten mukaan. Sallilankosken padon yläpuolella vesi saadaan padottaa korkeuteen 64,31 m (N60). Mikäli vedenpinta uhkaa nousta tämän yli, on tulva-aukkoja avattava riittävästi ylityksen estämiseksi tai rajoittamiseksi mahdollisimman lyhytaikaiseksi. Juoksutus on hoidettava siten, ettei aliteta tasoa 62,00 m (N60) lukuun ottamatta lyhyitä voimalaitoksen huollon kannalta tarpeellisia jaksoja. Kun Loimijoen virtaama on niin pieni, ettei sitä käytetä sähkön tuottamiseen, vedenkorkeus on pyrittävä pitämään lähellä korkeutta 64,31 m (N60) sitä kuitenkaan ylittämättä.

Säännöstelypadoista alin on Huittisissa sijaitseva Rutavan pato. Rutavan voimalaitoksen vedenkorkeutta säännöstellään Turun ja Porin maaherran 15.1.1927 antaman päätöksen mukaisesti niin, että tulva-aikaan kaikki patoluukut on pidettävä auki, kunnes vedenkorkeus Laatinkosken yläpuolella on laskenut keskikorkeuteensa 11,38 m, jonka jälkeen pidetään auki vain 6,00 m tulva-aukkojen leveydestä. Kun vedenpinta on Laatinkosken niskalla laskenut korkeuteen 10,90 m, saadaan patoaukot kokonaan sulkea. Korkeudet on luvassa ilmoitettu suhteessa paikalle perustettuun kiintopisteeseen.

5. Ilmastonmuutoksen vaikutukset vesistön hydrologiaan

5.1 Menetelmän kuvaus

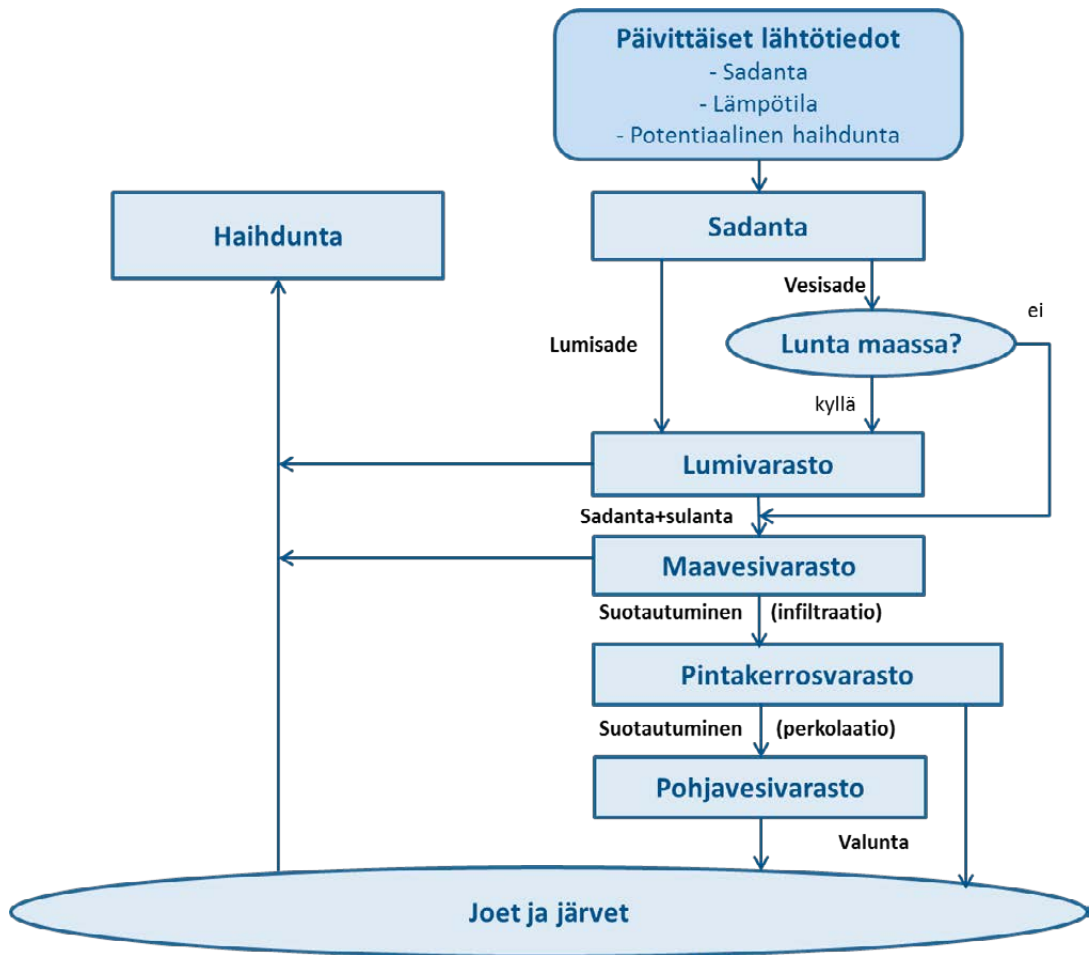
Tässä selvityksessä ilmastonmuutoksen vaikutuksia tarkasteltiin Vesistömallijärjestelmän hydrologisen mallin avulla (Vehviläinen ym. 2005, kuva 6). Vesistömallijärjestelmä on Suomen ympäristökeskuksessa kehitetty järjestelmä, joka simuloi ja ennustaa hydrologista kiertoa koko Suomen alueella sekä rajavesistöissä. Malli voidaan kalibroida olemassa olevien havaintojen pohjalta ja siihen syötettävät lähtötiedot (lämpötila, sadanta, potentiaalinen haihdunta) yhdessä valuma-alueen ominaisuuksien kanssa antavat tietoa mm. lumen vesiarvon kehittymisestä, pohjavesistä sekä veden virtauksesta kohti valuma-alueen purkupaikasta.

Vesistömallin tuloksista voidaan eritellä esim. jokien virtaamat ja järvien tulovirtaamat. Tässä työssä Vesistömallilla tehdyissä simuloinneissa Tammelan Pyhäjärven lähtövirtaama laskettiin säännöstelyohjeiden avulla, joissa lähtövirtaaman suuruus riippuu järven vedenkorkeudesta ja päivämäärästä. Nykyvaihtoehtoa kuvaileva säännöstelyohje perustuu havaintohistoriaan ja nykyisiin lupaehtoihin, ja sitä käyttäen voitiin laskea 30 vuoden aikasarjat vedenkorkeuksille ja virtaamille sekä historiajaksolle että ilmastonmuutosjaksoille. Tämän jälkeen säännöstelyohjetta muokattiin suunniteltujen säännöstelyvaihtoehtojen mukaisiksi, ja mallinnukset tehtiin uudelleen käyttäen näitä muokattuja säännöstelyohjeita. Näin voitiin tutkia, miten erilaiset säännöstelykäytännöt vaikuttavat Pyhäjärven vedenkorkeuteen ja lähtövirtaamaan, Kuhlankosken padon vedenkorkeuteen sekä Loimijoen virtaamaan.

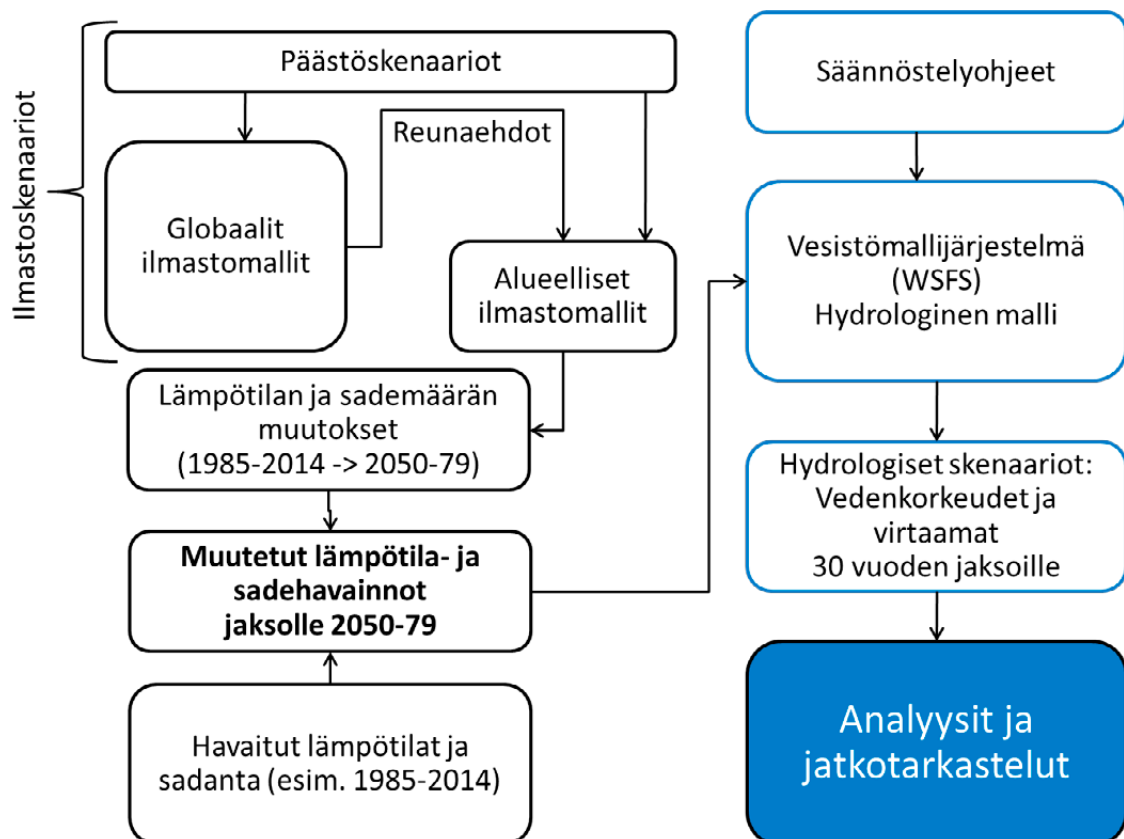
Tarkastelujen vertailujaksona käytettiin 30 vuoden jaksoa 1985–2014, ja ilmastonmuutoksen vaikutuksia tarkasteltiin lähitulevaisuuden jaksolle 2020–2049 sekä pidemmän aikavälin muutoksia jaksolle 2050–2079. Historiajaksolla Vesistömallin lähtötietoina käytettiin havaittuja lämpötiloja ja sadantoja, joiden perusteella simuloitiin päivittäiset virtaamat ja vedenkorkeudet. Ilmastonmuutoksen vaikutusta tarkasteltiin niin sanotulla delta-change -menetelmällä (Arnell 1999, Prudhomme ym. 2003, Veijalainen ym. 2012), jossa hydrologisen mallin vertailujakson havaittuja lähtötietoja – lämpötilaa ja sademäärää – muutetaan ilmastoskenaarioiden mukaisten keskimääräisten lämpötilan ja sademäärän muutosten mukaisesti. Näin saadaan ilmastonmuutos huomioitua vedenkorkeuksia ja virtaamia laskettaessa. Ilmastonmuutoslaskentojen periaatteet on esitetty kaavion muodossa kuvassa 7. Lämpötilan muutosten osalta tarkastelussa on myös huomioitu muutokset lämpötilan jakaumassa.

5.2 Lämpötila ja sademäärä

Tässä selvityksessä on käytetty seitsemää alueellista ilmastomallia sekä niiden keskiarvoskenaariota. Ilmastoskenaarioiden mukaan vuoden keskilämpötilat nousevat Loimijoen valuma-alueella 0,7–2,2 °C jaksolle 2020–2049 ja 1,5–3,4 °C jaksolle 2050–2079 mennessä. Talvella lämpötilan nousu on suurempaa kuin kesäkuukausina. Sademäärän osalta luonnollisella vaihtelulla on suurempi vaikutus kuukausittaisiin sademäärän muutoksiin ja erot eri skenaarioiden välillä ovat suurempia. Vuosisadanta muuttuu näiden skenaarioiden perusteella 0–+7,6 % jaksolle 2020–2049 ja -3,1–+13,3 % jaksolle 2050–2079 mennessä. Kaikkien skenaarioiden mukaan lämpötilat siis nousevat Loimijoen valuma-alueella jo lähitulevaisuusjakson aikana. Ainoastaan yhden skenaarion mukaan vuosisadanta ei muutu tai jopa pienenee ilmastonmuutosjaksoilla, mutta muiden skenaarioiden mukaan myös sademäärät kasvavat ilmastonmuutoksen seurauksena. Sadannat kasvavat keskimäärin eniten marraskuun ja maaliskuun välisenä aikana ja vähiten loppukesällä. Kesäiset rankkasateet voivat kuitenkin voimistua ja toisaalta kuivat jaksotkin saattavat yleistyä. (Dubrovin ym. 2017b)

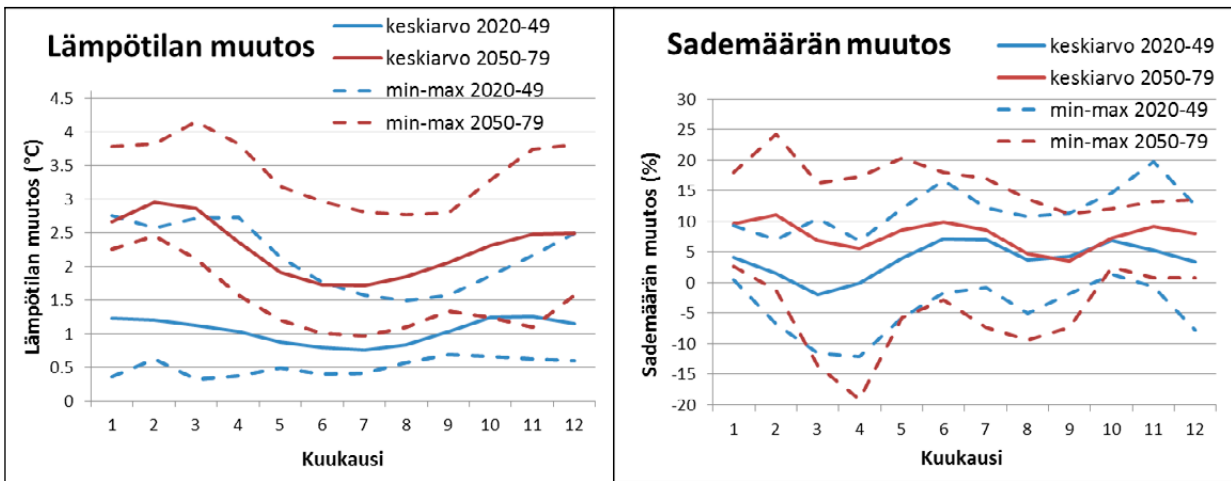


Kuva 6. Periaatekuva Vesistömallijärjestelmän toiminnasta.

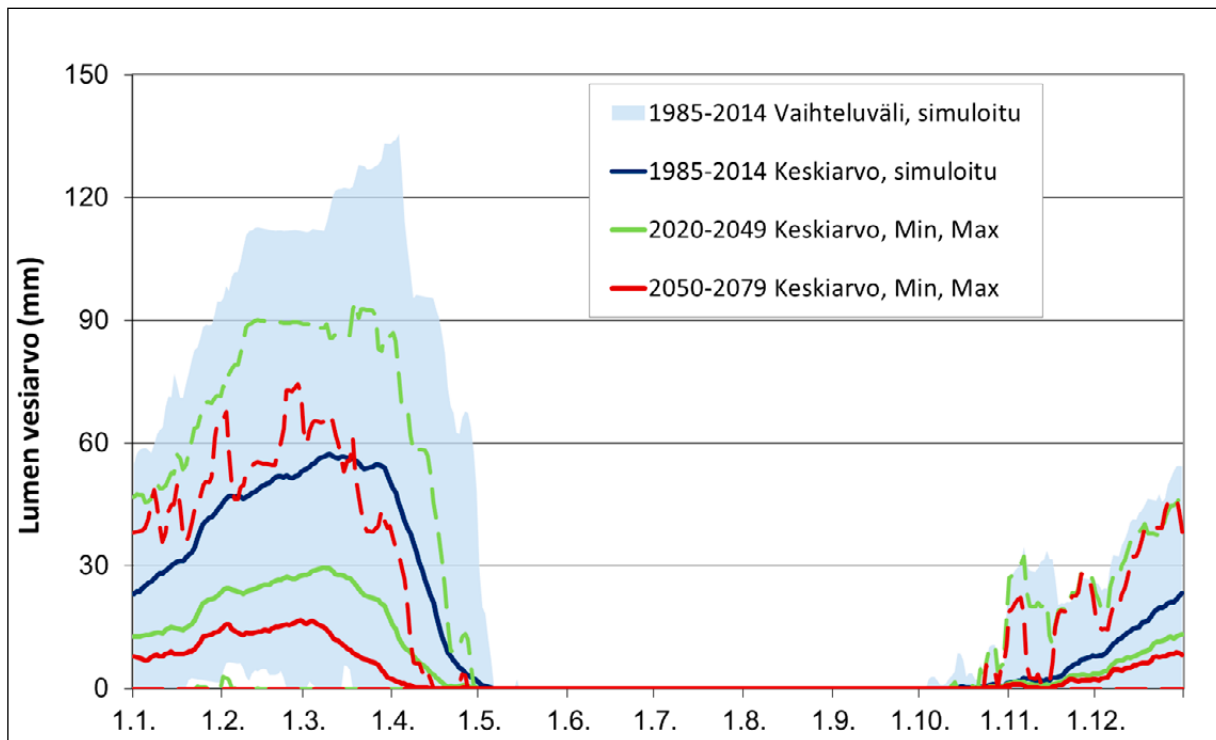


Kuva 7. Kaaviokuva ilmastonmuutoksen hydrologisten vaikutusten arvioinnista, esimerkkinä muutosten laskenta jaksolle 2050–2079.

Kuvassa 8 esitettyä seitsemän alueellisen ilmastomallin keskiarvoa (yhtenäiset viivat kuvaajassa) on käytetty pääasiallisesti tässä raportissa tarkasteltaessa ilmastomuutoksen vaikutuksia. Koska valtaosa skenaarioista tuottaa varsinkin lämpötilan muutosten osalta samansuuntaisia tuloksia, keskimääräisillä muutoksilla tehdyt tarkastelut antavat hyvän kuvan ilmastomuutoksen vaikutuksista hydrologiaan. Tuloksia on tuotettu myös yksittäisillä ilmastoskenaarioilla ilmastomuutokseen liittyvien epävarmuuksien huomioimiseksi. Jaksolla 2020–2049 seitsemästä alueellisesta ilmastoskenaariosta pahimmat tulva- ja kuivuustilanteetkin aiheutti Hadley Centerin alueellisella ja globaalilla ilmastomallilla tuotettu skenaario (HadRM-HadCM-A1B-skenaario). Tässä ilmastoskenaariossa on muita skenaarioita suuremmat lämpötilan muutokset, mikä aiheutti niin pahimmat talvitulvat kuin pahimmat kuivuustilanteetkin. Kaikissa tarkastelluissa ilmastoskenaarioissa käytettiin IPCC:n neljännen arviointiraportin A1B-päästöskenaariota. (Dubrovin ym. 2017b)



Kuva 8. Seitsemästä alueellisesta ilmastoskenaariosta lasketut kuukausittaiset lämpötilan ja sademäärän muutokset Loimijoen valuma-alueella jaksolla 1985–2014 jaksolle 2020–2049 ja 2050–2079



Kuva 9. Ilmastomuutoksen vaikutus lumen vesiarvoon Tammelan Pyhäjärven alueella. Sininen viiva kuvaa päivittäin 30 vuoden keskiarvoa menneellä jaksolla 1985–2014 ja vaaleansininen taustaväri suurimpia ja pienimpiä päiväarvoja samalla jaksolla. Vihreä yhtenäinen viiva on keskiarvo lähitulevaisuuden jaksolla 2020–2049 ja vihreät katkoviivat jakson suurimpia ja pienimpiä arvoja. Punaiset viivat ovat vastaavasti jakson 2050–2079 arvoja.

5.3 Lumi

Ilmastonmuutos vaikuttaa lumen kertymiseen sekä lämpötilan että sadannan muutosten kautta. Ilmastonmuutosjaksoilla lunta sulaa useammin jo talven aikana, ja osa talven sateista tulee vetenä. Laskentojen perusteella lumipeitteinen aika lyhenee selvästi varsinkin myöhemmälle ilmastonmuutosjaksolle 2050–2079 mennessä, ja lumeen varastoitunut vesimäärä pienenee. Lumen määrä vähenee eniten alkutalvesta ja keväällä, koska lunta alkaa kertyä nykyistä myöhemmin ja se sulaa aikaisemmin. Kuvassa 9 on esitetty ilmastonmuutoksen vaikutus lumen vesiarvoon Tammelan Pyhäjärven alueella käyttäen seitsemän alueellisen ilmastomallin keskiarvoa.

5.4 Virtaama

Loimijoen vesistöalueella seurataan virtaamia nykyään jatkuvasti neljässä mittauspisteessä ja lisäksi aiempia havaintoja on saatavilla muutamilta lakkautetuilta havaintoasemilta. Loimijoen tulvariskien hallinnan kannalta tärkeä virtaaman havaintopaikka on ympäristöhallinnon havaintopaikka Maurialankoskessa. Havainnot alkavat vuonna 1931 ja seurannat jatkuvat edelleen. Tammelan Pyhäjärven säännöstelyn kannalta keskeinen virtaamahavaintopaikka on Kuhalankoski. Virtaaman keski- ja ääriarvoja on esitetty taulukossa 2. Lisäksi havaittuja virtaamia ja niissä tapahtuneita muutoksia on analysoitu tarkemmin erillisessä raportissa (Oksala 2017), joka on esitetty tämän selvityksen liitteenä 2.

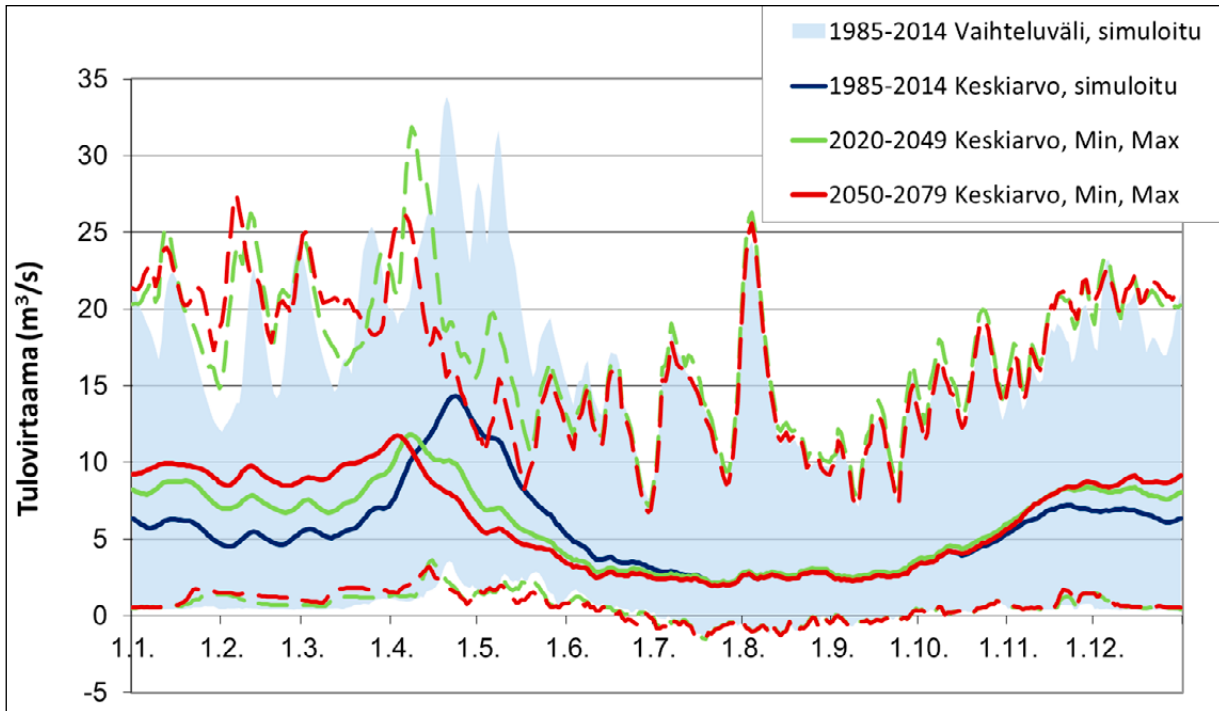
Taulukko 2. Virtaaman keski- ja ääriarvoja Loimijoen vesistöalueella tarkastelujaksolla 1985–2014. Virtaamatiedot ovat vuorokausikeskiarvoja. (Ympäristöhallinnon HYDRO-tietojärjestelmä)

	Mittaushistorian suurin havaittu virtaama HQhavaittu (m ³ /s) (havaintovuosi)	HQ (m ³ /s) (1985–2014)	MHQ (m ³ /s) (1985–2014)	MHQ (m ³ /s) (1985–2014) MQ (m ³ /s) (1985–2014)	NQ (m ³ /s) (1985–2014)
Maurialankoski, Loimijoki (3509400, 3509410)	513 (1966)	291	179	23	0
Kuhalankoski (3509150)	35 (1984)	26	16,7	5,8	0,3

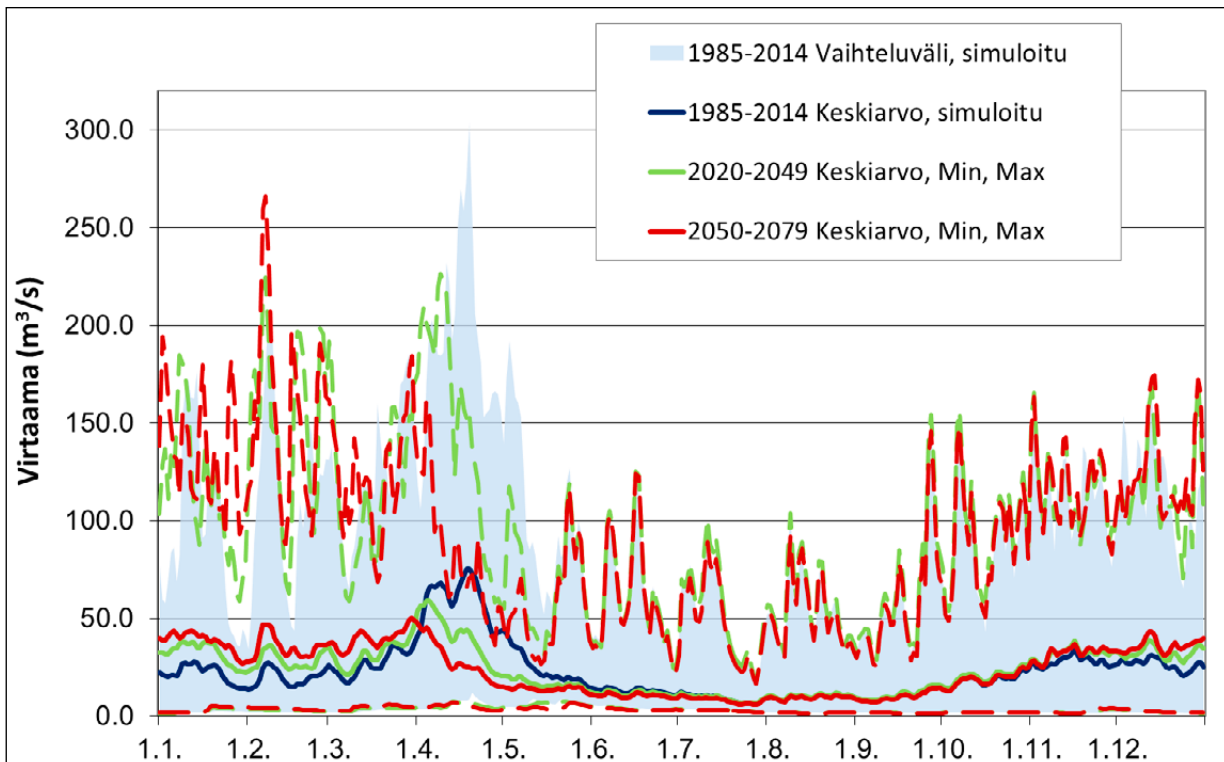
Loimijoen virtaama on keskimäärin noin 10 % Kokemäenjoen kokonaisvirtaamasta. Tulvavirtaamilla virtaamien suhde muuttuu ja suurimmillaan tulvahuippujen aikaan yli puolet Kokemäenjoen virtaamasta on peräisin Loimijosta ja jokiosuuden lähivaluma-alueilta. (VARELY 2015.)

Vesistömallijärjestelmällä tehtyjen laskelmien mukaan jokien virtaamat ja järvien tulovirtaamat tulevat keskimäärin kasvamaan Loimijoen alueella ilmastonmuutoksen vaikutuksesta vuosittaisten sademäärien keskimäärin kasvaessa. Vuosittaisen valunnan kasvu ei kuitenkaan tule olemaan yhtä suuri kuin sadannan, koska myös haihdunta kasvaa ilmastonmuutosjaksoilla lämpenemisen vuoksi ja pienentää osaltaan valuntoja. Virtaamat kasvavat ilmastonmuutosjaksoilla suhteellisesti eniten talvella, koska sateet lisääntyvät ja tulevat useammin vetenä, ja lunta sulaa useammin jo talven aikana. Kevätajan virtaamat puolestaan pienenevät sekä keskimäärin että huippujen osalta, ja kevättulvahuippujen ajankohta aikaistuu.

Kesän ja syksyn virtaamat voivat ilmastonmuutosjaksoilla pienentyä, koska maaperä kuivuu kevään aikaisutumisesta, kesän pidentymisestä ja haihdunnan lisääntymisestä johtuen. Toisaalta kesän ja syksyn suurimmat sateet voivat kasvaa ja lisääntyä ilmastonmuutosjaksoilla, joten virtaamahuippujen voidaan kuitenkin odottaa kasvavan. Kuvissa 10 ja 11 on esitetty Tammelan Pyhäjärven tulovirtaaman sekä Loimijoen Maurialankosken virtaaman 30 vuoden päivittäiset keski-, minimi- ja maksimi-arvot historiajaksolla 1985–2014 sekä ilmastonmuutosjaksoilla 2020–2049 ja 2050–2079 seitsemän alueellisen ilmastomallin keskiarvoskenaariolla.



Kuva 10. Ilmastonmuutoksen vaikutus Tammelan Pyhäjärven tulovirtaamaan eri vuodenaikoina.



Kuva 11. Ilmastonmuutoksen vaikutus Loimijoen Maurialankosken virtaamaan.

5.5 Vedenkorkeus

Suomen ympäristökeskuksen HYDRO-tietojärjestelmässä on Loimijoen vesistöalueelta yli 30 vedenkorkeuden havaintoasemaa, joista yli puolessa havainnoidaan vedenkorkeuksia tällä hetkellä reaaliaikaisesti. Pisin vedenkorkeuden aikasarja löytyy Pyhäjärven Saaren havaintoasemalta, josta havaintoja on vuodesta 1926 tähän päivään asti. Taulukko 3 sisältää vedenkorkeuden havaittuja keski- ja ääriarvoja. Lisäksi havaittuja vedenkorkeuksia, niiden tunnuslukuja ja niissä tapahtuneita muutoksia on analysoitu tarkemmin erillisessä raportissa (Oksala, 2017), joka on esitetty tämän selvityksen liitteenä 2.

Taulukko 3. Vedenkorkeuksien havaittuja keski- ja ääriarvoja tarkastelujaksolla 1985–2014. (Ympäristöhallinnon HYDRO-tietojärjestelmä).

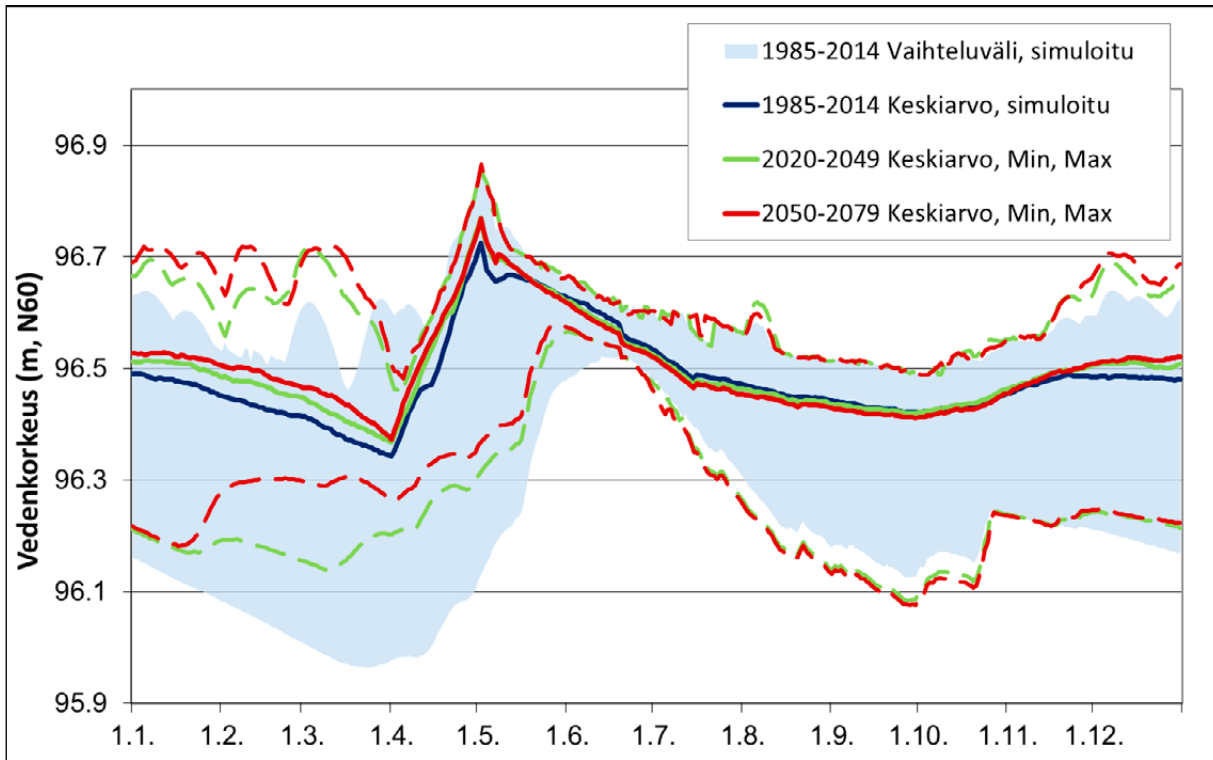
Havaintopaikka (tunnus)	Mittaushistorian suurin havaittu vedenkorkeus HWhavaittu (vuosi)	Korkeusjärjestelmä	HW (1985–2014)	MHW (1985–2014)	MW (1985–2014)	NW (1985–2014)
Kuhalankoski ylä (3509210)	96,80 (2015) (97,08)	N60+m (N2000)	96,74* (97,02)	96,63* (96,91)	96,39* (96,67)	95,77* (96,05)
Pyhäjärvi, Saari (3509110)	97,66 (1932) (97,93)	N60+m (N2000)	97,27 (97,54)	96,99 (97,26)	96,63 (96,90)	96,01 (96,28)

Vedenkorkeuksilla on selvä vuodenaikainen vaihtelu, johon vaikuttavat mm. sadannan vuotuinen vaihtelu, saateen varastoituminen maaperään ja vesistöihin, lumen kertyminen ja sulanta, haihdunnan vuodenaikaisvaihtelu, valuma-alueen koko sekä järvisyys. Luonnontilaisissa järvissä vedenkorkeuksilla on Kokemäenjoen vesistöalueella yleensä kaksi minimiä ja kaksi maksimia siten, että alimmat vedenkorkeudet esiintyvät alkukevällä ja loppukesällä ja ylimmät vedenkorkeudet puolestaan keväisin ja syksyisin. Vedenkorkeuksien vaihtelu vuosien välillä on suurta. (VARELY 2015.)

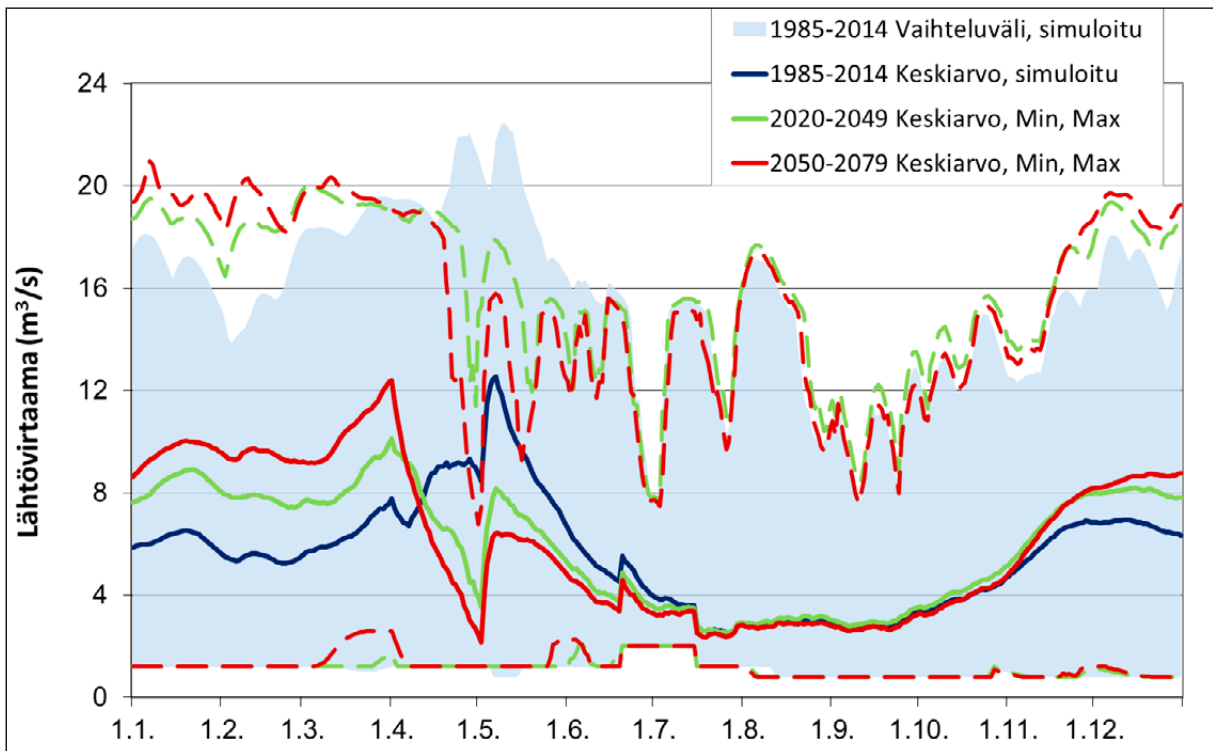
Ilmastonmuutoksen vaikutukset Tammelan Pyhäjärven vedenkorkeuteen ja lähtövirtaamaan sekä Kuhalankosken padon vedenkorkeuteen luvan ja nykykäytäntöjen mukaisella säännöstelyllä on esitetty kuvissa 12–14. Ilmastonmuutos vaikuttaa järvien vedenkorkeuksiin ja lähtövirtaamiin eniten talvisin, koska korkeampien lämpötilojen myötä sateet tulevat useammin vetenä, ja lunta sulaa useammin jo talven aikana kasvattaen tulovirtaamia ja vedenkorkeuksia. Talvisin joudutaankin juoksuttamaan selvästi historiajaksoa enemmän, jotta pysyttäisiin lupien ja nykykäytäntöjen mukaisilla tasoilla, ja saataisiin laskettua Pyhäjärven vedenkorkeutta kohti kevätkuoppaa. Pyhäjärven korkeimmat vedenkorkeudet sekä suurimmat juoksutukset saavutetaan ilmastonmuutosjaksoilla jo tammi-maaliskuussa, kun ne historiajaksolla ajoittuvat huhti-toukokuun vaihteeseen.

Talven ja alkukevään keskimääräiset juoksutukset kasvavat selvästi varsinkin ilmastonmuutosjaksolla 2050–2079, mutta sekä vedenkorkeuden että juoksutuksen suurimmat arvot kuitenkin pienenevät ilmastonmuutosjaksoille mentäessä. Huhti-toukokuun juoksutukset tulevat myös keskimäärin pienenevään selvästi, koska Pyhäjärveä pyritään silloin nostamaan kohti tavoitevedenkorkeutta 20.5. vaikka tulovirtaamahiiput on jo pääosin ohitettu. Kuhalankosken padolla ilmastonmuutoksen vaikutus näkyy selvästi korkeampina talviajan vedenkorkeuksina. Toukokuun alun korkeimmat vedenkorkeushiiput eivät Kuhalankoskella pienene, koska Pyhäjärven vedenkorkeuden noston takia juoksutus padolla on siinä vaiheessa usein pienempää kuin historiajaksolla ja Kuhalankosken ja Pyhäjärven välinen vedenkorkeusero on pieni.

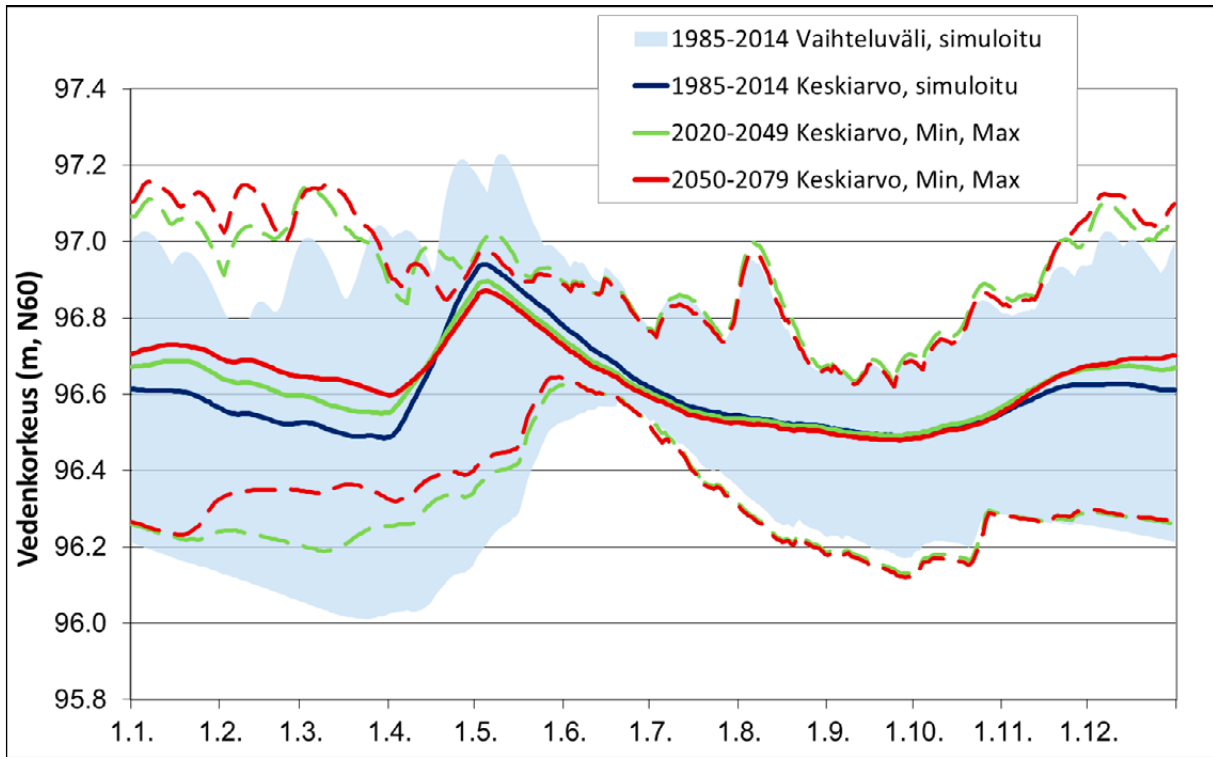
Ilmastonmuutosjaksoilla kesäjakso pitenee aikaistuvien kevättulvahuippujen sekä lämpimämpien loppukesien vuoksi. Pyhäjärven vedenkorkeus pysyy kuitenkin keskimäärin lähellä historiajakson keskimääräistä tasoa, mutta alimmat vedenkorkeudet laskevat pidemmän kesän ja kasvavan haihdunnan vuoksi kesän mittaan nykyistä alemmaksi.



Kuva 12. Luvan ja nykykäytäntöjen mukainen säännöstely historia- ja ilmastonmuutosjaksoilla, Pyhäjärven vedenkorkeus.



Kuva 13. Luvan ja nykykäytäntöjen mukainen säännöstely historia- ja ilmastonmuutosjaksoilla, Pyhäjärven lähtövirtaama



Kuva 14. Luvan ja nykykäytäntöjen mukainen säännötely historia- ja ilmastonmuutosjaksoilla, Kuhalankosken padon vedenkorkeus.

6. Tulva- ja kuivuushaitat

Kokemäenjoen vesistöalueella aiemmin tapahtuneista merkittävistä tulvista ja niiden vaikutuksista on koottu ja kuvattu kattavat tiedot tulvariskien hallintasuunnitelmassa (VARELY 2015). Arvioinnin perusteella Loimijoen alueella valtakunnallisesti merkittäväksi tulvariskialueeksi on nimetty Huittinen, joka sijaitsee Loimijoen ja Kokemäenjoen yhtymäkohdassa luontaisella tulvatasanteella.

Huittisissa erittäin harvinaisen tulvan seurauksena suurin haitta aiheutuu ympäristölle. Tulvariskialueella sijaitsee kahdeksan ympäristöriskikohdetta, joista valtaosa on eläinsuojia. Asukkaita harvinaisella tulvalla tulva-alueelle jää noin 300 ja asuntoja noin 130. Rakennuksia tulva-alueella sijaitsee noin 400. Vaikeasti evakuoitavia kohteita on vain muutama. Lisäksi tulva-alueelle jää voimalaitosrakennus, muutama muuntoasema ja huoltorakennus. Huittisissa suorien euromääräisten vahinkojen on arvioitu nousevan 27 M€:oon. Rakennusvahinkoja näistä on arvioitu olevan noin 24 M€ ja loput kustannuksista kohdistuu pelastustoimelle ja liikenteelle. (VARELY 2015)

Uhkaavia tulvatilanteita on sattunut Huittisissa myös aivan viime vuosina jääpatoihin ja lumen sulamiseen liittyen (kuva 15). Vuoden 2013 tulvassa Huittisten kaupungin yläpuolisen koskijakson yläpuolella ollut kilometrien mittainen jääkansi lähti liikkeelle ja aiheutti ison jääpadon Huittisten keskustassa. Jääpadon aiheuttama vedennousu Loimijoessa aiheutti tulvavahinkoja noin 50 asuinrakennuksessa. Pienempiä tulvia esiintyy myös Ypäjällä, jossa Loimijoen virtaaman noustessa Maurialankoskessa yli 100 m³/s:n, vesi alkaa nousta alavimmille pelloille. Virtaaman ollessa 175 m³/s tulva katkaisee alavimpia tieyhteyksiä (tie 213) ja uhkaa asuinrakennuksia mm. Ypäjän taajamassa.

Pyhäjärven ja Kuivajärven alueella kevät- ja syystulvat ovat aiheuttaneet vahinkoa lähinnä maanviljelylle. Tämän selvityksen yhteydessä on tutkittu korkeusmallin avulla peltojen korkeustasoja Pyhäjärven ja Kuivajärven ympäristössä (liite 5). Mahdollisesta vettymishaitasta kärsiviä peltoja on Pyhäjärven ja Kuivajärven ympäristös-

Turun sanomat 7.4.2010:

Tulva muutti Tammiaisten rantatontit saariksi

**Loimijoen nouseva vedenpinta
kiipesi jo kiertotiellekin**

Ylen uutiset 7.4.2013:

**Tulva katkaisi tien Ypäjän ja Loimaan
väliltä**

Ypäjä-Loimaa tie on suljettu liikenteeltä tielle nousseen tulvaveden takia.

Turun Sanomat 10.2.2016:

**Tulvavaroitus Huittisissa,
pelastuslaitos purkaa jääpatoja**

Kuva 15. Viime vuosien tulvaotsikkoja Loimijoen alueelta.

sä 368 hehtaaria, josta suurin osa, 300 hehtaaria, on penkereillä ja pumppaamalla kuivana pidetyn Kalliojärven alueella. Järviolueella vedenkorkeus pysyy korkealla kauemmin ja vaikutus rantapeltojen kuivumiseen on siksi pitkäkestoisempi kuin jokiosuudella.

Kuhalankosken padolla padotuskorkeus 96,60 m (N60) on ylitetty lähes vuosittain 2–15 cm:llä. Korkeimmillaan vedenpinta on käynyt arvion mukaan tasolla 96,90 m (N60), jolloin vesi on kastellut Kehräämön museorakennusta.

Vesihuollolle aiheutuvat tulvariskit on vastikään selvitetty Hämeessä (Ranta-aho 2016). Selvitys perustui sekä karttataarkasteluun että kunnille tehtyyn kyselyyn. Selvityksen mukaan Loimijoen alueen jätevedenpuhdistamoille ei aiheudu vaaraa tulvista. Mahdollisen tulvariskin alueella Loimijoen varressa sijaitsee kuitenkin joitakin jätevedenpumppaamoja, joiden toimintaa tulva voi haitata. Lisäksi Forssassa Vieremän vedenottamalla tapahtuu luontaisestikin rantaimeytymistä Loimijoesta, mikä tulvatilanteessa voi lisääntyä ja vaikuttaa veden laatuun. Rantaimeytymisellä tarkoitetaan pintaveden imeytymistä vettä läpäisevien maakerrosten läpi pohjaveteen sellaisilla pohjavesialueilla, jotka rajoittuvat jokeen tai järveen.

Kuivuutta ja kuivuuden vaikutuksia on Suomessa selvitetty huomattavasti tulvia vähemmän. Silander ja Järvinen (2004) laativat selvityksen vuosien 2002 ja 2003 poikkeuksellisen kuivuuden vaikutuksista. Elokuun 2002 ja huhtikuun 2003 välisenä yhdeksän kuukauden jaksona Lounais-Suomessa satoi vain noin puolet pitkän ajan keskimääräisestä sademäärästä, mikä heijastui mm. järvien vedenkorkeuksiin, jokien virtaamiin sekä pohjaveteen. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen alueella jopa 24 %:lla laitoksista oli veden riittävyysongelmia. Laitokset olivat sekä pohja- (13 kpl) että pintavesilaitoksia (4 kpl). Pinnankorkeuden muutokset pohjavesilaitoksilla olivat kuivuuden aikana Lounais-Suomessa keskimäärin 90 cm ja Hämeessä 50 cm keskiarvoa alempana. Kuivuus johti mm. varaattomoiden käyttöön, säästösuosituksen antamiseen, veden säännöstelyyn ja oston muualta. Myös veden laatu kärsi. Suurimmat kuivuuden vedenhankinnalle aiheuttamat vaikeudet havaittiin haja-asutusalueilla vesihuoltolaitosten jakelun ulkopuolella olevilla kiinteistöillä.

6.1 Ilmastonmuutoksen vaikutukset tulva- ja kuivuushaittoihin

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia tulviin on tutkittu Vesistömallijärjestelmällä nykyisten säännöstelykäytäntöjen mukaan tehtyjen laskentojen perusteella. Loimijoen alueella kevättulvat ovat yleensä olleet vuoden suurimpia tulvia. Kuitenkin jo havaintojaksolla 2000–2016 yli puolet Maurialankosken vuoden maksimivirtaamista esiintyi kevään ulkopuolella, enimmäkseen marras-joulukuussa (Oksala 2017), ja näitä tulvia ilmastonmuutos kasvattaa entisestään. Syys- ja talvitulvat jäävät kuitenkin mallinnusten perusteella sekä Pyhäjärvellä että Maurialankoskella pienemmiksi kuin historiajakson suurimmat kevättulvahuiput.

Kasvatvat talviritatamat lisäävät kuitenkin talvitulviin liittyvää jääpato- ja hyydetulvariskiä merkittävästi, kun pakkasjaksoja esiintyy jatkossakin. Kasvava virtaama on merkittävin tekijä hyydetulvien riskin kasvamiselle, koska suuri virtaama hidastaa jääkannen muodostumista ja jääkannettomassa joessa hyydettä muodostuu herkästi sään pakastuessa (Dubrovin ym. 2017a). Maurialankosken yksittäisiä tulvatilanteita eri ilmastonmuutoskenaarioilla esitellään tarkemmin luvussa 8.1 (kuvat 23 ja 24).

Myös kesän ja syksyn rankkasateista johtuvat tulvahuiput tulevat ilmastonmuutosjaksoilla kasvamaan, koska suuret sateet yleistyvät ja kasvavat ilmastonmuutoksen vaikutuksesta (Dubrovin ym. 2017a). Loppukesän ja syksyn sateisuus vaikuttaa merkittävästi myös Pyhäjärven vedenkorkeuteen ja juoksuuksiin syksyn ja alkutalven aikana. Ilmastonmuutosjaksoilla Pyhäjärven vedenkorkeus onkin mallinnusten perusteella usein joulukuussa 5–10 cm historiajaksoa korkeammalla, ja siellä on silloin vähemmän varastotilaa käytettävissä tulvien varalta. Ääriskenaariolla (HadRM-HadCM-A1B-skenaario) mallinnettuna Pyhäjärven joulutammikuun vedenkorkeus nousisi jopa 10–15 cm lähitulevaisuuden jaksolle 2020–2059 mennessä lämpimien ja sateisten talvien vuoksi. Talviajan tulovirtaama olisi keskimäärin lähes kaksinkertainen historiajaksoon verrattuna, ja Loimijoen Maurialankosken virtaamahuiput (nämäkin pienempiä kuin historiajakson suurimmat) ajoittuisivat selkeämmin tammi-helmikuulle.

Ilmastonmuutostarkastelujen perusteella kuivuustilanteet Loimijoen alueella pahenevat kesällä ja syksyllä, kun kevään tulovirtaamat pienenevät ja aikaistuvat, kesät pitenevät ja haihdunnan määrä kasvaa. Pitkäkestoinen kuivuus pienentää järvien tulovirtaamia ja laskee Pyhäjärven pintaa. Kokonaisuudessaan tulovirtaama

järveen (ns. nettotulovirtaama) voi olla kuivimpina aikoina jopa negatiivinen, jos haihdunta on järveen tulevaa vesimäärää suurempi (kuva 10). Ilmastonmuutosjaksoilla Pyhäjärven vedenkorkeus laskee kuitenkin keskimäärin vain muutaman sentin alemmas kuin historiajaksolla ja kaikkein alimmissa vedenkorkeuksissa ero on viitisen senttiä. Ääriskenaariolla (HadRM-HadCM-A1B-skenaario) mallinnettuna järvi laskisi alimmillaan sentin kaksi alemmas kuin keskiarvoskenaariolla.

Loimijoen kesäajan virtaamat tulevat myös pienemmän ilmastonmuutosjaksoilla, sekä keskimäärin että alhaisimpien virtaamien osalta (kuva 11). Loppukesän virtaamissa ero historiajaksoon jää kuitenkin vähäiseksi (sekä keskiarvoskenaariolla että ääriskenaariolla mallinnettuna), koska ilmastonmuutosjaksoilla Pyhäjärvellä on laskennoissa voimassa sama minimijuoksutus kuin historiajaksolla. Loimijoen virtaamat pienenevät Pyhäjärven juoksutuksen pienemisen vuoksi suhteessa eniten keväällä ja alkukesällä huhtikuusta alkaen, jolloin kuivuus ei yleensä ole ongelmana.

Kesien kuivuminen ja piteneminen voi vaikuttaa erityisesti pohjavesivarojen laatuun ja riittävyteen ja tuoda haasteita vedenhankinnalle. Kuivat kaudet aiheuttavat ongelmia erityisesti yksittäisten kiinteistöjen vedenhankinnalle ja siten tuovat tarvetta vesijohtoverkostojen edelleen laajentamiseen. Vesilaitosten vedenhankinnassa voi esiintyä vaikeuksia ja siitä johtuvia investointitarpeita varsinkin niukkojen pohjavesivarojen varassa toimivilla laitoksilla. Kaiken kaikkiaan ilmastonmuutos lisää varautumistoimenpiteiden tarvetta vesihuolto-organisaatioissa. (Lammila ym. 2008)

6.2 Säännöstelyn vaikutukset tulva- ja kuivuushaittoihin

Vuosina 2015–2017 laaditussa Kokemäenjoen vesistöalueen padotus- ja juoksutus selvityksessä (Dubrovin ym. 2017b) tarkasteltiin säännöstelyjen vaikutusta vesistöalueen valtakunnallisesti merkittävien tulvariskialueiden, Porin ja Huittisten, tulva- ja kuivuustilanteisiin. Loimijoen säännöstelyjen osalta selvitettiin, miten Tammelan Pyhäjärven säännöstelymuutoksella voitaisiin vaikuttaa Huittisten tulvatilanteeseen. Tammelan Pyhäjärven sovellettiin 1 m³/s poikkeusjuoksutusta, jos vedenkorkeus Huittisissa nousi yli 43,50 m (NN). Vedenkorkeuden annettiin nousta Tammelan Pyhäjärvestä ilman muita rajoituksia. Vaihtoehtoa sovellettiin jakson 2020–2049 harvinaiseen talvitulvatilanteeseen.

Tulokset osoittivat, että Huittisten tulvatilanteeseen, joka aiheutuu Loimijoen suuresta virtaamasta, pystytään parhaiten vaikuttamaan Pirkanmaan järvien säännöstelyllä pienentämällä niiden juoksutuksia Loimijoen tulvahuipun ajaksi. Tammelan Pyhäjärven vettä padottamalla saadaan aikaan vain pieni vaikutus Huittisten vedenkorkeuteen, ja Loimijoen viipymän takia juoksutuksen ajoittaminen on hankalaa. Huittisten vedenkorkeutta saadaan alennettua n. 5–6 cm, kun Tammelan Pyhäjärvi nousee samassa ajassa n. 20 cm. Koska virtaamalennuksen vaikutukset näkyvät vasta muutaman päivän viiveellä, Loimijoen ja sitä kautta myös Kokemäenjoen virtaama pienenee selvemmin vasta tulvahuipun laskuvaiheessa, jolloin mahdolliset tulvavahingot ovat jo tapahtuneet.

Jääpatoja voi talvikaudella esiintyä Loimijoen alajuoksulla virtaaman suuruudesta riippumatta. Jäänpaksuus voi ilmastonmuutoksen myötä myös kasvaa, mikäli eristävä lumikerros jää ohueksi, mutta pakkaneen on kireää. Koska virtaaman pienennys Loimijoessa voi vaikuttaa Loimijoen jääpatojen aiheuttamaan vedenkorkeuksien nousuun, tarkennettiin Vesistömallin laskelmia tämän selvityshankkeen yhteydessä HECRAS-mallin avulla (Aaltonen 2017, liite 3).

Jääpatosimulointien perusteella jääpato voi nostaa vedenkorkeuksia pahimmillaan lähes 4 metriä vastaavaan avovesitilanteeseen verrattuna (tasosta 42,3 m tasolle 46,11 m, N2000). Vaikka keskimääräinen jääpadon vaikutus koko aineistossa oli noin 60 cm, oli merkille pantavaa, että myös suhteellisen pienillä, 100–200 m³/s virtaamilla jääpato voi nostaa vedenkorkeuksia jopa 2,5 metriä avovesitilanteeseen verrattuna. Loimijoen jääpatotilanteissa vaikuttavat tulvavedenkorkeuksiin etenkin Loimijoen virtaama ja Kokemäenjoen vedenkorkeus, minkä lisäksi merkitystä on myös jääpadossa olevan jään määrällä ja jääpadon alareunan sijainnilla.

Jääpatotarkastelun tuloksista selviää, että virtaaman pienennyksellä on mahdollista pienentää Loimijoen jääpadoista aiheutuvia vedenkorkeuksia jääpadon sijainnista riippuen n. 4–8 cm per 10 m³/s. Epävarmuudet ovat kuitenkin suuria eikä simuloinnissa otettu kantaa siihen miten esimerkiksi virtaaman pienentäminen jäänlähdön aikana vaikuttaa jääpadon sijainnin tai muodon muuttumiseen. Tammelan Pyhäjärven osalta padottamisen ajoittaminen on Loimijoen viipymän takia hankalaa.

Pyhäjärven säännöstelylupa mahdollistaa lumen vesiarvoon perustuvan varautumisen kevättulviin, jotka ajoittuvat huhtikuulle tai myöhemmäksi. Luvan mukaan varautuminen tehdään maaliskuun alun lumen vesiarvon perusteella huhtikuun alkuun mennessä, eikä juoksutuksilla ole maksimia huhtikuusta toukokuun 20. päivään saakka. Pyhäjärven tulvavedenkorkeudella 97,10 m (N60) ja sen yläpuolella on Kuhalankoskesta juoksutettava 20 m³/s. Mikäli Kuhalankosken juoksutuksia leikattaisiin Pyhäjärven tulvan aikaan esimerkiksi Huittisten tulvatilanteen helpottamiseksi, nousisi vedenkorkeus Kuhalankosken padon yläpuolella ja aiheuttaisi veden tulvimista padon lähellä oleviin rakennuksiin.

Loimijoen pääuomassa kuivuustilanteen aiheuttamia ongelmia voidaan pienentää pitämällä Kuhalankosken juoksutuksia riittävän suurina. Koska kuivuustilanteet ovat kestoaltaan määrittelemättömiä, tulisi Pyhäjärvessä mahdollisuuksien mukaan varastoida vettä alkukesällä, jotta sitä riittää juoksutettavaksi myöhemmin kesän ja syksyn mittaan.

Kuivuustilanteen pitkittyessä Pyhäjärven vedenkorkeus voi laskea tasolle, jossa alapuolisen Vieremänkosken (1 m³/s) ja Kuhalankosken minimijuoksutuksissa (0,8 m³/s) on ristiriitaa. Voimalaitoksien välille lasketaan Forssan kaupungin jätevedenpuhdistamon puhdistetut jätevedet (noin 0,07 m³/s), mikä hieman pienentää eroa vesimäärissä. Pitkä kuiva jakso voi alentaa pohjavedenpintaa Vieremänharjussa merkittävästi, jolloin Vieremän vedenottamalla pumpattava pohjavesi todennäköisesti lisää rantaimeytymistä pohjavesimuodostumaan. Tämä puolestaan vähentää virtaamaa Loimijoessa entisestään.

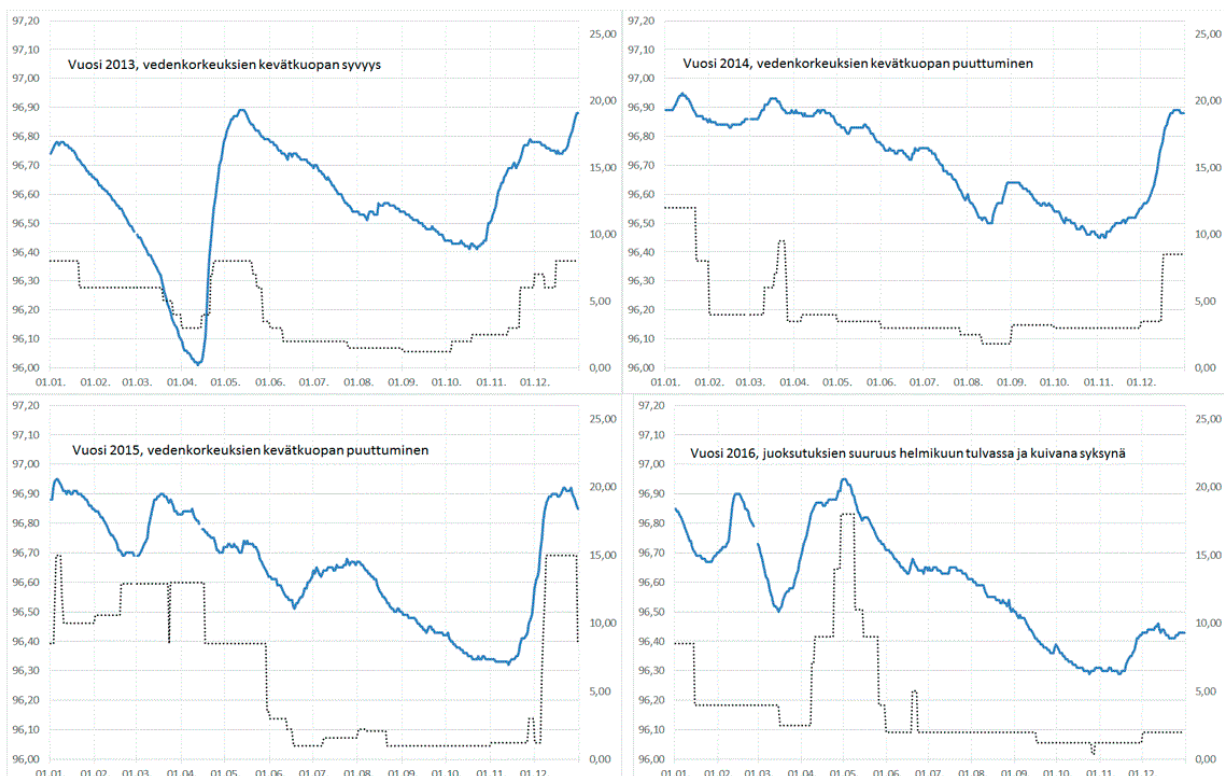
7. Säännöstelylupien ongelmakohdat ja kehittämistarpeet

Jokivoimalaitoksilla Vieremänkoskelta Rutavaan vesitalousluvat on määritelty ajankohtaan nähden joustaviksi eikä niissä ole kalenteriin sidottuja juoksutusmääräyksiä. Luvissa on määritelty padotuskorkeus, jonka saa tulva-aikana ylittää, mutta jonka ylittämisen estämiseksi ja ylittämisen aikana tulva-luukkuja on avattava ja pidettävä auki. Lisäksi Vesikosken, Vuolteen ja Sallilan luvissa on määritelty, että vedenkorkeutta tulee pyrkiä pitämään lähellä padotuskorkeutta ja Vieremänkosken ja Sallilan luvissa on määritelty vedenkorkeuden alaraja.

Koska jokivoimalaitosten luvat eivät ole kalenterisidonnaisia, eikä niillä jokialtaiden varastotilavuuden vähyyden vuoksi voida olennaisesti vaikuttaa Loimijoen vesitilanteeseen, ei jokivoimalaitosten lupamuutoksilla voida laajamittaisesti vähentää tulvista ja kuivuuksista aiheutuvia vahinkoja. Sen sijaan paikallisiin vedenkorkeuksiin voimalaitosten ylä- ja alapuolella vesivoimalaitosten juoksutuskäytännöllä voi olla vaikutusta. Haitallisen suurien vedenpinnan vaihteluita voidaan vähentää vesitilanteen seurannalla, hyvällä voimalaitosten välisellä yhteistyöllä ja informoimalla alapuolisia voimalaitoksia juoksutusmuutoksista.

Pyhjärven säännöstelyn vesilain mukaista valvontaa ovat viime vuosina hankaloittaneet vesiolosuhteiden muuttuminen totutusta poikkeavaksi ja siitä johtuva juoksutusohjeen ristiriitaisuus sekä säännöstelyluvan seurantaveloitteisiin liittyvät puutteet.

Viime vuosien vesiolosuhteisiin liittyviä haasteita on käyty läpi kuvassa 16. Vuonna 2013 ongelmana oli suuri lumen vesiarvo ja kevättulvan ennustetun ajoituksen siirtyminen jatkuvasti myöhemmäksi. Vuosina 2014 ja 2015 lunta puolestaan ei kertynyt juuri lainkaan. Vuonna 2016 lumet sulivat jo helmikuussa, toukokuussa satoi runsaasti ja loppuvuosi oli hyvin kuiva. Näissä tilanteissa toteutuneet vedenkorkeudet Pyhjärvellä ja/tai Kuhalankosken padolla sekä juoksutukset Kuhalankoskella eivät ole olleet täysin juoksutusohjeen mukaisia. Luvan toimimattomuuden vuoksi vesilain valvoja (Hämeen ELY-keskus) on ollut yhteydessä säännöstelijään, jättänyt selvityspyynnön, kehottanut säännöstelijää noudattamaan lupaa ja suosittelut hakemaan aluehallintovirastosta uutta lupaa joko tilapäisesti tai pysyvästi. Säännöstelyluvan muuttamisesta järjestettiin myös kaksi neuvottelua alkuvuonna 2016 ja sovittiin jatkotoimenpiteenä edistää asiaa Loimijoen vesistön kattavassa padotus- ja juoksutus selvityksessä.



Kuva 16. Viime vuosien (2013–2016) ongelmatilanteita. Vasemmalla pystyakselilla (yhtenäinen viiva) Pyhjärven vedenkorkeus, oikealla pystyakselilla (katkoviiva) Kuhalankosken virtaama.



Kuva 17. Loimijokea Forssassa (Kuva Hämeen ELY-keskus)

Seurantavelvoitteiden puute tarkoittaa sitä, että säännöstelyluvan mukaan luvan haltijan tulee seurata ainoastaan vedenkorkeutta Kuhalankosken padolla siitä huolimatta, että lupa määrittelee yksityiskohtaisesti ja kalenterisidonnaisesti Kuhalankosken juoksutukset suhteessa Pyhäjärven vedenkorkeuteen. Ympäristöhallinto (ELY-keskus) on toistaiseksi huolehtinut Pyhäjärven vedenkorkeuden seurannasta Pyhäjärven ja Kuivajärven välisessä Saaren salmassa. Lisäksi säännöstelijä on ilmoittanut juoksutusmäärät SYKEN tietokantaan vapaaehtoisesti, mutta tiedot on saatu vasta useita kuukausia takautuvasti.

Vesitilanteiden ja valvonnan haasteiden myötä seurantaa on viime vuosina parannettu. ELY-keskus perusti Ypäjälle uuden vedenkorkeuden havaintoaseman vuonna 2012, Forssan kaupunki uusi Kuhalankosken yläpuolisen vedenkorkeusaseman syksyllä 2014 ja ELY-keskus asensi vedenkorkeushavaintoaseman Kuhalankosken voimalaitoksen alapuoliselle jokiosuudelle syksyllä 2015 (kuva 17). Tälle havaintoasemalle on mitattu virtaamia eri vesitilanteissa ja määritetty mittausten perusteella purkautumiskäyrä, minkä ansiosta aseman vedenkorkeustietojen avulla voidaan myös juoksutuksia seurata suuntaa-antavasti. Näiden reaaliaikaisten juoksutustietojen myötä myös Vesistömallin ennusteet (www.ymparisto.fi/vesistoennusteet) ovat tarkentuneet merkittävästi, mikä helpottaa vaihtelevien vesitilanteiden ennakointia ja hallintaa. Vesilain valvoja on vuodesta 2016 alkaen saanut Vesistömallijärjestelmästä sähköpostitse varoituksen varoitusrajan ylittämisestä, mikäli vedenkorkeus padolla ylittää tason 96,65 m (N60).

Viime vuosien kokemusten perusteella voidaan ennakoida, että Loimijoella ilmastonmuutos hankaloittaa Kuhalankosken säännöstelyn hoitoa (taulukko 4). Säännöstelyluvan kehittämistarpeet liittyvät seuraavaan neljään luvassa jo havaittuun ristiriitaisuuteen:

1. Tulviin varautumisen suuruus on määritelty maaliskuun alun lumen vesiarvon perusteella ja varautuminen on tehtävä huhtikuun alkuun mennessä. Etelä-Suomessa lumet voivat kuitenkin sulaa tätä aiemmin. Ilmastonmuutoksen myötä leutoina ja vesisateisina talvina osa lumista sulaa jo talven aikana, lumipeitteinen aika lyhenee ja lumeen varastoitunut vesimäärä pienenee. Lumen määrä vähenee eniten alkutalvesta ja keväällä. Jo jaksolla 2000–2016 yli puolet Loimijoen Maurialankosken vuoden suurimmista virtaamista esiintyi kevään ulkopuolella, enimmäkseen marras-joulukuussa.
2. Ylin tavoitekorkeus 20.5. on määritelty niin myöhäiseksi, että kevättulvan mentyä ohi Etelä-Suomessa jo maaliskuun huhtikuussa, tavoitevedenkorkeutta ei enää ole toukokuun loppupuolella mahdollista saavuttaa. Tavoitekorkeus on määritelty myös niin korkeaksi, että sitä ei ole tulva-ajan ulkopuolella mahdollista saavuttaa rikkomatta samalla Kuhalankosken padotusrajaa 96,60 m (N60). Tavoitevedenkorkeutta ei ole saavutettu 28 %:na vuosista jaksolla 1926–1954, 61 %:na vuosista jaksolla 1955–1972, 74 %:na vuosista jaksolla 1973–1991 ja 96 %:na vuosista jaksolla 1992–2016. (Oksala, 2017).
3. Ajalla 20.6.-10.7. on luvan mukaan juoksutettava vähintään 2 m³/s, jos Pyhäjärven vedenkorkeus on yli 96,30 m (N60). Ilmastoskenaarioiden mukaan kesien pidentymisen ja lämpötilojen nousun aiheuttaman haihdunnan kasvun sekä kevättulvien pienentymisen johdosta tulovirtaamat pienenevät ja järvien vedenkorkeudet laskevat kuivina vuosina nykyistä alemmaksi. Kuivina kesinä juoksutuksen joustamattomuus voi johtaa Pyhäjärven vedenkorkeuden laskuun tasolle 96,30 m (N60), mikä on peräti 65 cm alempana kuin luvan mukainen tavoitekorkeus toukokuun loppupuolella.
4. Kuivina kesinä ja syksyinä Pyhäjärven vedenkorkeuden lasku voi johtaa ristiriitaan alapuolisen Vieremänkosken voimalaitoksen luvan kanssa, sillä Vieremänkosken pohjapadon yli tulee aina mennä 1 m³/s vettä. Mikäli Pyhäjärven vedenpinta laskee ajalla 20.5.-31.12. tason 96,30 m (N60) alapuolelle, on Kuhalankosken minimijuoksutus kuitenkin vain 0,8 m³/s, eivätkä Forssan jätevedenpuhdistamolta tulevat puhdistetut jätevedet riitä paikkaamaan eroa. Voimalaitoksien välinen etäisyys on noin 2,5 kilometriä, eikä niiden välillä juurikaan tule välivesiä. Ilmastonmuutostarkastelujen perusteella kuivuustilanteet pahenevat kesällä ja syksyllä, kun kevään tulovirtaamat pienenevät ja aikaistuvat ja haihdunnan määrä kasvaa.

Taulukko 4. Loimijoen säännöstelyt, luvanhaltijat ja arvio luvan tarkistamistarpeesta ilmastonmuutoksen vuoksi

Säännöstely	Luvanhaltija	Luvan tarkistamistarve ilmastonmuutoksen takia
Pyhäjärvi / Kuhalankoski	Loimijoen yläjuoksun perkausyhtiö	Kyllä, kalenteriin sidottu
Vieremänkoski	yksityinen luvanhaltija	Ei
Jokioistenkoski	Koskienergia Oy	Ei
Vesikoski	Waterpumps Oy	Ei
Hirvikoski	Nordic Traction Oy	Ei
Vuolle	Sallila Energia Oy	Ei
Sallila	Sallila Energia Oy	Ei
Rutava	yksityinen luvanhaltija	Ei

8. Selvitetyt säännöstelyvaihtoehdot ja niiden vaikutukset

Tässä selvityksessä muodostetut säännöstelyvaihtoehdot perustuvat luvussa 7 esiteltyihin Pyhäjärven säännöstelyluvan kehittämistarpeisiin. Hankkeen ohjausryhmässä sovittiin tarkasteltavista vaihtoehdoista nettikyselyn ja sidosryhmätyöpajan tulosten perusteella seuraavasti:

- vedenkorkeuksien kevätkuopan ajoitus ja joustavuus,
- kesäaikaisen vedenpinnan laskun rajoittaminen ja siihen liittyvät minimijuoksutukset ja Kuhalankosken padotuskorkeus sekä
- loppusyksyn vedenkorkeuksien nosto.

Nykyisen säännöstelyluvan noudattamisen ennustetaan hankaloituvan entisestään ilmastonmuutoksen vaikutuksesta, joten vaihtoehtoja on tarkasteltu ilmastonmuutokseen sopeutumisen kannalta tulva- ja kuivuusriskit huomioon ottaen. Vaihtoehtoja ei ole tarkoitettu toteuttamaan sellaisenaan, vaan vaihtoehtotarkastelun tavoitteena on arvioida erilaisten säännöstelykäytäntöjen vaikutuksia vesistössä.

8.1 Vaihtoehtojen vaikutukset vedenkorkeuksiin ja virtaamiin

Vesistömallijärjestelmällä tarkasteltiin erilaisten säännöstelykäytäntöjen vaikutuksia sekä historia- että ilmastonmuutosjaksoilla. Tarkastelut tehtiin vertailemalla nykyisten lupaehtojen ja käytäntöjen mukaista säännöstelyä (VE0) vaihtoehtoihin säännöstelytapoihin (VE1-VE5) historiajaksolla sekä ilmastonmuutosjaksoilla 2020–2049 ja 2050–2079. Säännöstelyvaihtoehtojen tavoitteet ja periaatteet on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Säännöstelyvaihtoehtojen tavoitteet ja periaatteet.

Vaihtoehto	Korostettavat tavoitteet	Toteutus
VE0	<ul style="list-style-type: none"> • Säännöstelyssä noudatetaan mahdollisimman hyvin nykyistä säännöstelylupaa ja nykykäytäntöjä. • Vertailuvaihtoehto 	<ul style="list-style-type: none"> • Säännöstely on luvan ja nykykäytäntöjen kaltaista mahdollisuuksien mukaan (juoksutusohjeen vyöhykkeet)
VE1	<ul style="list-style-type: none"> • Kevätkuopan sopeutuminen lumitilanteeseen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kevätkuoppaa loivennetaan ja aikaistetaan vähälumisina vuosina (kun lumen vesiarvo alle 60 mm)
VE2	<ul style="list-style-type: none"> • Varaututaan kesän kuivuuteen sallimalla Kuhalankosken padotuskorkeuden ylitys 	<ul style="list-style-type: none"> • Pyritään saavuttamaan luvan mukainen tavoitevedenkorkeus 20.5. sallimalla Kuhalankosken padotuskorkeuden ylitys • Pienennetään kesä-joulukuun juoksutuksia • Pakollinen 2 m³/s juoksutusminimi kesä-heinäkuun vaihteessa poistettu, minimijuoksutus 1,2 m³/s • Lisäksi tarkasteltu tilanteet, joissa minimijuoksutus 1,0 ja 0,8 m³/s, ja jossa pakollinen 2 m³/s juoksutusminimi olisi mukana • Arvioidaan, voidaanko Pyhäjärvellä pysyä virkistyskäytölle hyvän tason 96,50 m (N60) yläpuolella kesä-elokuussa. Virkistyskäytön hyvä taso ja kriittinen ajankohta on määritelty vesistön käyttäjille suunnatun kyselyn perusteella.
VE3	<ul style="list-style-type: none"> • Loppusyksyn vedenkorkeuksien nosto Pyhäjärvellä 	<ul style="list-style-type: none"> • Pienennetään alkutalven juoksutuksia • Kevätkuopan loivennus VE1 tapaan • Pakollinen 2 m³/s juoksutusminimi kesä-heinäkuun vaihteessa mukana, muulloin minimijuoksutus 1,2 m³/s • 4–10 m³/s juoksutuksen vyöhyke juoksutusohjeessa syys-helmikuussa -> 1,2–12 m³/s
VE4	<ul style="list-style-type: none"> • Kesän kuivuuteen varautuminen Kuhalankosken padotuskorkeutta noudattaen 	<ul style="list-style-type: none"> • Tehdään kevätkuoppa tarvittaessa syvempänä kuin VE0 • Suuremmat juoksutukset kevät- ja syksyaikaan padotuskorkeuden läheisyydessä • Pienennetään kesä-joulukuun juoksutuksia matalilla vedenkorkeuksilla • Luvan mukainen 2 m³/s juoksutusminimi kesä-heinäkuun vaihteessa poistettu, minimijuoksutus 1,2 m³/s • Lisäksi tarkasteltu tilanne, jossa minimijuoksutus 0,8 m³/s • Arvioidaan, voidaanko Pyhäjärvellä pysyä virkistyskäytölle hyvän tason 96,50 m (N60) yläpuolella kesä-elokuussa. Virkistyskäytön hyvä taso ja kriittinen ajankohta on määritelty vesistön käyttäjille suunnatun kyselyn perusteella.
VE5	<ul style="list-style-type: none"> • Kuin VE4 	<ul style="list-style-type: none"> • Kuin VE4, mutta 2 m³/s juoksutusminimi on mukana

Vaihtoehdossa VE1 tarkasteltiin siis kevätkuopan loiventamista ja aikaistamista vähälumisina talvina, jotka tulevat yleistymään ilmastonmuutoksen vaikutuksesta. Tämä tehtiin siten, että vedenkorkeuden annettiin nousta säännöstelyohjeen määrittämää juoksutusta pienentämällä silloin, kun lumen vesiarvo Vesistömallissa oli alle 60 mm jaksolla 1.2.-20.4. Malliin asetettiin ylärajaksi loivenukselle 96,80 m (N60), joka tulee varsinkin ilmastonmuutosjaksolla vastaan useana vuotena, jolloin maaliskuuhun juoksutuksia joudutaan kasvattamaan.

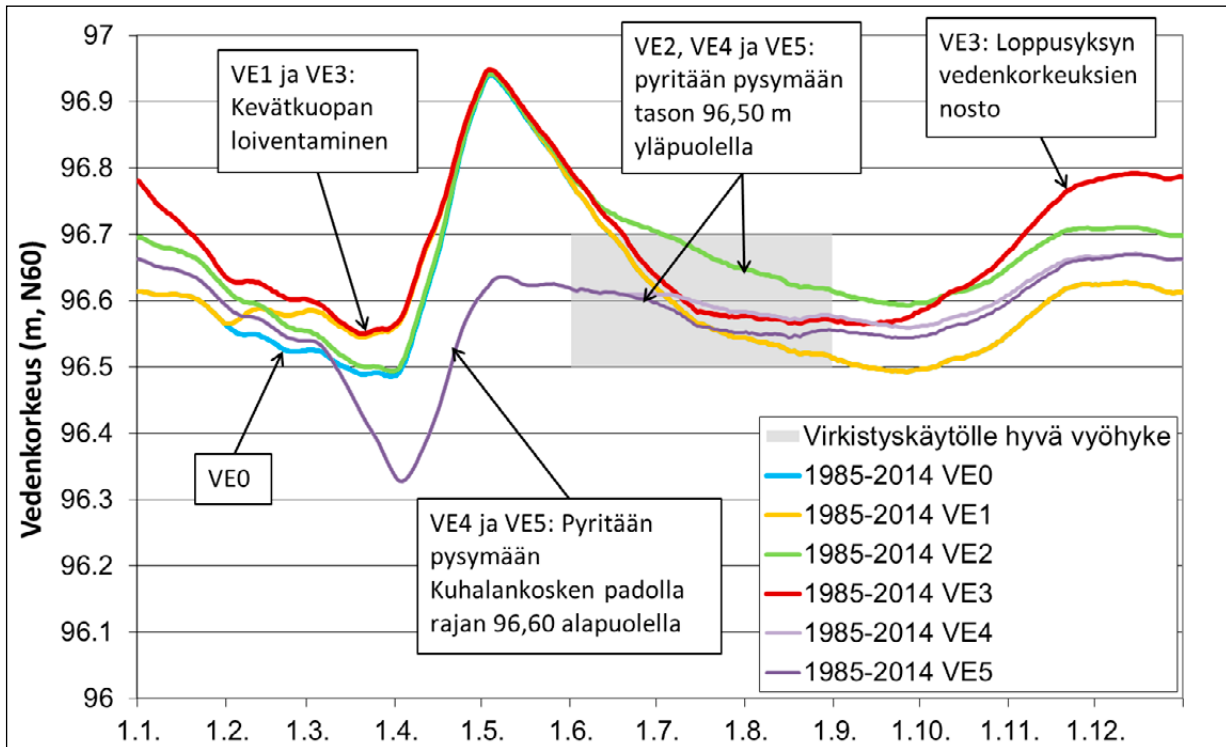
Vaihtoehto VE2 liittyy Pyhäjärven vedenkorkeuden kesäaikaisen laskun rajoittamiseen. Ilmastonmuutosjaksolla ongelma korostuu, koska kevättulvat tulevat aikaistumaan ja pienenevät, jolloin toukokuun tavoitevedenkorkeus jää saavuttamatta, mikäli padotuskorkeutta noudatetaan. Lisäksi kesät lämpenevät ja pitenevät, jolloin Pyhäjärven vedenkorkeus laskee enemmän kesän aikana. Mallinuksissa on tutkittu erilaisten minimijuoksutusten sekä 2 m³/s juoksutusminimin vaikutusta Pyhäjärven vedenkorkeuteen.

Vaihtoehdossa VE3 tarkasteltiin ilmastonmuutostalvien vesiolosuhteita ja sitä voisiko lupa myös normaaleissa ja kuivissa vesiolosuhteissa sallia korkeammat vedenkorkeudet. Mallinuksissa loppusyksyn ja talven vedenkorkeuksia Pyhäjärvellä nostettiin pienentämällä juoksutuksia (mm. 4–10 m³/s juoksutuksen vyöhyke -> 1,2–12 m³/s) ja loiventamalla kevätkuoppia samalla tavalla kuin VE1:ssä. 2 m³/s juoksutusminimi kesä-heinäkuun vaihteessa pidettiin tässä vaihtoehdossa mukana, muulloin minimijuoksutus oli luvan mukainen eli 1,2 m³/s tai 0,8 m³/s.

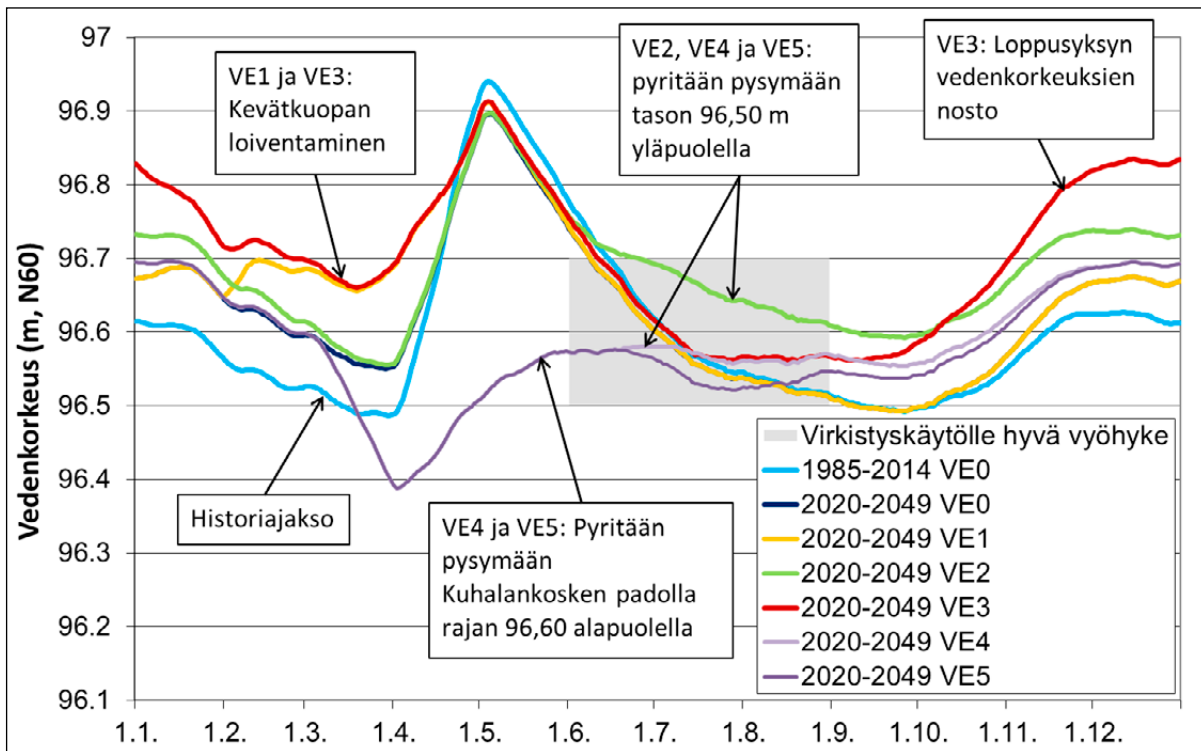
Vaihtoehdoissa VE4 ja VE5 tutkittiin Kuhalankosken padotuskorkeuden noudattamisen mahdollisuuksia ja sen vaikutuksia Pyhäjärven vedenkorkeuksiin ja juoksutuksiin. Tarkoituksena oli pysyä Kuhalankoskella rajan 96,60 m (N60) alapuolella ja Pyhäjärvellä virkistyskäytölle hyvän rajan 96,50 m (N60) yläpuolella. Kuhalankosken padon vedenkorkeus saatiin pysymään rajan 96,60 m (N60) alapuolella, kun kevätkuoppaa syvennettiin tarvittaessa ja kevät- ja syksyaikojen juoksutuksia kasvatettiin kun lähestyttiin padotuskorkeuden tasoa.

Mallinnus on tehty käyttäen koko historiajaksolle ja ilmastonmuutosjaksoille samaa säännöstelyohjetta, jolla pysytään kaikissa tilanteissa padotuskorkeuden alapuolella. Tästä syystä keskimääräinen vedenkorkeus vaihtoehdoissa VE4 ja VE5 jää sekä Pyhäjärvellä että Kuhalankoskella usein padotuskorkeutta matalammalle tasolle varsinkin ilmastonmuutosjaksoilla. Yksittäisinä vuosina säännöstelyä olisi mahdollista hoitaa paremmin kuhunkin tilanteeseen sopivalla tavalla ja siten pysyä Pyhäjärvellä useammin padotuskorkeuden tasolla tai hieman sen yläpuolella. Matalammilla vedenkorkeuksilla tapahtuvia juoksutuksia puolestaan pienennettiin kesä-joulukuussa, jotta järven pinta saataisiin pysymään mahdollisimman ylhäällä. VE4 mallinnettiin siten, että 2 m³/s juoksutusminimi kesä-heinäkuun vaihteessa oli poistettu, kun taas VE5:ssä se oli mukana. Vaihtoehto VE4:ssä oli lisäksi tarkasteltu tilanne, jossa minimijuoksutus olisi 1,2 m³/s sijaan 0,8 m³/s.

Kaikissa tarkastelluissa vaihtoehdoissa on noudatettu juoksutusohjetta siltä osin, että mikäli Pyhäjärven vedenpinta laskee ajalla 20.5.-31.12. tason 96,30 m (N60) alapuolelle, on Kuhalankosken minimijuoksutus 0,8 m³/s. Vaihtoehtojen vaikutus Tammelan Pyhäjärven vedenkorkeuteen historiajaksolla sekä ilmastonmuutosjaksolla 2020–2049 on esitetty kuvissa 18–19. Kuhalankosken virtaaman ja vedenkorkeuden sekä Loimijoen Maurialankosken virtaaman vastaavat kuvat löytyvät liitteestä 1. Kuvissa on esitetty kunkin 30 vuoden laskentajakson päivittäiset keskiarvot, josta yksittäiset vuodet voivat poiketa paljonkin. Keskiarvot havainnollistavat vaihtoehtojen periaatteellisia eroja.

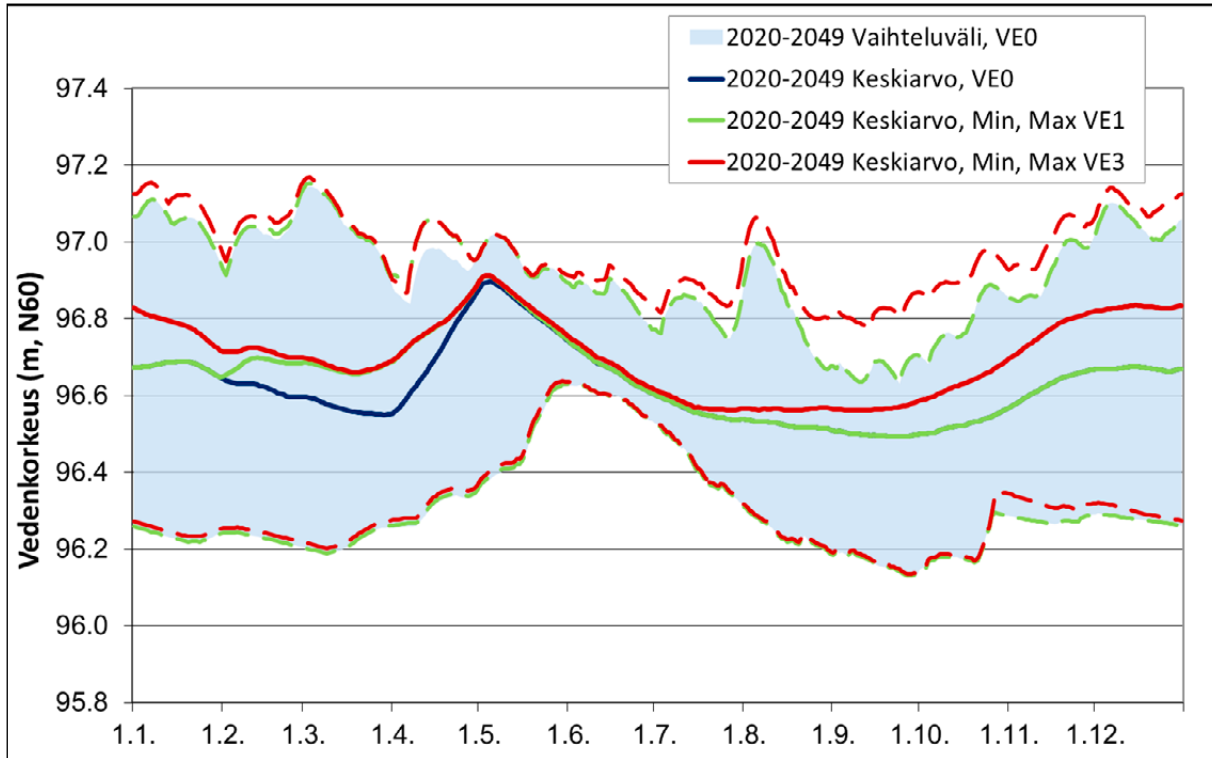


Kuva 18. Säännöstelyvaihtoehtojen vaikutus Pyhäjärven vedenkorkeuteen historiajaksolla 1985–2014, 30 vuoden päivittäiset keskiarvot.

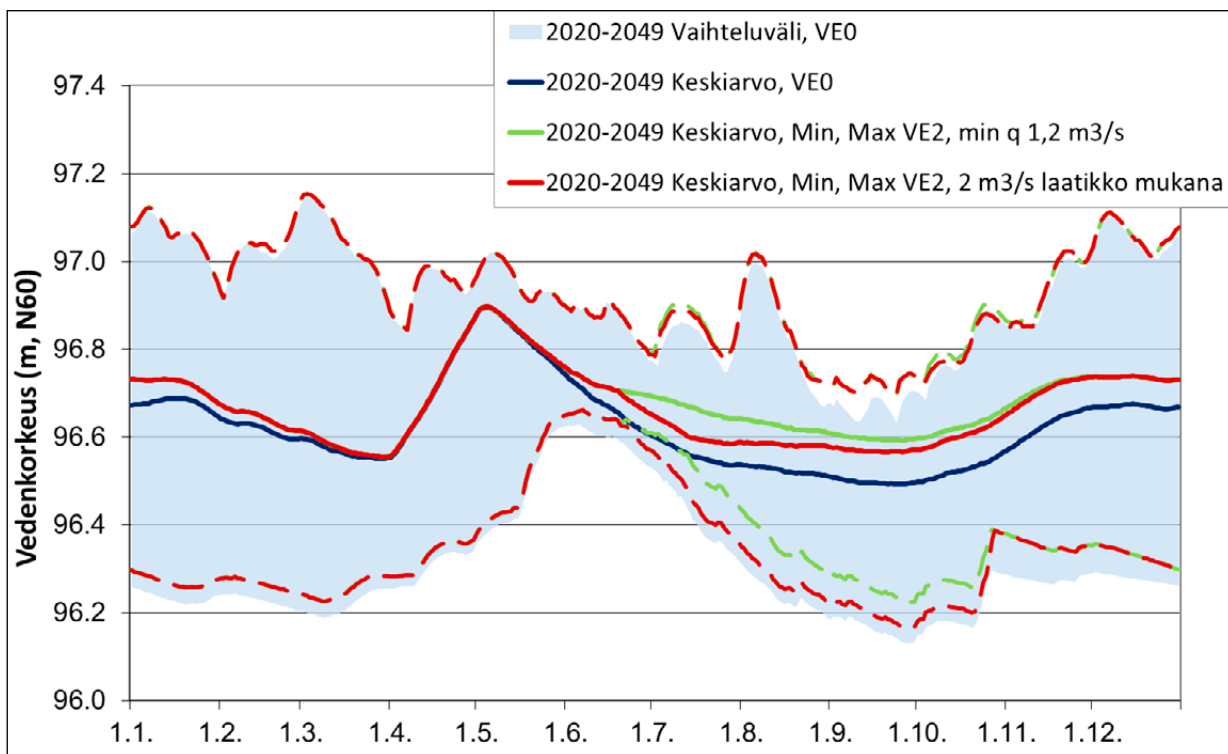


Kuva 19. Säännöstelyvaihtoehtojen vaikutus Pyhäjärven vedenkorkeuteen ilmastonmuutosjaksolla 2020–2049, 30 vuoden päivittäiset keskiarvot.

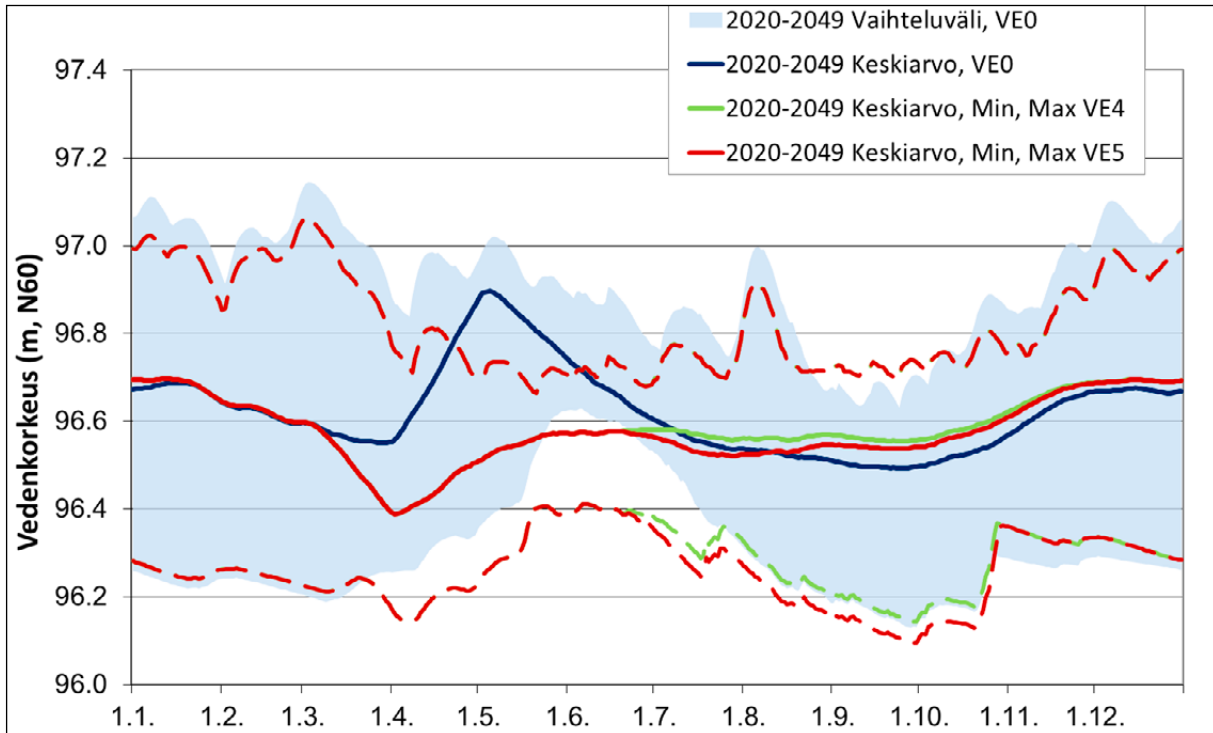
Kuvissa 20–22 on lisäksi esitetty säännöstelyvaihtoehtojen vaikutus Pyhäjärven vedenkorkeuden päivittäisiin minimeihin, maksimeihin ja keskiarvoihin ilmastonmuutosjaksolla 2020–2049. Kuhalankosken virtaaman ja vedenkorkeuden sekä Loimijoen Maurialankosken virtaaman vastaavat kuvat löytyvät liitteestä 1. Näistä kuvista näkee keskiarvokuvaaja tarkemmin säännöstelyvaihtoehtojen vaikutuksia ylimpiin ja alimpiin vedenkorkeuksiin sekä yli- ja alivirtaamiin.



Kuva 20. Säännöstelyvaihtoehtojen VE1 ja VE3 vaikutus Pyhäjärven vedenkorkeuteen ilmastonmuutosjaksolla 2020–2049.



Kuva 21. Säännöstelyvaihtoehdon VE2 vaikutus Pyhäjärven vedenkorkeuteen ilmastonmuutosjaksolla 2020–2049.



Kuva 22. Säätöstelyvaihtoehtojen VE4 ja VE5 vaikutus Pyhäjärven vedenkorkeuteen ilmastonmuutosjaksolla 2020–2049.

Erilaisilla säätöstelyvaihtoehdoilla on vaikutusta Pyhäjärven vedenkorkeuteen ja juoksutukseen, Kuhalankosken padon vedenkorkeuteen sekä Loimijoen virtaamaan. Kunkin vaihtoehdon vaikutuksia tarkastellaan tässä erikseen, pääpaino on lähitulevaisuuden ilmastonmuutosjaksolla 2020–2049.

Vaihtoehdon VE1 eli kevätkuopan loiventamisen tarkoituksena on sopeutua ilmastonmuutoksen myötä lisääntyviin vähälumisiin talviin ja aikaisempiin kevättulvahuippuihin. Kevätkuopan sopeuttaminen lumitilanteeseen ja kevään tulovirtaamaennusteisiin helpottaa Pyhäjärven vedenkorkeuden nostamista kesän tavoitetasolle, riippumatta tulovirtaamahuippujen ajankohdasta. Historiajaksolla (VE0) kevätkuoppa ajoittuu keskimäärin maaliskuun lopulle siten, että alin vedenkorkeus on keskimäärin 96,49 m (N60) (taulukko 6). Ilmastonmuutosjaksoilla kevätkuoppa ajoittuu myös usein maaliskuulle ja sen keskimääräinen syvyys on 96,55 m (N60), mutta vaihtoehdossa VE1 Pyhäjärven vedenkorkeutta ei useina vuosina lasketa juuri lainkaan helmi-maaliskuussa. Tämä johtuu siitä, että ilmastonmuutosjaksoilla vedenkorkeus on maaliskuussa usein jo nousussa tulovirtaaman kasvaessa. Lumitilanteeseen sopeutuvalla säätöstelyllä keskimääräinen kevätkuopan syvyys olisi 96,67 m (N60) jaksolla 2020–2049 ja 96,72 m (N60) jaksolla 2050–2079.

Taulukko 6. Kevään alin vedenkorkeus sekä keskimääräinen kevätkuopan syvyys (yleisimmin maaliskuussa)

Vaihtoehto	Kevään alin vedenkorkeus 1985–2014 (N60)	Keskimääräinen kevätkuoppa 1985–2014 (N60)	Kevään alin vedenkorkeus 2020–2049 (N60)	Keskimääräinen kevätkuoppa 2020–2049 (N60)
VE0	96,01 m	96,49 m	96,19 m	96,55 m
VE1, VE3	96,01 m; 96,03 m	96,55 m	96,19 m; 96,20 m	96,67 m
VE2	96,05 m	96,49 m	96,23 m	96,55 m
VE4, VE5	96,04 m	96,33 m	96,15 m	96,39 m

Kevätkuopan loiventaminen vaihtoehdossa VE1 pienentää lisäksi talviajan juoksutustarvetta, joka muuten kasvaisi ilmastonmuutosjaksoilla. Kevättulvan jälkeisellä ajalla ja alkukesästä voidaan puolestaan juoksuttaa enemmän, koska järven pinta on korkeammalla. Toisaalta tästä voi aiheutua suurempia juoksutuksia varsinkin huhtitoukokuun vaihteessa, jos kevätkuoppa on tehty loivana ja kevät on sateinen. Pyhäjärven ja Kuhalankosken ylimmät vedenkorkeudet kasvavat loivemman kevätkuopan vuoksi kuitenkin vain todella vähän, noin sentin (taulukko 8).

Vaihtoehdossa VE2 pyritään pysymään Pyhäjärvellä tason 96,50 m (N60) yläpuolella eli virkistyskäytölle hyvällä vyöhykkeellä. Historiajaksolla tässä onnistutaan pääsääntöisesti, sillä vedenkorkeus laskee rajan alle noin kuutena vuotena jaksolla 1985–2014. Mikäli minimijuoksutus olisi 1,2 m³/s sijaan 1,0 m³/s, vedenkorkeus laskisi rajan alle noin neljänä vuotena, ja minimijuoksutuksella 0,8 m³/s vain yhtenä vuotena. Jos pakollinen 2 m³/s juoksutusminimi kesä-heinäkuun vaihteessa pidetään mukana laskennassa (minimijuoksutus muulloin 1,2 m³/s), vedenkorkeus laskisi rajan alle noin 14 vuotena. Ilmastonmuutosjaksolla Pyhäjärvi laskee keskimäärin muutaman sentin alemmas kuin historiajaksolla, alimmissa vedenkorkeuksissa ero on viitisen senttiä. Koska vedenkorkeus laskee ilmastonmuutosjaksolla alemmas, myös juoksutukset ovat kesäaikaan pienempiä ja useammin 0,8 m³/s juoksutuksen tasolla. Ilmastonmuutosjaksolla kesän alin vedenkorkeus Pyhäjärvellä on VE2:ssa noin 10 cm korkeampi kuin nykyvaihtoehdossa VE0 (taulukko 9).

Kuhalankoskella kesäajan pienemmät juoksutukset näkyvät vaihtoehdossa VE2 vedenkorkeuden nousuna. Kuhalankosken padon kesäajan vedenkorkeus nousee noin 10 cm nykyvaihtoehto VE0:aan verrattuna, ja 0,8 m³/s minimijuoksutuksella ero olisi jo lähemmäs 20 cm. Loimijoen Maurialankoskella kesäajan pienimmät sekä keskimääräiset virtaamat pienenevät vain vähän, lähinnä heinä-elokuussa. Oikeastaan pienimmät virtaamat useammin kasvavat, koska Pyhäjärven alimmat vedenkorkeudet nousevat kautta vuoden ja juoksuuttaa voi silloin enemmän, kun järvi ei ole laskenut minimijuoksutuksen 0,8 m³/s tasolle. Maurialankoskella vaikutus jää kokonaisuutena hyvin vähäiseksi, eroa syntyy vain muutaman kuution verran ylös- tai alaspäin.

Vaihtoehdossa VE3 Pyhäjärven loppuvuoden vedenkorkeus nousee pienempien juoksutusten myötä keskimäärin 15–20 cm ja maksimivedenkorkeuksien osalta noin 5 cm verrattuna nykyvaihtoehdon VE0 vastaavaan ajankohdan vedenkorkeuksiin (taulukko 7). Vedenkorkeuden nousu on edellä mainitun suuruista sekä historiajaksolla että ilmastonmuutosjaksolla, mutta ilmastonmuutosjaksolla juoksutuksia ei suuremman tulovirtaaman vuoksi tarvitse pienentää yhtä paljon kuin historiajaksolla. Vaihtoehtoa mallinnettiin myös ilmastonmuutoksen ääriskenaariolla (HadRM-HadCM-A1B-skenaario), joka aiheuttaa suurempien lämpötilan muutosten vuoksi pahimmat talvitulvat. Ääriskenaariolla laskettuna Pyhäjärven loppuvuoden vedenkorkeus nousisi sekä keskimäärin että maksimien osalta 10–25 cm verrattuna vaihtoehtoon VE0 historiajaksolla. Tässä yhteydessä on hyvä ottaa huomioon se, että pelkkä ilmastonmuutoksen vaikutus loppuvuoden vedenkorkeuksiin on mallinnusten perusteella noin 6 cm jaksolle 2020–2049 mennessä (ääriskenaariolla 10–15 cm) ja noin 10 cm jaksolle 2050–2079 mennessä. Lisäksi on huomattava, että kaikilla ilmastonmuutosskenaarioilla ja säännöstelyvaihtoehdoilla loppusyksyn ylimmät vedenkorkeudet ovat matalampia kuin historiajaksolla havaitut kevättulvahuiput eivätkä ne siten aiheuta erityistä tulvariskiä.

Taulukko 7. Loppusyksyn ylin vedenkorkeus sekä keskimääräinen huippu (yleisimmin joulukuussa)

Vaihtoehto	Loppusyksyn ylin vedenkorkeus 1985–2014 (N60)	Loppusyksyn keskimääräinen ylin vedenkorkeus 1985–2014 (N60)	Loppusyksyn ylin vedenkorkeus 2020–2049 (N60)	Loppusyksyn keskimääräinen ylin vedenkorkeus 2020–2049 (N60)
VE0, VE1	97,03 m	96,63 m	97,10 m	96,68 m
VE2	97,04 m	96,71 m	97,11 m	96,74 m
VE3	97,07 m	96,79 m	97,14 m (ääriskenaario 97,15 m)	96,83 m (ääriskenaario 96,87 m)
VE4, VE5	96,93 m	96,67 m	96,99 m	96,70 m

Vaihtoehdon VE3 vaikutus Maurialankoskella jää mallinuksissa melko pieneksi, vaikka tulvariski voi yleisesti kasvaa Pyhäjärven pinnan ollessa korkeammalla ja varastotilan jäädessä pienemmäksi. Ilmastonmuutosjaksolla Maurialankosken marras-maaliskuun virtaamahuiput kasvavat maksimissaan 10 m³/s verrattuna nykyvaihtoehtoon VE0. Syys- lokakuun virtaamahuiput puolestaan pienenevät hieman, koska järven pinta saa silloin vapaammin nousta ja juoksutukset ovat pienempiä. Talviaikaisissa, eli ilmastonmuutosjaksolla vuoden suurimissa virtaamahuipeissa ei ole merkittävää eroa vaihtoehtojen VE0 ja VE3 välillä.

Vaihtoehdoissa VE4 ja VE5 vedenkorkeus saadaan pysymään Kuhalankosken padolla padotuskorkeuden 96,60 m (N60) alapuolella, ja Pyhäjärvellä pysytään kesällä keskimäärin virkistyskäytölle hyvän tason 96,50 m (N60) yläpuolella. Pyhäjärven vedenkorkeuden vuotuinen vaihtelu kuitenkin muuttuu merkittävästi nykyvaihtoehtoon VE0 verrattuna. Kevätkuopat joudutaan tekemään keskimäärin selvästi syvempinä padotuskorkeuden alla pysymiseksi, tosin vähälumisina tai lämpiminä ja sateisina talvina kevätkuopat voivat käytännössä olla ny-

kyvaihtoehdon VE0 kaltaisia. Kevään vedenkorkeushuiput jäävät Pyhäjärvellä selvästi matalammiksi kuin nykyvaihtoehdossa VE0, koska Kuhalankoskella joudutaan juoksuttamaan selvästi enemmän padotuskorkeuden lähestyessä (taulukko 8). Matalampien keväthuippujen jälkeen varsinkin alkukesän juoksutukset jäävät nykyvaihtoehtoa VE0 pienemmiksi, koska Pyhäjärven liiallista laskua pyritään estämään.

Taulukko 8. Alkukesän ylin vedenkorkeus sekä keskimääräinen huippu (yleisimmin toukokuussa, ilmastonmuutosjaksolla maksimi voi kuitenkin olla jo maaliskuussa)

Vaihtoehto	Alkukesän ylin vedenkorkeus 1985–2014 (N60)	Alkukesän keskimääräinen ylin vedenkorkeus 1985–2014 (N60)	Alkukesän ylin vedenkorkeus 2020–2049 (N60)	Alkukesän keskimääräinen ylin vedenkorkeus 2020–2049 (N60)
VE0, VE2	97,22 m	96,94 m	97,15 m; 97,16 m	96,90 m
VE1, VE3	97,23 m	96,95 m	97,15 m; 97,17 m	96,91 m
VE4, VE5	97,01 m	96,64 m	97,06 m	96,57 m

Vaihtoehdon VE4 pienemmistä juoksutuksista (pakollinen 2 m³/s juoksutusminimi poistettu, kesä-joulukuun juoksutuksia pienennetty matalilla vedenkorkeuksilla) huolimatta Pyhäjärven vedenkorkeus laskee historiajaksolla 11 vuotena ja 2020–2049 jaksolla 15 vuotena rajan 96,50 m (N60) alapuolelle. Vaikka minimivirtaama olisi 1,2 m³/s sijaan 0,8 m³/s, vedenkorkeus laskisi historiajaksolla 7 vuotena ja 2020–2049 jaksolla 13 vuotena rajan alle. Jos pakollinen 2 m³/s juoksutusminimi on mukana (VE5), Pyhäjärven vedenkorkeus laskee historiajaksolla 13 vuotena ja 2020–2049 jaksolla 18 vuotena rajan alle. Vaihtoehtoisissa VE4 ja VE5 vedenkorkeutta ei useana vuotena pystytä pitämään kevättulva-ajan jälkeen edes nykyvaihtoehdon VE0 tasolla. Taulukossa 9 on esitetty kesän alimmat vedenkorkeudet Pyhäjärvellä vaihtoehtojen VE4 ja VE5 erilaisilla minimijuoksutuksilla.

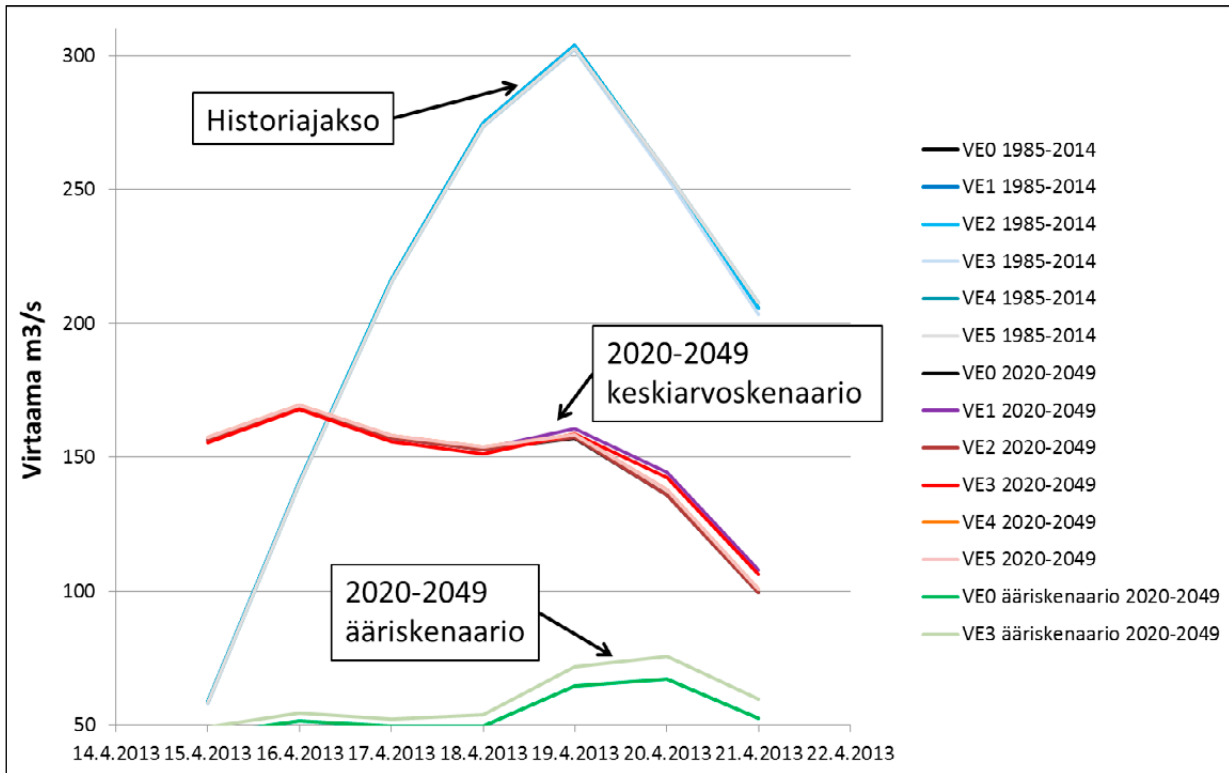
Taulukko 9. Elo- ja syyskuun alimmat vedenkorkeudet Pyhäjärvellä

Vaihtoehto	Elokuu 1985–2014 (N60)	Syyskuu 1985–2014 (N60)	Elokuu 2020–2049 (N60)	Syyskuu 2020–2049 (N60)
VE0, VE1, VE3	96,23–96,24 m	96,17–96,18 m	96,19 m	96,14 m
VE2	96,33 m	96,26 m	96,28 m	96,22 m
VE4	96,27 m	96,20 m	96,20 m	96,15 m
VE4, kun minimijuoksutus 0,8 m ³ /s	96,33 m	96,27 m	96,25 m	96,19 m
VE5, kun 2 m ³ /s juoksutusminimi mukana	96,23 m	96,17 m	96,16 m	96,09 m

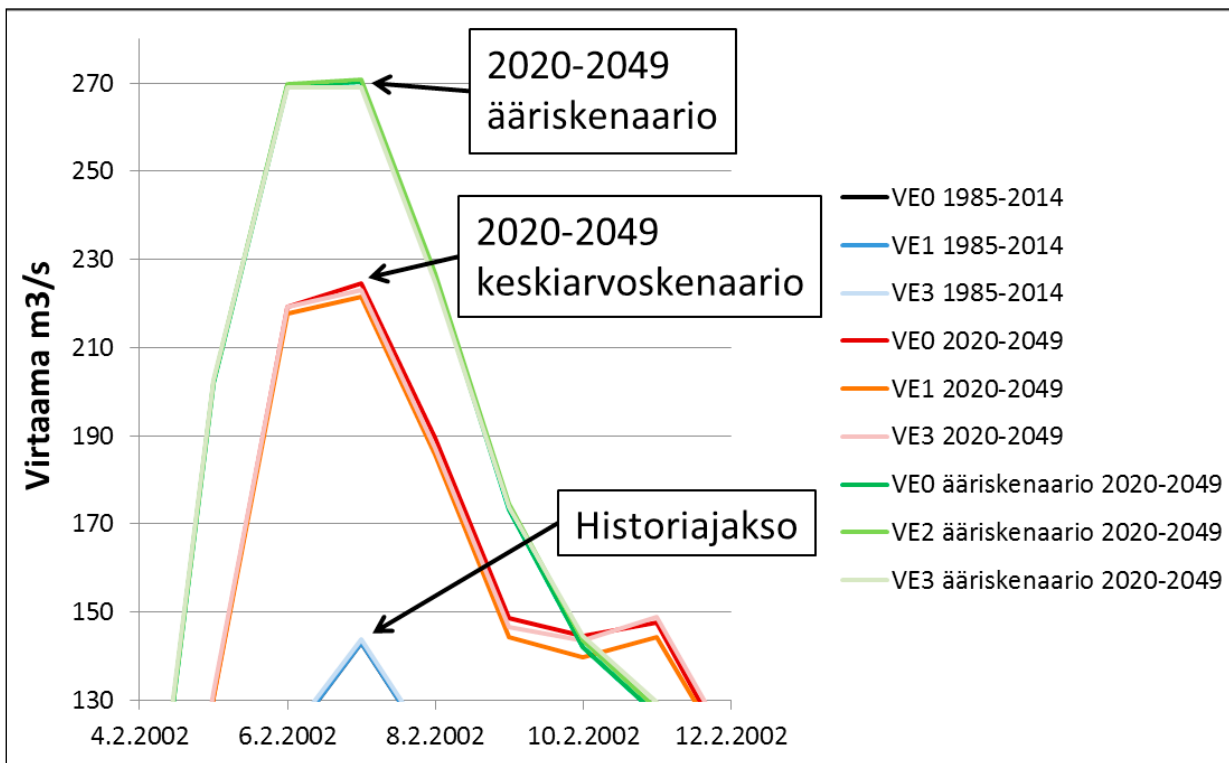
Vaihtoehdot VE4 ja VE5 vaikuttavat Loimijoen virtaamaan siten, että Maurialankosken kesäajan pienimmät sekä keskimääräiset virtaamat pienenevät hieman. Virtaamat pienenevät lähinnä touko-kesäkuussa, koska silloin Kuhalankosken juoksutus jää pienemmäksi Pyhäjärven pinnan ollessa selvästi nykyvaihtoehtoa VE0 alempana. Kevään ja loppusyksyn suurimmat virtaamat puolestaan kasvavat hieman, koska vedenkorkeuden noustessa Kuhalankoskella kohti padotuskorkeutta juoksutuksia joudutaan siellä kasvattamaan. Erot Loimijoen virtaamassa ovat kuitenkin hyvin pieniä verrattuna nykyvaihtoehtoon VE0.

Loimijoen Maurialankosken suurimpiin virtaamahuippuihin säännöstelyvaihtoehdoilla ei ole juurikaan vaikutusta, kun taas ilmastonmuutos vaikuttaa vuoden suurimpien virtaamien ajoitukseen ja suuruuteen merkittävästi. Suurimmat kevättulvat ovat historiajaksolla lähes samansuuruisia kaikissa vaihtoehtoisissa (noin 300 m³/s), kuten myös ilmastonmuutosjaksoilla. Ilmastonmuutosjaksolla 2020–2049 keskiarvoskenaariolla laskettuna suurimmat kevättulvat ovat noin 225 m³/s, ja ääriskenaariolla (HadRM-HadCM-A1B-skenaario), kevättulvan suuruudeksi jää noin 155 m³/s. Kuvassa 23 on esitetty kevättulva vuodelta 2013 eri ilmastonmuutos- ja säännöstelyvaihtoehdoilla. Kyseisessä kevättulvatilanteessa tulvahuipun suuruus on historiajakson säällä noin 300 m³/s, ilmastonmuutoksen keskiarvoskenaariolla 170 m³/s ja ääriskenaariolla 75 m³/s.

Ilmastonmuutosjaksoilla vuoden suurimmat virtaamahuiput Loimijoella eivät kuitenkaan ajoitu kevääseen, vaan tammi-helmikuulle. Näidenkään huippujen suuruuksissa ei ole merkittävää eroa eri säännöstelyvaihtoehtojen välillä. Historiajaksolla tammi-helmikuun suurin virtaama on 200 m³/s, ilmastonmuutoksen keskiarvoskenaariolla jaksolla 2020–2049 220 m³/s ja ääriskenaariolla 270 m³/s. Kuvassa 24 on esitetty talven 2002 yksittäinen tulvatilanne, jossa Maurialankosken virtaamahuippu kasvaa keskiarvoskenaariolla 80 m³/s ja ääriskenaariolla jopa 130 m³/s verrattuna historiajakssoon.



Kuva 23. Säätövaihtoehtojen ja ilmastonmuutoskenaarioiden vaikutus vuoden 2013 kevättulvaan



Kuva 24. Säätövaihtoehtojen ja ilmastonmuutoskenaarioiden vaikutus vuoden 2002 talvitulvaan

8.2 Vaihtoehtojen muista vaikutuksista

Tässä selvityksessä käsiteltävien vaihtoehtojen tavoitteena on parantaa tulva- ja kuivuusriskien hallintaa vesistöalueetasolla. Lisäksi tässä kohdassa käsitellään arvioituja vaikutuksia vesien tilaan, virkistyskäyttöön, vesivoiman tuotantoon ja eroosioon.

Säännöstelyvaihtoehtojen vaikutuksia voidaan arvioida suuntaa-antavasti käyttäen hyväksi vedenkorkeuksien vaihtelusta Suomen ympäristökeskuksessa kehitettyjä numeerisia tunnuslukuja eli mittareita. Järvikohtaisten vaikutusten ja niiden laajuuden tarkempi arviointi edellyttäisi kuitenkin mittaritarkastelun tueksi luontoselvityksiä, joita ei Pyhäjärvellä tämän selvityshankkeen yhteydessä tehty, joten tässä käydään läpi mahdollisia vaikutuksia yleisten vaikutusmekanismien kautta. Vaihtoehtoja verrataan vertailuvaihtoehtoon VE0 painottaen jaksoa 2020–2049. Vaihtoehtoista VE2 ja VE4 tarkastellaan ainoastaan taulukossa 5 ensimmäisinä mainittuja variaatioita, ei vaihtoehtojen minimijuoksuusten vaikutuksia.

Pyhäjärvi ja Kuivajärvi ovat matalia (keskisyvytykset 2,5 m ja 2,4 m) järviä joiden vesienhoidon luokituksen mukainen ekologinen tila on tyydyttävä. Veden ominaispiirteitä ovat samentuneisuus ja rehevyys (Mattila 2015). Pyhäjärven veden huono valonläpäisevyys rajoittaa kasvillisuuden esiintymistä. Pyhäjärveltä löytyy toisaalta matalia ja kasvillisuudeltaan reheviä lahdelmia, toisaalta kivikkoisia ja jyrkkiä, lähes kasvittomia rantaosuuksia. Kuivajärven kasvillisuutta leimaa laajat kasvittuneet ranta-alueet (Mäkelä 2004). Kyselytulosten vastausten perusteella vesikasvillisuuden runsaus haittaa monin paikoin rantojen virkistyskäyttöä.

Koekalastusten perusteella Pyhäjärven ja Kuivajärven kalaston tärkeimpiä lajeja ovat kuha, särki ja ahven (Ruokolainen ym. 2012). Järvissä on ilmeisesti luontaisesti lisääntyvä muikkukanta, mutta oletettavasti ei juurikaan luontaisesti lisääntyvää siikaa (Ranta 2010). Kuivajärven pohjoispään Joensuunlahden-Venesillanlahden alue kuuluu Natura 2000 -verkostoon ja on valtakunnallisesti arvokas lintualue. Alueella pesiviä lintulajeja ovat muun muassa naurulokki, ruskosuohaukka, nokikana ja silkkiuikku (lisää tietoa linnustoselvityksestä Yrjölä ym. 2007).

Vedenkorkeuden talviaikainen alentaminen altistaa rantavyöhykkeen eliöstön häiriöille (esim. Aroviita & Härmäläinen 2008). Kalojen ravintona tärkeät suurikokoiset pohjaeläimet ovat herkkiä pohjan jäätymiselle, samoin eräät kasvit, kuten tummalahnanruoho. Syyskutuisten kalojen, erityisesti matalaan kutevan siian, mätä voi tuhoutua sen altistuessa jäätymiselle ja jäänpainamalle. Järven tummavetisyys ja loivarantaisuus lisäävät herkkyyttä talvialenemalle, sillä tuottava vyöhyke on kapeampi kuin kirkasvetisessä järvessä ja laskevan vedenkorkeuden vaikutus kohdistuu suuremmalle pinta-alalle kuin jyrkkärantaisessa järvessä.

Monet vesilinnut (esim. kuikka, kalatiira, tukkasotka ja ruskosuohaukka) ja lokkilinnut pesivät lähellä vesirajaa. Vedenkorkeuden voimakas nousu alkukesällä pesintäaikana voi tuhota matalalla sijaitsevia pesiä niiden jäädessä veden alle (Ahola ym. 2003). Kevättulvan viivästyminen voi aiheuttaa sen, että pesät sijoittuvat matalammalle ja siten altistuvat voimakkaammalle vedenkorkeuden nousulle. Mitä enemmän vedenpinta nousee lintujen pesintäkauden aikana, sitä suurempi on haitta vesirajan läheisyydessä pesivien lintujen pesinnälle.

Kevättulvan ansiosta edellisvuotinen kuollut kasviaines siirtyy kuivalle maalle hapekkaisiin olosuhteisiin hajoamaan eikä jää rantaveteen maatumaan ja kuluttamaan happea. Riittävän korkea vedenkorkeus keväällä mahdollistaa hauen pääsyn hyville kutualueille. Hauki kutee yleensä rantamatalaan joten voimakas tulvan lasku pian kudun jälkeen voi jättää kudun tai vastakuoriutuneet poikaset kuiville.

Kasvukauden alkupuolen korkea vedenkorkeus hillitsee ruovikoiden laajenemista (Hellsten 2000). Kevättulvan jälkeen ja kesän aikana aleneva vedenpinta monipuolistaa rantavyöhykkeen kasvillisuutta muun muassa laajentaen hauen kutualueena suosimaa saraikkovyöhykettä. Myös aallokon aiheuttama kulutus jakaantuu silloin laajemmalle alueelle. Toisaalta liiallinen vedenkorkeuden alentaminen kesällä voi matalilla ja rehevillä rannoilla edistää ei-toivottua ruovikoiden leviämistä.

Pyhäjärven vedenkorkeusvaihtelussa on nykytilanteessa havaittavissa selvä kevättulva ja kesän aikana laskeva vedenpinta. Vedenkorkeuden talvialenema on säännösteltyksi järveksi varsin maltillinen.

Vaihtoehdossa VE1 lievennetään talviaikaista vedenkorkeuden alenemista, millä olisi ainakin teoriassa myönteinen vaikutus rantavyöhykkeen tilaan. Ero vertailuvaihtoehtoon VE0 olisi keskimäärin 5 cm jaksolla 2020–2049. Kevään alimpien vedenkorkeuksien noustessa vedenkorkeus olisi hauen kudun kannalta hieman paremmalla tasolla, riippuen kuitenkin kudun ajankohdasta. Muuten vaihtoehdon vedenkorkeuksissa ei ole merkittäviä eroja vertailuvaihtoehtoon nähden.

Vaihtoehdossa VE2 kevättulvahuipun korkeus ei muuttuisi. Kesävedenkorkeudet nousisivat vaihtoehdossa selvästi, joten loivien rantojen laajat kasvillisuusvyöhykkeet saattaisivat kaventua, mikä voi olla rehevälle järvelle ja matalille umpeenkasvaville lahtialueille myönteistä.

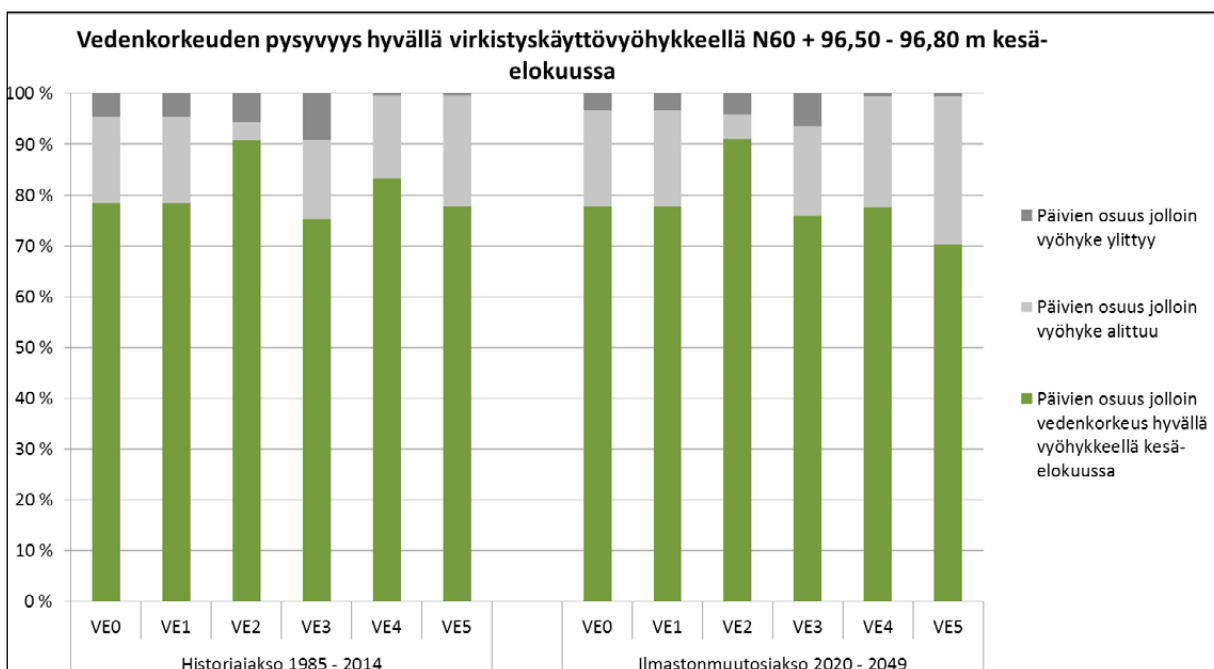
Vaihtoehdon VE3 loppusyksyn korkeammat vedenkorkeudet lisäisivät laskennallista talvialenemaa, mutta toisaalta kevätkuopan lieventäminen pienentäisi sitä, joten laskennalliseen talvialenemaan ei olisi kokonaisuudessaan paljon vaikutusta. Kevättulva nousisi hieman vaihtoehtoon VE0 verrattuna ja loppukesän vedenkorkeudet nousisivat, mutta eivät yhtä paljon kuin vaihtoehdossa VE2.

Vaihtoehdoissa VE4 ja VE5 vedenkorkeuden vaihtelun rytmi muuttuisi merkittävästi, millä olisi todennäköisesti vaikutusta rantavyöhykkeen ekologiaan. Kevättulvan keskimääräinen huippu laskisi noin 30 cm, mikä heikentäisi kevättulvan puhdistusvaikutusta ja voisi edistää umpeenkasvua. Kielteiset vaikutukset hauen kutuolosuhteisiin ja kasvillisuuden monimuotoisuuteen olisivat myös mahdollisia. Talviaikainen vedenkorkeuden alenema olisi näissä vaihtoehdoissa suurin, millä voisi olla kielteinen vaikutus rantavyöhykkeen eliöihin. Vaikka pystysuuntainen alenema ei olisi edelleenkään joihinkin muihin säännöstelyihin järviin verrattuna erityisen suuri, Pyhäjärven kaltaisella matalalla ja tummavetisellä järvellä prosentuaalisesti suurempi osa tuottavan vyöhykkeen pinta-alasta olisi häiriölle alttiina kuin jyrkkärantaisella ja kirkasvetisellä järvellä. Sen sijaan vaihtoehtojen erot vedenkorkeuden nousuun lintujen pesintäaikana ovat pieniä, vain muutaman sentin luokkaa.

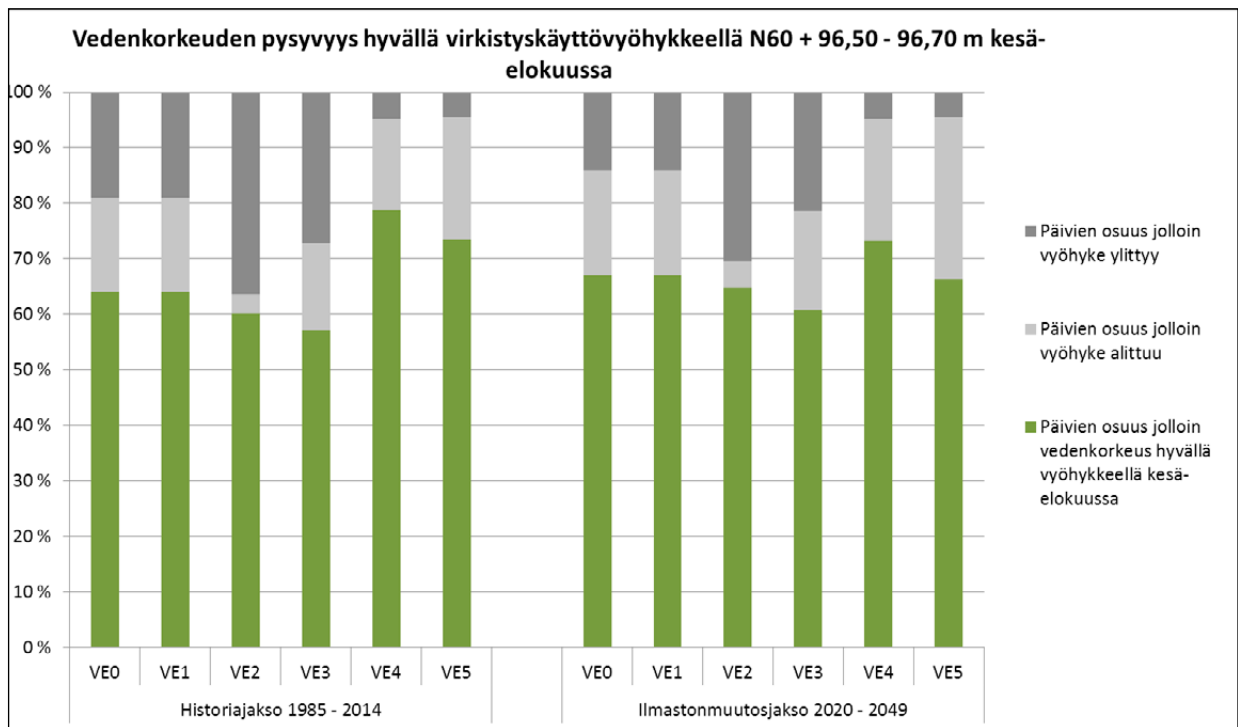
Loimijoen yläosan ekologinen tila on luokiteltu tyydyttäväksi. Alaosalla ekologinen tila heikkenee välttäväksi. Loimijoen varrella on useita pistemäisiä jätevesikuormittajia. Virtaamalla on merkittävä vaikutus veden laatuun joen yläjuoksulla Forssan kaupungin jätevesien laimenemisen kannalta (Mattila 2015). Kaikkien säännöstelyvaihtoehtojen perusversioissa on minimijuoksuutuksena käytetty 1,2 m³/s lukuun ottamatta tilanteita jolloin vedenkorkeus laskee alle tason 96,30 m (N60).

Vesivoiman tuotannon tavoitteet ovat yleensä samansuuntaisia kuin tulva- ja kuivuusriskien hallinnan. Pyhäjärven alemmat vedenkorkeudet loppuvuonna ennen talven pakkasjaksoja eivät ole vesivoiman kannalta ihanteellisia, sillä ne pienentävät putouskorkeuksia ja vähentävät pakkasjaksolla juoksetettavan veden määrää. Toisaalta alemmat vedenkorkeudet mahdollistavat paremmin varautumisen talvitulviin ja vähentävät tarvetta suurille juoksetuksille. Suurten juoksetusten ja juoksetusvaihteluiden välttäminen voi myös auttaa jokiuomien eroosion hillitsemisessä, mikä osaltaan vähentäisi rantojen sortumista ja maa-aineksen kulkeutumista alavirtaan.

Säännöstelyvaihtoehtojen vaikutuksia Pyhäjärven ja sen kanssa likimain samassa vedenkorkeustasossa olevan Kuivajärven virkistyskäyttöön arvioitiin laskemalla prosentiosuudet päivistä suosituimmalla virkistyskäyttökaudella (kesä-elokuussa), jolloin Pyhäjärven vedenkorkeus on hyvällä virkistyskäyttövyöhykkeellä ja prosentiosuudet, jolloin se on vyöhykkeen ylä- ja alapuolella. Hyvänä virkistyskäyttövyöhykkeenä käytettiin vesistön



Kuva 25. Vedenkorkeuden pysyvyys kesä-elokuussa hyvällä virkistyskäyttövyöhykkeellä 96,50–96,80 m (N60) sekä vyöhykkeen ylä- ja alapuolella eri säännöstelyvaihtoehdoissa. Mukana tarkastelussa on kaikkien 30 vuoden kesä-elokuulle sijoittuvat päivät.



Kuva 26. Vedenkorkeuden pysyvyys kesä-elokuussa hyvällä virkistyskäyttövyöhykkeellä 96,50–96,70 m (N60) sekä vyöhykkeen ylä- ja alapuolella eri säännöstelyvaihtoehdoissa. Mukana tarkastelussa on kaikkien 30 vuoden kesä-elokuulle sijoittuvat päivät.

käyttäjille tehdyn kyselyn perusteella vertailun vuoksi kahta eri vedenkorkeusväliä, jotka kyselyvastauksissa mainittiin useimmin hyväksi tavoitteeksi: 96,50 ... 96,80 m (N60) ja 96,50 ... 96,70 m (N60). Kyselyn tulokset on esitetty liitteessä 4.

Tulokset historiajaksolla 1985–2014 sekä ilmastonmuutosjaksolla 2020–2049 käyttäen kumpaakin vedenkorkeusvyöhykettä on esitetty kuvissa 25 ja 26. Pylväissä on mukana kaikkien 30 vuoden kesä-elokuun päivät. Tulosten tarkastelussa painotetaan jaksoa 2020–2049.

Jos tarkastellaan ilmastonmuutoksen vaikutusta säännöstelykäytännön pysyessä samana (VE0), vaikutus on melko pieni. Matalien vedenkorkeuksien osuus lisääntyy hieman, mutta hyvän tason ylittävät vedenkorkeudet vähenevät etenkin, jos vyöhykkeen ylärajana pidetään tasoa 96,70 m (N60).

Vaihtoehto VE1 loiventaisi kevätkuoppaa, mutta kesä-elokuun vedenkorkeuksissa ei olisi eroa vaihtoehtoon VE0 nähden. Vaihtoehdossa VE2 hyvän virkistyskäyttövyöhykkeen alittavat vedenkorkeudet kesällä vähensivät merkittävästi, mikä olikin vaihtoehdon keskeinen tavoite. Samalla kuitenkin tason 96,70 m (N60) ylittävät vedenkorkeudet lisääntyisivät, sen sijaan tason 96,80 m (N60) ylittävät vedenkorkeudet lisääntyisivät vain hyvin vähän. Kokonaisuudessaan VE2 olisi kaikista vaihtoehdoista kesäajan virkistyskäytölle paras, mikäli hyvän virkistyskäyttövyöhykkeen ylärajana tarkastellaan tasoa 96,80 m (N60). Jos taas ylärajana olisi 96,70 m (N60), vaihtoehto olisi korkeiden vedenkorkeuksien vuoksi hieman vertailuvaihtoehtoa huonompi. Toisaalta vaihtoehdon mallintamisessa ei erityisesti pyritty välttämään korkeita vedenkorkeuksia, joten vaihtoehdossa saattaisi olla mahdollista jonkin verran laskea korkeimpia vedenkorkeuksia.

Vaihtoehdossa VE3 kesän matalat vedenkorkeudet vähensivät hieman, mutta vastaavasti korkeat vedenkorkeudet hieman lisääntyivät. Vaihtoehdolla olisi enemmän vaikutusta vedenkorkeuksiin tarkastellun virkistyskäyttökauden jälkeen siten, että syksyn virkistyskäytön kannalta liian matalat vedenkorkeudet vähensivät, mutta toisaalta liian korkeat vedenkorkeudet lisääntyivät. Vaihtoehdossa VE4 hyvän virkistyskäyttövyöhykkeen ylittävät vedenkorkeudet vähensivät verrattuna vaihtoehtoon VE0 erityisesti kevättulvan pienentyessä. Matalat vedenkorkeudet kuitenkin lisääntyivät hieman. Vaihtoehdon VE5 vaikutus olisi muuten samankaltainen kuin vaihtoehdon VE4, mutta virkistyskäytölle liian matalat vedenkorkeudet lisääntyivät enemmän kesä-heinäkuun vaihteen suurempien minimijuoksutusten takia.

9. Säännöstelyjen vaikutusmahdollisuudet Loimijoen vesistöalueen tulviin ja kuivuuksiin

Tässä luvussa esitellään johtopäätökset säännöstelyjen vaikutusmahdollisuuksista tulva- ja kuivuustilanteisiin edellä kuvatun kokemuseräisen tiedon ja mallinnustulosten pohjalta. Yhteenveto on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Yhteenveto Loimijoen vesistöalueen säännöstelyjen vaikutusmahdollisuuksista

Säännöstely	Vaikutusmahdollisuus tulvatilanteisiin	Vaikutusmahdollisuus kuivuustilanteisiin
Pyhäjärvi / Kuhalankoski	Suuri vaikutus lähialueella, vähäinen vaikutus alajuoksulla	Suuri vaikutus lähialueella, suuri/vähäinen vaikutus alajuoksulla
Vieremäkoski	Paikallinen vaikutus	Ei
Jokioistenkoski	Paikallinen vaikutus	Ei
Vesikoski	Paikallinen vaikutus	Paikallinen vaikutus
Hirvikoski	Paikallinen vaikutus	Paikallinen vaikutus
Vuolle	Paikallinen vaikutus	Ei
Sallila	Paikallinen vaikutus	Ei
Rutava	Paikallinen vaikutus	Ei

Loimijoen jokivoimalaitosten lupamuutoksilla ei varastoaltaiden puuttumisen vuoksi voida laajamittaisesti vähentää tulvista ja kuivuuksista aiheutuvia vahinkoja. Tulvatilanteessa jokivoimalaitosten juoksutusikäntä on kuitenkin vaikutusta paikallisiin tulvavedenkorkeuksiin voimalaitosten ylä- ja alapuolella. Kuivuustilanteessa voimalaitokset ovat täysin riippuvaisia kuivuusajan tulovirtaamista, eivätkä siksi voi vaikuttaa kuivuuden kehittymiseen sinänsä. Patoluukkujen asennolla on kuitenkin vaikutusta jokiuoman vedenkorkeuksiin ja erityisesti alhaiset vedenkorkeudet on koettu haitalliseksi Vesikosken ja Hirvikosken patojen vaikutusalueella. Haitallisen suurien vedenpinnan vaihteluita voidaan vähentää vesitilanteen seurannalla, hyvällä voimalaitosten välisellä yhteistyöllä ja informoimalla alapuolisia voimalaitoksia juoksutusmuutoksista.

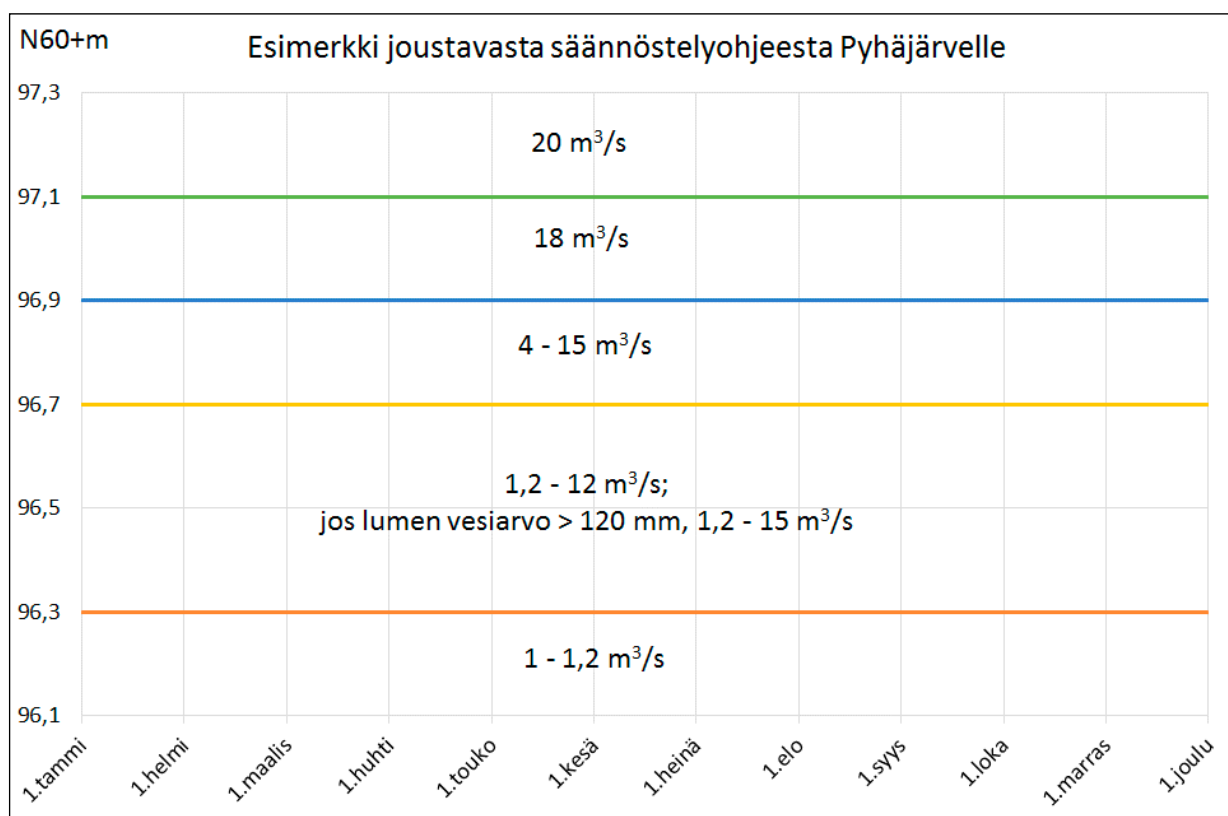
Jääpatoja voi talvikaudella esiintyä Loimijoen alajuoksulla virtaaman suuruudesta riippumatta. Padottamalla vettä Tammelan Pyhäjärveen saadaan aikaan vain pieni vaikutus Huittisten vedenkorkeuteen, ja Loimijoen viipymän takia juoksutuksen ajoittaminen on hankalaa. Koska virtaamanalennuksen vaikutukset näkyvät vasta muutaman päivän viiveellä, Loimijoen ja sitä kautta myös Kokemäenjoen virtaama pienenee selvemmin vasta tulvahuipun laskuvaiheessa, jolloin mahdolliset tulvavahingot ovat jo tapahtuneet.

Tulviin varautuminen on kuitenkin tarpeen Pyhäjärven säännöstelyssä, jotta toisaalta järven omat tulvakorkeudet säilyvät maltillisina ja toisaalta juoksutuksia tasaamalla Kuhalankoskesta ei tarvitse juoksuttaa suurimpia virtaamia Loimijoen alajuoksun tulvahuipun aikaan. Pyhäjärven vedenkorkeuden ollessa lähellä keskivedenkorkeutta, on juoksutuksissa vaihteluväli, joka mahdollistaa suuremmat juoksutukset vesitilanteen muuttuessa määremmäksi. Vaihteluvälin ansiosta säännöstelyn toteutuksessa voidaan jossain määrin huomioida sekä vallitseva että ennustettu vesitilanne. Huonoa on kuitenkin ohjeen kalenterisidonnaisuus.

Pyhäjärven säännöstelyjen vaikutukset kuivuustilanteisiin voidaan nähdä kahdella eri tavalla. Toisaalta Kuhalankosken juoksutuksilla on suuri vaikutus Loimijoen veden määrään, sillä vähävetisissä tilanteissa Kuhalankosken juoksutuksen osuus Maurialankosken virtaamasta voi olla yli puolet. Toisaalta pitkäkestoisissa kuivuuksissa myös Pyhäjärven pinta on alhaalla, eikä Kuhalankosken juoksutuksen kasvattaminen entisestään ole mahdollista alajuoksun kuivuustilanteen helpottamiseksi.

Ilmastonmuutos muuttaa ja on jo muuttanut Pyhäjärven hydrologiaa siten, että toukokuun 20. päivän tavoitekorkeuteen ei päästä ilman kyseiseen ajankohtaan osuvia runsaita sateita. Loimijoen yläjuoksun kuivuuden kannalta on tärkeää, että Pyhäjärvestä riittää vettä kesän ja syksyn mittaan juoksutettavaksi Loimijokeen. Jos kuivuustilanne kuitenkin muodostuu erittäin pitkäksi ja vaikeaksi, ei Kuhalankosken luvan mukainen minimivirtaama ole riittävä Vieremänkosken luvan mukaisen minimivirtaaman ylläpitämiseksi ja poikkeuslupaa on haettava joko Kuhalankosken tai Vieremänkosken juoksutuksille.

Pyhäjärven säännöstelyssä tulisi varautua tulviin, jotka ilmastonmuutoksen myötä voivat Etelä-Suomessa esiintyä mihin aikaan vuodesta tahansa. Tulva- ja kuivuusriskien kannalta toimivin säännöstelylupa voisi ilmastonmuutoksen edetessä olla ideaalitapauksessa täysin kalenterista riippumaton, jolloin tarvittava varautuminen voitaisiin toteuttaa joustavasti sää- ja vesistöennusteiden perusteella (kuva 27). Poikkeuksellisen suuren lumen vesiarvon vuoksi luvassa voisi olla myös mahdollisuus laskea järven pintaa kuvassa 27 ehdotettua alemmas.



Kuva 27. Esimerkki Pyhäjärvelle laaditusta joustavasta säännöstelyohjeesta, jossa on huomioitu nykyisen luvan vaihteluvyöhykkeet. Järven keskivedenkorkeuden ollessa noin 96,63 m (N60), säännöstelyohje mahdollistaisi tehokkaamman tulviin ja kuivuuksiin varautumisen vedenkorkeuden ollessa 30 sentin päässä keskivedenkorkeudesta vyöhykkeessä 96,30...96,90 m (N60).

10. Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet

Loimijoen padotus- ja juoksutus selvityksen on laatinut Suomen ympäristökeskus Hämeen ELY-keskuksen johdolla ja yhteistyössä lupien haltijoiden, kuntien ja muiden viranomaisten sekä sidosryhmien kanssa. Selvityksen tavoitteena on parantaa ilmastonmuutoksen vaikutuksiin varautumista erityisesti sään ja vesioalojen ääri-ilmiöiden kuten tulvien, rankkasateiden, epätavanomaisten jäätymiöiden ja kuivuuden osalta.

Loimijoen alueella kevättulvat ovat aiemmin olleet vuoden suurimpia tulvia. Kuitenkin jo 2000-luvulla yli puolet Loimijoen vuoden suurimmista virtaamista on esiintynyt kevään ulkopuolella, enimmäkseen marras-joulukuussa. Tässä selvityksessä tehdyissä ilmastonmuutostarkasteluissa Loimijoen vuoden suurimmat virtaamat ajoittuivat tammi-helmikuulle. Korkeampien lämpötilojen myötä sateet tulevat useammin vetenä, ja lunta sulaa useammin jo talven aikana. Kasvavat talvivirtaamat lisäävät sekä hyyteen että jääpatojen aiheuttamaa tulvariskiä. Lisäksi suuri virtaama voi hidastaa jääkannen muodostumista, jolloin jääkannettomassa joessa hyydetulvariski kasvaa pakkasen kiristyessä. Jäänpaksuus voi myös kasvaa aiempaan verrattuna, mikäli eristävä lumikerros jää ohueksi, mutta pakkaneen on kireää. Tällöin sään lauhtuminen voi aiheuttaa jäiden kasautumista jääpadoksi asti.

Kesällä ja syksyllä ilmastonmuutoksen ennustetaan pahentavan kuivuustilanteita, koska kevään tulovirtaamat pienenevät ja aikaistuvat, kesät pitenevät ja haihdunnan määrä kasvaa. Pitkäkestoinen kuivuus pienentää tulovirtaamia ja vesistöistä voi haihtua enemmän vettä kuin sinne tulee. Toisaalta kesän ja syksyn rankkasateiden aiheuttamat tulvahuiput tulevat ilmastonmuutosjaksolla kasvamaan, koska suuret sateet yleistyvät ja kasvavat ilmastonmuutoksen vaikutuksesta.

Loimijoen vesistö on vähäjärvinen ja sen virtaamavaihtelut ovat suuria. Loimijokea säännöstellään Kuhalankosken, Vieremäkosken, Jokioistenkosken, Vesikosken, Hirvikosken, Vuolteen, Sallilan ja Rutavan padoilla. Viime vuosien kokemusten ja ilmastonmuutostarkastelujen perusteella voidaan ennakoita, että Loimijoella ilmastonmuutos hankaloittaa erityisesti Pyhäjärveä säännöstelevän Kuhalankosken säännöstelyn hoitoa, koska säännöstelylupa on kalenterisidonnainen toisin kuin muilla padoilla.

Loimijoen jokivoimalaitosten lupamuutoksilla ei varastoaltaiden puuttumisen vuoksi voida laajamittaisesti vähentää tulvista ja kuivuuksista aiheutuvia vahinkoja. Tulvatilanteessa jokivoimalaitosten juoksutus käytännöllä on kuitenkin vaikutusta paikallisiin tulvavedenkorkeuksiin voimalaitosten ylä- ja alapuolella. Padottamalla vettä Tammelan Pyhäjärveen voidaan tulvatilanteessa vaikuttaa jonkin verran alajuoksun virtaamiin ja vedenkorkeuksiin, mutta Loimijoen viipymän takia juoksutuksen ajoittaminen on hankalaa. Kuivuustilanteen aiheuttamia ongelmia voidaan pienentää pitämällä Kuhalankosken juoksutuksia riittävän suurina. Koska kuivuustilanteet ovat kestoltaan määrittelemättömiä, tulisi Pyhäjärvestä mahdollisuuksien mukaan varastoida vettä alkukesällä, jotta sitä riittää juoksutettavaksi myöhemmin kesän ja syksyn mittaan.

Selvityshankkeen ohjausryhmä käsitteli säännöstelytarkastelujen tulokset syyskuun kokouksessaan ja päätti, että Pyhäjärven säännöstelylle asetetaan suosituksia. Suositukset on viimeistely ja hyväksytty ohjausryhmän marraskuussa pidetyssä loppukokouksessa.

Pyhäjärven säännöstelyä koskevat suositukset

Suositus 1: Tammi-helmikuussa juoksutukset tehdään säännöstelyluvan juoksutusohjeen mukaisesti. Kevättulviin varautuminen tehdään säännöstelyluvan mukaisesti maaliskuun alun lumen vesiarvon perusteella ja varautuminen (kevätkuoppa) tehdään huhtikuun alkuun mennessä. Lumen vesiarvona käytetään Vesistömallin alueellista lumen vesiarvoa joko satelliitti- tai lumilinjamittauksiin perustuen. Ilmastonmuutoksen ennakoita pienentävän kevättulvia, joten suosituksen tavoitteena on varautua kevättulvaan tarkoituksenmukaisesti **Vesistöennusteita hyödyntäen.**

Perustelut: Selvityksessä tarkastellussa vaihtoehdossa VE1 kevätkuoppaa aikaistettiin ja loivennettiin vähälumisina vuosina. Ilmastonmuutosjaksolla Pyhäjärven vedenkorkeutta ei useina vuosina laskettu juuri lainkaan talven aikana. Jäänpainaman vyöhykkeen kaventuessa vaihtoehdolla olisi ainakin jossain määrin myönteinen

vaikutus Pyhäjärven rantavyöhykkeen tilaan. Vaihtoehto johtaisi suurempiin juoksutuksiin tai Pyhäjärven vedenpinnan nousuun huhti-toukokuussa, mikäli kevät olisi sateinen. Järven virkistyskäytön kannalta vaikutus jää pieneksi, sillä Pyhäjärven tulovirtaamat riittävät myös ilmastonmuutostilanteessa järven vedenpinnan nostamiseen hyvälle kesävedenkorkeustasolle. Nykyisen säännöstelyluvan kalenterisidonnaisuus on epätarkoituksenmukainen, mutta lupa mahdollistaa kevätkuopan tekemisen lumen vesiarvon mukaan.

Suositus 2: Kevättulvan jälkeen Pyhäjärven vedenkorkeus nostetaan kesäkorkeuteen siten, että Kupalankosken padotuskorkeutta ei ylitetä kuin tilapäisesti. Kesä-elokuussa vedenkorkeus pyritään pitämään mahdollisuuksien mukaan lähellä Kupalankosken padotuskorkeutta säännöstelyluvan sallimaa juoksutuksen vaihteluväliä hyödyntäen. Ilmastonmuutoksen ennakoitaan aikaistavan keväitä ja lisäävän kesien kuivuutta. Suosituksen tavoitteena on parantaa varautumista kesän ja alkusyksyn kuivumiseen ja turvata riittävä juoksutus Loimijokeen.

Perustelut: Selvityksessä tarkastelluissa vaihtoehtoissa VE2, VE4 ja VE5 tutkittiin Kupalankosken padotuskorkeuden ja erilaisten minimijuoksutusten vaikutusta Pyhäjärven kesäajan vedenkorkeuksiin. Tarkastelut osoittivat, että nykyisellä padotuskorkeudella ja minimijuoksutuksiin turvautumalla vedenkorkeus pystytään pitämään käyttäjäkyselyn perusteella hyvänä pidetyn tason 96,50 m (N60) yläpuolella koko kesäkauden ajan useammin kuin joka toinen vuosi ja ilmastonmuutosjaksolla useammin kuin joka kolmas vuoksi. Minimijuoksutusta pienentämällä tai nostamalla Kupalankosken padotuskorkeutta 20 cm vaikutus Pyhäjärven alimpiin vedenkorkeuksiin olisi noin 10 cm. Likimain samansuuruinen vaikutus alimpiin vedenkorkeuksiin olisi myös kesäkuun lopusta heinäkuun alkuun kestävän 2 m³/s juoksutusminimin pienentämisellä 0,8 m³/s:iin. Suurimmat luontovaikutukset ovat seurausta vedenkorkeuden vaihtelun rytmin muutoksesta, sillä ilman padotuskorkeuden nostoa nykyisessä säännöstelyluvassa toukokuulle määritettyä tavoitevedenkorkeutta ei ole mahdollista saavuttaa ja kevättulvat jäävät siltä osin puuttumaan. Toisaalta ilmastonmuutoksen myötä kevättulvat saattavat siirtyä olennaisesti aiemmaksi, jolloin säännöstelyn vaikutus vedenkorkeuden rytmiin jää pieneksi. Tasaisempi kesäajan vedenkorkeus on virkistyskäytön kannalta edullinen ja saattaa hillitä rantojen umpeenkasvua, mutta voi myös lisätä rantojen eroosiota.

Suositus 3: Syksyllä ja loppuvuonna Pyhäjärven säännöstelyssä varaudutaan vesitilanteen muutoksiin. Kuivina syksyinä juoksutuksia pienennetään ajoissa, kun taas vesitilanteen muuttuessa runsasvetiseksi juoksutuksia kasvatetaan. Syksyn vedenkorkeus pyritään pitämään maltillisena, jotta Pyhäjärven omat tulvakorkeudet säilyvät maltillisina, eikä Kupalankoskesta tarvitsisi juoksuttaa suurimpia virtaamia Loimijoen alajuoksun tulvan aikaan. Suosituksen tavoitteena on varautua sekä paheneviin kuivuuksiin että alajuoksun hankaloituviin hyyde- ja jääpatotilanteisiin.

Perustelut: Vaihtoehdossa VE3 tarkasteltiin loppusyksyn vedenkorkeuksien noston mahdollistamista pienentämällä säännöstelyluvan mukaisia juoksutuksia. Tarkastelussa osoittautui, että pelkkä ilmastonmuutoksen keskimääräinen vaikutus ajaa saman asian, eikä säännöstelyluvan muuttamiselle olisi siltä osin tarvetta. Loppuvuoden säännöstelyssä on tarvetta varautua hankaliin vesiolosuhteisiin ja huomioida, että simulointien perusteella Loimijoen kaikkein suurimmat virtaamahiput ajoittuivat ilmastonmuutostilanteessa tammi-helmikuulle.

Muut suositukset

Suositus 4. Selvitystyön lopputuloksena on, että ELY-keskus kehittää säännöstelyä toimijoiden kanssa ilman lupamuutoksia. Pyhäjärven säännöstelysuosituksilla 1–3 ei pyritä vuositasolla muuttamaan Pyhäjärven vedenkorkeuksia, vaan sopeutumaan nykyisen luvan puitteissa ilmastonmuutoksen aiheuttamaan hydrologisen kierroksen rytmin muuttumiseen. Mikäli lupamääräyksiä ei ole mahdollista noudattaa, on niihin haettava poikkeuslupaa aluehallintovirastosta. Säännöstelylle asetetut suositukset ja niiden toimivuus tarkistetaan viiden vuoden välein, seuraavan kerran vuonna 2022.

Suositus 5. Kuhalankosken juokсутushavaintoina käytetään jatkossa reaaliaikaisen vedenkorkeusaseman 3510800 Loimijoki W/Q purkautumiskäyrään perustuvia havaintoja. Reaaliaikaisten havaintoasemien 3509210 Kuhalankoski, ylä ja 3509110 Pyhäjärvi, Saari jatkuvuus turvataan. Vedenkorkeuksien ja juokсутusten päivittäisessä seurannassa käytetään Vesistöennusteita, jotka ovat saatavilla osoitteessa www.ymparisto.fi/vesistoennusteet. Loimijoen vesitilanteesta ja säännöstelyyn liittyvistä toimenpiteistä viestitään tarvittaessa.

Suositus 6. Tulvien vaikutusarvioiden parantamiseksi Hämeen ELY-keskus ja Varsinais-Suomen ELY-keskus täydentävät Loimijoen tulvakartoitusta vuonna 2018. Tulvakartat ovat valmistumisensa jälkeen saatavilla osoitteesta www.ymparisto.fi/tulvakartat.

11. Lähteet

- Ahola, M., Kerätär, K., Visuri, M. & Hellsten, S. 2003. Vedenpinnan vaihtelun vaikutukset vesi- ja rantalintujen pesintään. Kirjallisuusselvitys. Suomen ympäristö 633. 45 s.
- Arnell, N.W. 1999. The effect of climate change on hydrological regimes in Europe: a continental perspective. *Global and Environmental Change* 9(1): 5–23.
- Aroviita, J. & Hämäläinen, H. 2008. Pohjaeläimet. Julk: Keto, A., Sutela, T., Aroviita, J., Tarvainen, A., Hämäläinen, H., Hellsten, S., Vehanen, T. & Marttunen, M. 2008. Säännöstelyjen järvien ekologisen tilan arviointi. Suomen ympäristö 41.
- Dubrovin, T., Isid, D., Kumpumäki, M., Mustajoki, J., Jakkila, J. & Marttunen, M. 2017a. Kehittämissuositukset Pirkanmaan keskeisten järvien säännöstelyille. Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 26/2017.
- Dubrovin, T., Jakkila, J., Aaltonen, J., Kumpumäki, M. & Vehviläinen, B. 2017b. Kokemäenjoen vesistöalueen padotus- ja juoksutusselvitys. Suomen ympäristökeskus.
- Hellsten, S. (toim.). 2000. Päijänteen säännöstelyn kehittäminen. Rantavyöhykkeen tila ja siihen vaikuttavat tekijät. Suomen ympäristö 394. 168 s.
- Lammila, J., Ryytänen, A. & Yli-Siuru, S. 2008. Lounais-Suomen vesihuollon kehittämissuositusten 2020 väliarviointi ja Kehittämissuositusten 2007-2012. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 17 | 2008. 99 s.
- Mattila, M. 2015. Loimijoen yhteistarkkailu. Vuosi 2014. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisunro 745.
- Mäkelä, S. 2004. Tammelan Kaukjärven, Mustialanlammen, Kuivajärven ja Pyhäjärven tila ja veden laatu. Kaukjärven, Kuivajärven ja Pyhäjärven kunnostustoimenpide-ehdotuksia. Lammin biologinen asema. Helsingin yliopisto. 65 s.
- Prudhomme, C., Jacob, D. & Svensson, C. 2003. Uncertainty and climate change impacts on the flood regime of small UK catchments. *Journal of Hydrology* 277(1): 1–23.
- Ranta, T. 2010. Tammelan kalastusalueen käyttö- ja hoitosuunnitelma v. 2011–2015. Hyväksytty kalastusalueen kokouksessa 30.11.2010.
- Ranta-aho, H. 2016. Vesihuollon tulvariskit Hämeessä. Hämeen ELY-keskus. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_toimenpiteet?f=Hameen_ELYkeskus
- Ruokolainen, J., Mäkinen, P., Ranta, T., Hakkola, J. 2012. Raportti Pyhä- ja Kuivajärven Nordic-koeverkkokalastuksista vuonna 2012. Hämeen kalatalouskeskus. Raportti nro 23/2012.
- Silander, J. & Järvinen, E.A. (toim.) 2004. Vuosien 2002–2003 poikkeuksellisen kuivuuden vaikutukset. Suomen ympäristö 731. 79 s.
- VARELY 2015. Kokemäenjoen vesistöalueen tulvariskien hallintasuunnitelma vuosille 2016-2021. Varsinais-Suomen ELY-keskus. Raportteja 104/2015. 178 s. <http://www.doria.fi/handle/10024/117987>
- Vehviläinen B., Huttunen M., Huttunen I. 2005. Hydrological forecasting and real time monitoring in Finland: the watershed simulation and forecasting system (WSFS). In: Innovation, advances and implementation of flood forecasting technology, conference papers, 17–19 October 2005, Tromsø, Norway
- Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M. & Aaltonen, J. 2012. Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. WaterAdapt-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 16/2012. 138 s.
- Turun sanomat, Viitattu 23.8.2017 <http://www.ts.fi/uutiset/paikalliset/847374/Tulvavaroitus+Huittisissa+pelastuslaitos+purkaaja+jaapatoja>
- <http://www.ts.fi/uutiset/paikalliset/122900/Loimijoen+nouseva+vedenpinta+++kiipesi+jo+kiertotiellekin>
- Yle. Viitattu 23.8.2017 <https://yle.fi/uutiset/3-6584344>
- Yrjölä, R., Vaskelainen, E., Uppstu, P. 2007. Tammelan Kuivajärven hoito- ja käyttösuunnitelma. Hämeen ympäristökeskuksen raportteja 5/2007.

Säädökset

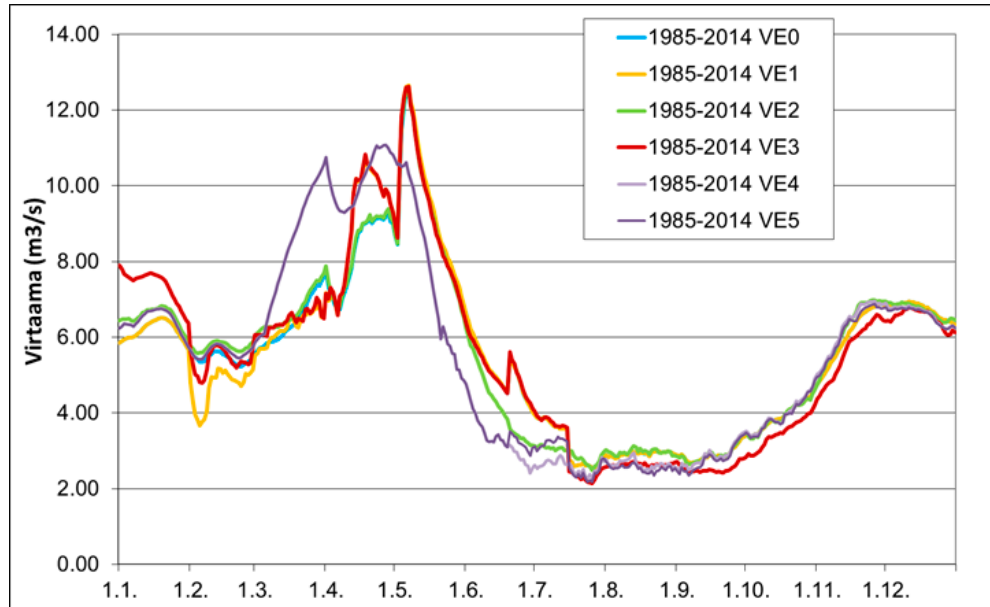
- HE 87/2013. Hallituksen esitys eduskunnalle vesilain muuttamisesta. <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2013/20130087>
- VL 587/2011. Vesilaki. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>

Liitteet

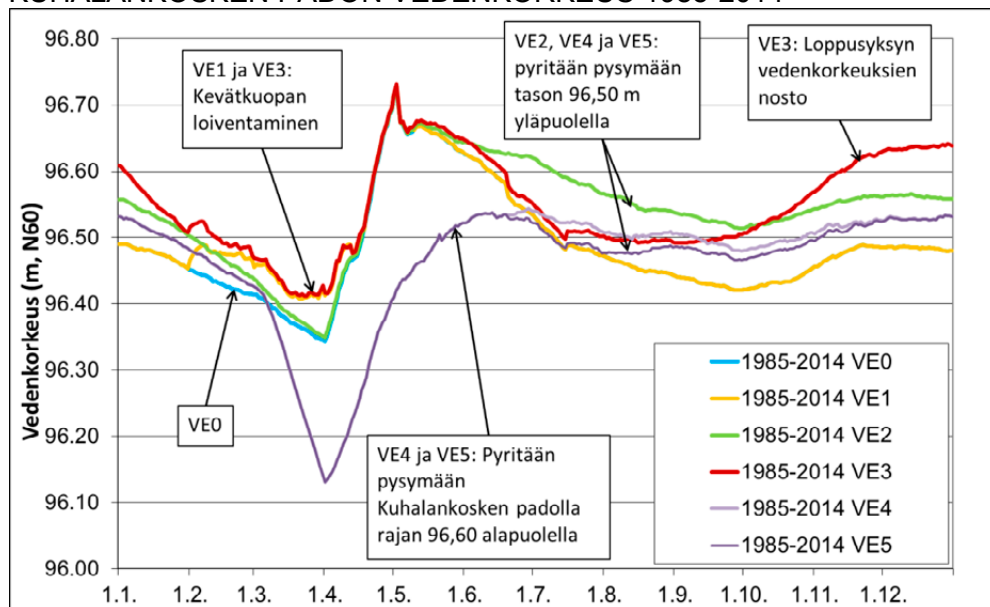
Liite 1. Tarkasteltavien säännöstelyvaihtoehtojen vaikutus Kuhalankosken padolla sekä Loimijoen Maurialankoskella historiajaksolla 1985-2014 ja ilmastonmuutojaksolla 2020-2049

Ilmastonmuutosjakson kuvissa on myös vertailun vuoksi mukana jakson 1985-2014 tulokset säännöstelyvaihtoehdolla VE0. Käyrät esittävät 30 vuoden keskiarvoa, josta yksittäiset vuodet kuitenkin poikkeavat

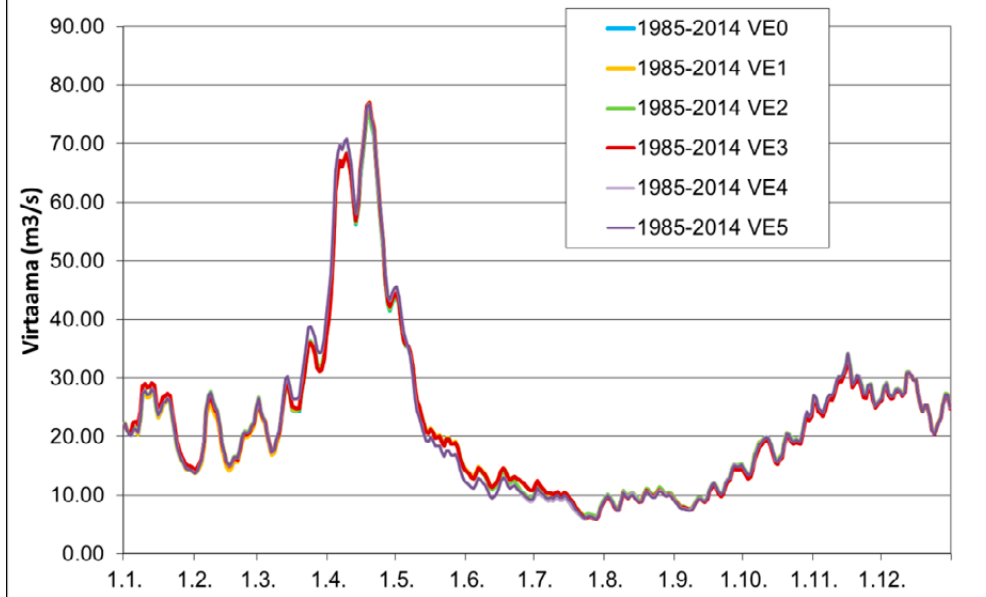
KUHALANKOSKEN PADON VIRTAAMA 1985-2014



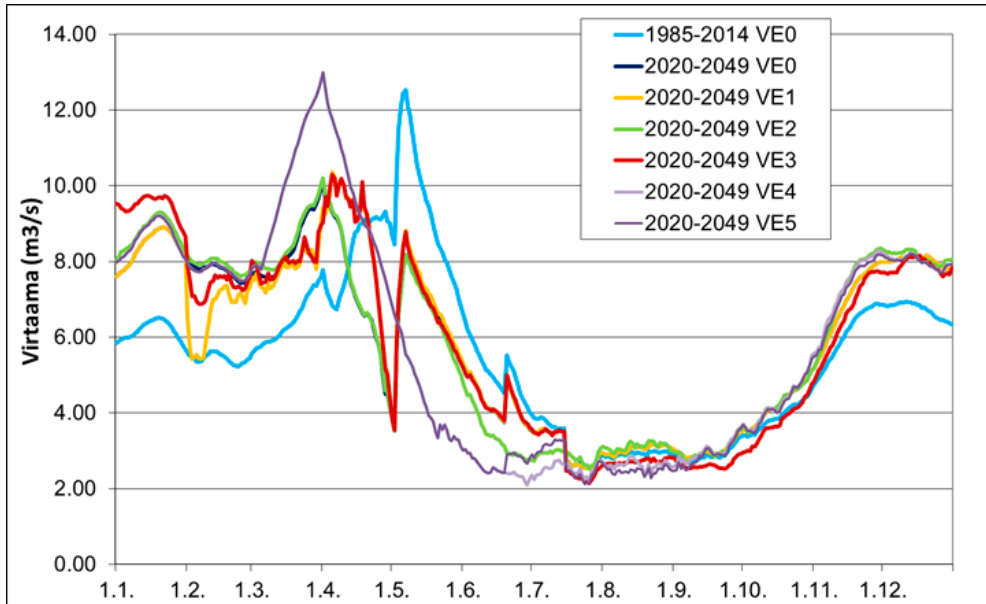
KUHALANKOSKEN PADON VEDENKORKEUS 1985-2014



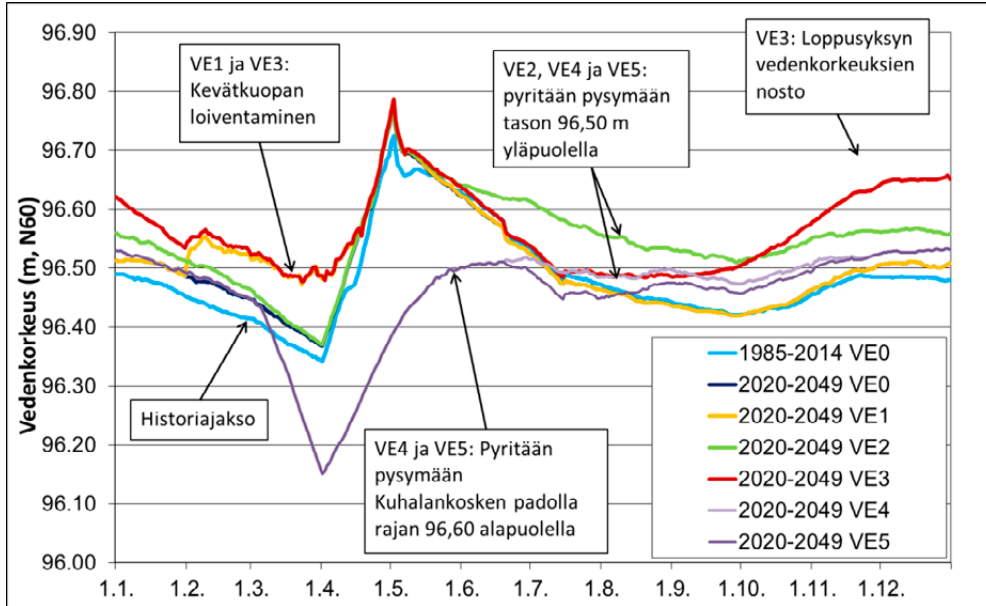
LOIMIJOEN MAURIALANKOSKEN VIRTAAMA 1985-2014



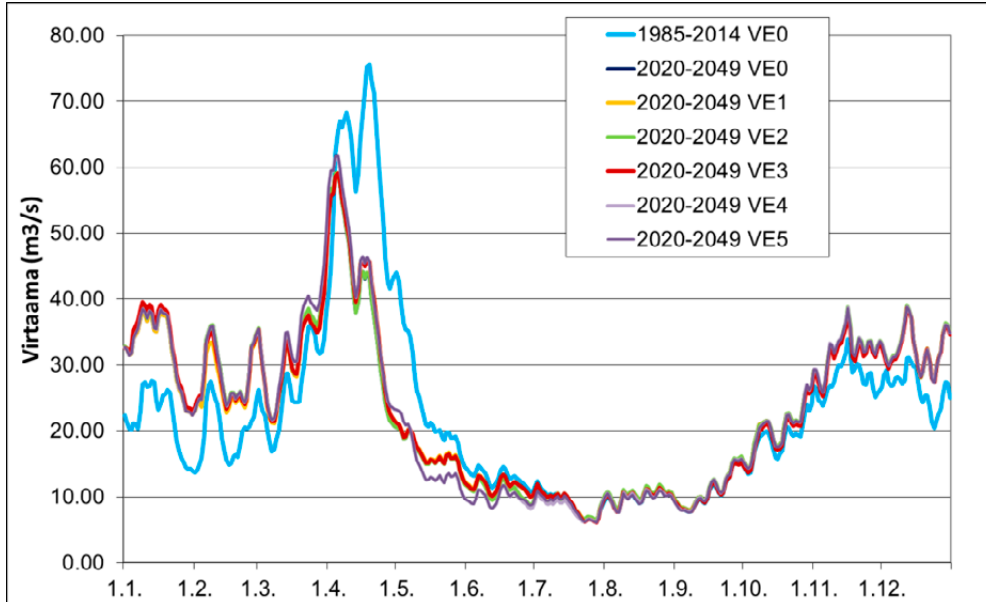
KUHALANKOSKEN PADON VIRTAAMA 2020-2049



KUHALANKOSKEN PADON VEDENKORKEUS 2020-2049

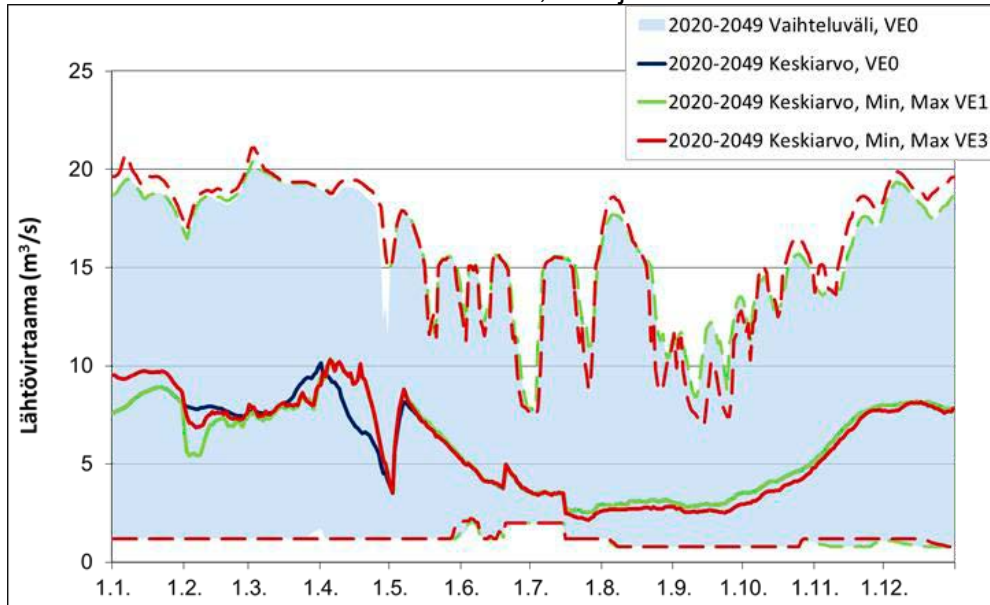


LOIMIJOEN MAURIALANKOSKEN VIRTAAMA 2020-2049

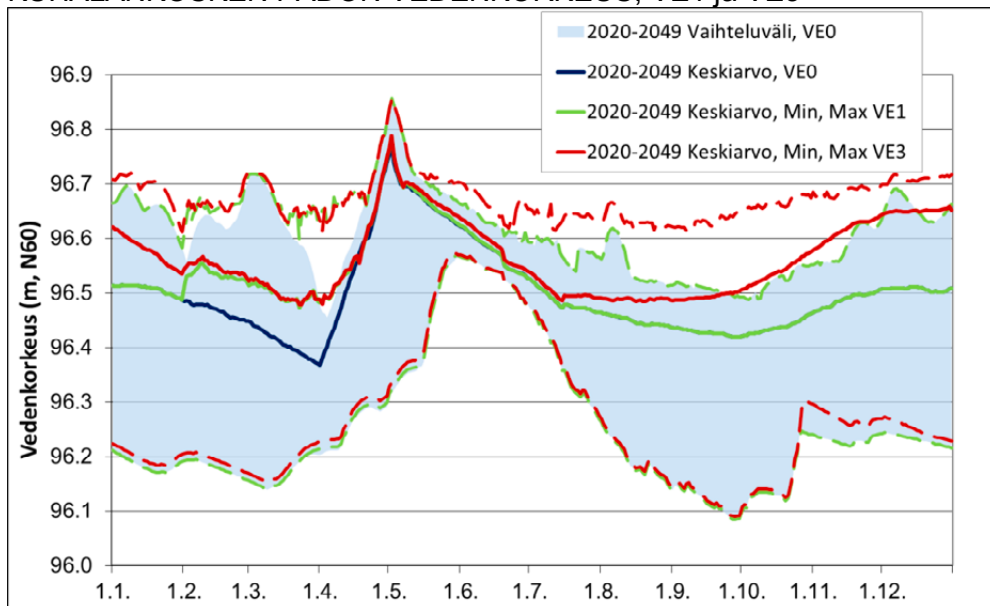


Säännöstelyvaihtoehtojen VE1-VE5 vaikutus Kuhalankosken padon vedenkorkeuden ja virtaaman sekä Loimijoen Maurialankosken virtaaman päivittäisiin minimeihin, maksimeihin ja keskiarvoihin ilmastonmuutosjaksolla 2020–2049

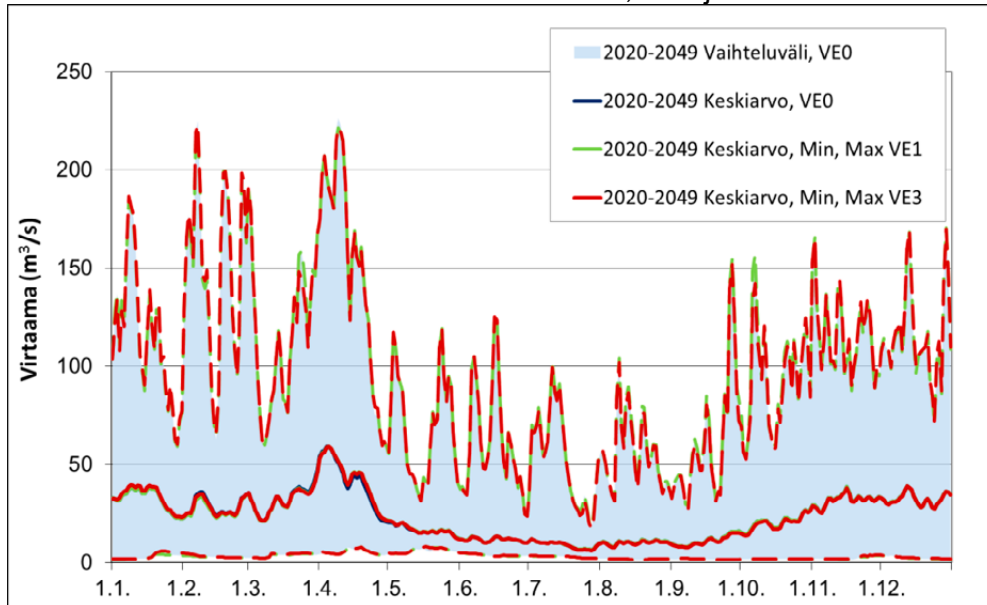
KUHALANKOSKEN PADON VIRTAAMA, VE1 ja VE3



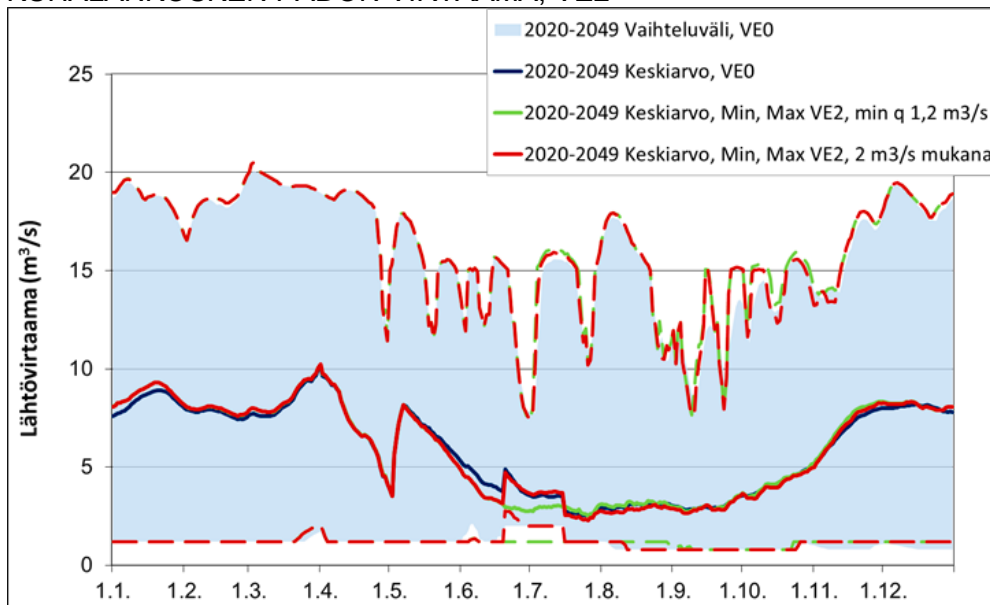
KUHALANKOSKEN PADON VEDENKORKEUS, VE1 ja VE3



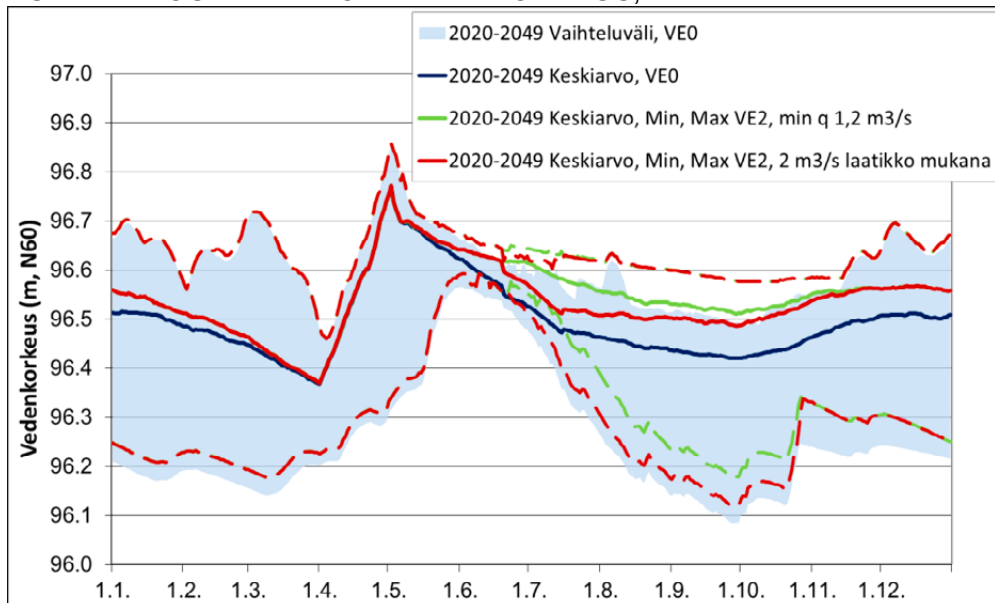
LOIMIJOEN MAURIALANKOSKEN VIRTAAMA, VE1 ja VE3



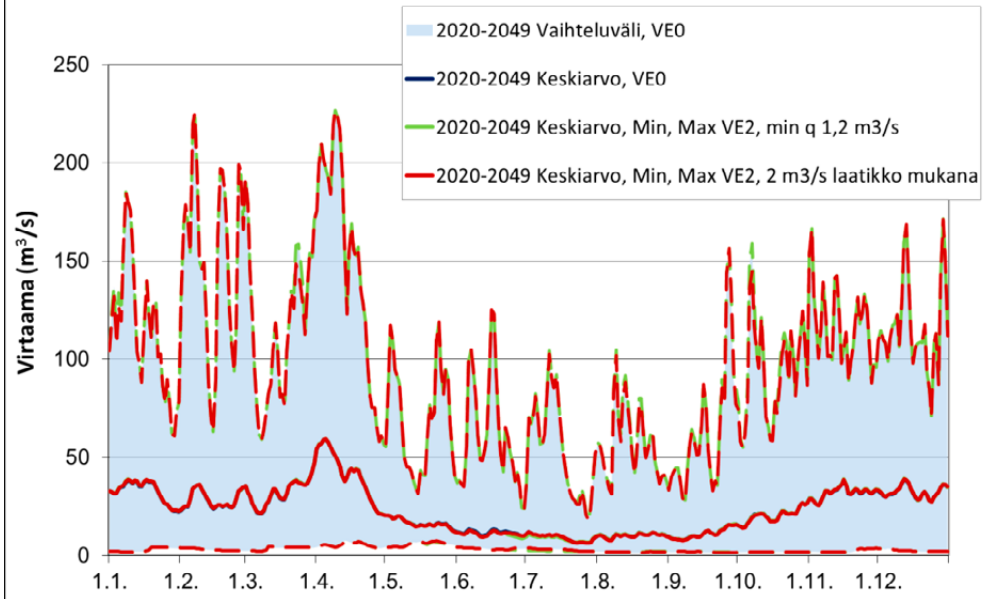
KUHALANKOSKEN PADON VIRTAAMA, VE2



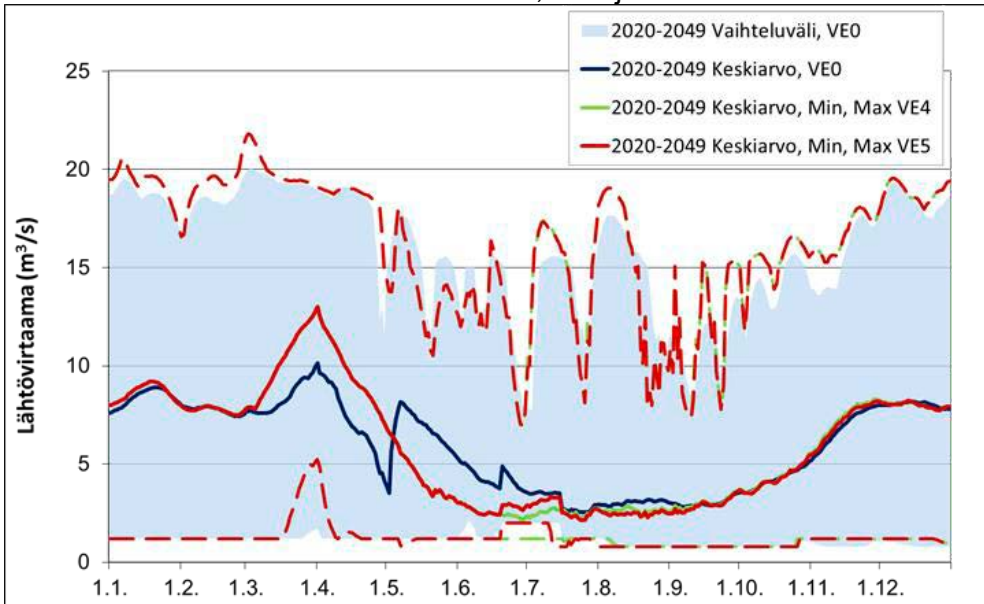
KUHALANKOSKEN PADON VEDENKORKEUS, VE2



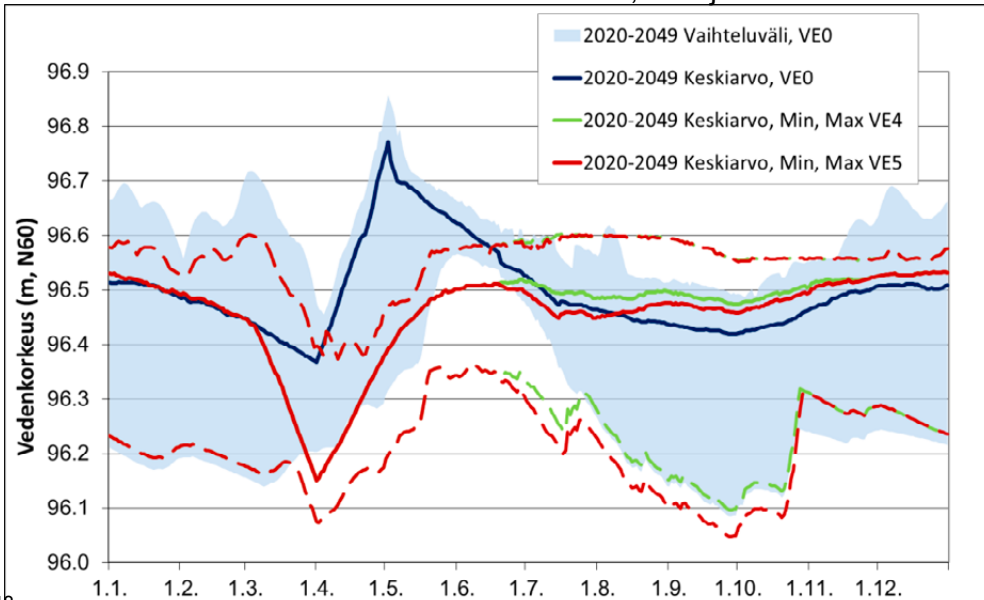
LOIMIJOEN MAURIALANKOSKEN VIRTAAMA, VE2



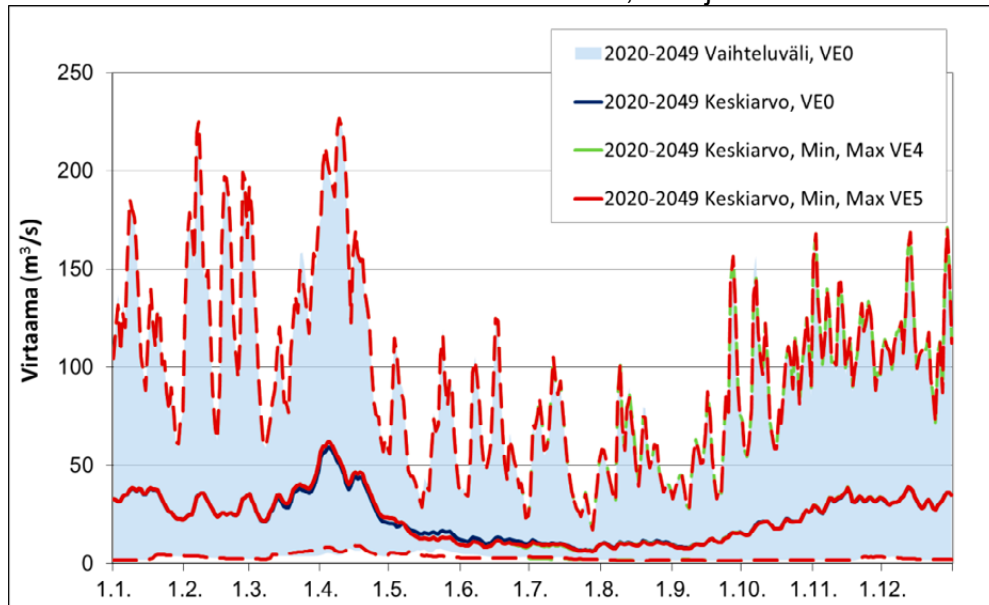
KUHALANKOSKEN PADON VIRTAAMA, VE4 ja VE5



KUHALANKOSKEN PADON VEDENKORKEUS, VE4 ja VE5



LOIMIJOEN MAURIALANKOSKEN VIRTAAMA, VE4 ja VE5



Liite 2. Tammelan Pyhäjärven ja loimijoen vedenkorkeus- ja virtaama-analyysi

Suomen ympäristökeskus SYKE

Tammelan Pyhäjärven ja Loimijoen vedenkorkeus- ja virtaama-analyysi

Loimijoen padotus- ja juoksutusselvitys

Oksala Alina
30.8.2017



Kuhalankosken pato. © Hämeen ELY-keskus.

Sisällys

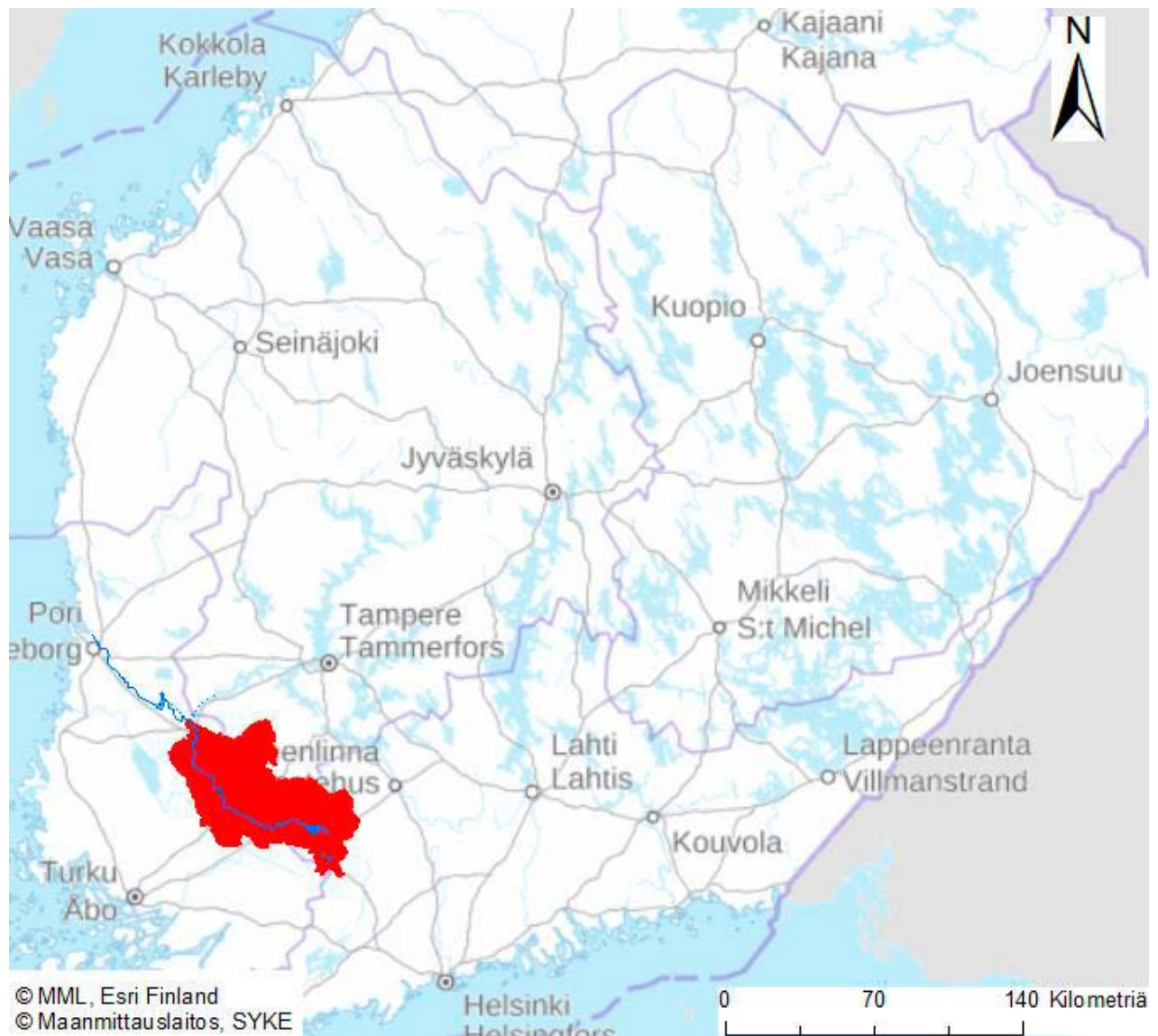
1. Johdanto.....	51
2. Pyhäjärven vedenkorkeus ja Kuhalankosken virtaama.....	54
3. Maurialankosken virtaama	61
4. Pyhäjärven ja Kuhalankosken padon välinen vedenkorkeusero	65
5. Pyhäjärven ja Liesjärven vedenkorkeudet.....	66
6. Yhteenveto.....	68
Lähteet.....	70

1. Johdanto

Loimijoen padotus- ja juoksutus selvityksen ohjausryhmäkokouksessa (8.6.2017) päätettiin, että selvityksen tueksi laaditaan myös erillinen historyyhteenveto vesistöalueen aiemmista vedenkorkeuksista ja niiden muutoksista. Yhteenvedon laatimiseen vaikutti padotus- ja juoksutus selvityksen yhteydessä vesistön käyttäjille suunnatun nettikyselyn yhteydessä saadut tulokset. Tulosten perusteella oli havaittavissa, että kyselyyn vastanneilla oli pääasiassa pitkä kokemus vesistöistä, mutta tieto aiemmin vallinneista todellisista vedenkorkeuksista puutteellinen. Yhteenvedon tavoitteena on palvella ja toimia tietopakettina eri sidosryhmille, kuntalaisille ja vesistöalueen eri toimijoille.

Työn tarkoituksena on tarkastella Loimijoen vesistöalueella sijaitsevan säännöstellyn Pyhäjärven vedenkorkeuksia ja virtaamia eri vuosina ja vuosikymmeninä. Tarkoituksena on tutkia myös tulvien ajoitusta ja suuruutta Loimijoella sekä muuttuvan ilmaston vaikutusta vedenkorkeuksiin ja virtaamiin. Lisäksi vertaillaan säännöstellyn Pyhäjärven ja säännöstelemättömän Liesjärven vedenkorkeuseroja. Vedenkorkeutta tarkasteltaessa on käytetty $N_{60}+m$ – korkeusjärjestelmää. Eri asemien havaintojaksojen pituudet poikkeavat toisistaan, riippuen havaintojen määrästä ja lupamuutosvuosista. Tietokantana on käytetty Ympäristöhallinnon Hertta-järjestelmää.

Tarkasteltava vesistöalue kuuluu Kokemäenjoen päävesistöalueeseen (tunnus 35). Loimijoki alkaa Tamelan kunnan ja Forssan kaupungin Pyhäjärvestä ja laskee Kokemäenjokeen Huittisissa (kuvat 1 ja 2). Pyhäjärven itäpuolella samassa tasossa Pyhäjärven kanssa oleva Kuivajärvi yhdistyy Pyhäjärveen Saaren salmen kautta. Liesjärvi laskee Turpoonjoen kautta Kuivajärveen.

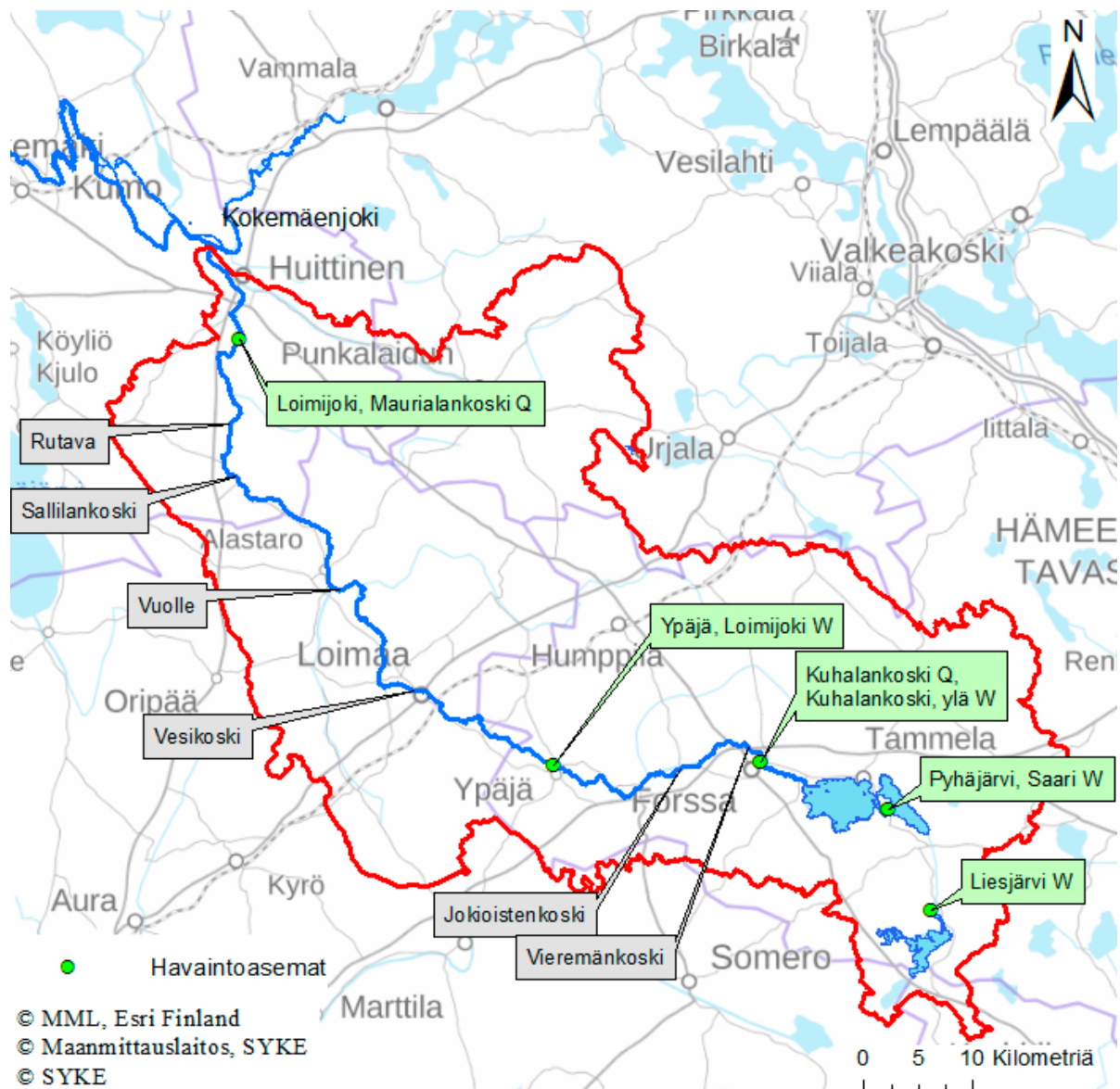


Kuva 1. Loimijoen valuma-alueen sijainti.

Loimijokea säännöstellään Rutavan, Sallilankosken, Vuolteen, Vesikosken, Jokioistenkosken, Vieremänkosken ja Kuhalankosken padoilla (kuva 2). Tammelan Pyhäjärveä säännöstellään Kuhalankosken padolla, jonka ylävedenkorkeus on yleensä jonkin verran Pyhäjärven vedenkorkeutta alempana. Yleisesti ottaen Pyhäjärven säännöstelylupa toimii purkautumiskäyrän tavoin eli vedenkorkeuden ollessa korkealla, tulee Kuhalankosken juoksutuksen olla myös suuri ja vedenkorkeuden ollessa matalalla myös juoksutus on pienempi. Lisäksi runsaslumisina talvina, eli suurta kevättulvaa ennakoitaessa, tulee Pyhäjärven vedenkorkeutta laskea enemmän kuin vähälumisina talvina.

Vedenkorkeuden (W) ja virtaaman (Q) tarkastelemiseen käytetyt havaintoasemat:

- Pyhäjärvi, Saari W, 3509110
- Kuhalankoski, ylä W 3509210
- Liesjärvi W 3509140
- Ypäjä, Loimijoki W 3509230,
- Maurialankoski W ja Q, 3509400, 3509410
- Kuhalankoski Q, 3509150



Kuva 2. Loimijoen valuma-alue. Padot ovat merkattu harmaalla ja havaintoasemat vihreällä.

Pyhäjärveä on säännöstely jo 1800-luvun alkupuolelta lähtien. Säännöstelyn tavoitteena on muuttaa Pyhäjärven vedenkorkeutta Kuhalankosken padon juoksutusilla. Pyhäjärven ensimmäinen säännöstelylupa on vahvistettu 1927 ja siihen on tehty muutoksia vuosina 1949, 1973, ja 1992.

Muutosten vaikutus otetaan huomioon tarkastelujaksojen valinnassa seuraavasti:

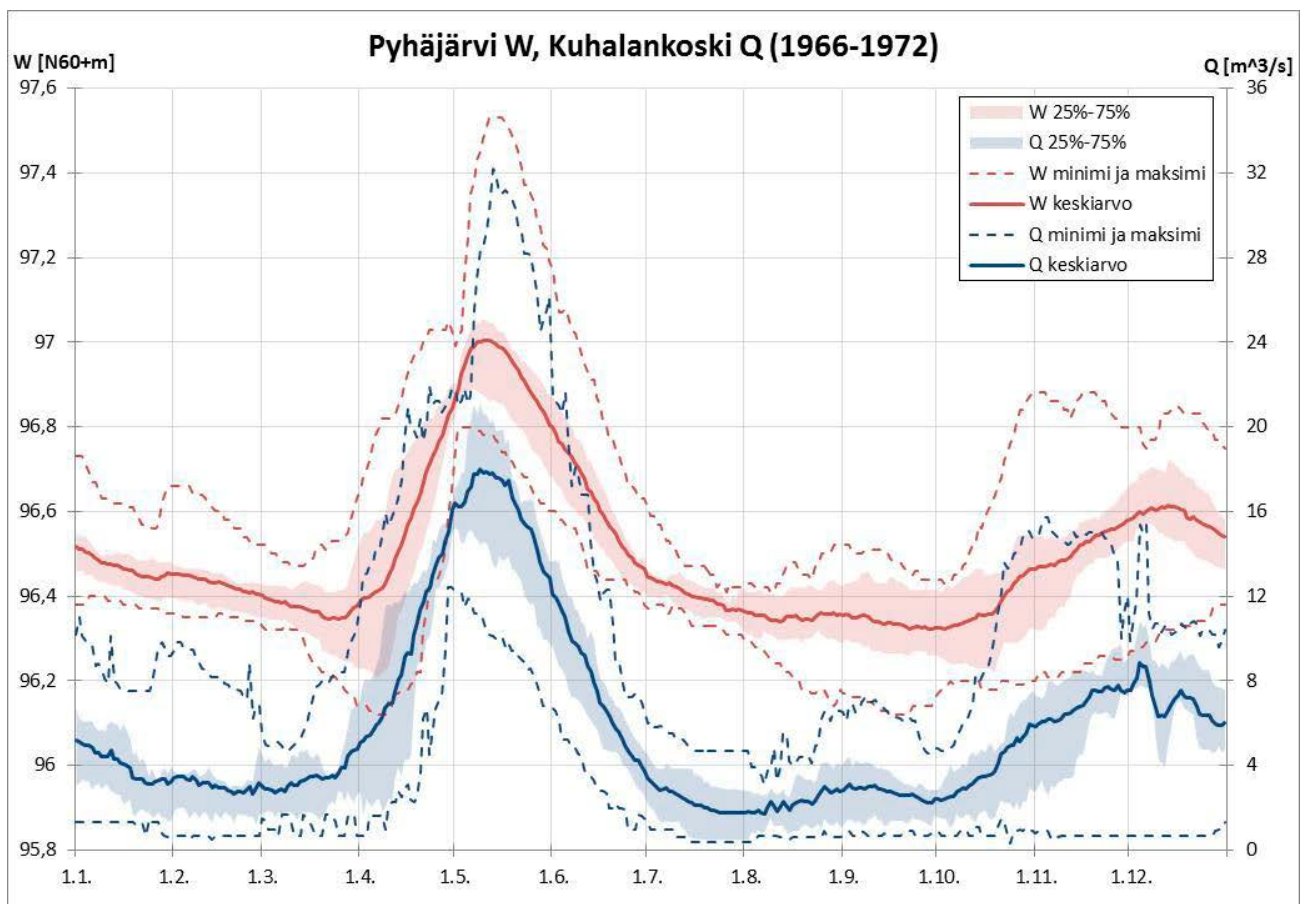
- 1926-1954: Pyhäjärven vedenkorkeushavainnot alkavat 1926. Ylin sallittu vedenkorkeus Kuhalankosken padolla oli $N_{60}+96,30$ m (Hämeen läänin maaherran päätös 21.4.1927).
- 1955-1972 / 1966-1972: Vuonna 1949 on vahvistettu nk. Wäreen suunnitelman mukainen lupa Pyhäjärven lievälle laskulle ja säännöstelyn aloittamiselle. Hankkeen tavoitteina olivat tulvasuojelu ja maataloudellinen peruskuivatus. (Vesistötoimikunta 28.11.1949). Lupaa on alettu noudattaa perkausten jälkeen vuonna 1955. Vedenkorkeuksia ja virtaamia tarkasteltaessa on otettu huomioon, että Kuhalankosken virtaamahavaintoja on saatavilla kuitenkin vasta vuodesta 1966.
- 1973-1991: Lupa korottaa Kuhalankosken padon luukkujen yläpintaa korkeudelle $N_{60}+96,60$ m (Länsi-Suomen vesioikeus 3.9.1973). Muutoksen tavoitteena oli mahdollistaa Wäreen juoksutussäännön noudattaminen aikoina, jolloin järven vesipinta on $N_{60}+96,67$ tai sitä alempana.

- 1992-2016: Nykyinen säännöstelylupa on vahvistettu vuonna 1992 (Länsi-Suomen vesioikeus 13.4.1992). Lupamuutoksen tarkoituksena oli saada kevätalennus niin pieneksi kuin mahdollista vaarantamatta tulvasuojelu- ja maankuivatustarpeita, turvata maankuivatusedellytykset, turvata virkistyskäytön kannalta sopiva vedenkorkeus parhaimpana kesäaikana ja saada tasainen ja riittävä juoksutus Loimijokeen kautta vuoden.

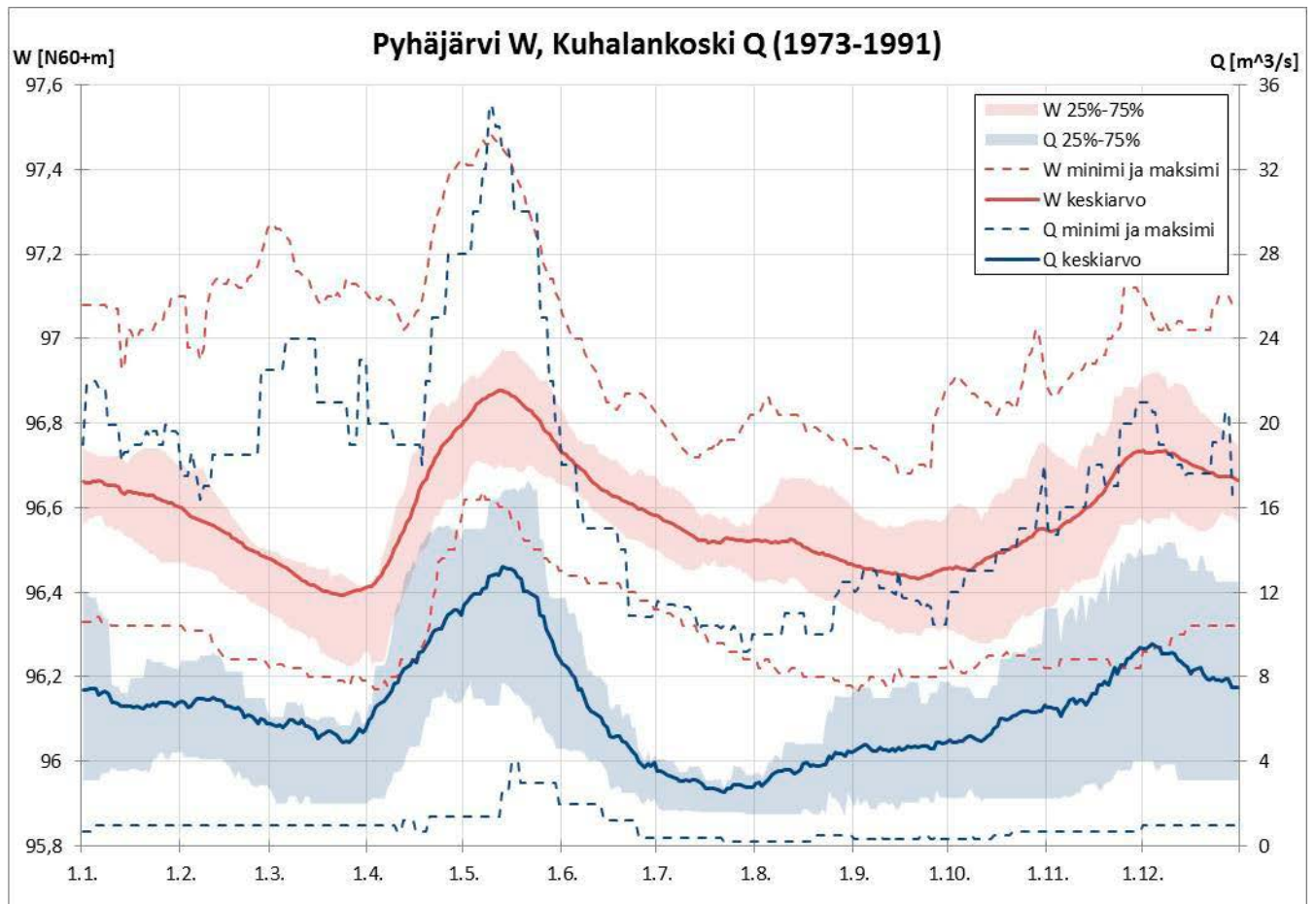
Rutavan, Vuolteen, Vesikosken, Jokioistenkosken ja Vieremäkosken padoilta ei ole saatavilla säännöllisiä havaintoja. Sallilankosken havainnot alkavat vuodesta 1985.

2. Pyhäjärven vedenkorkeus ja Kuhalankosken virtaama

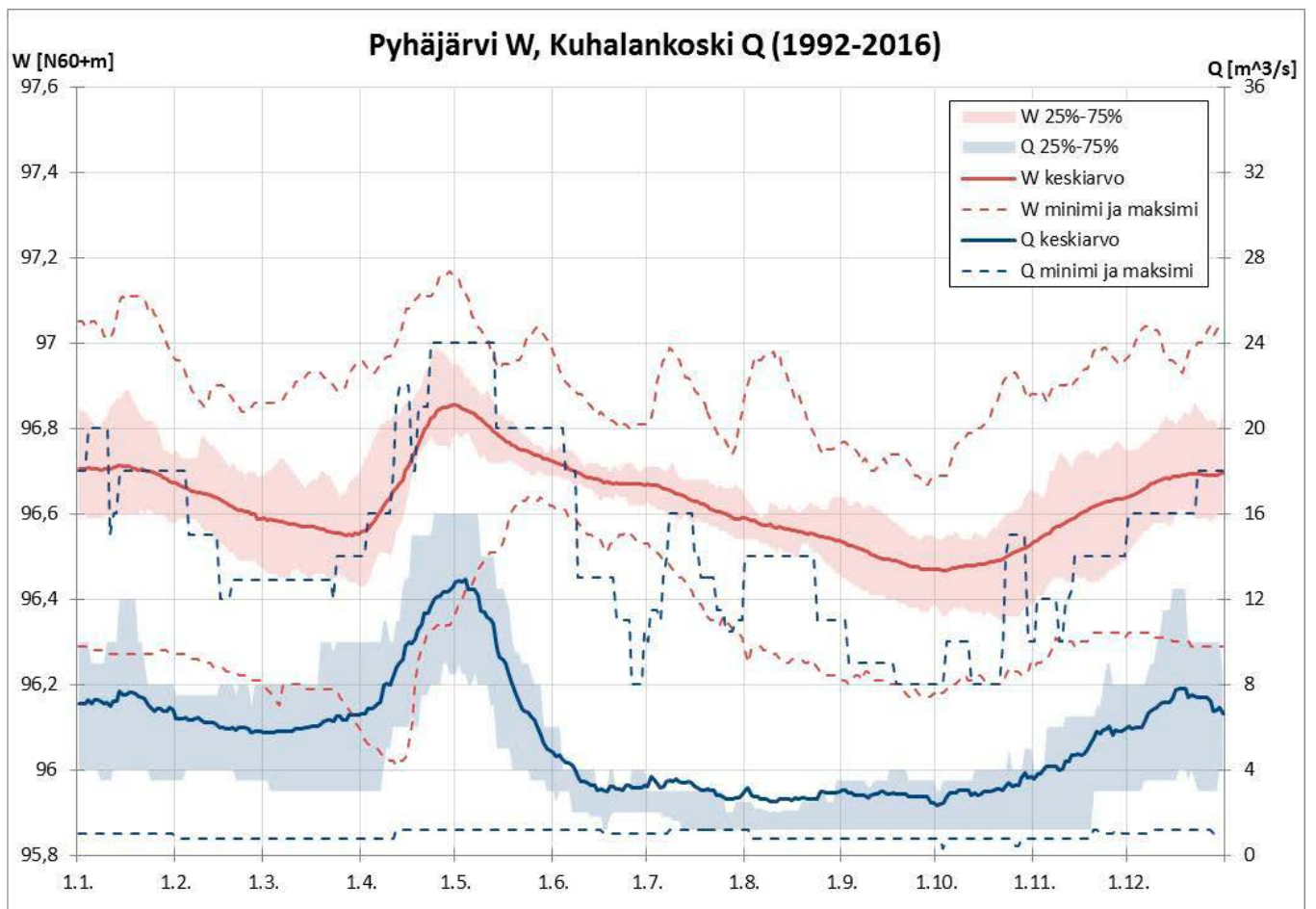
Seuraavissa kuvissa (kuvat 3-6) on esitetty Tammelan Pyhäjärven vedenkorkeus ja Kuhalankosken virtaama eri havaintojaksoilla. Kuvissa 3-5 on nähtävissä myös vedenkorkeuksien ja virtaamien minimi- ja maksimiarvot sekä vaihteluväli 25%- 75%, jonka väliin jää puolet eri vuosien havaintoarvoista.



Kuva 3. Pyhäjärven vedenkorkeus ja Kuhalankosken virtaama havaintojaksolla 1966-1972.

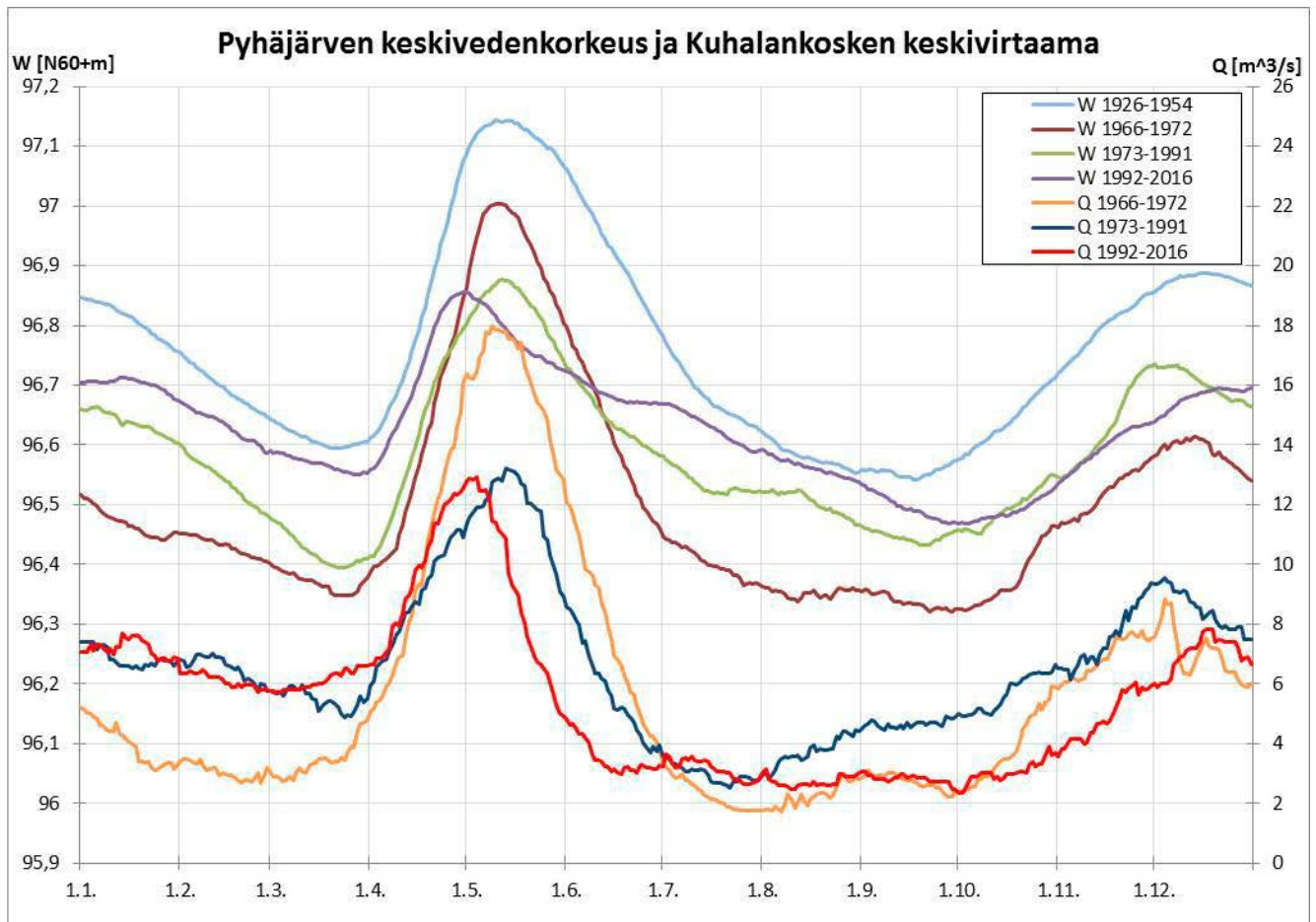


Kuva 4. Pyhäjärven vedenkorkeus ja Kuhalankosken virtaama havaintojaksolla 1973-1991.



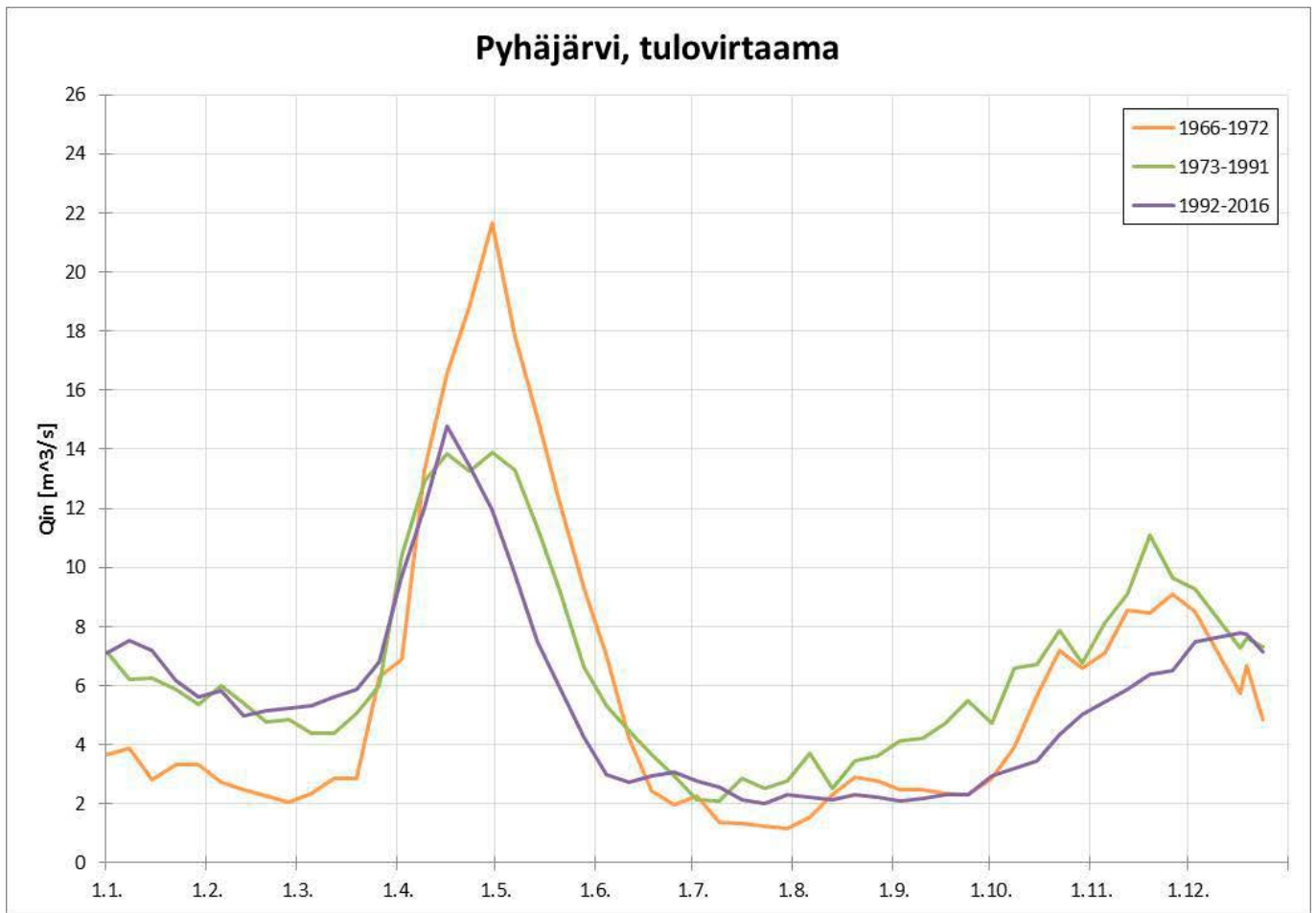
Kuva 5. Pyhäjärven vedenkorkeus ja Kuhalankosken virtaama havaintojaksolla 1992-2016.

Kevään suurin vedenkorkeus on laskenut ja virtaama pienentynyt huomattavasti uusimmalla havaintojaksolla verrattuna aikaisempiin jaksoihin. Tästä havaitaan myös, kuinka kevätkuoppaa tehdään Pyhäjärvellä vähemmän jaksolla 1992-2016 kuin aikaisemmilla.



Kuva 6. Pyhäjärven keskivedenkorkeus ja Kuhalankosken keskivirtaama eri havaintojaksoilla.

Keskivedenkorkeuden ja -virtaaman suurimmat arvot ovat pienentyneet ja aikaistuneet toukokuun puolivälistä (jaksot 1926-1954 (W) ja 1966-1972 (Q)) toukokuun alkupuolelle (jakso 1992-2016) (kuva 6). Vuoden 1949 lupamuutoksen mukaiset ja vuosina 1952-1955 toteutetut Loimijoen yläjuoksun perkaustyöt Pyhäjärven laskemiseksi vaikuttavat suuriin vedenkorkeuseroihin jaksojen 1926-1954 ja 1955-1972 välillä. Nämä lupamuutokset sisälsivät ns. Wäreen suunnitelman (v. 1945) mukaisen luvan vahvistuksen (taulukko 1), jonka tarkoituksena oli laskea Pyhäjärven vedenkorkeutta. Vuosittainen keskimääräinen vedenkorkeus on ollut matalimpana jaksolla 1955-1972, jonka jälkeisillä jaksoilla se on noussut. Kuitenkin, kevättulva-huippu oli jaksolla 1955-1972 korkeammalla kuin kahdella seuraavalla jaksolla. Keskimääräinen vuosittainen vedenkorkeuden vaihtelu oli jaksolla 1992-2016 vähäisintä, mikä voi johtua vähentyneestä lumen määrästä ja pienemmistä kevättulvista. Tällöin kevään vedenkorkeudet eivät ole suhteessa niin suurina verrattuna muihin vuodenaikoihin.



Kuva 7. Pyhäjärven tulovirtaama viikon keskiarvoina eri havaintojaksolla.

Kuvassa 7 on esitetty Pyhäjärven tulovirtaamien viikkokeskiarvot eri havaintojaksolla. Tulovirtaamat ovat laskettu Pyhäjärven tilavuuden avulla käyttäen Pyhäjärven vedenkorkeuden ja Kuhlankosken virtaaman eri arvoja. Jakson 1966-1972 tammi-helmikuun tulovirtaamien viikkokeskiarvo on noin 2-4 m³/s, kun taas myöhemmillä jaksoilla se on noin 5-7 m³/s. Tulovirtaamat lähtevät nousuun suunnilleen samoihin aikoihin huhtikuussa, mutta pienenevät keväällä sitä aiemmin, mitä myöhemmästä jaksosta on kyse. Toukokuun puolivälin tulovirtaamakeskiarvo on noin 14 m³/s jaksolla 1966-1972, 11 m³/s jaksolla 1973-1991, mutta jaksolla 1992-2016 vain 7 m³/s.

Taulukko 1 esittää Pyhäjärven havaintoaseman vedenkorkeuden tunnusluvut eri havaintojaksolla. Jaksot ovat verrattavissa aiemmin mainittuun vuoden 1949 lupamuutokseen. Alimman ja ylimmän vedenkorkeuden ajoitus on myös nähtävissä taulukossa.

Taulukko 1. Vedenkorkeuden tunnusluvut Pyhäjärvellä eri havaintojaksoilla verrattuna suunnitelmaan.

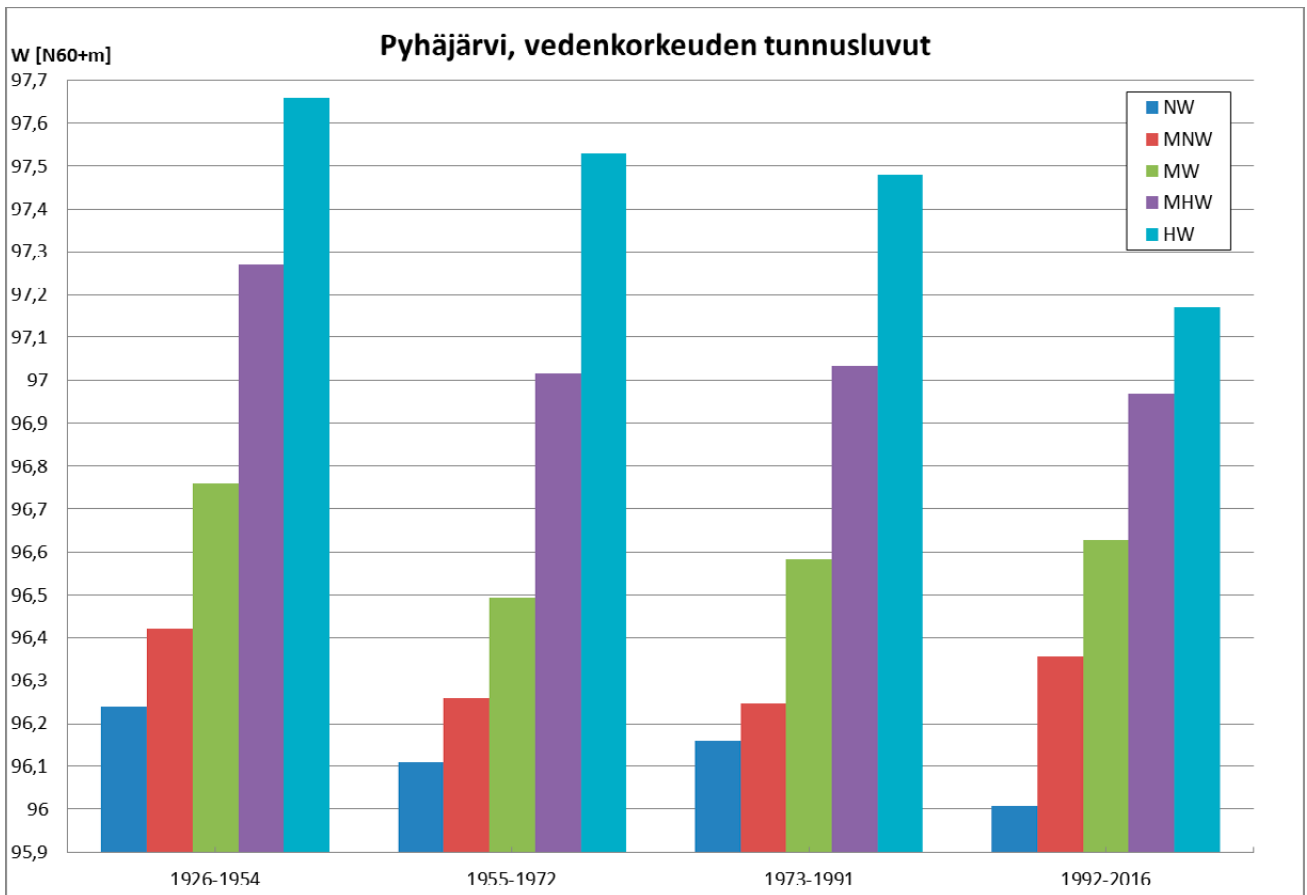
Havaintojakso	Vedenkorkeuden tunnusluku [N ₆₀ +m]				
	NW (alin vesi)	MNW (keskialivesi)	MW (keskivesi)	MHW (keskiylivesi)	HW (ylin vesi)
1926-1954	96,24 (lokakuu 1947)	96,42	96,76	97,27	97,66 (toukokuu 1932)
Wäreen suunnitelma 1949	95,39	95,90	96,37	96,97	97,42
1955-1972	96,11 (lokakuu 1959)	96,26	96,49	97,02	97,53 (toukokuu 1966)
1973-1991	96,16 (syyskuu 1973)	96,25	96,58	97,04	97,48 (toukokuu 1984)
Vuoden 1992 luvan suunnitelma	96,09	96,30	96,59	96,94	97,34
1992-2016	96,01 (huhtikuu 2013)	96,36	96,63	96,97	97,17 (huhtikuu 1999)

Ylimmän vedenkorkeuden (HW) ajoitus on pysynyt melko tasaisena eri havaintojaksojen välillä. Huomattavissa on kuitenkin kevättulvahuipun aikaistuminen jaksolla 1992-2016 verrattuna aiempiin vuosiin.

Vuoden 1949 lupamuutoksien jälkeen jaksolla 1955-1972 Pyhäjärven vedenkorkeus on laskenut, mutta ei täysin (Wäreen) suunnitelman mukaisesti. Jakso 1955-1972 noudattaa suunnitelmaa kuitenkin paremmin kuin sitä seuraava jakso.

Jaksolla 1992-2016 keskialivesi ja keskivesi ovat noin 5 cm vuoden 1992 luvan suunniteltua vedenkorkeutta korkeammalla. Sitä vastoin tulvakorkeudet ovat hieman alempia, sillä keskitulva on toteutunut 3 cm ja ylin vesi 17 cm suunniteltua pienempänä. Jakson 1992-2016 alin vedenkorkeus on suhteessa alhainen ja ajoittuu keväälle. Vuonna 2013 kevät tuli ennustettua myöhemmin, mikä johti alhaiseen vedenkorkeuteen (ks. kuva 5).

Kuva 8 havainnollistaa Pyhäjärven vedenkorkeuden tunnuslukujen muutosta.



Kuva 8. Pyhäjärven vedenkorkeuden tunnusluvut eri havaintojaksoilla.

Vuoden 1973 lupamuutoksella päätettiin, että Kuhalankosken padon tulva-aukkojen luokkujen yläreunoja voidaan korottaa, eli vedenpinta padolla saisi olla 96,60 m. Tämä on osaltaan vaikuttanut jakson 1973-1991 keskiveden nousuun edelliseen jaksoon verrattuna.

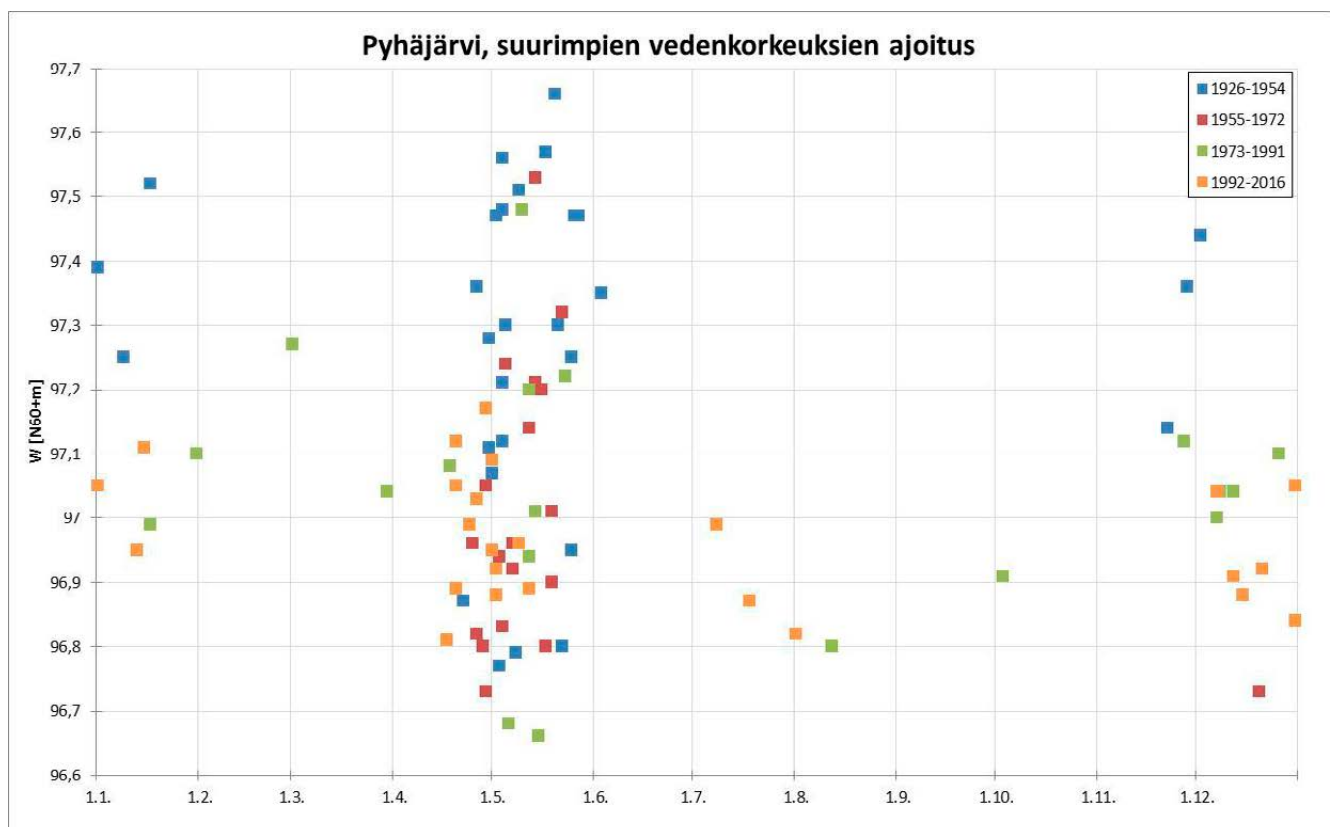
Pyhäjärven vedenkorkeus on kokonaisuudessaan laskenut jaksolta 1926-1954 jaksolle 1992-2016.

Vuosittaisten tulvahuippujen ajoittumista tarkasteltiin laskemalla kuinka suurena osana jakson vuosista vuoden suurin vedenkorkeus tai virtaama osui keväälle 1.3.-31.5. Tarkoituksena oli tutkia miten vedenkorkeuden ja virtaaman suurimmat arvot ajoittuvat koko vuodelle ja miten niiden ajoitus on muuttunut havaintovuosien kesken. Pyhäjärven ja Kuhalankosken kevättulvahuippujen osuus koko jakson tulvahuipuista on esitetty Taulukossa 2.

Taulukko 2. Pyhäjärven korkeimpien vedenkorkeuksien ja Kuhalankosken suurimpien virtaamien esiintyvyys keväällä eri havaintojaksoilla.

Havaintojakso	W kevättulvahuippu %-osuus	MHW [m] (keskiylivesi keväällä)	Q kevättulvahuippu %-osuus	MHQ [m ³ /s] (keskim. suurin virtaama keväällä)
1926-1954	76	97,24		
1955-1972	94	97,03		
1966-1972	100	97,04	100	18,79
1973-1991	53	97,06	63	18,53
1992-2016	52	96,98	72 (josta osa yhtä suurista virtaamista ilmenee myös muina vuodenaikoina)	16,56

Kevään tulvahuippujen osuus on vähentynyt jaksolta 1926-1954 jaksolle 1992-2016, jolloin myös kevään keskiylivesi on laskenut ja keskimääräinen suurin virtaama pienentynyt (taulukko 2 ja kuva 9). Vuodesta 1973 vuoteen 2016 noin puolet korkeimmista vedenkorkeuksista esiintyi kevään ulkopuolella. Havaintojaksolla 1992-2016, kevätjakson ulkopuolella, suuri osa tulvahuipuista ilmeni joulutammikuussa ja pieni osa heinä-elokuussa. Myös jaksolla 1973-1991 suuri osa tulvahuipuista, jotka eivät esiintyneet keväällä, ajoituivat joulutammikuulle.



Kuva 9. Pyhäjärven maksimivedenkorkeuden ajoitus.

Nykyinen Pyhäjärven säännöstelylupa on asetettu vuonna 1992. Luvan juoksutusohjeessa on Pyhäjärven vedenkorkeudelle asetettu tavoitekorkeus 20.5. N₆₀ + 96,95 m, joka tulisi saavuttaa niin, ettei Kuhalankos-

ken padon vedenkorkeus ylitä tasoa $N_{60}+96,60$ m. Tämä vaikuttaa jakson 1992-2016 vedenkorkeuksiin ja virtaamiin.

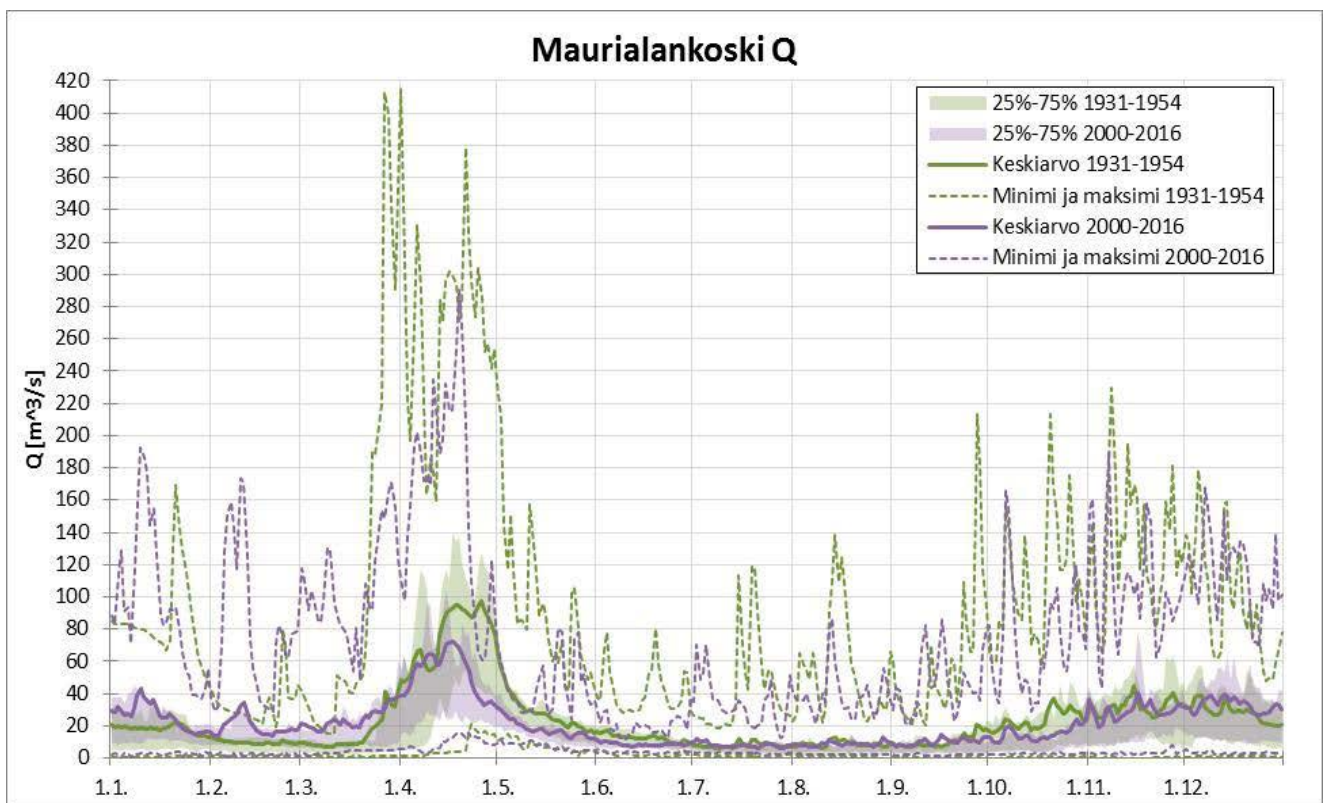
Vertailuna % -osuus jokaisen havaintojakson vuosista, jolloin $20.5. N_{60} + 96,95$ m tavoitekorkeus on alittunut:

- 1926-1954 28%
- 1955-1972 61%
- 1973-1991 74%
- 1992-2016 96%

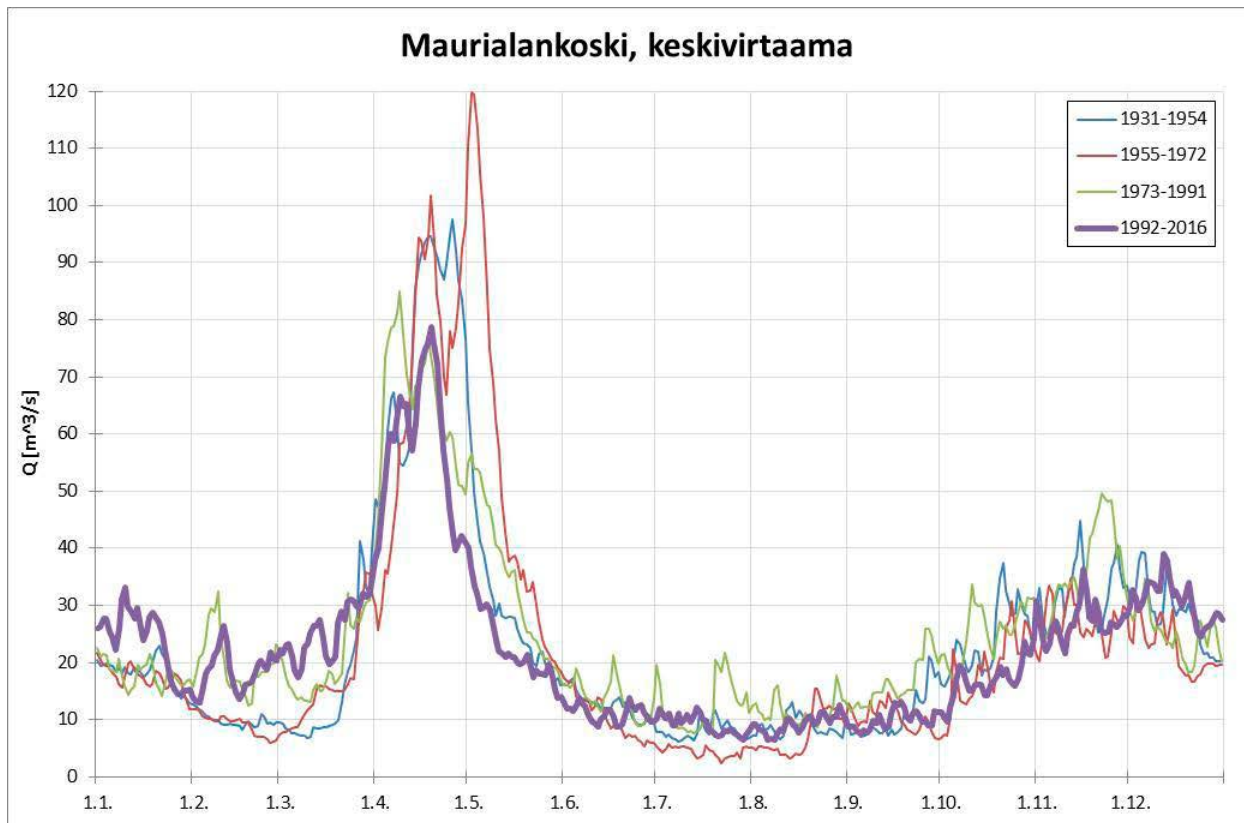
Kevättulvahuiput ovat esiintyneet aikaisemmin (ennen 20.5.) jaksolla 1992-2016 kuin edellisillä, näin ollen tavoitekorkeutta 20.5. ei ole voinut saavuttaa.

3. Maurialankosken virtaama

Kuvassa 10 on esitetty Loimijoen Maurialankosken havaintoasemilta havaittu virtaama havaintojaksoilla 1931-1954 ja 2000-2016. Kuva 11 esittää keskivirtaamaa eri jaksoilla ja kuvat 12-15 kuvaavat virtaamissa tapahtunutta muutosta jaksolla 1931-2016. Periaatteena on tarkastella tulvien ajoitusta ja suuruutta Loimijoen muuttuvan ilmaston myötä.

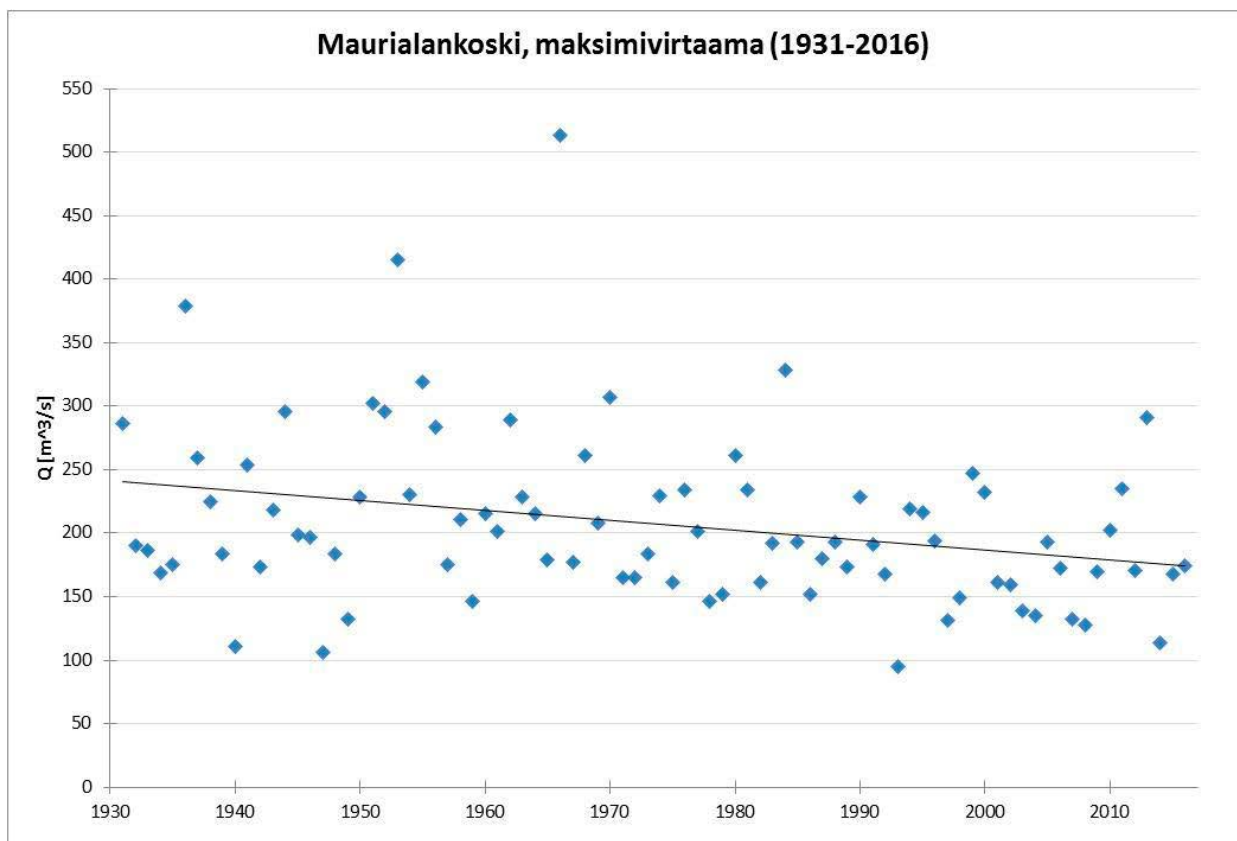


Kuva 10. Virtaama havaintojaksoilla 1931-1954 ja 2000-2016 Maurialankosken havaintoasemalla.



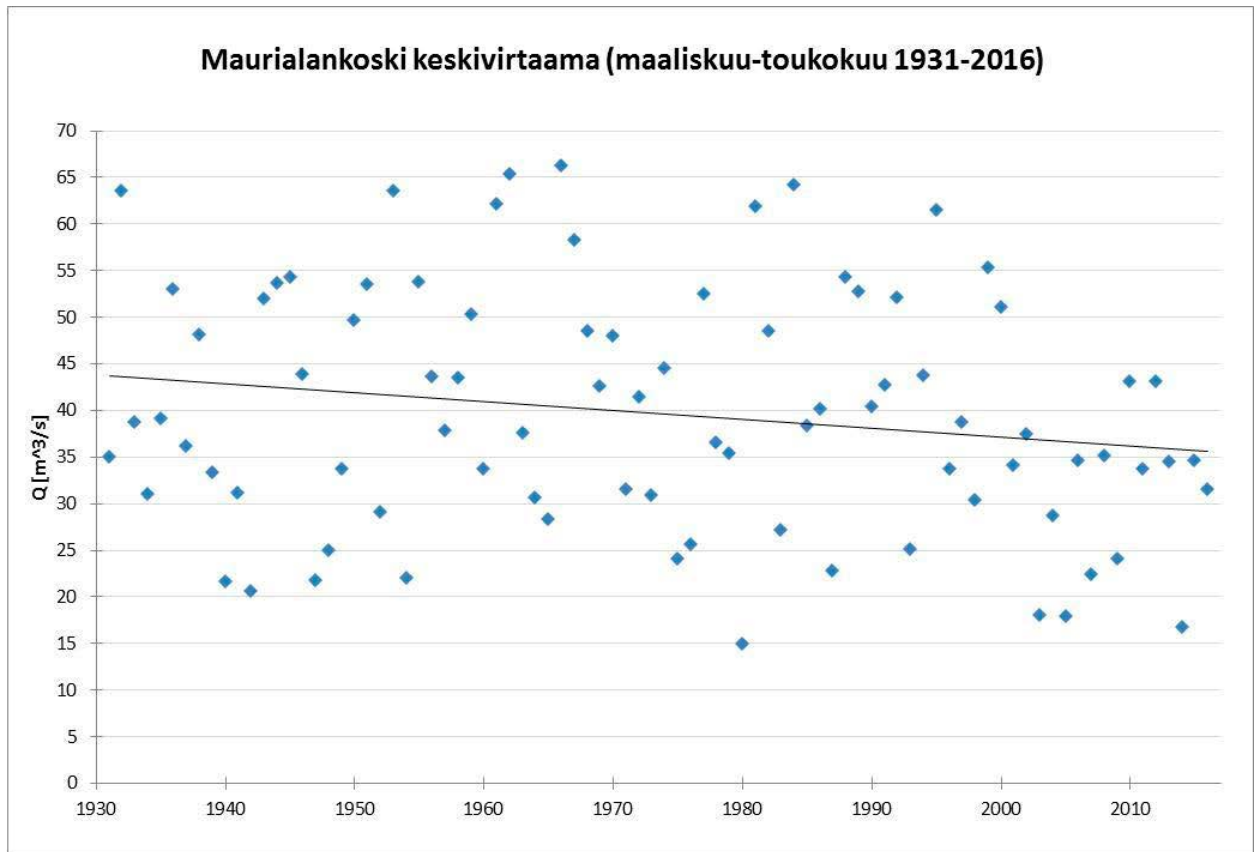
Kuva 11. Keskivirtaama Maurialankosken havaintoasemilla eri havaintojaksoilla.

Maurialankosken havaintoasemalla mitattu Loimijoen keskimääräinen suurin virtaama on laskenut jaksolta 1931-1954 jaksolle 1992-2016 (kuva 11). Keskivirtaama on kuitenkin uusimmalla jaksolla kevättalven aikaan (tammi-maaliskuu) suurempi kuin edellisvuosina.



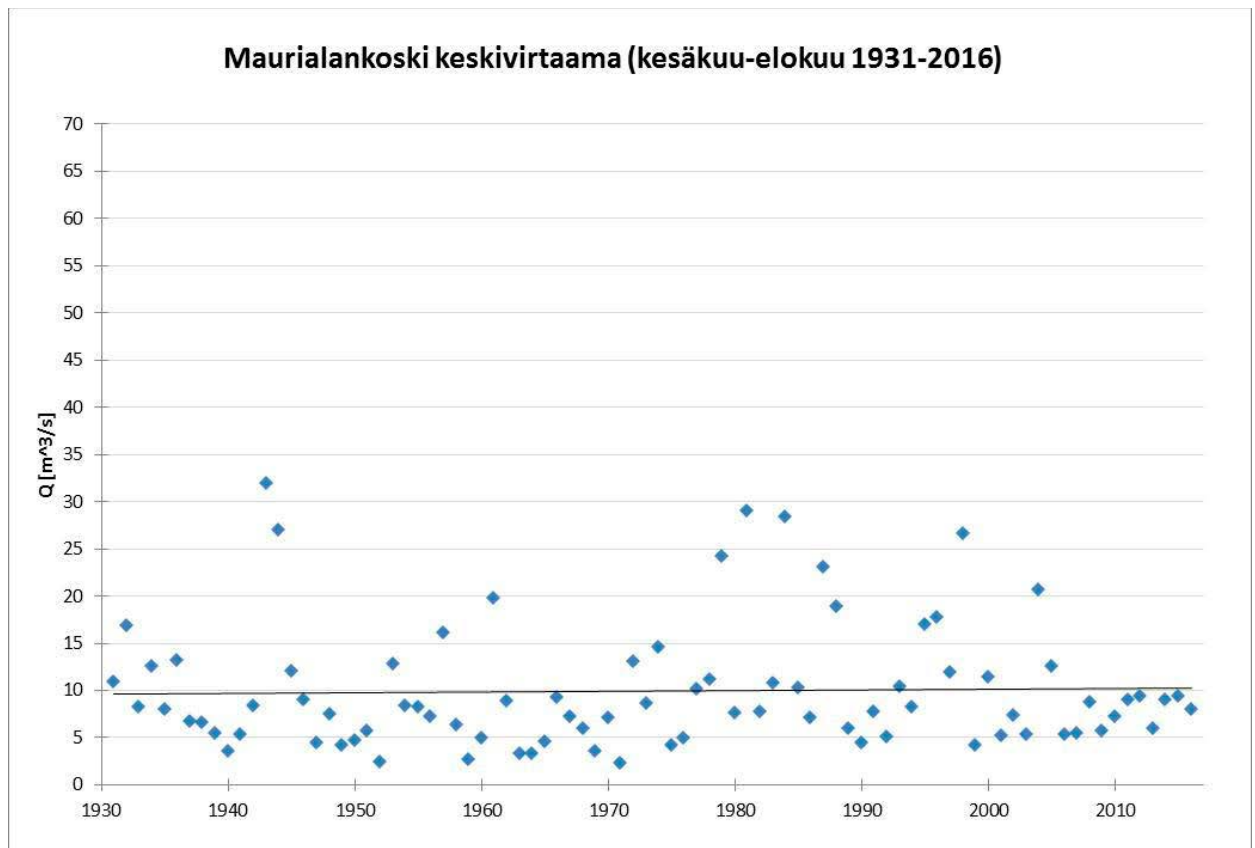
Kuva 12. Maurialankosken havaintoasemien vuosittainen maksimivirtaama.

Loimijoen vuosittainen maksimivirtaama ja kevään keskivirtaama ovat pienentyneet (kuvat 12 ja 13).

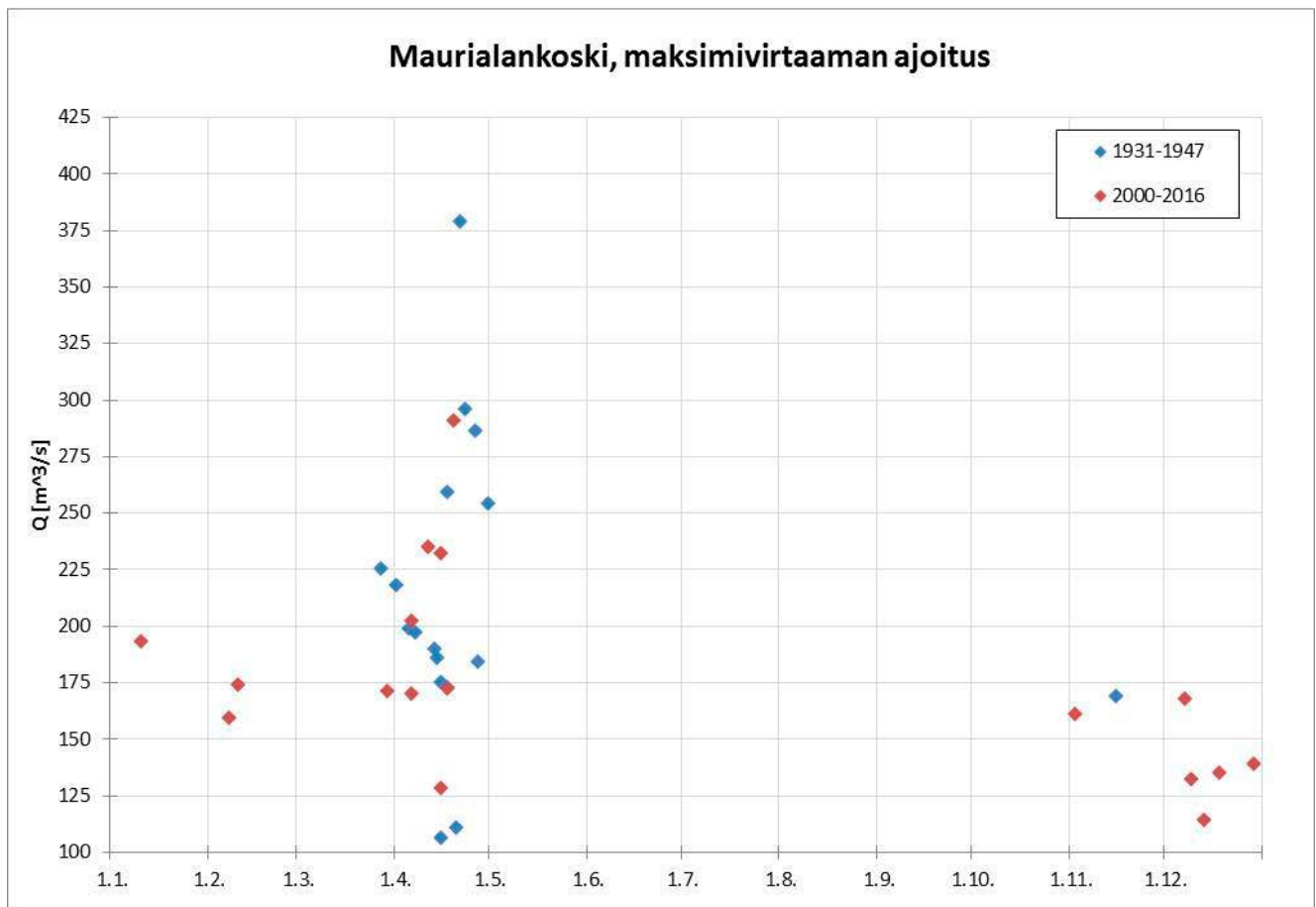


Kuva 13. Maurialankosken havaintoasemien keskivirtaama keväällä.

Loimijoen kesän keskivirtaama on pysynyt melko tasaisena (kuva 14). Keskivirtaama on ollut huomattavasti pienempi kesällä kuin keväällä, johtuen kevättulvista.



Kuva 14. Maurialankosken havaintoasemien keskivirtaama kesällä.



Kuva 15. Jaksojen 1931-1947 ja 2000-2016 maksimivirtaamien ajoitus Maurialankosken havaintoasemalla.

Havaintojaksolla 1931-1947 94% tulvahuipuista ajoittui keväälle (1.3.-31.5.), kun taas havaintojaksolla 2000-2016 vain 47% (kuva 15). Kevään keskimääräinen suurin virtaama havaintojaksolla 1931-1947 oli 214,88 m³/s, kun taas jaksolla 2000-2016 se oli vain 200,13 m³/s. Jaksolla 2000-2016 yli puolet Maurialankosken maksimivirtaamista esiintyi kevään ulkopuolella, enimmäkseen marras-joulukuussa.

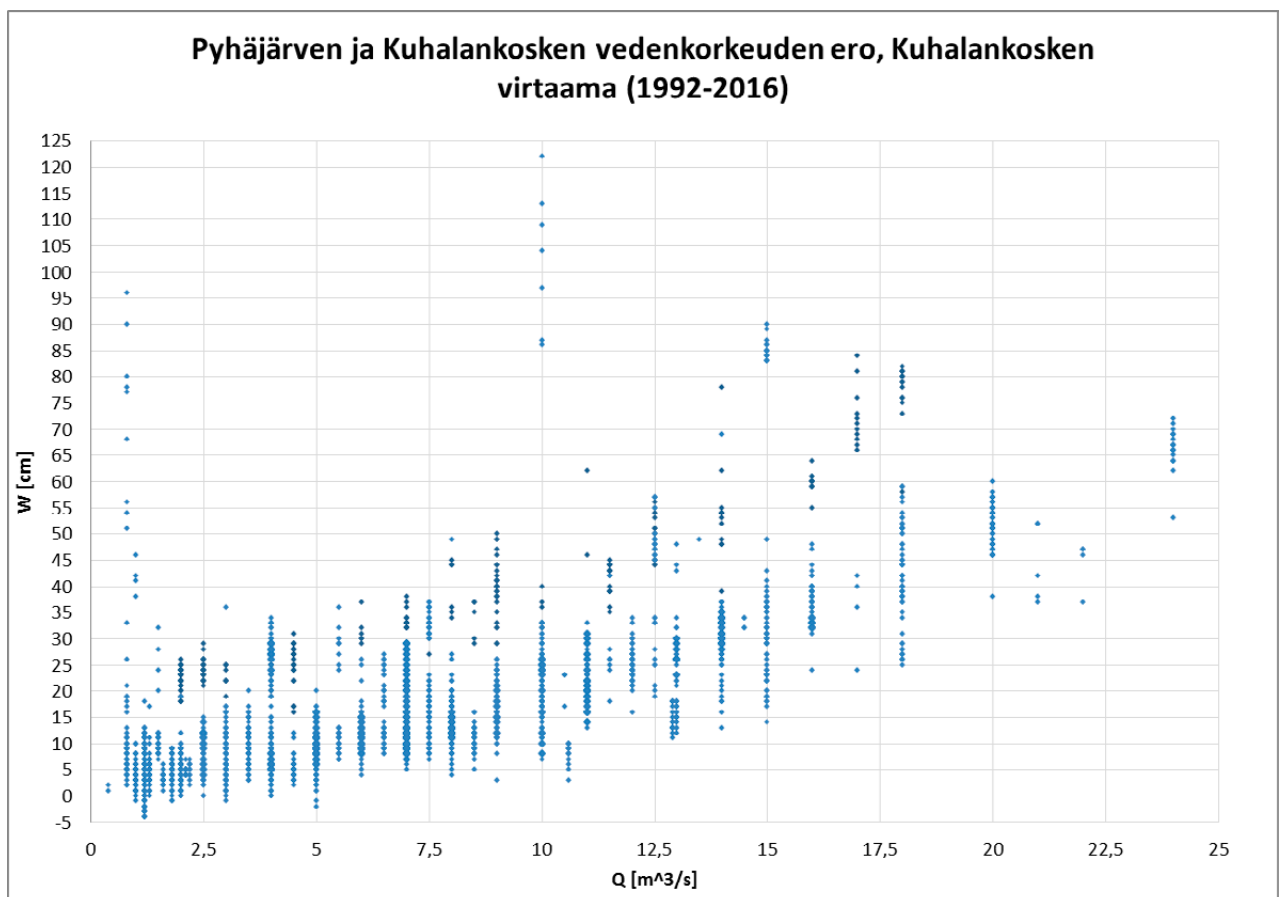
Maurialankosken ja Kuhalankosken havaintoasemien välissä sijaitsevalla Ypäjän asemalla (kuva 16) on seurattu vedenkorkeuksia vasta elokuusta 2012 lähtien. Jakson 2013-2016 korkein havaittu vedenkorkeus Ypäjällä on ilmennyt päivällä 19.4.2013, suuruudeltaan 81,36 m. Kyseinen vedenkorkeus on SYKEN Vesistömallin avulla arvioitu vastaavan virtaamaa 67,5 m³/s. Samana päivänä Kuhalankosken havaittu juoksutus on ollut 4 m³/s ja Maurialankosken 291 m³/s.



Kuva 16. Ypäjän havaintoasema. Vasemmalla vedenkorkeuden asteikko kokonaisuudessaan, oikealla tulvakorkeus.
© Hämeen ELY-keskus.

4. Pyhäjärven ja Kuhalankosken padon välinen vedenkorkeusero

Havaintoasemien Pyhäjärvi, Saari ja Kuhalankoski, Ylä vedenkorkeuden ero kasvaa Kuhalankosken virtaaman kasvaessa (kuva 17).



Kuva 17. Pyhäjärven ja Kuhalankosken vedenkorkeuden ero verrattuna Kuhalankosken virtaamaan.

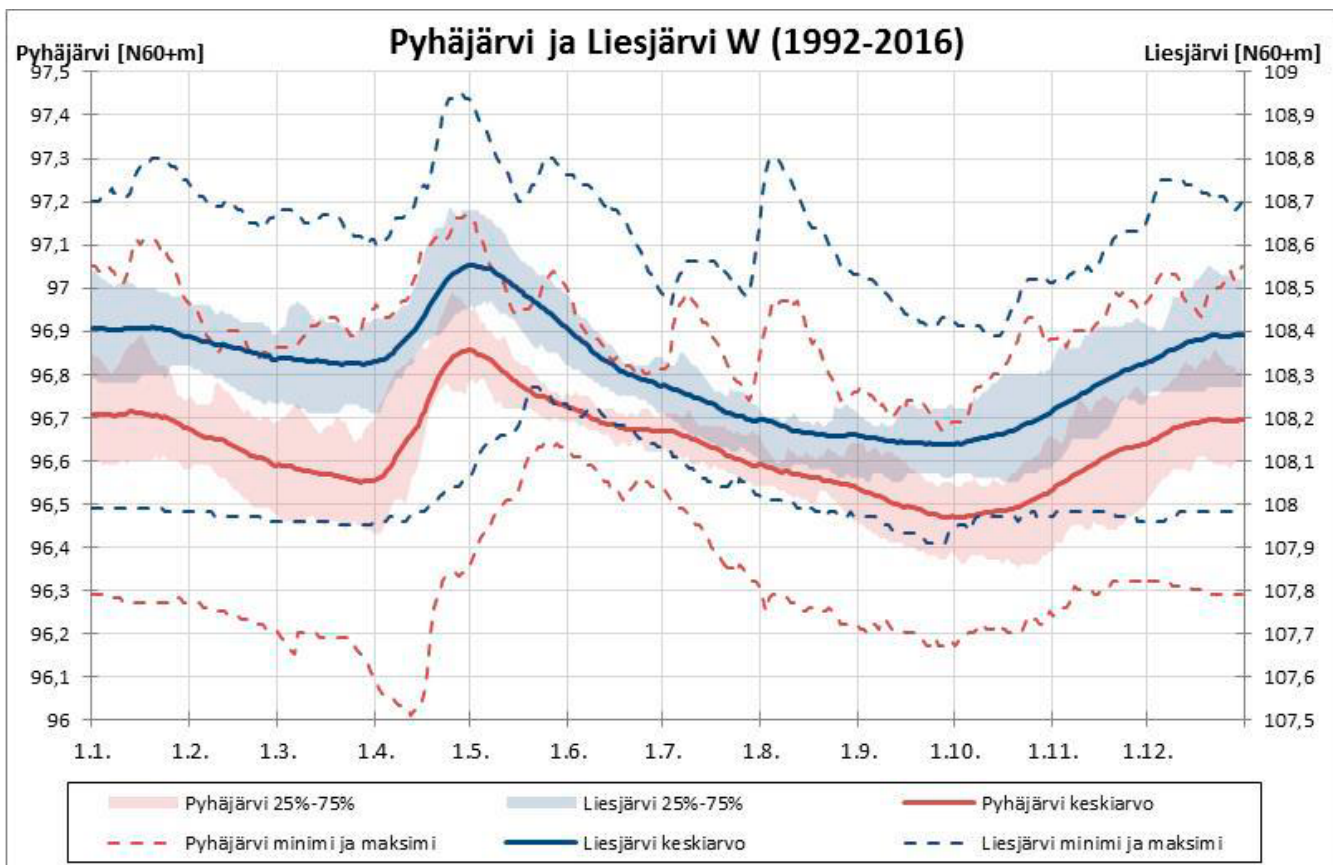
Pyhäjärven ja Kuhalankosken havaintoasemien vedenkorkeuden ero on jaksolla 1992-2016 ollut pienimmillään 4 cm (13.2.2003), Kuhalankosken virtaaman ollessa 1,2 m³/s. Pyhäjärven vedenkorkeus oli havaintojen mukaan matalammalla kuin Kuhalankosken. Suurin asemien välinen vedenkorkeuden ero oli 122 cm (12.4.1994), Kuhalankosken virtaaman ollessa 10 m³/s. Kuhalankosken vedenkorkeus oli tällöin suhteellisen matalalla ja Pyhäjärven korkealla. Tavallisimmin vedenkorkeusero on pienillä juoksutuksilla noin 5 cm ja suurilla juoksutuksilla ero kasvaa 30-40 cm:iin. Vedenkorkeusero johtuu siitä, että tulovirtaaman kasvaessa järven vedenkorkeus nousee, mutta juoksutuksen lisääminen puolestaan alentaa vedenkorkeutta padolla.



Kuva 18. Kuhalankosken voimalaitos. © Hämeen ELY-keskus.

5. Pyhäjärven ja Liesjärven vedenkorkeudet

Liesjärvi laskee Turpoonjoen kautta Kuivajärveen, joka on samassa tasossa Pyhäjärven kanssa. Liesjärven ja Pyhäjärven vedenpintojen korkeusero on yli kymmenen metriä, eikä Pyhäjärven säännöstely vaikuta Liesjärven vedenkorkeuteen. Seuraavassa kuvassa 19 ja taulukossa 3 vertaillaan säännöstellyn Pyhäjärven ja säännöstelemättömän Liesjärven vedenkorkeuksia havaintojaksolla 1992-2016.



Kuva 19. Pyhäjärven ja Liesjärven vedenkorkeudet havaintojaksolla 1992-2016.

Pyhäjärven ja Liesjärven keskivedenkorkeudet ovat muuttuneet melko samankaltaisessa rytmissä vuodenaikasta toiseen. Suurin vedenkorkeuden ero Pyhäjärven ja Liesjärven välillä ilmeni 12.4.2013 suuruudeltaan 12,18 m. Pyhäjärven vedenkorkeus oli tällöin suhteessa matalalla, johtuen ennustettua myöhemmin alkaneesta keväästä. Vedenkorkeus laskee talvella enemmän säännöstellyssä järvestä.

Taulukko 3. Pyhäjärven ja Liesjärven vedenkorkeuden tunnusluvut havaintojaksolla 1992-2016.

Havaintoasema	Vedenkorkeuden tunnusluku [N ₆₀ +m]				
	NW (vuosi)	MNW	MW	MHW	HW (vuosi)
Pyhäjärvi	96,01 (2013)	96,36	96,63	96,97	97,17 (1999)
Liesjärvi	107,91 (1999)	108,06	108,31	108,65	108,95 (1999)
ero (m)	11,9	11,70	11,68	11,68	11,78

6. Yhteenveto

Tammelan Pyhäjärven vedenkorkeutta on säännöstelty Kuhalankosken juoksutuksilla vuodesta 1927 lähtien. Säännöstelylupamuutoksia on tehty vuosina 1949, 1973 ja 1992, jotka osaltaan ovat vaikuttaneet Pyhäjärven vedenkorkeuksiin. Pyhäjärven vedenkorkeutta tarkasteltiin pääosin neljällä jaksolla; 1926-1954, 1955-1972, 1973-1991 ja 1992-2016, jotka valittiin lupamuutosvuosien perusteella. Muilla Loimijoen vesistöalueen havaintoasemilla on alettu keräämään dataa hieman eri vuosina, joten käytettyjen havaintojaksojen pituudet poikkeavat toisistaan. Tarkastelun tavoitteena oli selvittää Loimijoen vesistöalueen vedenkorkeuksien ja virtaamien muutoksia valituilla aikajaksoilla, etenkin Kuhalankosken juoksutusten säännöstelyn vaikutusta Tammelan Pyhäjärven vedenkorkeuksiin.

Pyhäjärven korkeimmat tulvavedenkorkeudet ovat laskeneet ja kevättulvahuippu on aikaistunut. Kevättulvahuippujen osuus koko vuoden tulvahuipuista on laskenut, joten korkeimmat vedenkorkeudet ja suurimmat virtaamat eivät myöhemmillä jaksoilla aina ole ajoittuneet keväälle. Tulvahuippuja on alkanut esiintymään jaksolla 1926-1954 jälkeen etenkin joulutammikuussa. Vuoden keskimääräinen tulvakorkeus on jaksolla 1926-1954 ollut $N_{60}+97,27$, kun se myöhemmillä jaksoilla on ollut selvästi alempi, noin $N_{60}+97,00$. Järven keskivedenkorkeus on ollut alimmillaan jaksolla 1955-1972, jolloin se oli $N_{60}+96,49$. Viimeisimmällä tarkastelujaksolla Pyhäjärven keskivedenkorkeus oli $N_{60}+96,63$ m. Vuoden keskimääräinen alin vedenkorkeus on viime vuosina ollut $N_{60}+96,36$ m, kun se kahdella aikaisemmalla tarkastelujaksolla on ollut noin 10 cm alempana.

Nykyisessä säännöstelyluvassa Pyhäjärvelle asetettua tavoitekorkeutta 20.5. $N_{60} + 96,95$ m ei ole pääosin voitu saavuttaa jaksolla 1992-2016, sillä kevään korkein vedenkorkeus on esiintynyt jo ennen 20.5.

Maurialankosken havaintojen perusteella vertailtiin Loimijoen virtaaman muutosta havaintojaksojen 1931-1954/1947 ja 2000-2016 välillä, tarkoituksena tutkia muuttuvan ilmaston vaikutusta vesistöalueella. Maurialankosken havaintoaseman mukaan Loimijoen vuosittainen keskimääräinen suurin virtaama on pienentynyt vuodesta 1931 vuoteen 2016. Esimerkiksi vuonna 1936 havaittu maksimivirtaama oli $379 \text{ m}^3/\text{s}$, kun taas se oli vuonna 2016 vain $174 \text{ m}^3/\text{s}$. Maurialankoskella havaitut vuosittaiset suurimmat virtaamat ovat alkaneet myöhemmällä jaksolla esiintymään myös muina ajankohtina kuin pelkästään keväällä. Kevään keskimääräinen suurin virtaama on esiintynyt noin 2 viikkoa aikaisemmin havaintojaksolla 1992-2016 kuin jaksolla 1955-1972 ja virtaamien ero on ollut noin $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Muutokset ovat osittain seurausta vähentyneestä lumen määrästä ja suuremmista sateista. Toisaalta, jaksolla 1973-1991 kevään keskimääräinen suurin virtaama on esiintynyt aikaisemmin kuin uusimmalla jaksolla. Päivittäiset juoksutukset voivat vaihdella huomattavasti Loimijoen eri havaintoasemien kesken. Esimerkiksi Kuhalankosken juoksutuksen ollessa $4 \text{ m}^3/\text{s}$, Ypäjän asemalla se on $67,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ja Maurialankoskella $291 \text{ m}^3/\text{s}$.

Pyhäjärven ja Kuhalankosken padon välistä vedenkorkeuseroa tutkittiin havaintojaksolla 1992-2016. Pyhäjärven ja Kuhalankosken padon vedenkorkeuden ero nousee, kun Kuhalankosken virtaama kasvaa. Vedenkorkeuden ero johtuu Pyhäjärven tulovirtaaman kasvusta, jolloin Pyhäjärven vedenkorkeus nousee ja

tällöin pyritään lisäämään Kuhalankosken juoksutusta, jolloin padon vedenkorkeus alenee. Joskus kuitenkin Pyhäjärven ja Kuhalankosken padon välinen vedenkorkeus voi olla suuri myös pienillä Kuhalankosken juoksutuksilla. Normaalisti vedenkorkeusero on noin 5 cm pienemmillä juoksutuksilla ja suuremmilla noin 30-40 cm.

Säännöstelyn vaikutusta tarkasteltiin myös vertaamalla Pyhäjärven vedenkorkeutta säännöstelemättömän Liesjärven vedenkorkeuksiin aikavälillä 1992-2016. Säännöstellyn Pyhäjärven vedenkorkeus on huomattavasti matalampana kuin säännöstelemättömän Liesjärven, mutta järvien keskivedenkorkeudet noudattavat samankaltaista rytmiä kautta vuoden. Järvien keskivedenkorkeuden ero jaksolla 1992-2016 oli 11,68 m.

Lähteet

Alatalo, H, Suomen Salaojakeskus Oy., 2010. *Pyhäjärven säännöstelyn lupaehtojen tarkastamissuunnitelma 10.5.2010*

Pyhäjärven säännöstelylupa

Vesistö- ja ympäristösuunnittelutoimisto Hannu Majuri, 2007. *Tammelan Pyhä- ja Kuivajärvet, juoksutusmuutosta koskeva esisuunnitelma 22.6.2007*, Kangasala

Vesistömallijärjestelmä (SYKE-WSFS)

Liite 3. Loimijoen padotus- ja juoksutusselvitys: loimijoen jääpatotarkastelu

Loimijoen padotus- ja juoksutusselvitys: Loimijoen jääpatotarkastelu

8.7.2017
Juha Aaltonen
Suomen ympäristökeskus SYKE

Sisältö

Johdanto	
Käytetyt aineistot ja menetelmät	
Hydrologiset havainnot	
Käytetty virtausmalliohjelmisto	
Virtausmalli	
Herkkyyssanalyysipohjainen jääpatolaskenta	
Tulokset	
Ohje tulosten tulkintaan	
Vähämerkitykselliset parametrit	
Poikkileikkauskohtaiset tulokset	
Virtaaman vaikutus jääpatotulvien vedenkorkeuksiin	
Johtopäätökset ja suositukset	

Johdanto

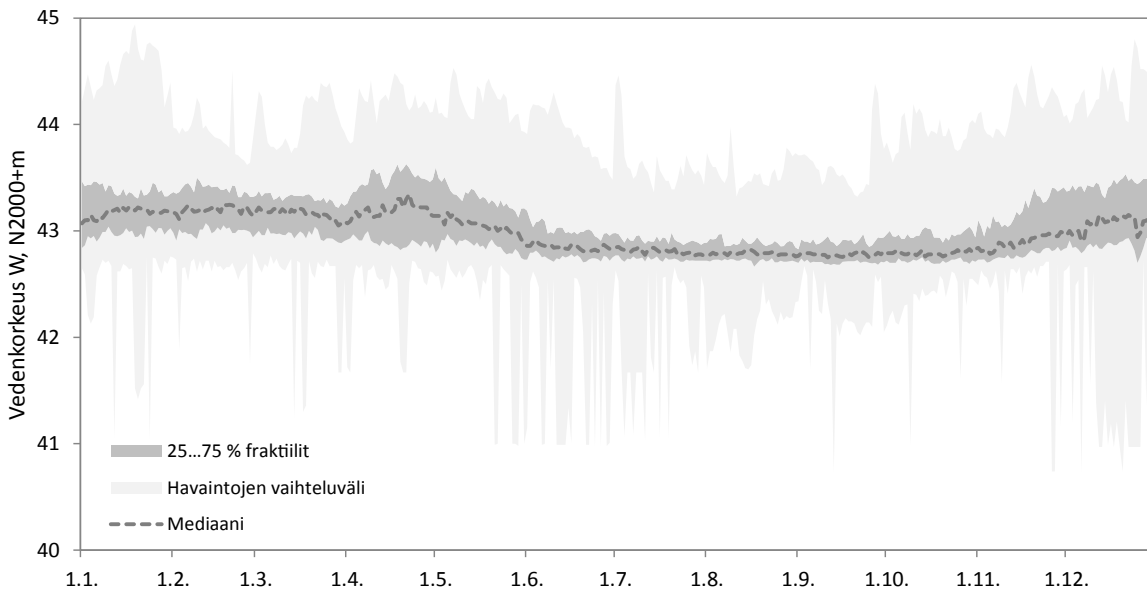
Tämä työ on tehty osana Loimijoen padotus- ja juoksutusselvitystä. Työn tarkoitus oli selvittää, millaisia vaikutuksia Loimijoen virtaamalla on Loimijoen alaosan jääpatotilanteisiin. Loimijoen virtaamaa voidaan muuttaa Tammelan Pyhäjärveä säännöstelemällä ja jääpatotulvien ehkäisy ja hillintä ovat padotus- ja juoksutusselvityksessä huomioitavia asioita.

Loimijoen alaosalta ei juuri ole saatavilla hydrologisia havaintoja virtausmallin kalibrointia varten. Alueelta ei myöskään ole tarkkoja jääpatohavaintoja. Nämä seikat puolsivat herkkyyssanalyysityyppisen lähestymistavan käyttöä, jossa yksittäisten jääpatotilanteiden sijaan mallinnettiin satoja tilanteita, joissa mm. Loimijoen virtaama, Kokemäenjoen vedenkorkeus, jääpadon alaosan sijainti sekä jään ja uoman ominaisuudet vaihtelivat.

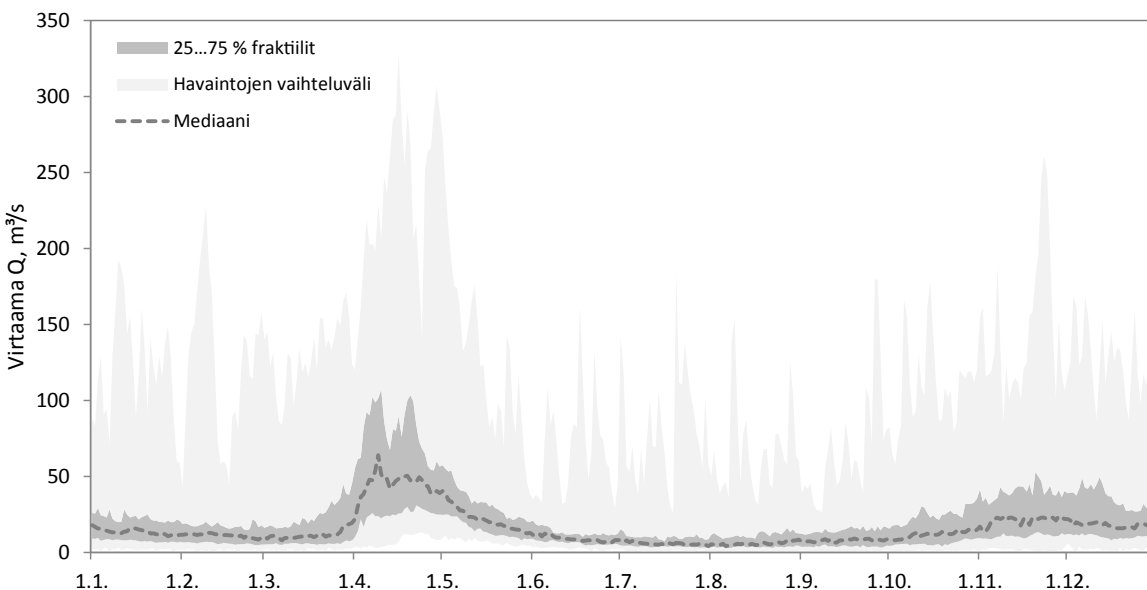
Käytetyt aineistot ja menetelmät

Hydrologiset havainnot

Reunaehtojen vaihteluvälin määrittämisessä käytettiin apuna Kokemäenjoen Syyränsuun havaintoaseman vuosien 1970-2017 vedenkorkeuksia (kuva 1) ja Loimijoen Maurialankosken vuosien 1970-2017 virtaamia (kuva 2).



Kuva 1. Kokemäenjoen Syyränsuun havaintoaseman vedenkorkeudet 1970-2017.



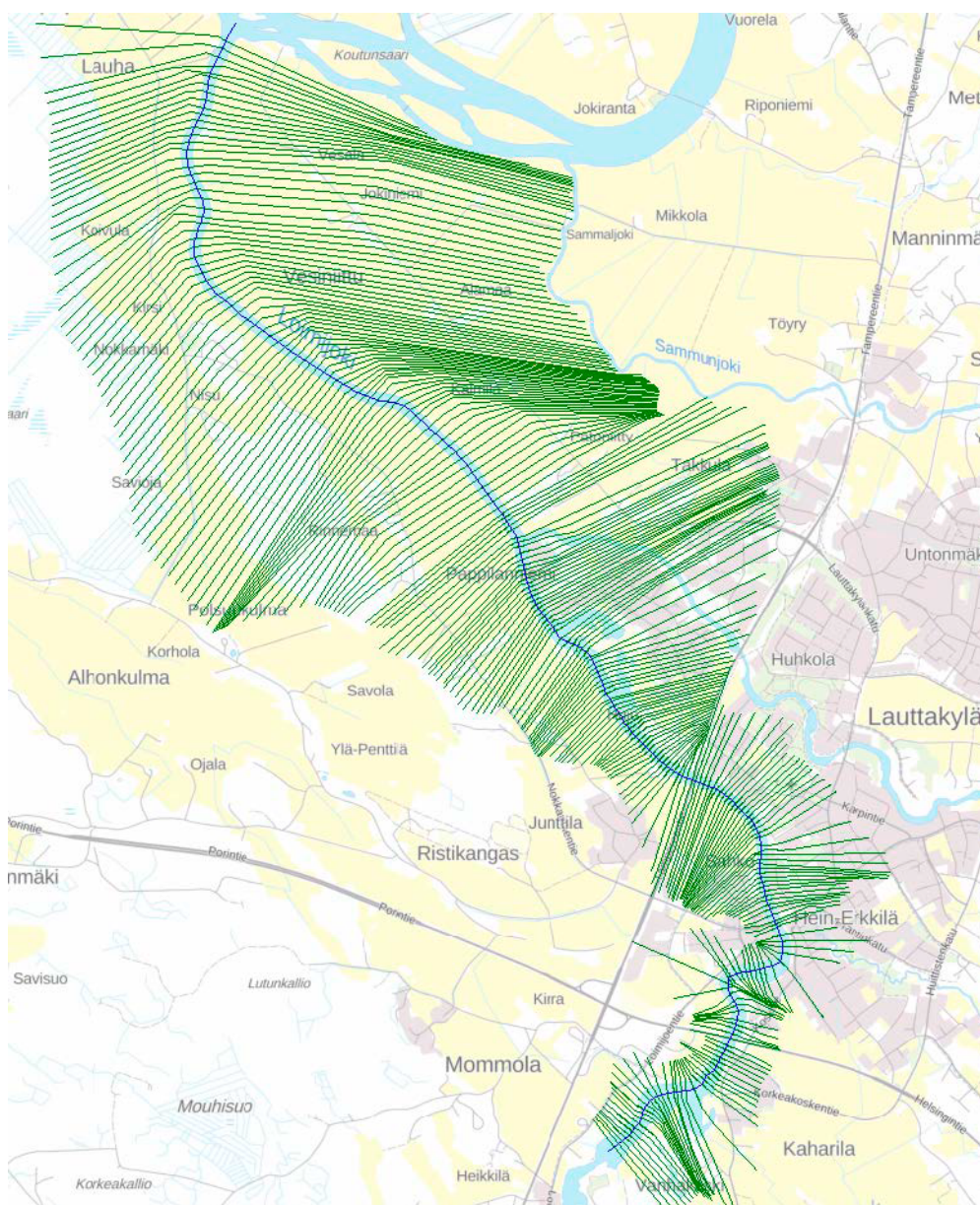
Kuva 2. Loimijoen Maurialankosken havaintoaseman virtaamat 1970-2017.

Käytetty virtausmalliohjelmisto

Työssä käytettiin HEC-RAS –virtausmallia¹, jolla voidaan laskea sekä tasaista että ajan suhteen muuttuvaa virtausta poikkileikkauksista koostuvassa uomajärjestelmässä. Ohjelmistolla voidaan myös laskea jääkannen sekä jääpadon vaikutus vedenkorkeuteen. Jääpatolaskenta toimii vain tasaisella virtauksella ja käyttäjä määrittelee normaalien reunaehtojen (yläpuolinen virtaama ja alapuolinen vedenkorkeus) jääpadon alareunan sekä tämän yläpuolelle uomaosuuden, jolle jääpato voi muodostua. Varsinaisessa laskennassa ohjelma laskee jääpadolle tasapainotilanteen, jonka perusteella padon varsinainen pituus, muoto ja siten padossa oleva jäämäärä määräytyvät.

Virtausmalli

Virtausmallin geometria koostettiin Maanmittauslaitoksen tuottamasta km²-korkeusmallista, jota täydennettiin Loimijoen vedenalaisen uoman osalta aiemmin Kokemäenjoen keskiosan tulvakartoitusta varten Varsinais-Suomen ELY-keskuksesta saaduilla uomapoikkileikkauksilla. Poikkileikkauksista interpoloitiin paikkatieto-ohjelmassa yhtenäinen pinta, jotta niiden välit saatiin täytettyä. Tämän jälkeen virtausmallia varten linjattiin lopullisia poikkileikkauksia n. 50 metrin välein, jotta jääpatolaskennasta saataisiin tarkka (kuva 3).



Kuva 3. Mallinnettava alue ja virtausmallin poikkileikkaukset.

¹ U.S. Army Corps Engineers (USACE), 2010. HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, CPD-69.

Laserkeilauksen resoluutio on 2 metriä ja pystysuuntainen tarkkuus yksiselitteisillä pinnoilla n. 15 cm . Poikkileikkauksien korkeusjärjestelmä muunnettiin N60-järjestelmästä korkeusmallin N2000-järjestelmään lisäämällä niihin 32 cm. Poikkileikkauksien osalta havaittiin, että ne eivät välttämättä olleet oikein georeferoituja, sillä esim. karttapohjalla tarkasteltuna silta-aukkoa kuvaava poikkileikkaus oli n. 100 metriä ylävirrassa.

Malliin ei lisätty Loimijokeen Huittisten kohdalla laskevaa Punkalaitumenjokea ja alempana olevaa Sammunjokea. Siltoja ei huomioitu.

Herkkyysanalyysipohjainen jääpatolaskenta

Jääpatojen laskentaan käytettiin SYKEssä kehitettyä herkkyysanalyysipohjaista menetelmää, jossa yksittäisten jääpatotilanteiden sijaan lasketaan satoja tilanteita, joissa reunaehdot ja laskentaparametrit määräytyvät ennalta asetettujen vaihteluvälien mukaisesti. Muutettavissa olevat parametrit ovat:

- Loimijoen virtaama
- Kokemäenjoen vedenkorkeus Loimijoen alaosan kohdalla
- Uoman karkeuskerroin (Manning n)
- Jääpadon alareunan sijainti
- Jääpadon suurin sallittu pituus
- Jääpadon karkeuskerroin
- Jääpadon huokoisuus (jäälohkareiden ja niiden väliin jäävän vapaan tilan suhde)
- Suurin sallittu virtausnopeus jääpadon alitse
- Jääpadon sisäinen kitkakulma
- Pituus- ja leveyssuuntaisen jännityksen suhde (K1 stress)
- Jääpadon alavirran puolella olevan kiinteän jääkannen paksuus
- Jääpadon alavirran puolella olevan kiinteän jääkannen karkeuskerroin

Microsoft Excel –taulukkolaskentaohjelmaan VBA:lla toteutettu apuohjelma generoi muutettavat parametrit vaihteluväleiltä ja yhdistelee niistä halutun määrän uniikkeja parametriyhdistelmiä, lukee alkuperäisen virtausmallin geometrian ja tekee siihen muutoksia. Se myös tekee tarvittavat reunaehdotiedostot yläpuolisen virtaaman ja alapuolisen vedenkorkeuden osalta. Jääpatotilanteiden lisäksi kustakin skenaariorista on myös mahdollista luoda jääkanneton versio, jolloin jääpatotilannetta voidaan verrata vastaavaan avovesitilanteeseen.

Tässä työssä käytetyt parametrit vaihteluväleineen on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Herkkyysanalyysissä käytetyt parametrit vaihteluväleineen.

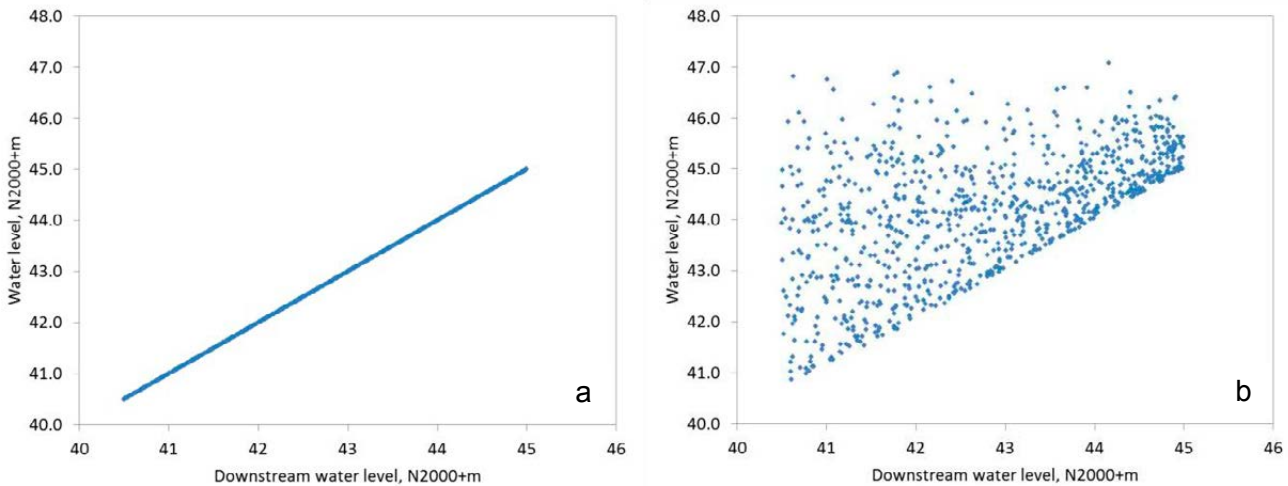
Parameteri	Minimi	Maksimi
Manning n, uoma	0,025	0,040
Manning n, jääpadon alavirran puolen kiinteä jää	0,010	0,030
Manning n, jääpato	0,025	0,070
Jääpadon alavirran puoleisen kiinteän jääkannen paksuus [m]	0,1	0,5
Jääpadon kitkakulma [°]	43	47
Jääpadon huokoisuus	0,35	0,45
Jääpadon pituus- ja leveyssuuntaisen jännityksen suhde (K1)	0,30	0,35
Suurin sallittu virtausnopeus jääpadon alitse [m/s]	2,5	10,0
Loimijoen virtaama [m³ /s]	50	500
Kokemäenjoen vedenkorkeus [N2000+m]	43	47
Jääpadon alareunan vaihteluväli [PL numero]	50,00	7134,34
Jääpadon pituus [m]	150	1200

² http://www.maanmittaustieteidenseura.fi/maanmittaus/2010_2_vilhomaa.pdf

Tulokset

Ohje tulosten tulkintaan

Kuvassa 4 on esitetty Loimijoen alimman (4a) ja erään mallin keskiosan poikkileikkauksen (4b) vedenkorkeudet alapuolisen reunaehdon eli Kokemäenjoen vedenkorkeuden suhteen. Kussakin kuvassa on 891 vedenkorkeutta. Kukin piste on siis yhden simuloinnin tulos, jossa Loimijoen virtaama, Kokemäenjoen vedenkorkeus, uoman, jääpadon ja jääkannen karkeuskertoimet, jääpadon sijainti ja suurin sallittu pituus ym. parametrit on generoitu etukäteen annetuilta vaihteluväleiltä.



Kuva 4. Loimijoen alimman poikkileikkauksen (a) ja mallinnettavan alueen keskiosalla sijaitsevan poikkileikkauksen (b) vedenkorkeudet mallinnetuilla jääpatotilanteilla Kokemäenjoen vedenkorkeuden suhteen esitettyinä.

Loimijoen alimman poikkileikkauksen vedenkorkeudet korreloivat alapuolisen reunaehdon kanssa täydellisesti, koska mikään muu tekijä Kokemäenjoen vedenkorkeuden lisäksi ei vaikuta tämän poikkileikkauksen vedenkorkeuksiin laskennan edetessä alavirrasta ylävirtaan.

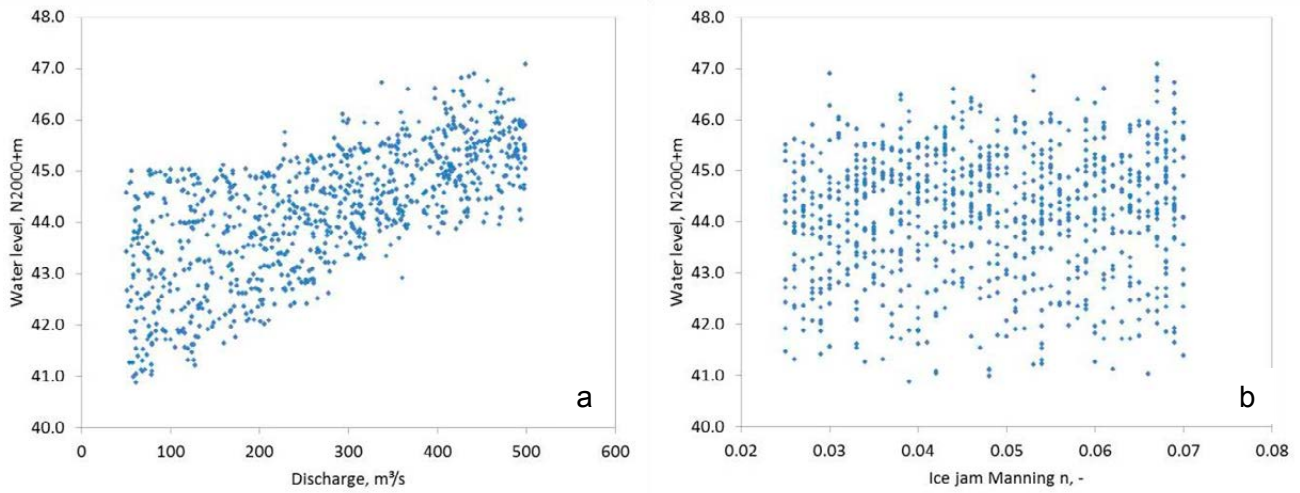
Keskiosan poikkileikkauksen tuloksissakin pisteparven alaosan vino ja terävä raja on loogisesti selitettävissä alapuolisen veden vaikutuksella, sillä Loimijoen vedenkorkeudet eivät voi olla Kokemäenjokea matalammalla. Kun Loimijoen virtaama ja jääpadon vaikutus ovat pieniä, jokien vedenkorkeudet korreloivat toistensa kanssa.

Kun Kokemäenjoki on korkealla, vedenkorkeuden vaihteluväli joessa on korkeasta lähtötasosta johtuen pienempi kuin matalilla Kokemäenjoen korkeuksilla. Suurilla vedenkorkeuksilla vesi tulvii uomasta tulva-alueelle, mikä rajoittaa vedenkorkeuden nousua. Matalat Kokemäenjoen korkeudet antavat osaltaan Loimijokeen nousuvaraa, mutta Loimijoen virtaamasta, jääpadon sijainnista, koosta ja muista parametreista johtuen myös matalat Kokemäenjoen vedenkorkeudet voivat aiheuttaa suuria vedenkorkeuksia.

Kuva 5a on poikkileikkauksen vedenkorkeus (sama poikkileikkaus kuin kuvassa 4) Loimijoen virtaaman suhteen, kun herkkyysoanalyysiin valitut parametrit vaihtelevat annetulla vaihteluvälillä. Tässäkin on loogista, että

- virtaaman kasvaessa vedenkorkeudet kasvavat
- suurilla virtaamilla ei voida saavuttaa matalia vedenkorkeuksia ja vedenkorkeuden vaihteluväli jää pieniä virtaamia pienemmäksi
- pienilläkin virtaamilla voidaan silti saavuttaa korkeita vedenkorkeuksia, jos esim. alapuolinen vedenkorkeus ja jääpato sen mahdollistavat.

Vertailun vuoksi kuvassa 5b on esitetty jääpadon karkeuskertoimen vaikutus samaan poikkileikkaukseen kuin kuvissa X ja X. Pisteparven jäsenet sijoittuvat huomattavasti tasaisemmin koko kertoimelle sallitun vaihteluvälin (0,025-0,07) ja mallinnettujen vedenkorkeuksien (n. N2000 +41 ...47 m) muodostamalle alueelle ja tästä ei ole mahdollista todeta kertoimella olevan yksiselitteistä vaikutusta laskettuihin vedenkorkeuksiin.

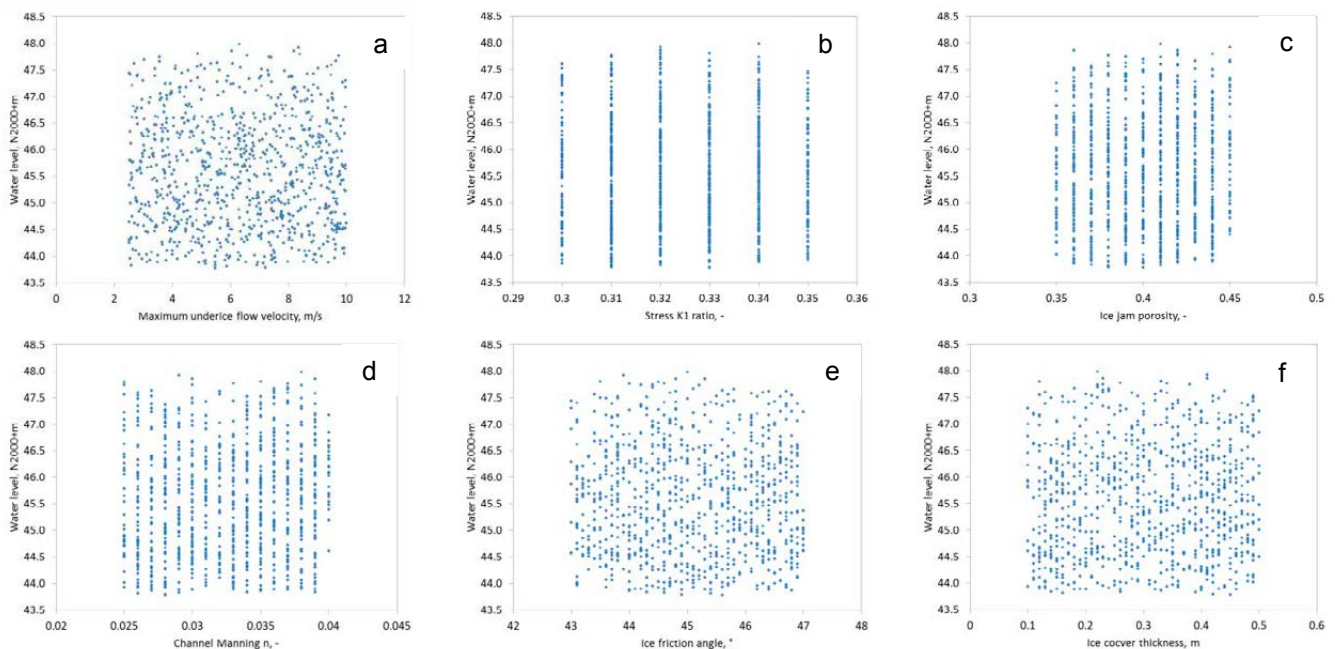


Kuva 5. Erään poikkileikkauksen vedenkorkeudet Loimijoen virtaaman (a) ja jääpadon karkeuskertoimen (b) suhteen esitettyinä.

Vähämerkitykselliset parametrit

Herkkyysanalyysissä on jään karkeuskertoimen lisäksi monia muitakin parametreja, joilla ei voida sanoa olevan yksiselitteistä vaikutusta tuloksiin. Kuvassa 6 on esitetty tuloksia jääpadon alaisen suurimman sallitun virtausnopeuden (a), jääpadon jännityksen jakautumisen (b), jääpadon huokoisuuden (c), uoman karkeuskertoimen (d), jääpadon sisäisen kitkakulman (e) ja jääpadon alavirran puolella olevan kiinteän jääkannen paksuuden osalta (f).

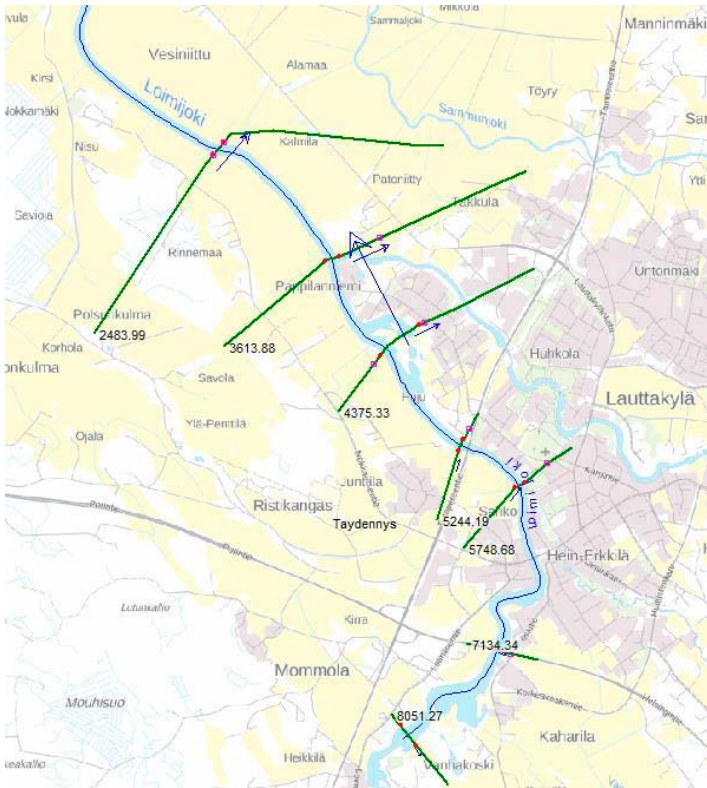
Kuten kuvasta nähdään, vedenkorkeudet jakautuvat suhteellisen tasaisesti sekä vedenkorkeuden että kunkin tarkasteltavan parametrin vaihteluvälien alueelle. Vaihteluvälien käyttö on silti perusteltua, sillä alueelta ei mm. ole havaintotietoja. Vaihteluvälejä käyttämällä voidaan paremmin huomioida virtausmallin ratkaisutapoihin ja aluetta kuvaaviin poikkileikkauksiin mahdollisesti liittyvät epävarmuudet.



Kuva 6. Parametrit, joilla ei havaittu olevan yksiselitteistä vaikutusta tuloksiin.

Poikkileikkauskohtaiset tulokset

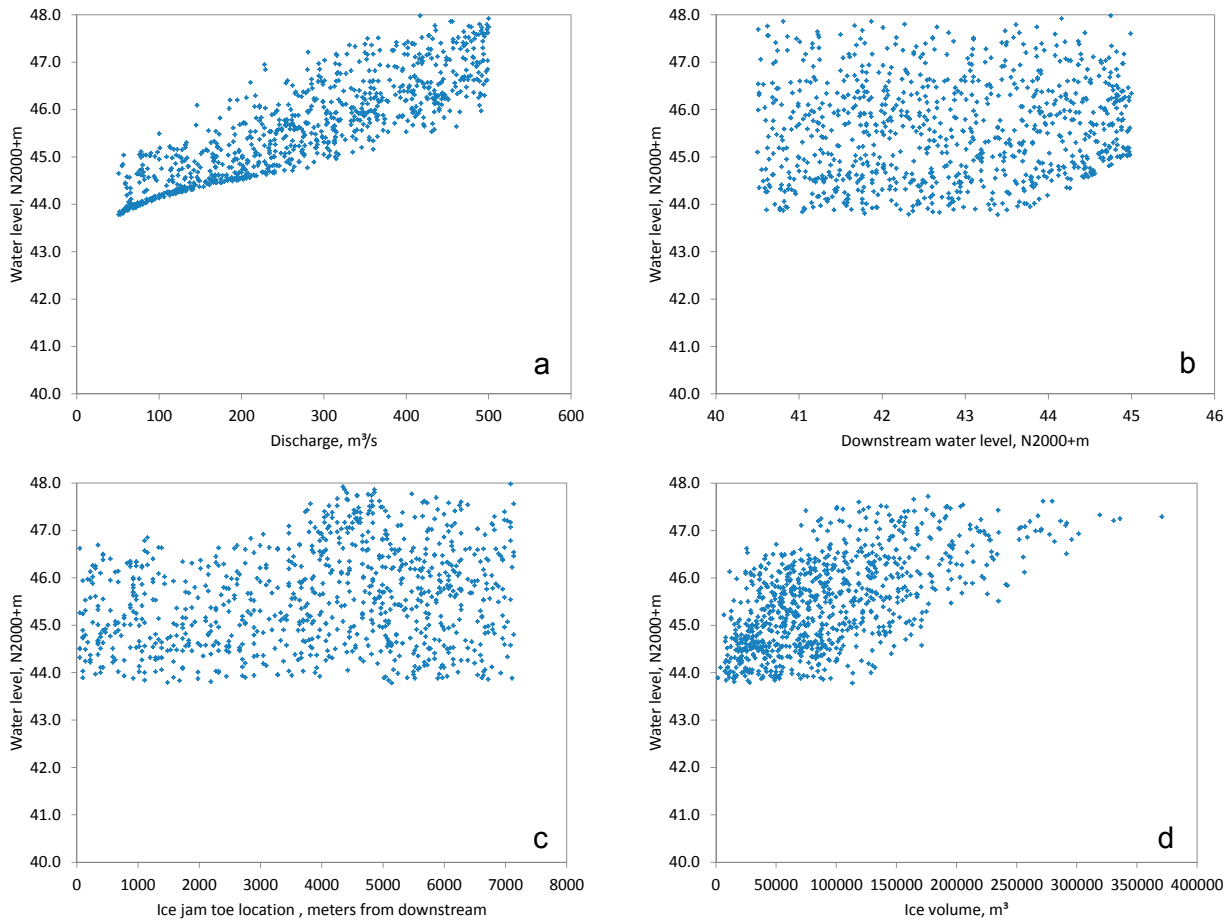
Tässä osiossa esitetään poikkileikkauskohtaisia tuloksia. Virtausmallista valittiin 7 poikkileikkausta (kuva 7), joista haettiin kunkin simuloinnin mukainen vedenkorkeus sekä jääpadon jäämäärä (kuvat 8-14). Tarkasteltavan poikkileikkauksen vedenkorkeudet esitettiin Loimijoen virtaaman, Kokemäenjoen vedenkorkeuden, jääpadon sijainnin sekä jääpadossa olevan jäämäärän suhteen. Kuvien akselien minimit ja maksimit ovat samat kaikille poikkileikkauksille.



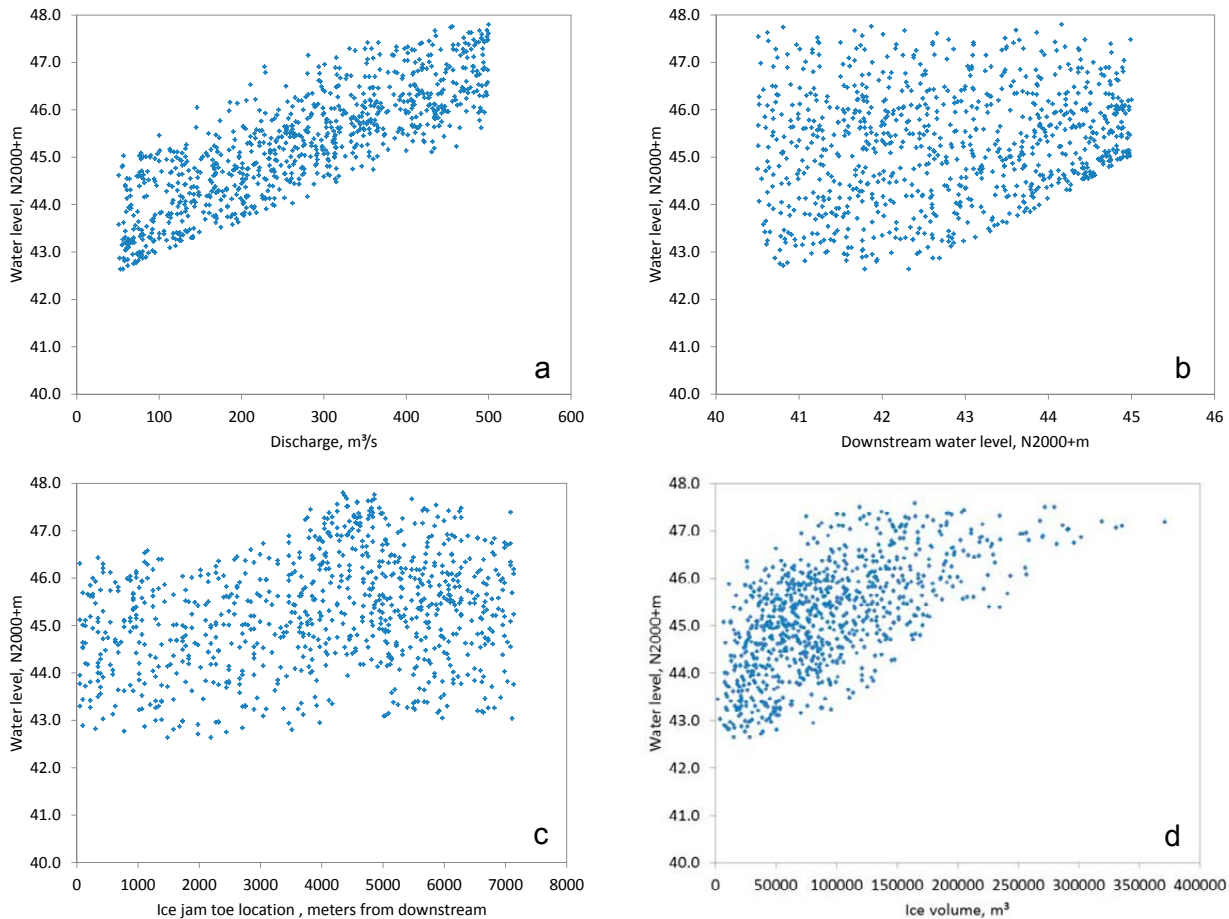
Kuva 7. Tarkempaan tarkasteluun otettujen poikkileikkauksien sijainnit.

Poikkileikkauskohtaisista tuloksista voidaan todeta mm. seuraavaa:

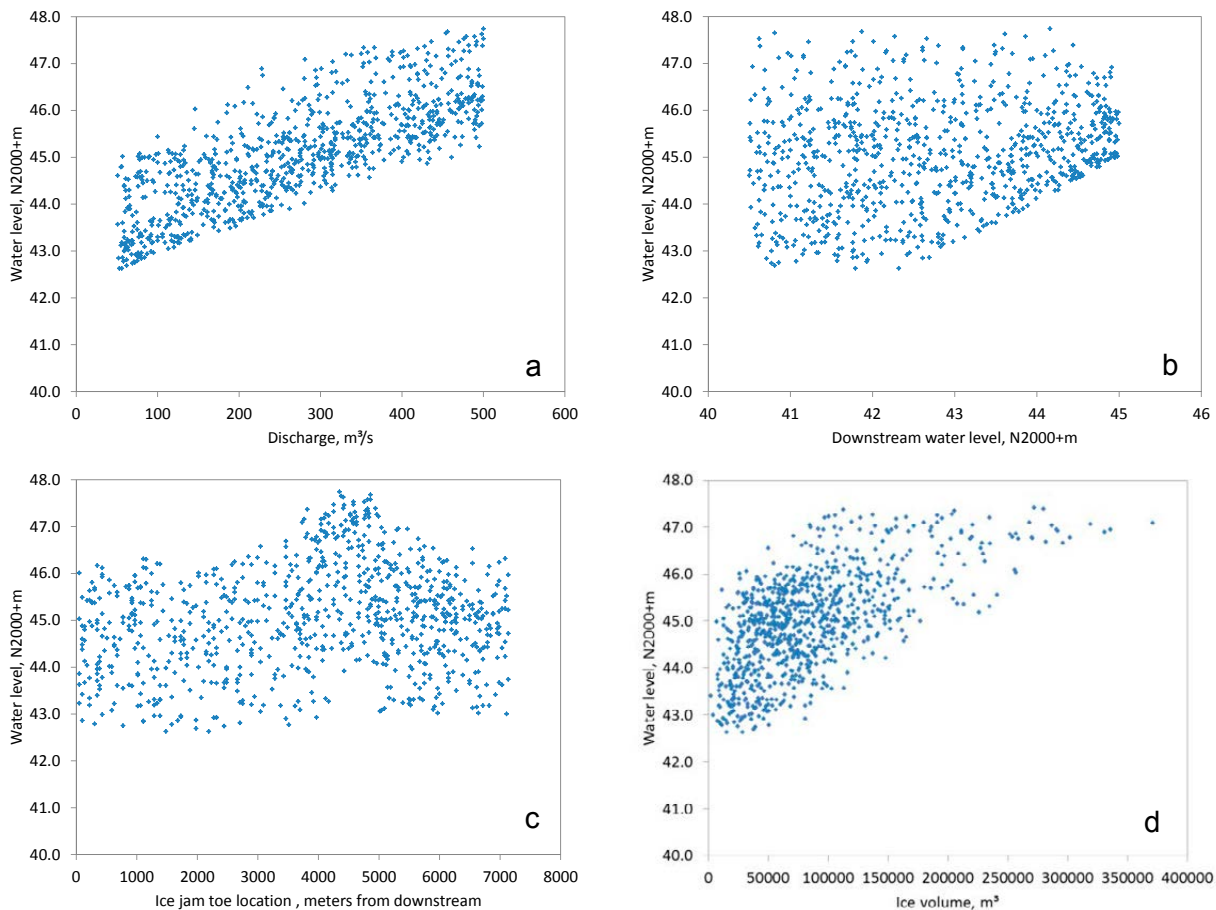
- Poikkileikkauksen 8051.27 virtaama-vedenkorkeus-kuvassa nähdään miten mallin yläosan koskiosa vaikuttaa pienempiin, alle 300 m³/s virtaamiin ja matalampiin vedenkorkeuksiin. Vedenkorkeuksia tiivistyy hyvin lähelle toisiaan, kun koskijakson alapuoliset vedenkorkeudet eivät vaikuta ylävirtaan.
- Loimijoen ja Kokemäenjoen risteyksestä n. 4-5 km ylävirtaan on alue, joka tuottaa selvästi korkeampia vedenkorkeuksia ylävirtaan jos jääpadon alareunan muodostuu tälle alueelle.
- Jään määrän osalta samanmittakaavaisista kuvista käy selvästi ilmi miten jääpadossa olevan jään määrä vähenee lähestyttäessä Kokemäenjokea.



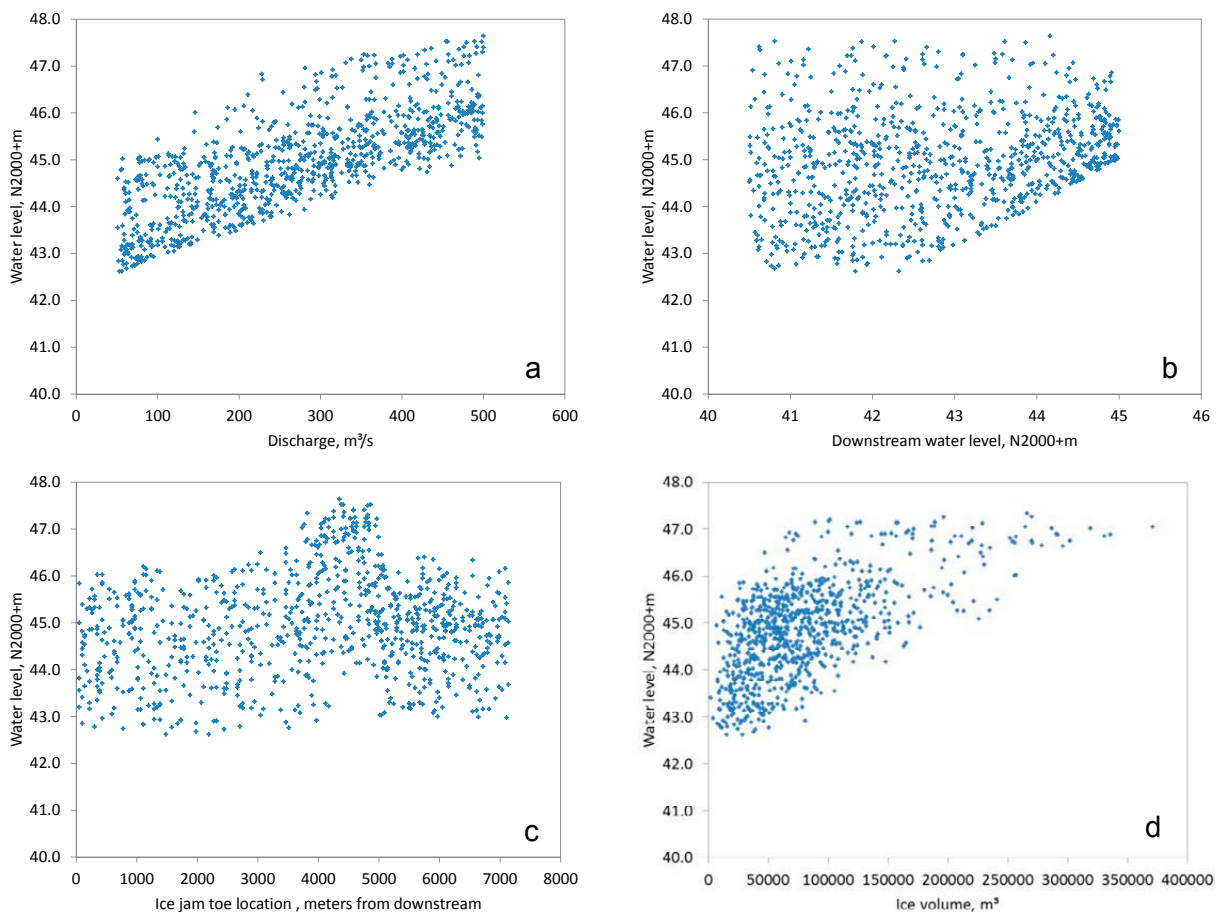
Kuva 8. Poikkileikkauksen 8051.27 vedenkorkeudet Loimijoen virtaaman (a), Kokemäenjoen vedenkorkeuden (b), jääpadon alareunan sijainnin (c) sekä jääpadossa olevan jään määrän (d) suhteen esitettynä.



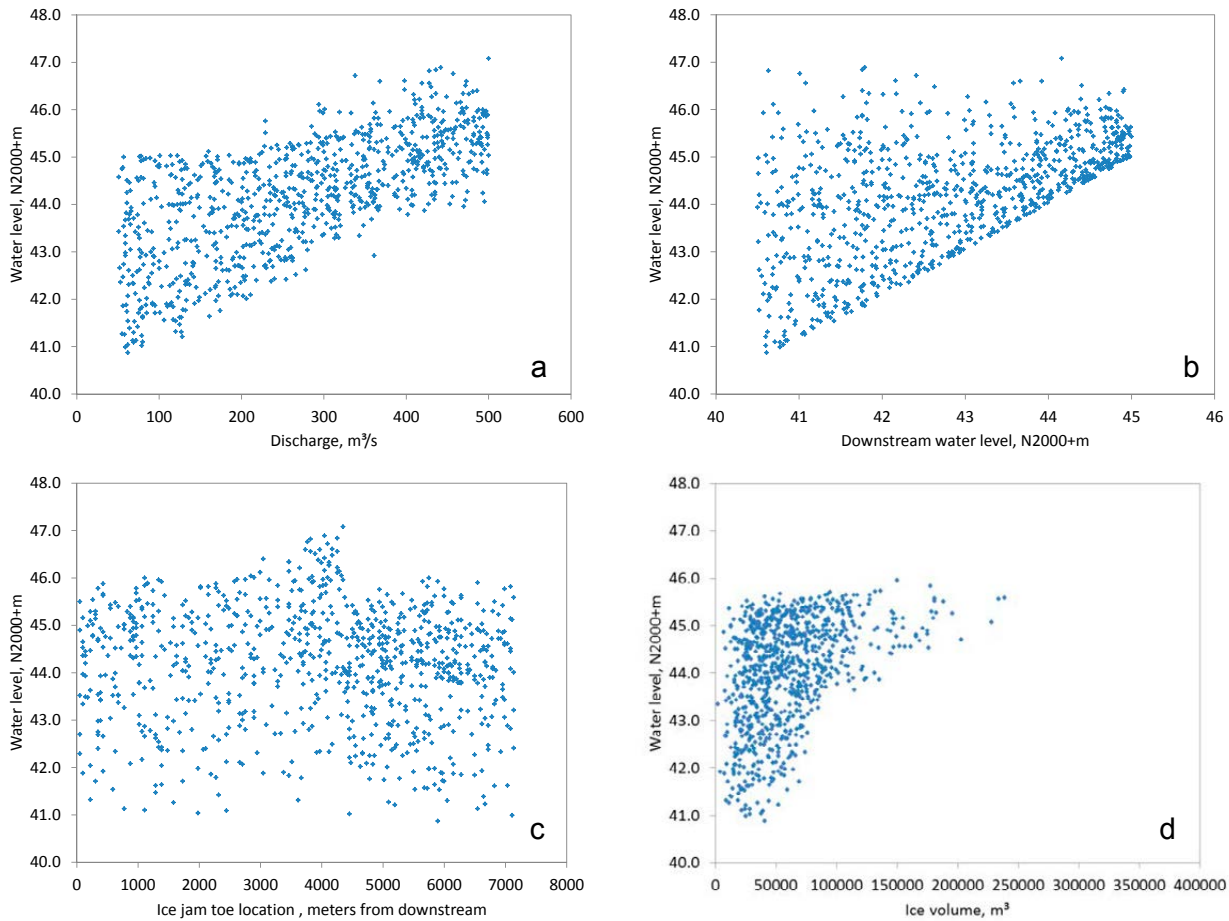
Kuva 9. Poikkileikkauksen 7131.34 vedenkorkeudet Loimijoen virtaaman (a), Kokemäenjoen vedenkorkeuden (b), jääpadon alareunan sijainnin (c) sekä jääpadossa olevan jään määrän (d) suhteen esitettynä.



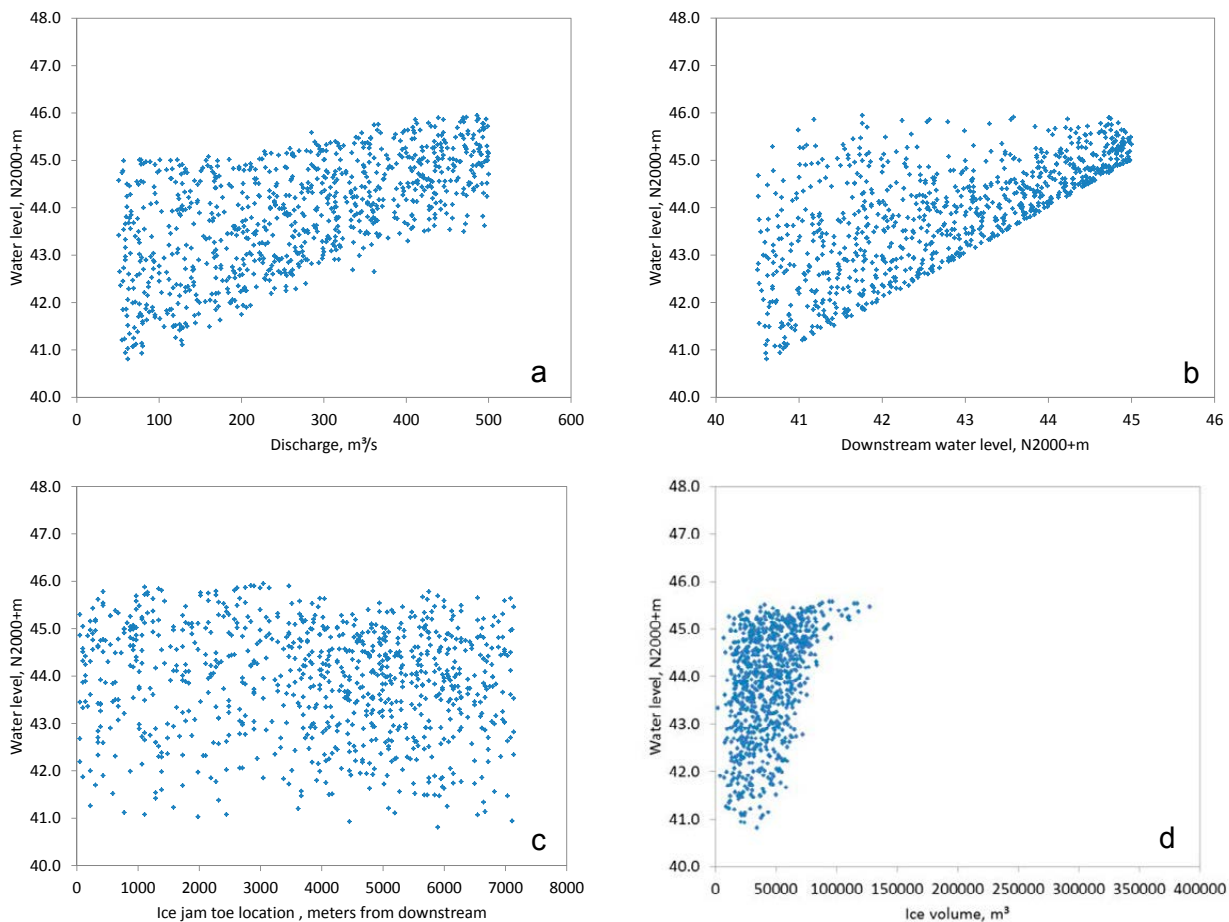
Kuva 10. Poikkileikkauksen 5748.68 vedenkorkeudet Loimijoen virtaaman (a), Kokemäenjoen vedenkorkeuden (b), jääpadon alareunan sijainnin (c) sekä jääpadossa olevan jään määrän (d) suhteen esitettyinä.



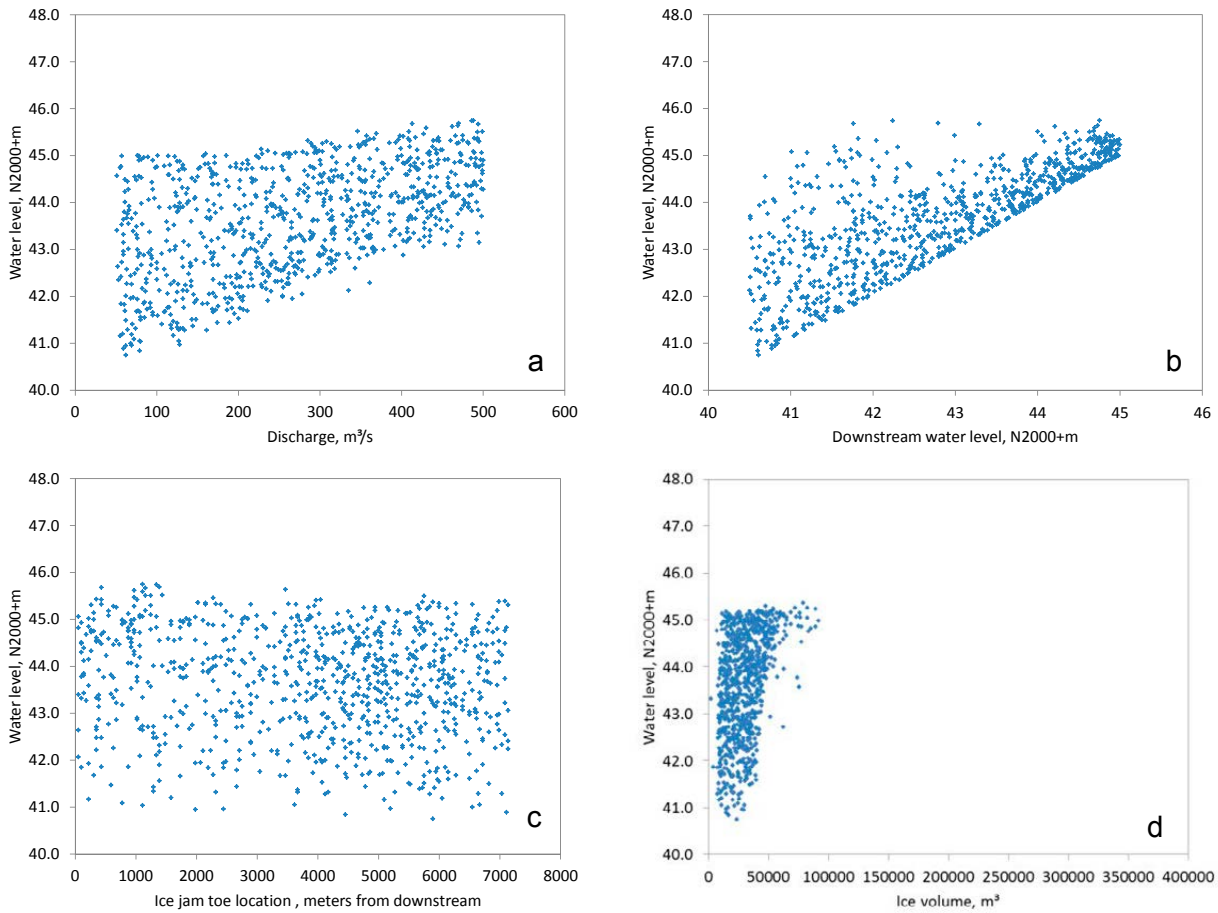
Kuva 11. Poikkileikkauksen 5244.19 vedenkorkeudet Loimijoen virtaaman (a), Kokemäenjoen vedenkorkeuden (b), jääpadon alareunan sijainnin (c) sekä jääpadossa olevan jään määrän (d) suhteen esitettyinä.



Kuva 12. Poikkileikkauksen 4375.33 vedenkorkeudet Loimijoen virtaaman (a), Kokemäenjoen vedenkorkeuden (b), jääpadon alareunan sijainnin (c) sekä jääpadossa olevan jään määrän (d) suhteen esitettyinä.



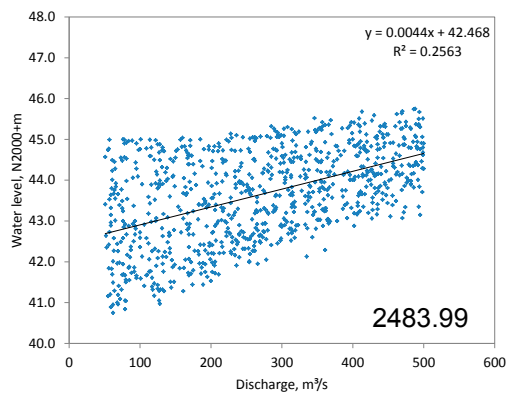
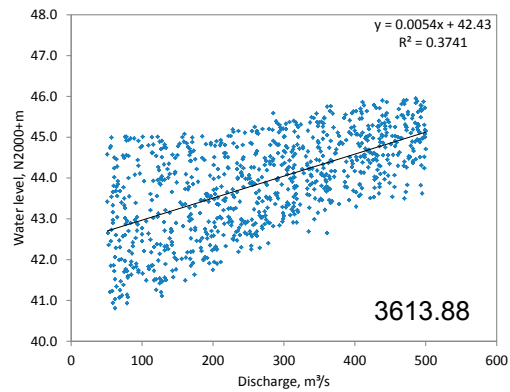
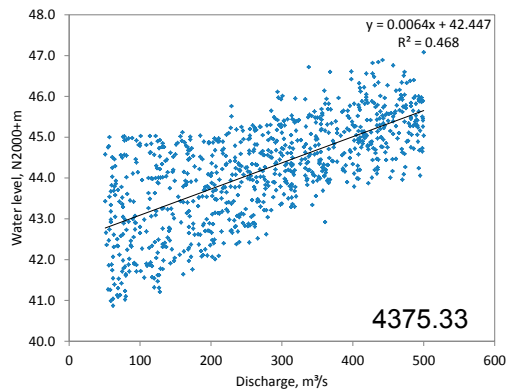
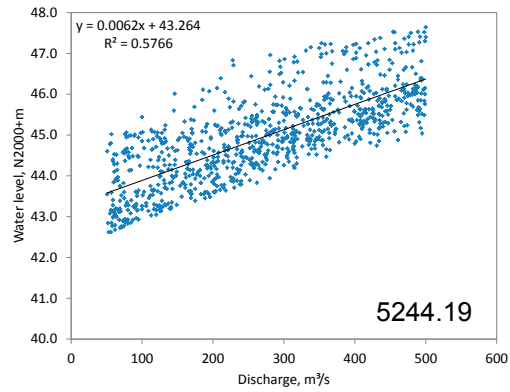
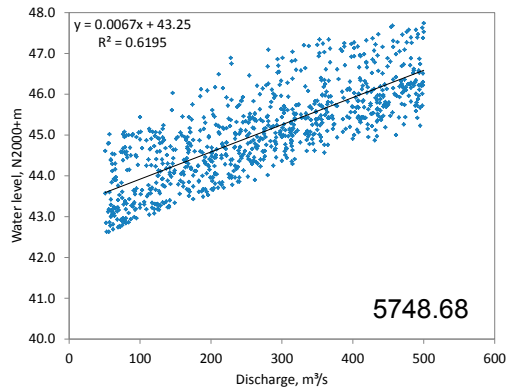
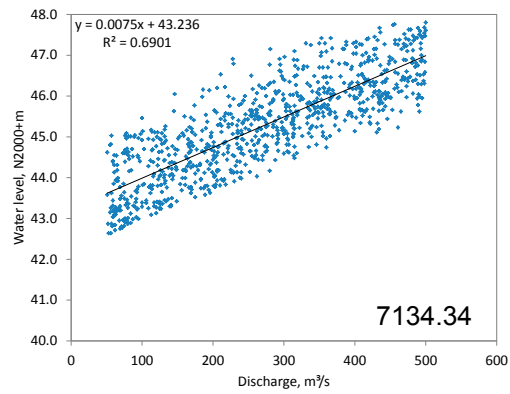
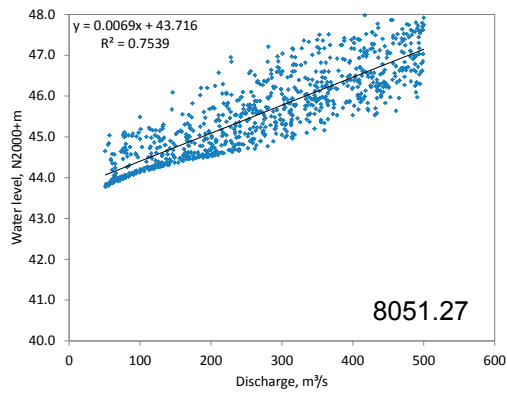
Kuva 13. Poikkileikkauksen 3613.88 vedenkorkeudet Loimijoen virtaaman (a), Kokemäenjoen vedenkorkeuden (b), jääpadon alareunan sijainnin (c) sekä jääpadossa olevan jään määrän (d) suhteen esitettyinä.



Kuva 14. Poikkileikkauksen 2483.99 vedenkorkeudet Loimijoen virtaaman (a), Kokemäenjoen vedenkorkeuden (b), jääpadon alareunan sijainnin (c) sekä jääpadossa olevan jään määrän (d) suhteen esitettynä.

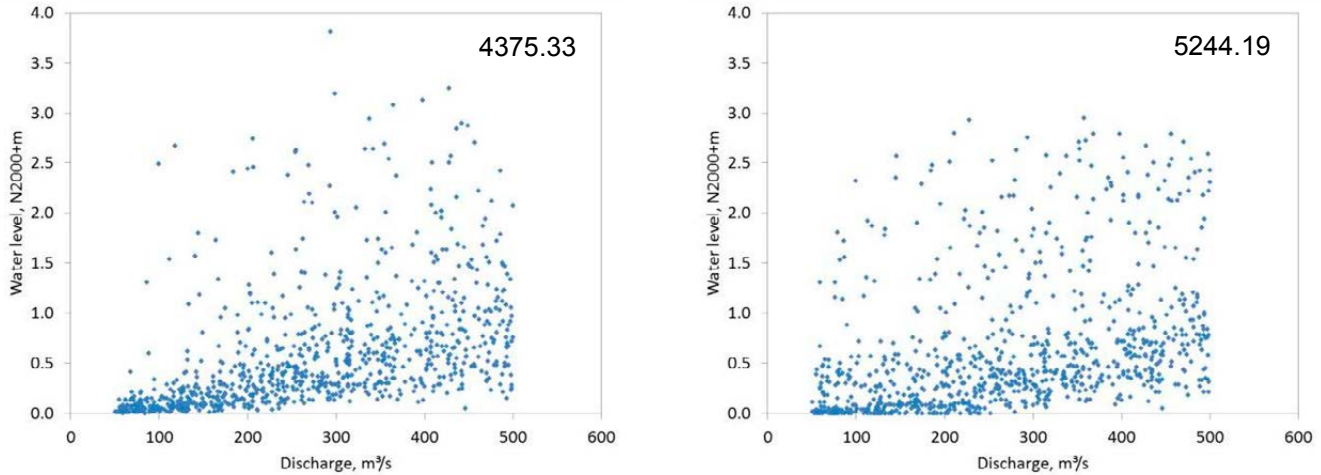
Virtaaman vaikutus jääpatotulvien vedenkorkeuksiin

Kuvassa 15 on esitetty 7 poikkileikkauksen vedenkorkeudet virtaaman suhteen samassa kuvassa. Kuvaan on lisäksi otettu taulukkolaskentaohjelman automaattisesti laskema lineaarinen trendiviiva yhtälöineen ja korrelaatiokertoimineen. Kuten yhtälöiden muuttujan x edessä olevista vakioista nähdään, on yhden virtaamayksikön (m^3/s) vaikutus vedenkorkeuteen poikkileikkauksesta riippuen vain n. 4-8 mm ja hajonta suurta. Ylintä poikkileikkausta lukuun ottamatta virtaama-vedenkorkeus –pisteparven muoto noudattelee trendiviivan suuntaa. Virtaaman vähentäminen $10 m^3/s$ pienentäisi siis vedenkorkeuksia n. 4-8 cm ja $20 m^3/s$ n. 8-16 cm.



Kuva 15. Virtaaman vaikutus jääpatotilanteiden vedenkorkeuksiin seitsemässä poikkileikkauksessa.

Kuvassa 16 on vielä vertailtu jääpatotilanteen ja sitä vastaavan avovesitilanteen vedenkorkeuksien erotuksia poikkileikkauksien X ja Y osalta. Avovesi- ja jääpatotilanteiden virtaamat ja alapuoliset vedenkorkeudet sekä uoman karkeuskerroin samoja, jolloin vertailu on mahdollista. Kuvasta nähdään, että jääpato voi nostaa vedenkorkeuksia pahimmillaan lähes 4 metriä vastaavaan avovesitilanteeseen verrattuna (tasosta N2000+42,3 m tasolle 46,11 m). Merkille pantavaa on myös se, että myös suhteellisen pienillä, 100-200 m³/s virtaamilla jääpato voi nostaa vedenkorkeuksia jopa 2,5 metriä avovesitilanteeseen verrattuna. Keskimääräinen jääpadon vaikutus koko aineistoilla on kuvan 16 poikkileikkauksissa on kuitenkin n. 60 cm.



Kuva 16. Jääpadon vaikutus vedenkorkeuteen vastaavaan avovesitilanteeseen verrattuna (PL 4375.33 ja 5244.19).

Johtopäätökset ja suositukset

1. Jääpatotilanteista on mm. niiden nopeasta syntytavasta ja työturvallisuudesta johtuen yleensä vähän tai ei lainkaan tarkkoja havaintoja. Näin on myös Loimijoella. Lisäksi mallinnukseen liittyy niin monia muuttujia, jotka eri asiantuntijat voivat yhtä vakuuttavasti perustella eriarvoisiksi mutta silti yhtä oikeiksi. Tämän vuoksi lähestymistapa, joka huomioi esim. monenlaiset virtaamatilanteet sekä useita jääpatojen paikkoja tuo kokonaisvaltaisemman käsityksen alueesta verrattuna muutaman yksittäisen jääpadon mallinnukseen.
2. Loimijoen jääpatotilanteissa etenkin Loimijoen virtaama ja Kokemäenjoen vedenkorkeus vaikuttavat tulvavedenkorkeuksiin, mutta myös jääpadossa olevan jään määrän ja jääpadon alareunan sijainnilla on merkitystä. Tulokset antavat kuitenkin vaikutuksista suunnan, sillä usean muuttujan yhdenaikaisesta vaikutuksesta johtuen tulosten hajonta on suurta.
3. Virtaamaa pienentämällä on mahdollista pienentää Loimijoen jääpadoista aiheutuvia vedenkorkeuksia sijainnista riippuen n. 4-8 cm per 10 m³/s. Epävarmuudet ovat kuitenkin suuria ja tämä menetelmä ei ota kantaa siihen miten esim. virtaaman pienentäminen jäänlähdön aikana vaikuttaa jääpadon sijainnin tai muodon muuttumiseen. Koska jääpato voi nostaa vedenkorkeuksia huomattavasti avovesitilanteeseen verrattuna ja siten aiheuttaa tulvia, on jääpatoihin varautuminen padotus- ja juoksutusselvityksessä aiheellista.
4. Työssä havaittiin, että Loimijoen poikkileikkaukset eivät ole georeferoituja ja esim. selkeä siltapoikkileikkaus oli n. 100 metriä väärässä paikassa. Tämän vaikutus tuloksiin ei ole suuri (pl. koskipaikat), mutta seuraavia tulvakartoituksia tehtäessä tämä olisi hyvä tarkistaa. Mallin ulottaminen Maurialankoskelle asti mahdollistaisi virtaama- ja vedenkorkeushavaintojen täysimääräisen hyödyntämisen esim. kalibroinnissa. Mahdollisia uusintamittauksia tehdessä poikkileikkaukset voisi ulottaa luotauslaitteiston kapasiteetin mukaan matalikoille ja uomassa olevien saarten molemmille puolille.

Liite 4. Yhteenveto vesistön käyttäjille suunnatusta nettikyselystä ja sidosryhmätyöpajasta

HAMELY/2355/2016

Häme

31.5.2017

Luonnonvarayksikkö

Viite: Loimijoen padotus- ja juoksutus selvitys

Yhteenveto vesistön käyttäjille suunnatusta nettikyselystä ja sidosryhmätyöpajasta

Kysely Loimijoen vesistön käyttäjille toteutettiin nettikyselynä 21.4.–14.5.2017. Vastauksia saatiin yhteensä 205 kappaletta. Vastauksista Tammelan aluetta koski 166 vastausta, Forssaa 23, Loimaata kahdeksan, Jokioista neljä, Huittista kolme ja Ypäjää yksi vastaus.

Enemmistö kyselyyn vastanneista kuului ryhmiin vakituiset asukkaat sekä veneilijät/melojat. Noin kolmannes vastanneista harrasti vapaa-ajan kalastusta. Vastaajien kokemus vesistöstä oli peräisin hyvin pitkältä ajalta, sillä yli 100 vastaajaa oli asunut tai viettänyt vapaa-aikaa alueella yli 30 vuotta. (Liitteen kuvat 1 ja 2)

Vastaajista noin neljännes oli tyytyväisiä tai erittäin tyytyväisiä vesistön nykyiseen tilaan kokonaisuutena virkistyskäyttömahdollisuudet, veden laatu, rantojen kasvillisuus, kalasto ja linnusto huomioiden. Kolme neljänneistä sitä vastoin oli tyytymättömiä tai erittäin tyytymättömiä vesistön nykyiseen tilaan. (Kuva 3)

Kun vesistön käyttöä haittaavia tekijöitä arvioitiin tarkemmin, oli kolme neljäsosaa vastanneista kokenut suurta tai kohtalaista haittaa rannan mataluudesta ja karikoista. Vastaavasti yli puolet vastanneista oli kokenut vähintään lievää haittaa leväkukinnoista, heikentyneestä vedenlaadusta, runsaasta vesikasvillisuudesta, kalanpyydysten likaantumisesta ja vähäarvoisten kalojen suuresta osuudesta. (Kuva 4)

Avointen kysymysten vastauksissa korostuivat matalan vedenkorkeuden aiheuttamat haitat virkistyskäytölle, kuten uimiselle ja kalastukselle sekä rantojen maisema-arvolle ja niiden kiihtyvälle umpeenkasvulle. Useasta vastauksesta kävi ilmi, että Pyhäjärven loivilla rannoilla vesi karkaa todella kauas vedenkorkeuden laskiessa. Matalalla rannalla uimaan pääsy hankaloituu ja uimaveden laatu heikkenee kesän kuumana aikana. Tällöin myös saunan vesipumppu on mahdotonta saada tarpeeksi pitkälle.

Matalasta vedenkorkeudesta on aiheutunut haittaa veneilylle. Kun vesi on alhaalla, on Pyhäjärvellä paljon karikkoja, joiden paikkaa on vaikea havaita ja muistaa eri vedenkorkeuksilla. Pahimmassa tapauksessa veneen potkuri ja pohja ottavat pohjaan kiinni ja vaurioituvat. Erityisen matalaa on jokisuulla Pyhäjärven ja Loimijoen välissä sekä Saarensalmessa. Kunnan maksullisista venepaikoista on kuivaan aikaan hankala päästä edes soutuveneellä veteen. Moitteita saivat myös veneilykulttuurin puute, kovaääniset moottorit, ylinopeudet ja merimerkkien oikeellisuus.

Haittaa on aiheutunut toisaalta myös kevät- ja syystulvista. Vedenkorkeudet vaikuttavat viljelyn onnistumiseen, sillä rantapellot eivät kuivu, kun vesi on korkealla ja veden ollessa alhaalla ne kuivuvat liikaa. Erityisesti peltojen märkyys haittaa viljelyä ja voi viivästyttää kylvöjä jopa 2-3 viikkoa. Myös luonnonhoitopeltojen niitto vaikeutuu.

Palautetta tuli veden nousemisesta kellarin lattialle parina keväänä 20 vuoden aikana sekä rantapenkkojen pahasta eroosiosta sekä tulva- että kuivuustilanteessa. Rantarakenteet kärsivät vedenpinnan vaihtelusta erityisesti, jos vesi nousee tai laskee jääpeitteisenä aikana paljon.

Lisäksi vesistön käytölle koettiin olevan haittaa sähkön tuotannosta, liiallisesta verkkokalastuksesta, vaarallisista railoista ja riittävän ympäristövirtaaman huomioinnin puuttumisesta. Vastaajat olivat huolissaan myös Natura-alueen kasvustosta, happikadoista ja lintujen pesinnän häiriintymisestä. Kupalankosken padolla haittaa on ollut korkeasta vedenpinnasta, joka kostuttaa Kehräämön rakennuksia, minkä lisäksi padolle kertyvät roskat ja lehtiliete ovat rumia ja haisevat.

Loimijoen alajuoksulla vedenkorkeuden nopea vaihtelu vuorokauden sisällä koettiin kohtuuttomaksi haitaksi, sillä vedenkorkeus voi vaihdella jopa 60 cm 12 tunnin aikana, mikä aiheuttaa ja lisää jokirannan eroosiota. Joen rannat ovat myös monin paikoin pusikoituneet umpeen.

Kyselyssä tiedusteltiin haitan ajankohtaa. Kolme neljäsosaa kyselyyn vastanneista oli sitä mieltä, että liian matalista vedenkorkeuksista aiheutuu haittaa kesä-elokuussa. Yhtä suuri osa vastanneista arvioi, että liian korkeasta vedenkorkeudesta ei ole haittaa minään vuodenaikana. Tammi-maaliskuussa ja syys-joulukuussa vedenpinnan taso ei ollut vastausten mukaan juurikaan haitannut vesistön käyttöä. Huhti-toukokuussa haittaa aiheutuu sekä korkeasta että matalasta vedenpinnasta. (Kuva 5)

Vedenkorkeuden nopeasta vaihtelusta ei ole kolmasosalle vastanneista haittaa minään vuodenaikana, kun taas melkein yhtä suuren osan mukaan nopea vedenkorkeuden vaihtelu aiheuttaa haittaa nimenomaan kesä-elokuussa. Nopeasta vaihtelusta kärsivät eniten Loimijoen varren asukkaat.

Hyväksi tavoitteeksi Pyhäjärven kesä-elokuun vedenkorkeuden vaihtelulle vastaajat arvioivat tasot 96,50...96,70 m sekä 96,50...96,80 m peruskarttakorkeudessa (N60). Osa toivoi kuitenkin selvästi korkeampia vedenkorkeuksia tai hyvin vähäistä vedenkorkeuden vaihtelua, osa kannatti selvästi alempia vedenkorkeuksia. (Kuva 6)

Ilmastonmuutoksen vaikutuksista yli puolet kyselyyn vastanneista oli havainnut joinakin vuosina selvää muutosta seuraavissa asioissa: vedenkorkeudet laskevat kesän mittaan alemmas kuin ennen, lunta kertyy aiempaa vähemmän, talvet ovat aiempaa leudompia, lumi sulaa aiemmin kuin ennen ja kevättulvat ovat pienempiä kuin ennen. (Kuva 7)

Vesistöalueen tulviin ja kuivuuksiin varautumisessa vastaajat suhtautuivat myönteisimmin tasaisiin vedenkorkeuksiin kesällä ja joustavaan kevätkuoppaan. Myös vedenkorkeuden nopea nosto keväällä sai kannatusta. Kriittisimmin suhtauduttiin loppusyksyn tulviin varautumiseen. (Kuva 8)

Kyselyssä kysyttiin vastaajien omatoimisesta varautumisesta tulviin ja kuivuuksiin. Useasta vastauksista kävi ilmi, että matalien vedenkorkeuksien aikaan vesistön käyttöä on jouduttu vähentämään. Helpotusta tilanteeseen ovat tuoneet mm. pohjan ruoppaus, veneen siirtäminen rannalta poijuun, matalasyväyksinen vene ja säädettävät laiturerakenteet. Tulviin puolestaan on varauduttu rantoja pengertämällä, siirtämällä kalustoa pois rannasta, peltojen peruskunnostuksella ja hyvällä ojituksella.

Vesistön vedenkorkeuksia seurataan ahkerasti. Yli puolet vastanneista teki omia havaintoja, minkä lisäksi neljäsosa vastanneista teki sekä omia havaintoja että seurasi vesitilannetta internetistä. Tiedotusta olisi kyselyn perusteella tarpeen lisätä, sillä yli puolet vastanneista arvioi, että Pyhäjärven vedenkorkeuksista ja säännöstelystä ei tiedoteta tarpeeksi. Kolme neljäsosaa oli myös täysin tai

jokseenkin samaa mieltä väitteestä, että vesistön käyttäjien myönteistä suhtautumista säännöstelyyn voitaisiin lisätä paremmalla tiedon jakamisella. (Kuvat 9, 10 ja 11)

Kyselyn vastaukset muodostivat pohjan Tammelassa 22.5.2017 järjestetylle sidosryhmätyöpajalle. Työpajaan osallistui edustajia Tammelan Pyhäjärven ja Lunttilan osakaskunnista, Tammelan kunnasta, Forssan kaupungista, Tammelan vapaa-ajan asukkaat ry:stä, Tammelan Pyhäjärven-Kuivajärven suojeluyhdistys ry:stä, Loimijoen yläjuoksun perkausyhtiöstä ja Hämeen ELY-keskuksesta. Lisäksi edustajia oli kutsuttu hankkeen ohjausryhmän lisäksi paikallisista vene- ja purjehdusseuroista, lintuharrastajista ja voimayhtiöistä, mutta näiltä tahoilta ei valitettavasti saatu edustajaa paikalle.

Työpajassa kuvattiin aluksi lyhyesti selvityksen taustaa ja käytiin läpi osallistujien odotuksia työpajalle. Kolmessa ryhmätyöpisteessä tutustuttiin tämän jälkeen kyselyn vastauksiin teemoissa vesistön tila ja vedenkorkeudet, varautuminen sekä viestintä, ja pohdittiin selvitykselle tavoitteita ja toimenpiteitä. Työpajassa selvästi eniten kannatusta sai toimenpide ihmisten ohjaaminen nettiin, josta löytyy riittävästi tietoa. Lisäksi kannatusta saivat joustavampi juoksutusohje, rantojen ruoppaus, pato Pyhäjärven suulle, karien ja kivien kartoitus sähköiseen muotoon, kuivatuspumppaamot, rantojen niitto, juoksutettavien vesimäärien mittaus sekä padon korjaus.

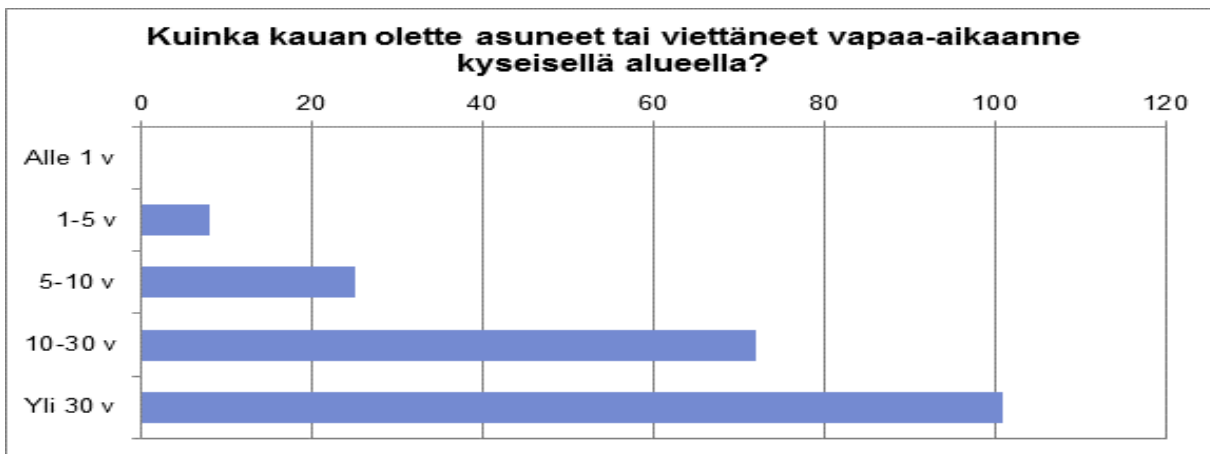
Liite

Kuvat kyselytuloksista

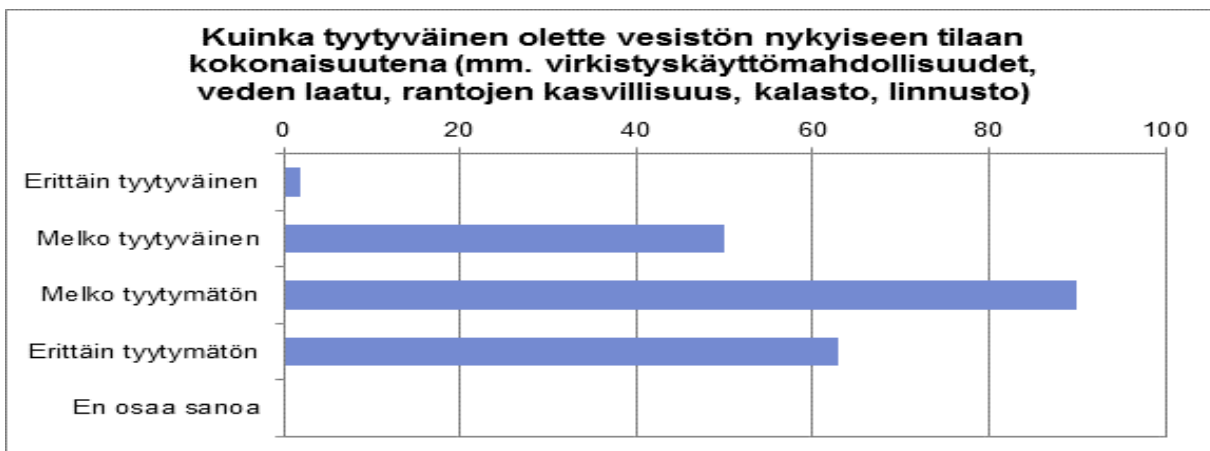
Liite. Kuvat kyselytuloksista



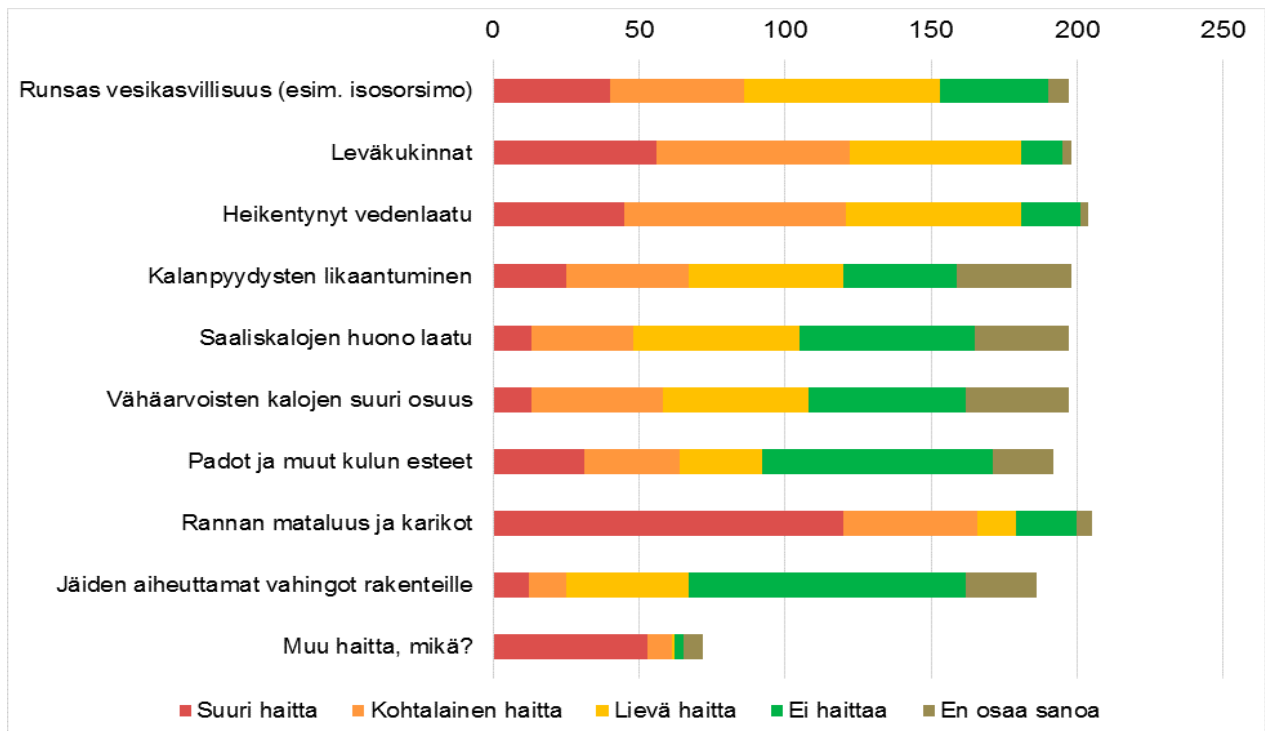
Kuva 1. Taustaryhmät.



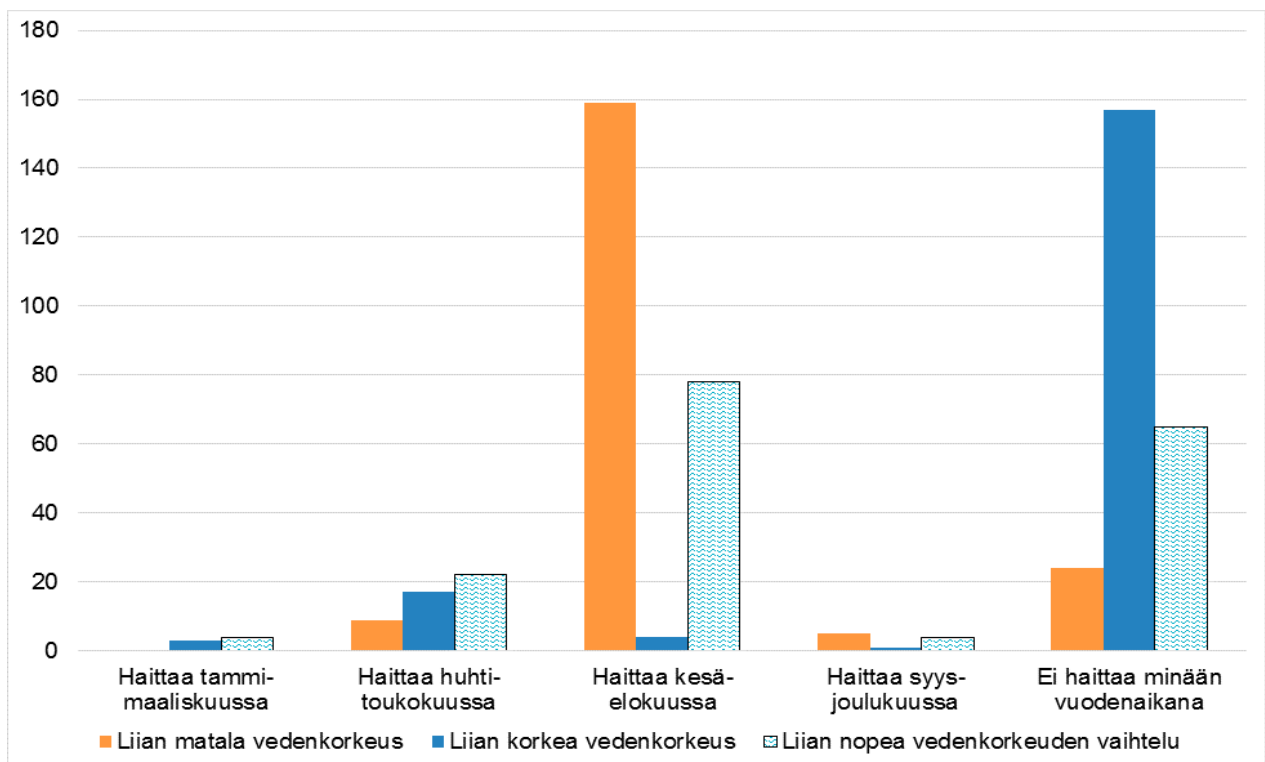
Kuva 2. Kokemus vesistöstä.



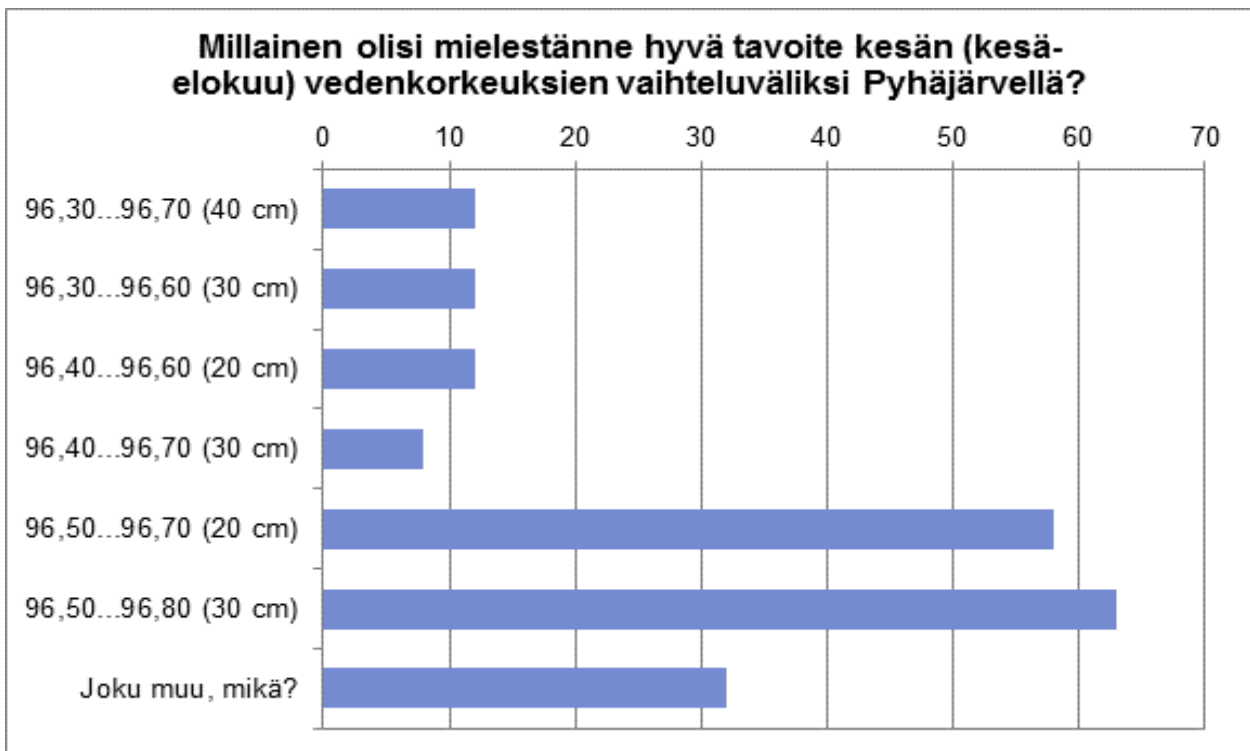
Kuva 3. Tyytyväisyys vesistön nykyiseen tilaan.



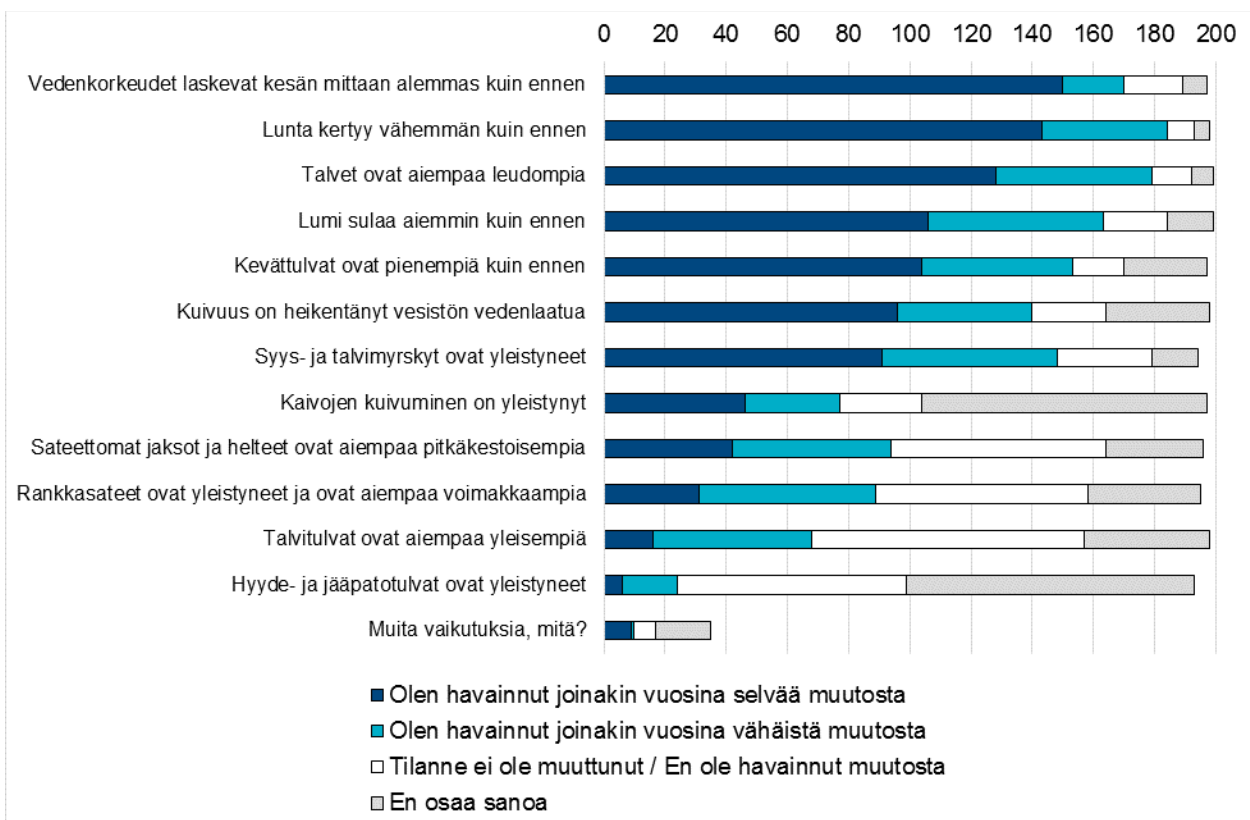
Kuva 4. Vesistön käyttöä haittaavat tekijät.



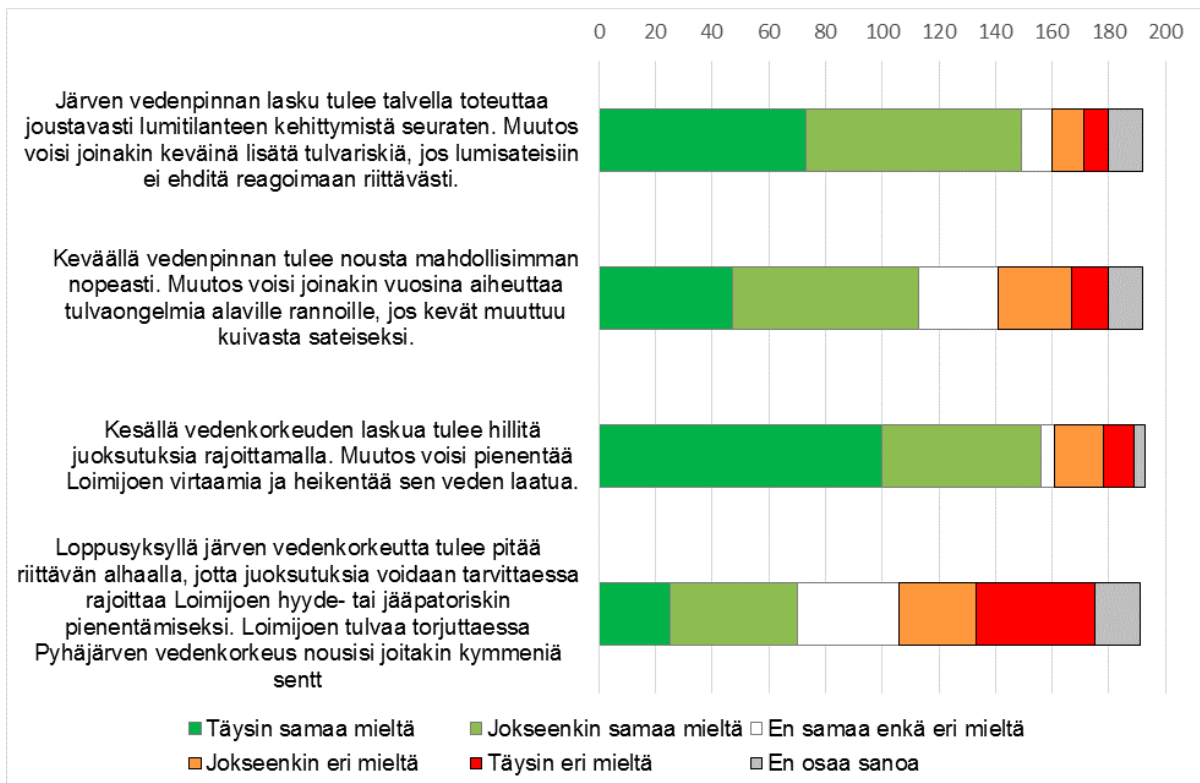
Kuva 5. Vedenkorkeuksista aiheutuvan haitan ajankohta.



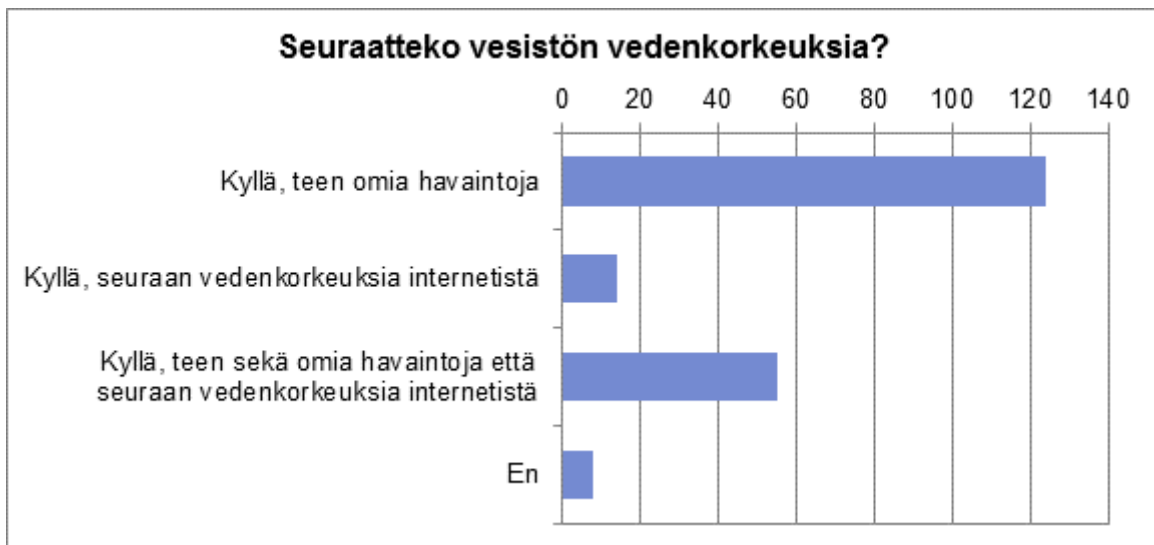
Kuva 6. Kesä-elokuun vedenkorkeustavoite.



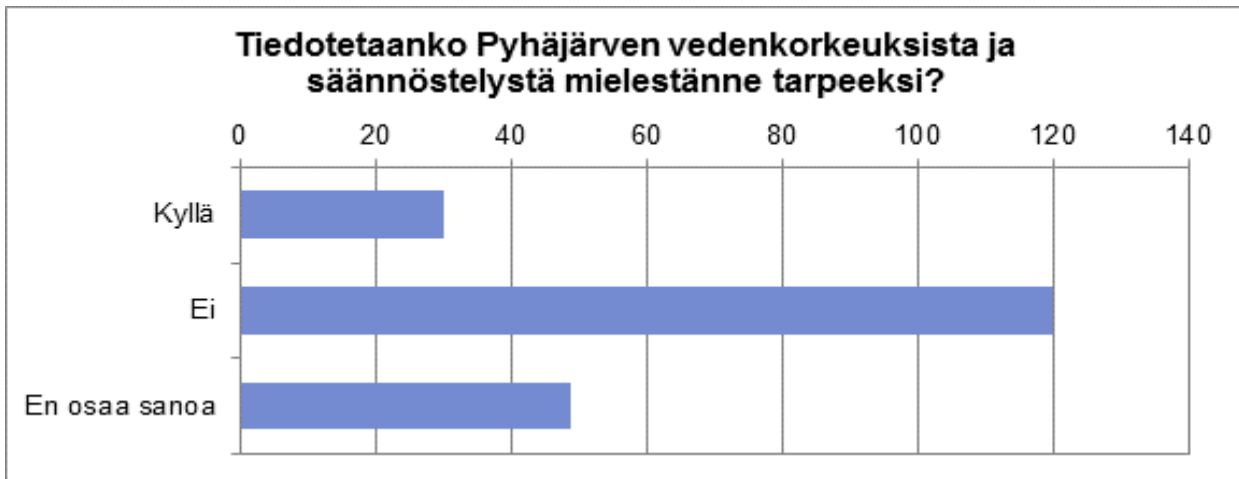
Kuva 7. Ilmastomuutoksen vaikutukset.



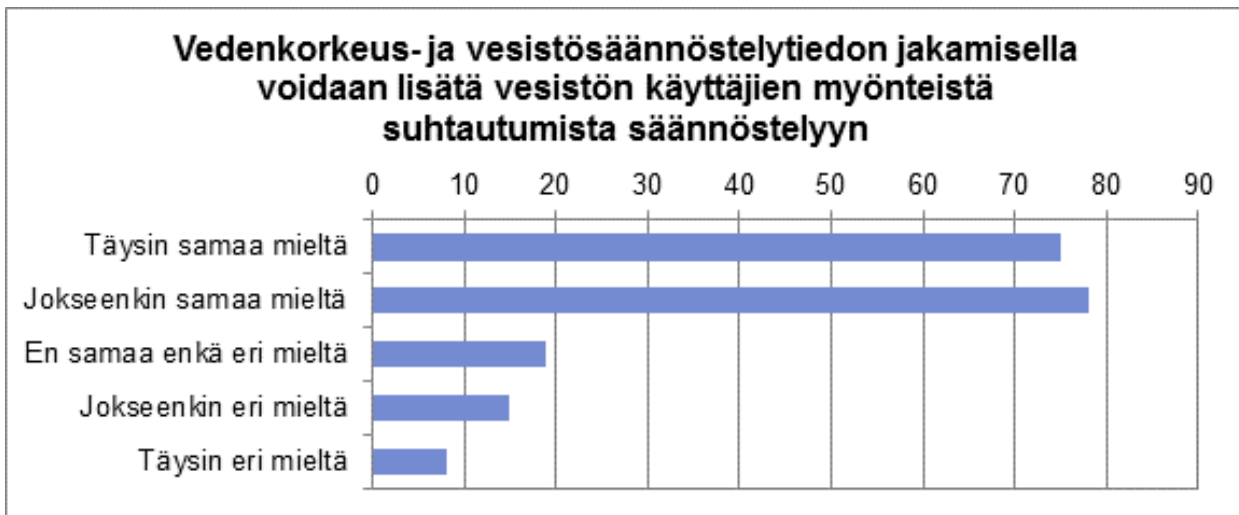
Kuva 8. Varautuminen tulviin ja kuivuuksiin.



Kuva 9. Vesistön vedenkorkeuksien oma seuranta.



Kuva 10. Tiedotuksen riittävyys.



Kuva 11. Tiedotuksen merkitys.

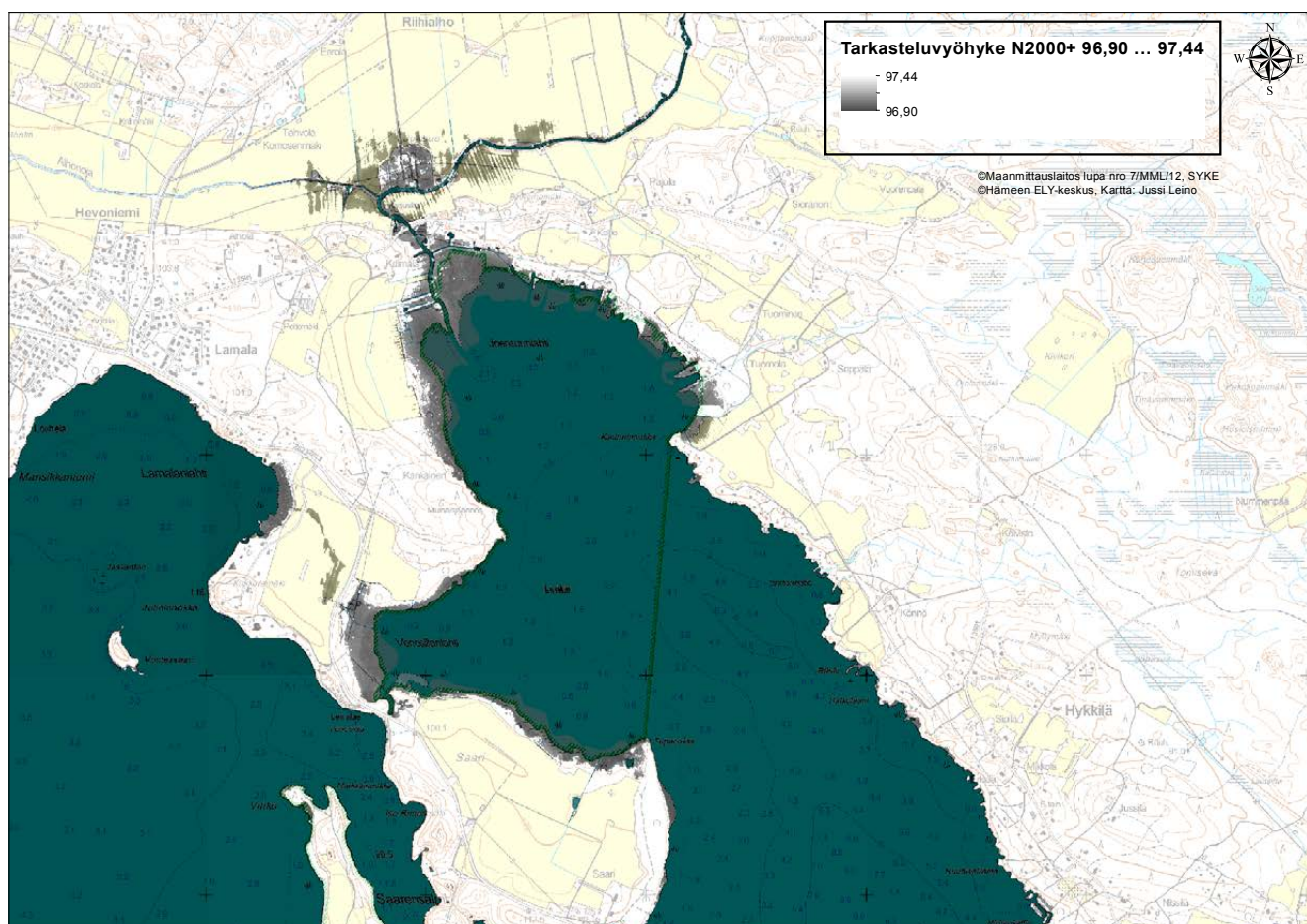
Liite 5. Loimijoen padotus- ja juoksutusselvitys, Pyhäjärven ja Kuivajärven rantapeltojen vettymishaitta

MENETELMÄN KUVAUS

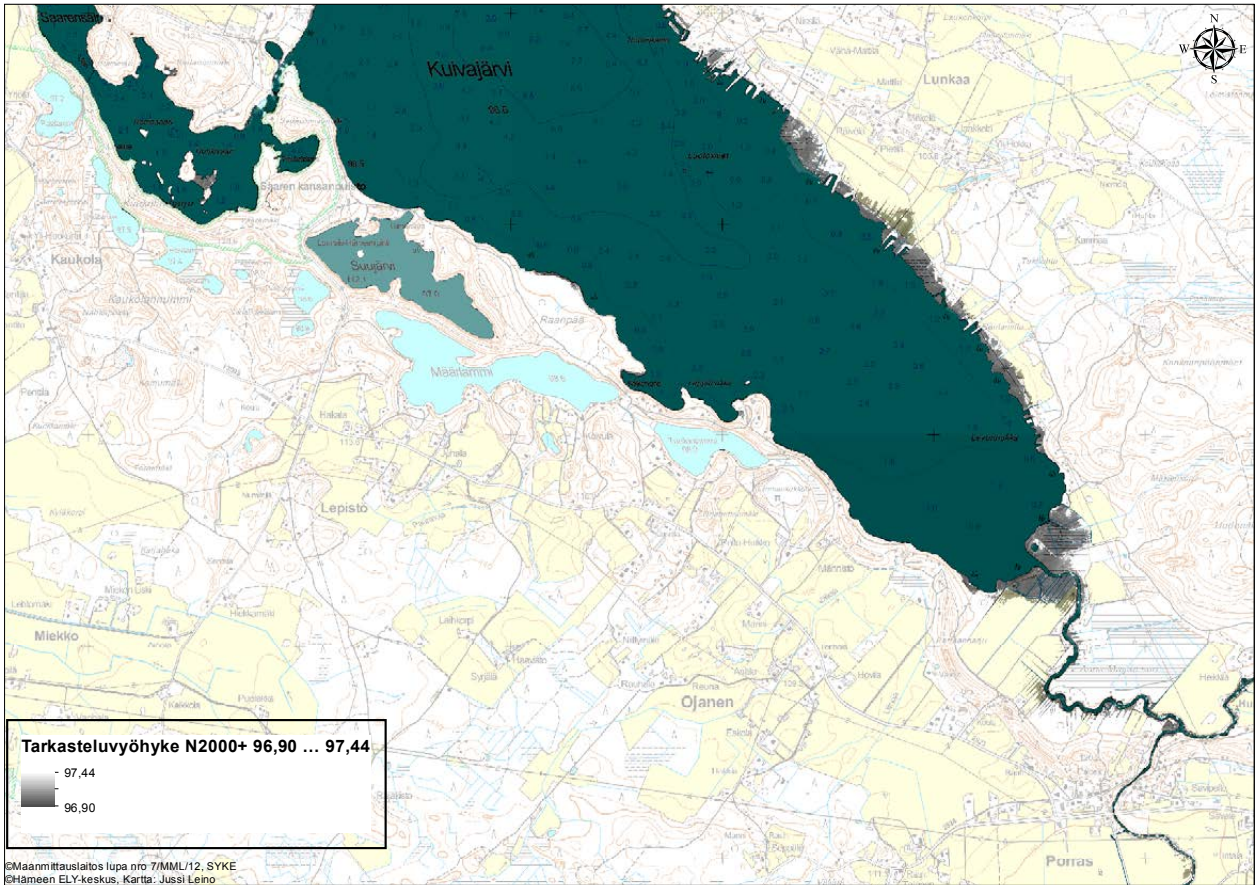
Tämä rantapeltotarkastelu tehtiin ArcGis-ohjelmalla KM2-korkeusmallia hyödyntäen. Kartalle haettiin korkeusmallista rantavyöhyke, joka sijaitsee korkeustasolla N2000+ 96,90 ... 97,44. Taso vastaa Pyhäjärven keskivedenkorkeuden ja nykyisen säännöstelyluvan aikaisen suurimman tulvakorkeuden välistä vyöhykettä. Näistä vyöhykkeistä tarkasteltiin peltojen sijaintia ja arvioitiin mahdollisesti vettyvien peltojen pinta-alat käyttäen ArcGisin mittaus työkalua. Mahdollisen vettymishaitan arvio on suuntaa-antava, eikä siinä oteta kantaa esimerkiksi peltojen tarkkoihin korkeusasemiin, maan rakenteeseen, maankuivatusratkaisuihin, vettymisen tarkkaan syvyyteen tai viljelykasveihin.

TULOKSET

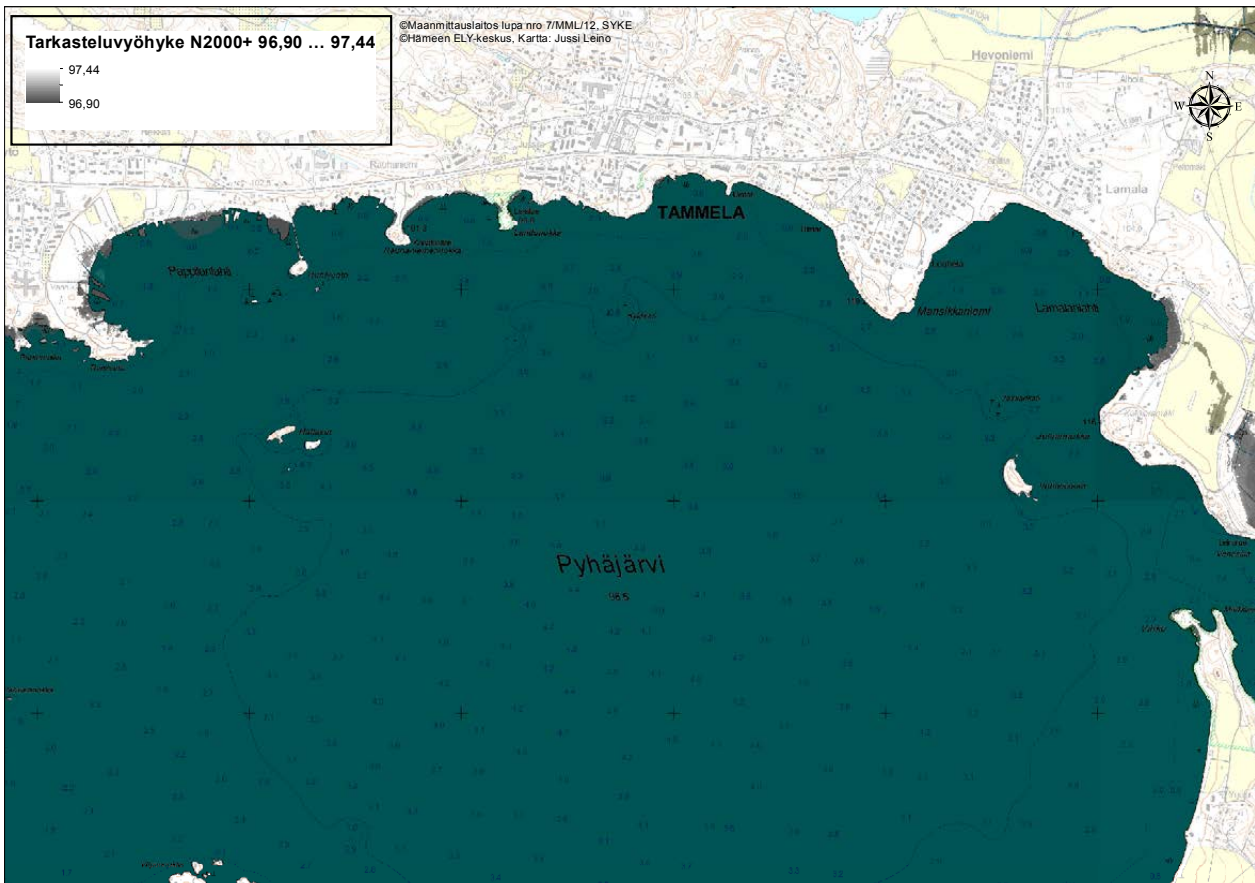
Yhteensä mahdollisesti vettyvää peltoa on 368 hehtaaria. Tästä suurin osa, 300 hehtaaria, muodostuu Kalliojärvestä ja sen lähialueista, joita pidetään kuivana penkereiden ja pumppujen avulla. Muut suuremmat alat sijaitsevat Kuivajärven pohjoisosassa ja Loimijoen varressa. Tulokset on esitetty alueittain karttojen kuvateksteissä (Kuvat 1–2 Kuivajärvi ja kuvat 3–6 Pyhäjärvi).



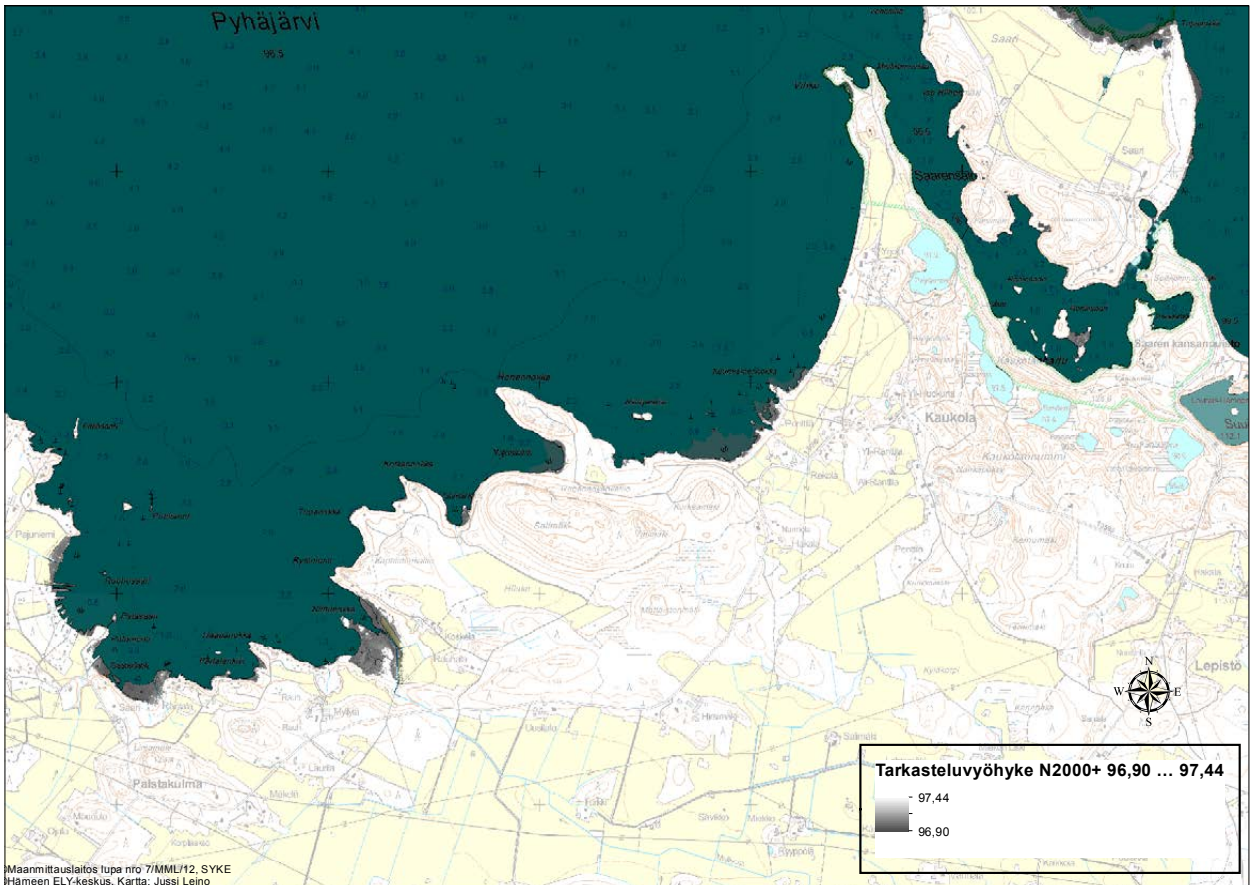
Kuva 1. Kuivajärven pohjoisosassa. Pyhäjärven ja Kuivajärven välisellä niemellä Kukkuramäen länsipuolella mahdollisesti vettyvää peltoa on noin 2,5 ha ja Kuivajärven pohjoisosassa noin 25 ha.



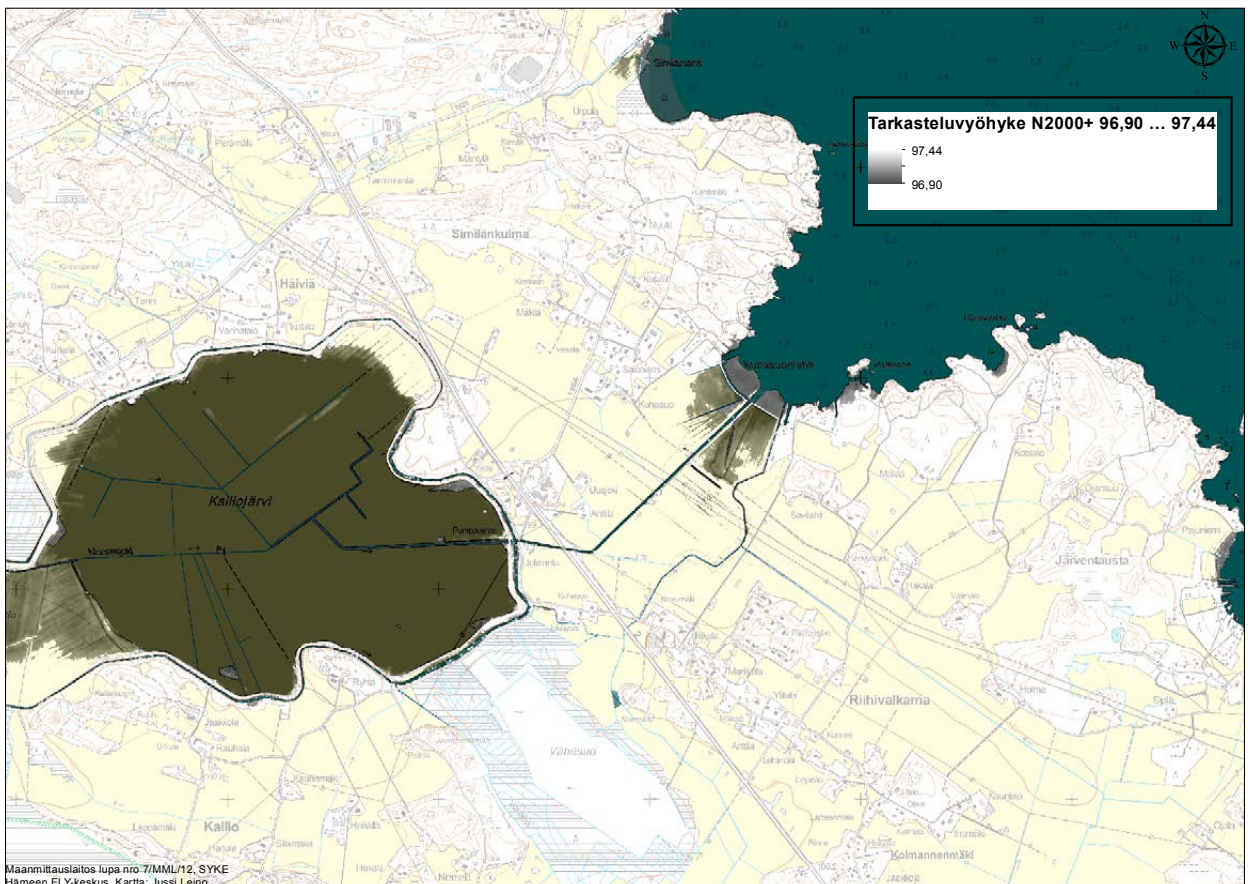
Kuva 2. Kuivajärven eteläosa. Tummennettu vyöhyke näyttää laajalta, mutta sijaitsee pääasiassa muualla kuin peltoalueella. Kuivajärven itäpuolella mahdollisesti vettyviä peltoja on yhteensä noin 1 ha. Kuivajärven eteläpuolella niitä on puolestaan noin 0,5 ha.



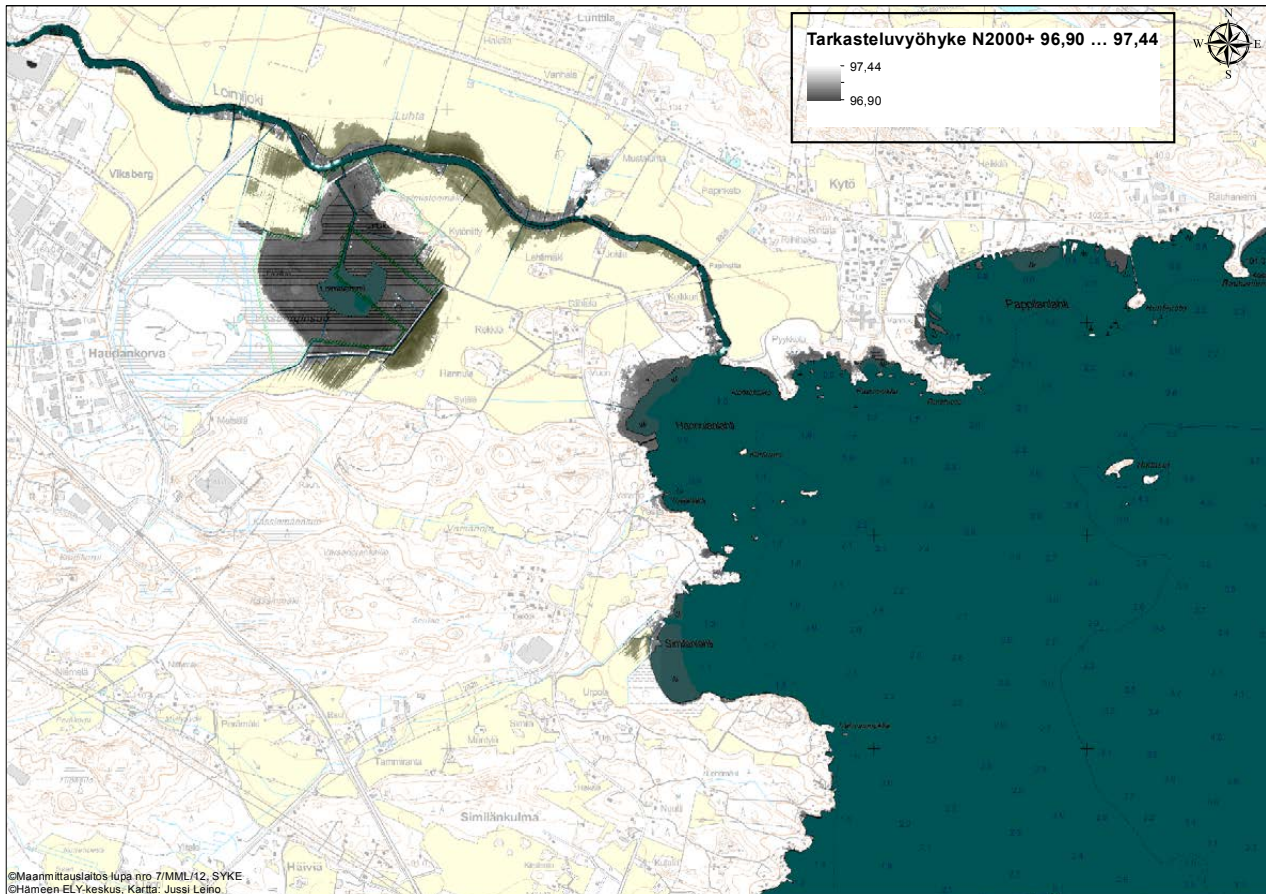
Kuva 3. Pyhäjärven koillisosa. Tarkasteluvyöhykkeellä ei sijaitse mahdollisesti vettyvää peltoa. Kartan oikeassa laidassa näkyvä peltoalue on käsitelty kuvan 1 yhteydessä.



Kuva 4. Pyhäjärven kaakkoisosaa. Tarkasteluvyöhykkeellä ei sijaitse mahdollisesti vettyvää peltoa. Kartalla näkyvät tummennetut alueet eivät ole peltoa.



Kuva 5. Pyhäjärven lounaisosaa. Kartalla näkyvä Kalliojärvi on kuivatettu peltomaaksi 1950-luvulla ja sitä pidetään kuivana penkkeiden ja pumppujen avulla. Kalliojärven ja sen lähialueiden mahdollisesti vettyvä peltotala on arviolta 250 ha. Kartan ulkopuolella oleva Kalliojärven länsipuolinen Poution alue on alavaa ja mahdollisesti vettyvää peltoa on arviolta 35 ha. Lähellä Pyhäjärveä Kusahaunlahden rannassa oleva mahdollisesti vettyvä, mutta käytännössä pengerrytetty peltotala on 15 ha.



Kuva 6. Pyhäjärven luoteisosa. Similänlahdessa mahdollisesti vettyviä peltoja on 2 ha. Loimijoen rannassa mahdollisesti vettyviä peltoja on noin 37 ha. Kartalla erottuva Loimalampi on pääosin luonnonsuojelualuetta. Todellinen vedenkorkeus laskee padolle päin mentäessä ja varsinkin tulvatilanteessa vedenkorkeus jokivarressa voi olla jopa kymmeniä senttejä alempana kuin järvellä. Tätä ei ole huomioitu tarkastelussa, vaan vedenkorkeutena on käytetty järven vedenkorkeusvyöhykkeitä.

Julkaisusarjan nimi ja numero Raportteja 80/2017				
Vastuualue Ympäristö ja luonnonvarat				
Tekijät Loimijoen padotus- ja juoksutus selvityksen ohjausryhmä		Julkaisuaika Joulukuu 2017		
		Kustantaja /Julkaisija Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
		Hankkeen rahoittaja/toimeksiantaja		
Julkaisun nimi Loimijoen vesistöalueen padotus- ja juoksutus selvitys				
Tiivistelmä Loimijoen padotus- ja juoksutus selvityksessä selvitettiin mahdollisuuksia vähentää tulvasta tai kuivuudesta aiheutuvia haitallisia vaikutuksia Loimijoen vesistössä. Selvityksen laati Suomen ympäristökeskus Hämeen ELY-keskuksen johdolla ja yhteistyössä lupien haltijoiden, kuntien ja muiden viranomaisten sekä sidosryhmien kanssa.				
Loimijoen alueella kevättulvat ovat aiemmin olleet vuoden suurimpia tulvia. Kuitenkin jo 2000-luvulla yli puolet Loimijoen vuoden suurimmista virtaamista on esiintynyt kevään ulkopuolella, enimmäkseen marras-joulukuussa. Tässä selvityksessä tehdyissä ilmastomuutostarkasteluissa Loimijoen vuoden suurimmat virtaamat ajoittuivat tammi-helmikuulle. Korkeampien lämpötilojen myötä sateet tulevat useammin vetenä, ja lunta sulaa useammin jo talven aikana. Kasvavat talviviltaamat lisäävät sekä hyyteen että jääpatojen aiheuttamaa tulvariskiä. Suuri virtaama voi hidastaa jääkannen muodostumista, jolloin jääkannettomassa joessa hyydetulvariski kasvaa pakkasen kiristytessä. Jäänpaksuus voi myös kasvaa aiempaan verrattuna, mikäli eristävä lumikerros jää ohueksi, mutta pakkasen on kireää. Tällöin säään lauhduminen voi aiheuttaa jäiden kasautumista jääpadoksi asti.				
Kesällä ja syksyllä ilmastomuutoksen ennustetaan pahentavan kuivuustilanteita, koska kevään tulovirtaamat pienenevät ja aikaistuvat, kesät pitenevät ja haihdunnan määrä kasvaa. Pitkäkestoinen kuivuus pienentää tulovirtaamia ja vesistöistä voi haihtua enemmän vettä kuin sinne tulee. Toisaalta kesän ja syksyn rankkasateiden aiheuttamat tulvahuiput tulevat ilmastomuutosjaksoilla kasvamaan, koska suuret sateet yleistyvät ja kasvavat ilmastomuutoksen vaikutuksesta. Loimijoen jokivoimalaitosten lupamuutoksilla ei varastoaltaiden puuttumisen vuoksi voida laajamittaisesti vähentää tulvista ja kuivuuksista aiheutuvia vahinkoja. Tulvatilanteessa jokivoimalaitosten juoksutuskäytännöillä on kuitenkin vaikutusta paikallisiin tulvavedenkorkeuksiin voimalaitosten ylä- ja alapuolella. Padottamalla vettä Tammelan Pyhäjärveen voidaan tulvatilanteessa vaikuttaa jonkin verran alajuoksun virtaamiin ja vedenkorkeuksiin, mutta Loimijoen viipymän takia juoksutuksen ajoittaminen on hankalaa. Kuivuustilanteen aiheuttamia ongelmia voidaan pienentää pitämällä Kuhalankosken juoksutuksia riittävän suurina. Koska kuivuustilanteet ovat kestoiltaan määrittelemättömiä, tulisi Pyhäjärven mahdollisuuksien mukaan varastoida vettä alkukesällä, jotta sitä riittää juoksutettavaksi myöhemmin kesän ja syksyn mittaan.				
Selvityksessä päädyttiin kuuteen suositukseen, joista kolme ensimmäistä koskee Tammelan Pyhäjärven säännöstelyä, neljäs suositusten tarkistamista viiden vuoden välein, viides viestintää vesistöennusteiden avulla ja kuudes tulvakartoituksen jatkamista Loimijoen alajuoksulla. Pyhäjärven säännöstelysuosituksilla ei pyritä vuositasolla muuttamaan järven vedenkorkeuksia, vaan sopeutumaan nykyisen säännöstelyluvan puitteissa ilmastomuutoksen aiheuttamaan hydrologisen kierron rytmin muuttumiseen.				
Asiasanat (YSA:n mukaan) Loimijoki, tulvat, padotus selvitykset, juoksutus selvitykset, virtaama, veden korkeus, säännöstely, suositukset, hydrologinen kierto				
ISBN (Painettu)	ISBN (PDF) 978-952-314-652-5	ISSN-L 2242-2846	ISSN (painettu)	ISSN (verkkojulkaisu) 2242-2854
www www.doria.fi/ely-keskus	URN URN:ISBN:978-952-314-652-5		Kieli Suomi	Sivumäärä 98
Kustannuspaikka ja -aika Hämeenlinna				

RAPORTEJA 80 | 2017

LOIMIJOEN PADOTUS- JA JUOKSUTUSSELVITYKSEN OHJAUSRYHMÄ

Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ISBN 978-952-314-652-5 (PDF)

ISSN-L 2242-2846

ISSN 2242-2854 (verkkajulkaisu)

URN:ISBN:978-952-314-652-5

www.doria.fi/ely-keskus | www.ely-keskus.fi