

Padotus- ja juoksutus selvitys

Iso-Lamujärvi

Pyhännän kunta

LAATIJAT:

POHJOIS-POHJANMAAN ELY-KESKUS: ERIKA TOIVONEN, VELI-PEKKA LATVALA, KIMMO ARONSUU JA KAISA KETTUNEN
SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS: JARI UUSIKIVI JA HARRI MYLLYMAA



Sisältö

1 Johdanto.....	1
2 Vesistön yleiskuvaus	2
2.1 Valuma-alue.....	2
2.2 Veden laatu ja ekologinen tila	3
2.3 Vesistön käyttö.....	3
3 Hydrologia.....	4
3.1 Pinta-alat ja tilavuudet.....	4
3.2 Hydrologiset tiedot.....	4
3.3 Ilmastonmuutoksen vaikutus	8
4 Säännöstely.....	13
4.1 Historia	13
4.2 Nykyinen säännöstely	13
4.3 Säännöstelyn ongelmakohdat ja kehittämistarpeet.....	14
5 Tulva- ja kuivuushaitat	17
5.1 Tulvariskit Iso-Lamujärvellä	17
5.2 Tulvariskit Lamujoella	18
5.2.1 Kesäaika	18
5.2.2 Talviaika.....	18
5.3 Muut tulvasta aiheutuvat haitat.....	18
5.4 Kuivuusriskit	19
5.5 Ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit.....	19
6 Vedenkorkeus- ja virtaamamallinnus.....	20
6.1 Vesistömalli	20
6.2 Parametrien valinta.....	20
6.3 Mallinnuksen tulokset	22
6.3.1 Nykykäytäntö.....	22
6.3.2 Pienemmät talvijuoksutukset.....	23
6.3.3 Suuremmat talvijuoksutukset.....	24
6.3.4 Kesäaikaisen tavoitetason vaikutus	28
6.3.5 Syysaikaisen tavoitetason vaikutus	29
6.4 Iso-Lamujärven kevätkuoppa ilmaston muuttuessa.....	32
6.5 Pohjapatotarkastelu	32
6.6 Mallin epävarmuustekijät	33
7. Säännöstelyn vaikutukset ekologiaan ja virkistyskäyttöön.....	35
7.1 Vesimittari.....	35
7.2 Parametrien valinta.....	35
7.3 Vesimittarin tulokset	36
7.3.1 Vesimittarin vaihtoehdot ja tulokset	36
7.3.2 Vaikutukset Iso-Lamujärven ekologiaan.....	37
7.3.3 Vaikutukset Iso-Lamujärven virkistyskäyttöön	38

7.4 Mallin epävarmuustekijät	39
7.5 Vaikutukset Lamujoen ekologiseen tilaan	39
8 Suosituksia padotus- ja juoksutusohjeeksi	40
8.1 Yleistä.....	40
8.2 Juoksutettavat virtaamat.....	40
8.2.1 Juoksutukset kun vedenkorkeus ylittää $N_{43}+137,00$ m.....	40
8.2.2 Talven juoksutusmaksimi	40
8.2.3 Kesä- ja syysajan juoksutusmaksimi.....	41
8.3 Vedenkorkeudet	41
8.3.1 Ylärajan $N_{43}+ 137,00$ m ylitykset	41
8.3.2 Muita suosituksia.....	41
8.4 Mahdolliset ehdotukset uusiksi luparajoiksi	42
9 Sidosryhmäyhteistyö	43
10 Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet.....	44
Lähteet:	46
Liitteet.....	47

1 Johdanto

Pyhännän kunnassa sijaitsevan Iso-Lamujärven säännöstely on aloitettu vuonna 1968. Säännöstely on osa Lamujoen järjestelyä, joka on toteutettu Pohjois-Suomen vesioikeuden antaman päätöksen nro 64/65/II perusteella. Järjestelyn ensisijaisena tavoitteena on ollut tulvasuojelu, ja siihen on liittynyt Iso-Lamujärven lisäksi Vähä-Lamujärven säännöstely sekä Kortteisen tekoaltaan rakentaminen ja säännöstely. (PsVeO 60/99/2.) Iso-Lamujärven säännöstelyä hoitaa Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (POPELY) järjestely-yhtiön kanssa tehdyn sopimuksen perusteella.

Säännöstelyä on kuitenkin ollut hankala toteuttaa, sillä luvamukaiset vedenkorkeudet ovat ylittyneet useasti kevät-tulvien vuoksi. Yläraja ei kuitenkaan ole ehdoton. Toisaalta järvet ovat myös kärsineet alhaisesta vedenkorkeudesta pitkinä kuivakausina. Säännöstelyn hoitoa on vaikeuttanut edelleen supon ja hyyteen muodostuminen sekä riski Lamujoen talvitulvista. Näiden syiden vuoksi Iso-Lamujärven ja Kortteisen säännöstelyä muutettiin Pohjois-Suomen vesioikeuden päätöksellä 10.11.1999. (PsVeO 60/99/2.) Lisäksi Kortteisen tekojärven säännöstelykäytännön muuttamisesta on tehty selvitys vuonna 2011 (FCG 2011).

Viime vuosina Iso-Lamujärven säännöstelyn ongelmakohtia ovat olleet muun muassa lähes vuosittaiset ylärajan ylitykset sekä niistä aiheutuvien suurien juoksutusten aiheuttamat ongelmat Lamujokeen. Varsinkin vuosi 2012 oli hankala, sillä vedenkorkeudet ylittivät ylärajan kevään lisäksi myös syksyllä runsaiden sateiden vuoksi (Ympäristöhallinto 2015a). Juoksutettavat virtaamat ovat usein joko ylittäneet tai alittaneet luparajat, mikä on johtunut etenkin nykyluvun tulkintavaikeuksista. Lisäksi Pohjanmaan ympäristökeskuksen (nykyinen Pohjois-Pohjanmaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) säännöstelemien järvien parantamismahdollisuuksia koskeneessa julkaisussa (Marttinen et al. 2006) ehdotetaan lievän kevättulvan sallimista Iso-Lamujärvelle ekologisten näkökulmien vuoksi.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia Suomen hydrologiaan, vesivaroihin ja säännöstelykäytäntöihin on tutkittu Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) WaterAdapt-hankkeessa. Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta kevättulvat pienenevät, talviaikaiset virtaamat kasvavat ja kuivuusriskit voivat kasvaa pidemmän kesän vuoksi. Näihin muutoksiin voidaan sopeutua muun muassa muuttamalla säännöstelykäytäntöä nykyisten lupaehtojen rajoissa tai muuttamalla nykyisiä lupaehtoja joustavammiksi. (Veijalainen et al. 2012.)

Tämän padotus- ja juoksutussuunnitelman tavoitteena on selvittää Iso-Lamujärven erilaisia säännöstelyvaihtoehtoja sekä nyky- että ilmastonmuutostilanteessa. Lisäksi tavoitteena on esittää nykykäytäntöön soveltuvat luparajasuosittukset, joiden avulla tulvariskejä voitaisiin hallita tehokkaammin. Eri virtaamatilanteiden sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksia säännöstelyyn on tarkasteltu käyttämällä Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmää (SYKE-WSFS). Säännöstelyvaihtoehtojen vaikutuksia Iso-Lamujärven ekologiaan ja virkistyskäyttöön on arvioitu käyttämällä Suomen ympäristökeskuksen kehittämää Vesimittari-ohjelmaa. Selvitys on osa Iso-Lamujärven kehittämissuunnitelman suunnittelua, ja se on laadittu huomioiden Suomen ympäristökeskuksen laatiman padotus- ja juoksutus-suunnitelman ohjeellinen sisältörunko.

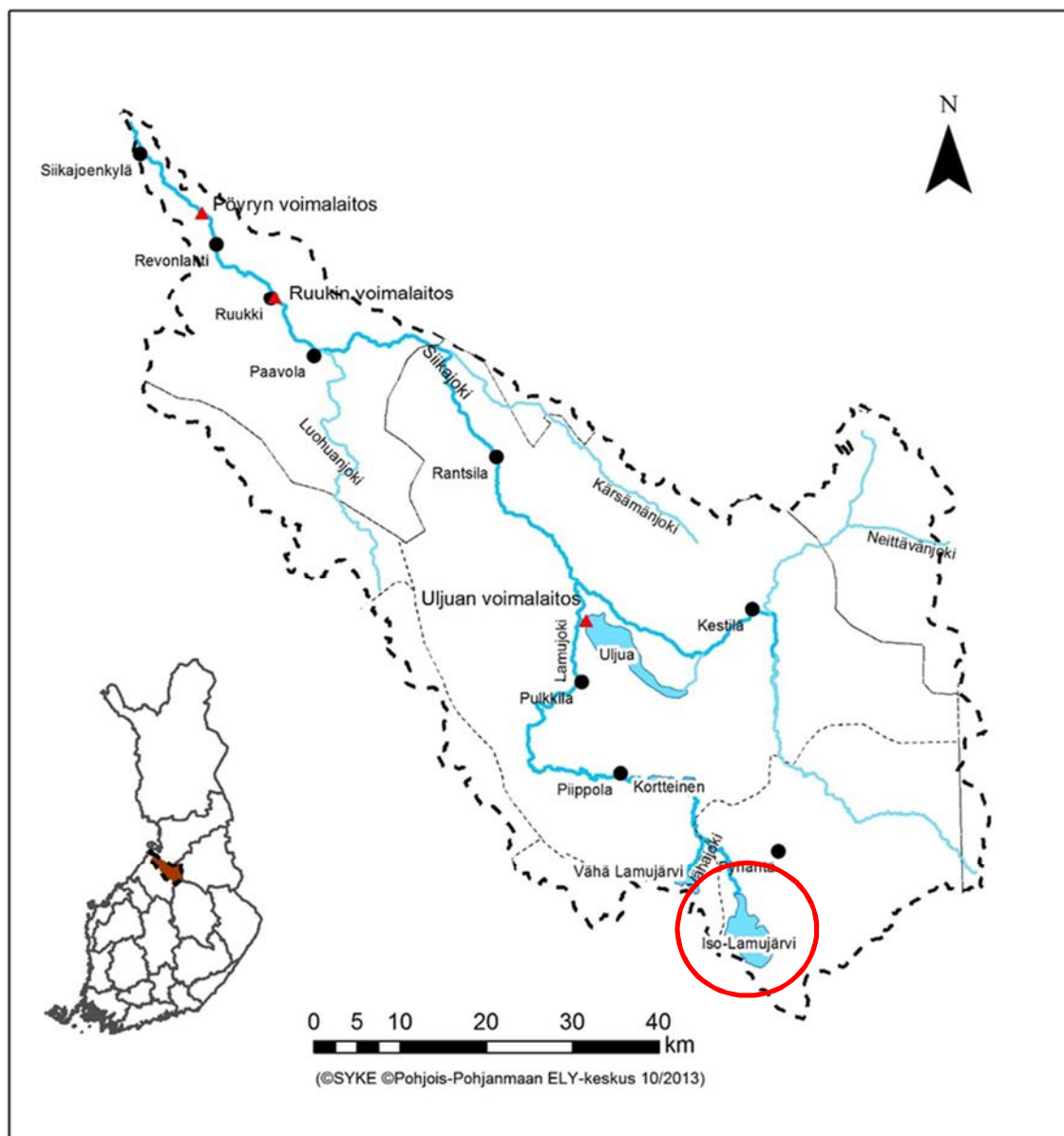
Selvityksen puitteissa on toteutettu maastokäynti Iso-Lamujärvelle sekä Lamujoelle heinäkuussa 2015. Käynnillä katselmoitiin Lamujoen tulvimisen syitä (tukkopaikkoja) ja tarkasteltiin muun muassa Iso-Lamujärven vahinkorajan oikeellisuutta.

2 Vesistön yleiskuvaus

2.1 Valuma-alue

Iso-Lamujärvi sijaitsee Siikajoen vesistöalueen latvalla Pyhännän kunnan alueella (Kuva 1). Iso-Lamujärvi laskee Lamujokeen, joka on Perämereen laskevan Siikajoen suurin sivu-uoma. (Martinmäki et al. 2008.) Lamujoen valuma-alueen (57.06) pinta-ala on Siikajoen yhtymäkohdassa 973 km² ja järvisyys 3,7 %. Iso-Lamujärven luusuassa valuma-alueen pinta-ala on 230 km² ja järvisyys 11,3 %. (PsVeO 60/99/2.)

Lamujoki virtaa Kortteisen tekojärven kautta sekä entisten Piippolan ja Pulkkilan kuntien läpi ja yhtyy Siikajokeen Sipolan kylän kohdalla (PsVeO 60/99/2). Lamujoen valuma-alueella sijaitsee myös Vähä-Lamujärvi, joka laskee Lamujokeen Vähäjoen kautta Kortteisen yläpuolelta. Kortteisen alapuolella sijaitsevan Uljuan tekoaltaan vedet laskevat Lamujoen alaosan kautta Siikajokeen. Suurimmat sivujoet ovat Vähäjoen lisäksi Ruonasenjärvestä laskeva Ruonasenjoki, Lahnasjärvestä laskeva Naarastenoja ja Pulkkilassa Lamujokeen yhtyvä Viitaoja (PsVeO 60/99/2). Siikajoen vesistöalueella säännöstellään Iso-Lamujärveä, Vähä-Lamujärveä, Kortteista sekä Uljuua (Martinmäki et al. 2008).



Kuva 1. Iso-Lamujärven sijainti Siikajoen vesistöalueella.

2.2 Veden laatu ja ekologinen tila

Siikajoen valuma-alue on hyvin suoperäistä ja voimakkaasti ojitettua, joten alueen vesistöt ovat humuspitoisia. Jokivedet ovat humuspitoisuuden vuoksi tummia ja sisältävät paljon rautaa sekä ravinteita. Lisäksi veden humuosisuus kasvaa alavirtaan siirryttäessä. (Salo 2015a.)

Iso-Lamujärvi tyypitellään keskikokoiseksi humusjärveksi (Martinmäki et al. 2008). Vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelman mukaan Iso-Lamujärvi kuuluu Oulunjoen–lijoen vesienhoitoalueeseen (VH 4), ja se on luokiteltu ensimmäisellä hoitokaudella ekologiselta ja kemialliselta tilaltaan hyväksi (Ympäristöhallinto 2015b). Järveen kohdistuu kuitenkin merkittäviä paineita, kuten turvetuotannon aiheuttama pistekuormitus, metsätalous sekä haja-asutus. Toisen hoitokauden vesienhoitosuunnitelman luonnoksessa on arvioitu, että riskinä voi olla järven hyvän tilan huononeminen hoitokaudella 2016–2021. (Laine 2015.)

Lamujoki on pintavesityypiltään keskisuuri turvemaiden joki (Kt) (Salo 2015c). Ensimmäisellä hoitokaudella joki on luokiteltu tyydyttävään ekologiseen tilaan ja hyvään kemialliseen tilaan. Toisella suunnittelukaudella kemialliseksi tilaksi on arvioitu hyvää huonompi. (Ympäristöhallinto 2015a.) Merkittäviä paineita tuovat turvetuotannon pistekuormitus, maatalous, metsätalous sekä säännöstely. Toisen hoitokauden vesienhoitosuunnitelman luonnoksessa on arvioitu, että Lamujoen ekologista tilaa voitaisiin parantaa muun muassa säännöstelykäytäntöjä kehittämällä. (Laine 2015.)

2.3 Vesistön käyttö

Iso-Lamujärven tärkeimpiä käyttömuotoja ovat loma-asutus, kalastus, linnustus, veneily sekä uiminen. Järven rannalla on yhteensä 226 loma-asuntoa ja neljä vakituista asuntoa. Loma-asukkaita on noin 480 ja vakituksia asukkaita noin kymmenen. (Ramboll 2014.) Lisäksi rannalla on kaksi yleistä uimarantaa (Martinmäki et al. 2008.)

Iso-Lamujärvi soveltuu kalastamiseen varsinkin sen hyvän muikkukannan vuoksi. Muita merkittävimpiä kalalajeja ovat särki, hauki ja ahven (Salo 2015b).

3 Hydrologia

3.1 Pinta-alat ja tilavuudet

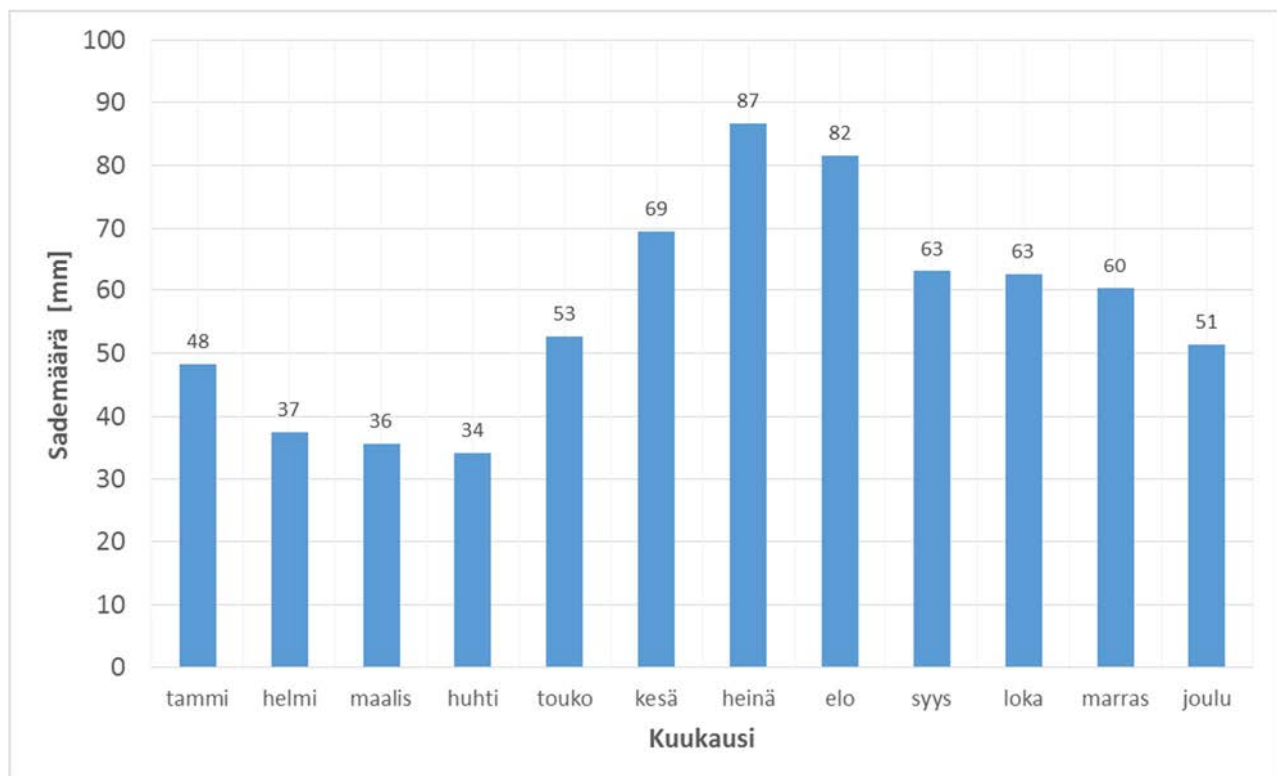
Iso-Lamujärven pinta-ala on 25,8 km², kokonaistilavuus 82,7 milj. m³ ja rantaviivan pituus 32,8 km (Ympäristöhallinto 2015c). Iso-Lamujärven tilavuus säännöstelyn alarajalla (N₄₃+135,70 m) on 45 milj. m³ ja ylärajalla (N₄₃+137,00 m) 72 milj. m³, joten säännöstelytilavuus on 27 milj. m³. Järven pinta-ala säännöstelyn alarajalla on 20,23 km² ja ylärajalla 23,54 km². (PsVeO 60/99/2.) Järven keskisyvyys on 3,2 m ja suurin syvyys 11,7 m (Ympäristöhallinto 2015c). Iso-Lamujärven perustiedot on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Perustietoja Iso-Lamujärvestä

	Kokonais ranta- viiva [km]	Pinta-ala [km ²]	Tilavuus [milj. m ³]	Säännöstelyti- lavuus [milj. m ³]	Keskisyvyys [m]	Suurin syvyys [m]
Iso-Lamujärvi	32,8	25,8	82,7	27	3,2	11,7

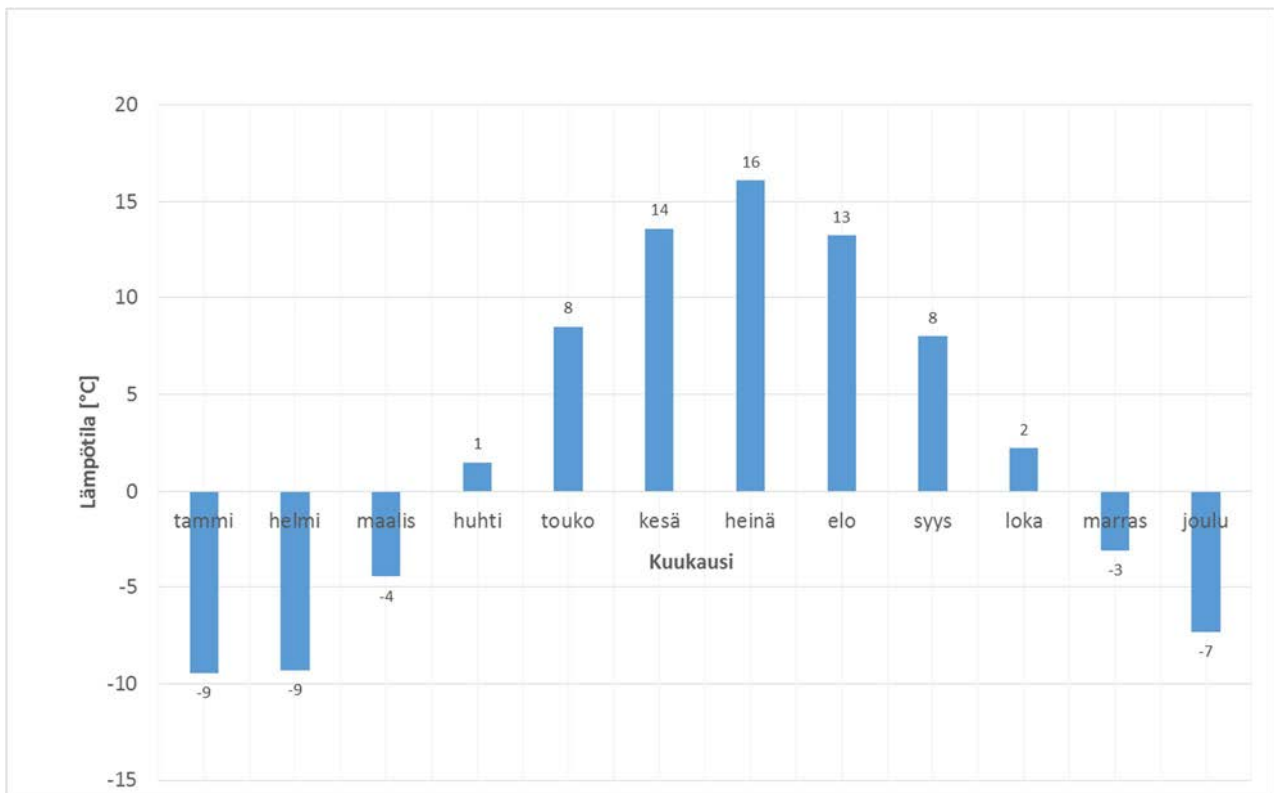
3.2 Hydrologiset tiedot

Iso-Lamujärven valuma-alueen hydrologiset tiedot on simuloitu käyttämällä SYKEN Vesistömallijärjestelmää. Vesistömallin toimintatapaa käsitellään tarkemmin luvussa 4.1. Mallin simulaatioiden tarkastelujaksona on käytetty vuosia 1971–2014. Simuloitu vuosisadanta on ollut keskimäärin noin 680 mm ja vuosihaidunta noin 450 mm. Simuloidut keskimääräiset kuukausittaiset sademäärät on esitetty kuvassa 2. Sadanta kasvaa kesäkaudella kesä- ja syyskuun välisenä aikana, ja on korkeimmillaan heinäkuussa, keskimäärin 87 mm/kk. Myös simuloitu keskimääräinen haihdunta on suurimmillaan heinäkuussa, noin 110 mm.

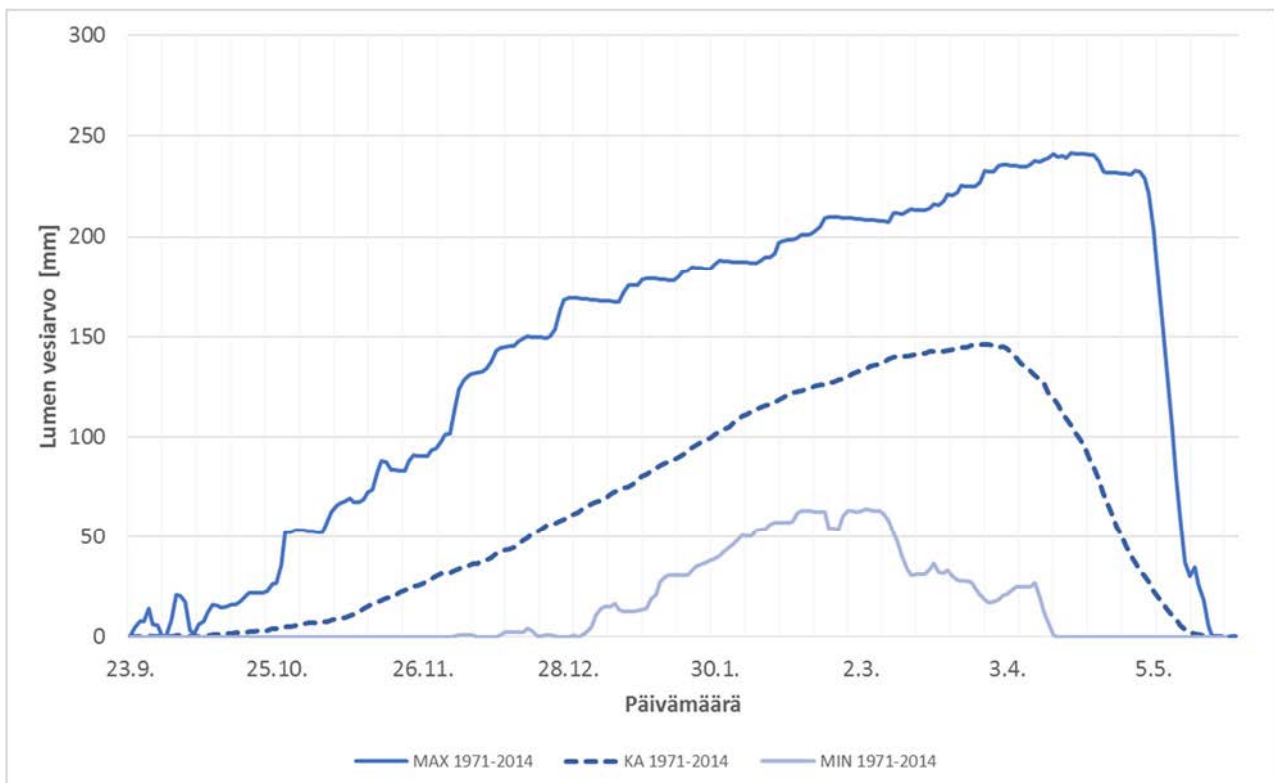


Kuva 2. Iso-Lamujärven simuloidut keskimääräiset sademäärät vuosina 1971–2014.

Iso-Lamujärven vesistömallilla simuloidut keskimääräiset kuukausilämpötilat vuosina 1971–2014 on esitetty kuvassa 3. Keskilämpötila pysyy nollan alapuolella marraskuun ja maaliskuun välisenä aikana. Simuloitu lumen vesiarvon maksimi esiintyy keskimäärin maaliskuun lopulla ja on keskiarvoisesti noin 146 mm (Kuva 4). Simuloitu jääkansi alkaa muodostua lokakuun alussa lämpötilojen viiletessä. Jäänpaksuus on yleensä noin 20–45 cm, ja jää on paksuimmillaan huhtikuussa. Jääpeite alkaa ohenemaan huhtikuun lopulla, ja jäät lähtevät keskimäärin toukokuun alussa.

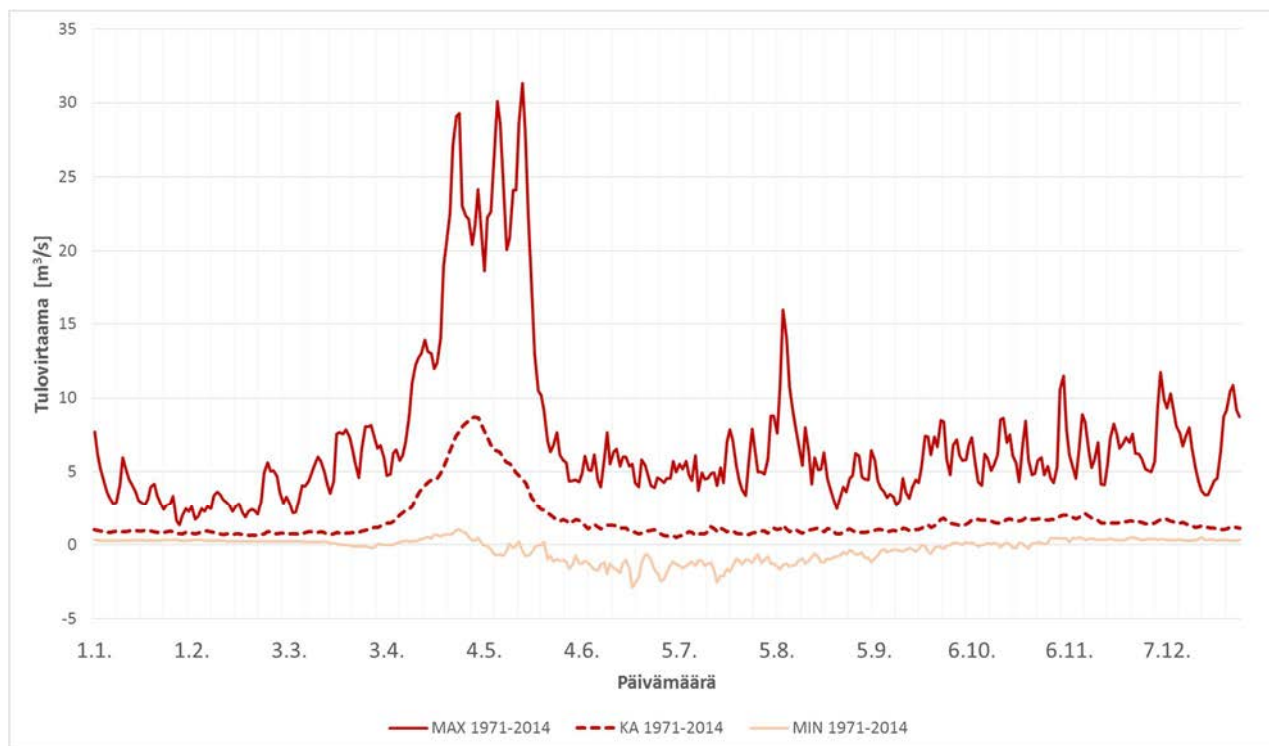


Kuva 3. Iso-Lamujärven simuloidut keskimääräiset lämpötilat vuosina 1971–2014.



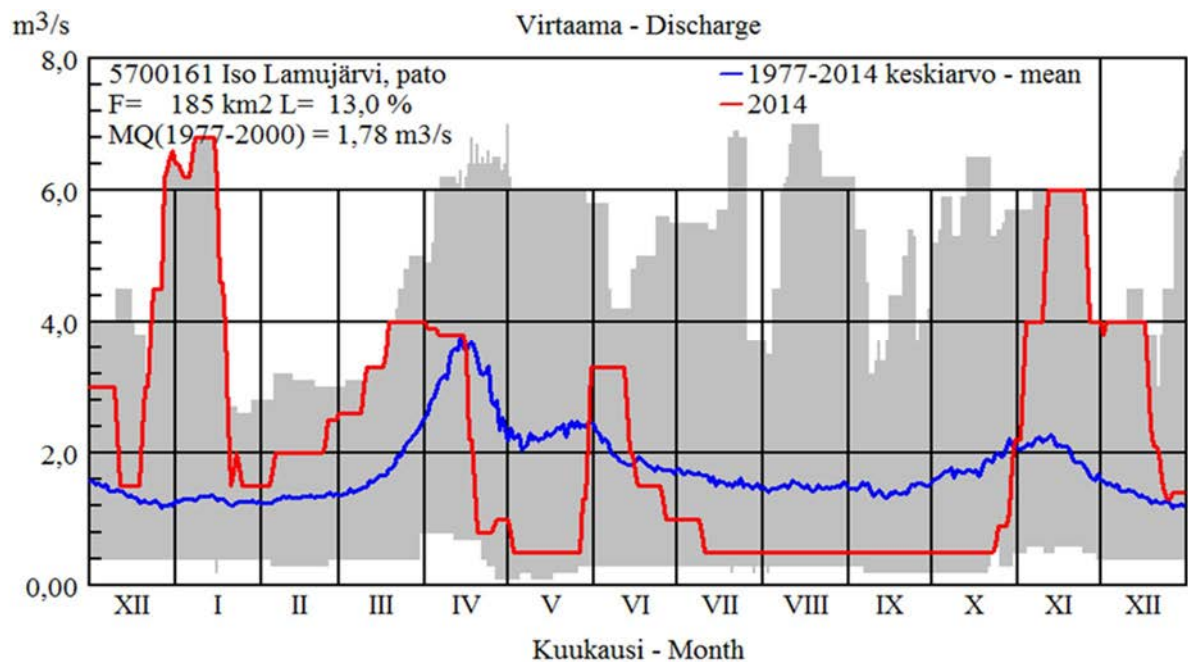
Kuva 4. Iso-Lamujärven simuloidut keskimääräiset lumen vesiarvot vuosina 1971–2014.

Iso-Lamujärven vesistömallilla simuloitu tulovirtaaman vaihtelu vuosina 1971–2014 on esitetty kuvassa 5. Tulovirtaama on korkeimmillaan huhti-toukokuussa, keskiarvoisesti noin 8-9 m³/s. Myös tulovirtaaman maksimiarvot ovat korkeimmillaan keväällä. Suurin tulovirtaaman maksimiarvo on ollut noin 31 m³/s. Kevätkauden ulkopuolella tulovirtaama pysyy keskiarvoisesti noin 1 m³/s.

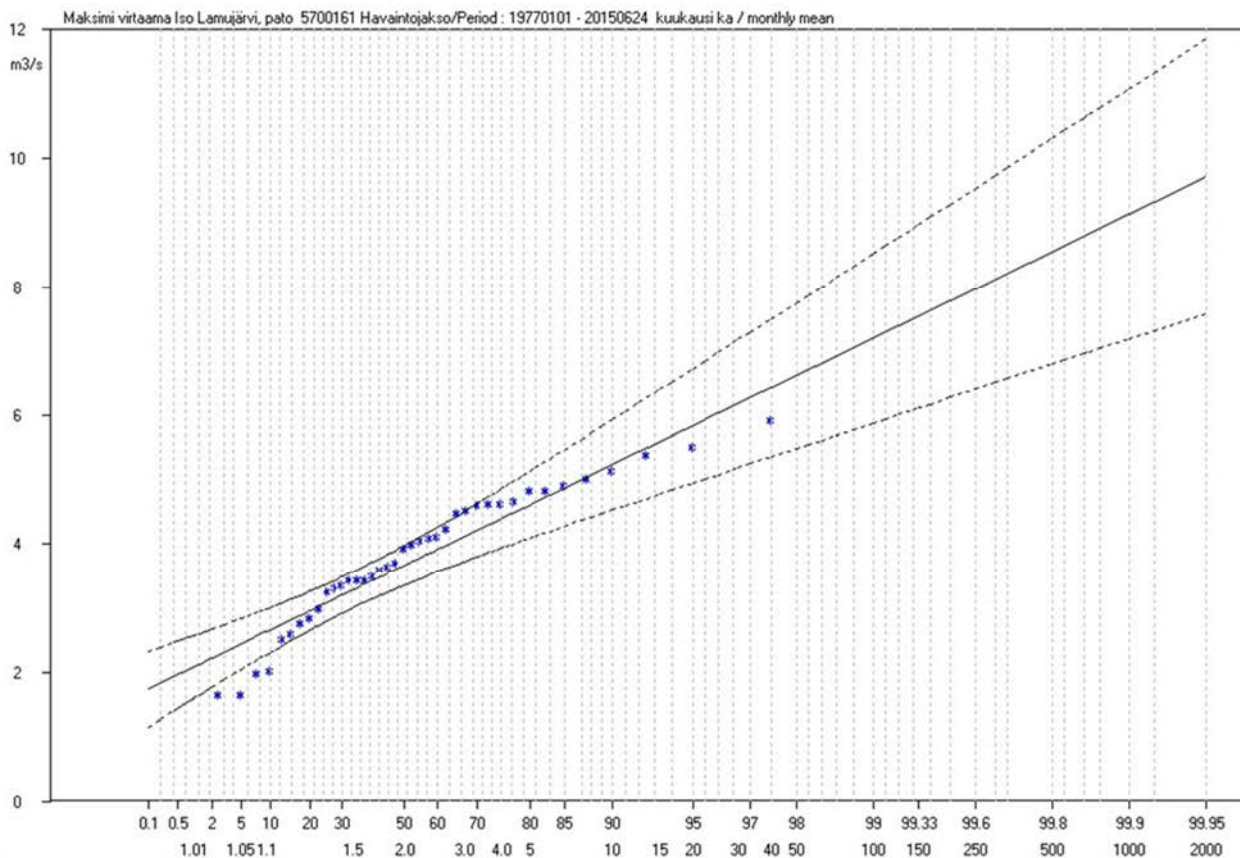


Kuva 5. Iso-Lamujärven simuloitu keskimääräinen tulovirtaama vuosina 1971–2014.

Iso-Lamujärven padolla havaittu keskivirtaama (MQ) havaintojaksolla 1977–2014 on ollut 1,8 m³/s, alivirtaama (NQ) 0,10 m³/s, keskialivirtaama (MNQ) 0,48 m³/s, ylivirtaama (HQ) 7,0 m³/s ja keskiylivirtaama (MHQ) 5,2 m³/s. Virtaamahuiput ovat ajoittuneet huhti-toukokuulle sekä alkusyksyyn (Kuva 6). (Ympäristöhallinto 2015d.) Suurin havaittu virtaama on 7 m³/s, ja se on havaittu toukokuussa 1967 sekä elokuussa 2012 (Ympäristöhallinto 2015e). Keskimäärin kerran 20 vuodessa toistuvat ylivirtaamat ovat Iso-Lamujärven alapuolella noin 7 m³/s (PsVeO 60/99/2). Iso-Lamujärven virtaamien toistuvuudet on esitetty kuvassa 7 ja virtaaman tunnusluvut on koottu taulukkoon 2.



Kuva 6. Iso-Lamujärven havaittuja keski- ja ääriarvoja havaintojaksolla 1977–2014 sekä vuoden 2014 havaitut virtaamat (Ympäristöhallinto 2015d).

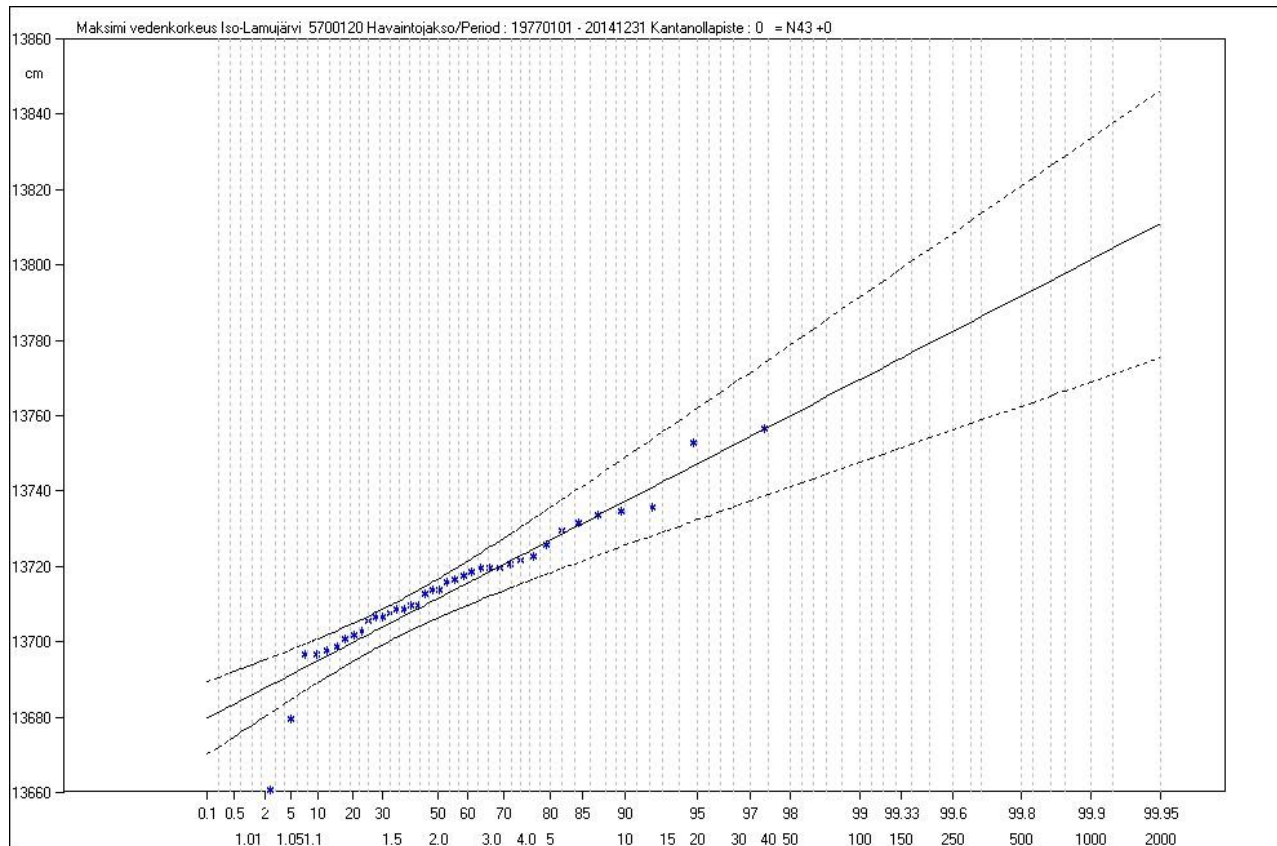


Kuva 7. Iso-Lamujärven padon virtaamien toistuvuuksia havaintojakson 1977–2014 pohjalta. Vaaka-akselilla kuvataan virtaaman esiintyvyyden todennäköisyyttä ja alla tulvan todennäköisyyttä. (Ympäristöhallinto 2015d.)

Taulukko 2. Virtaaman tunnusluvut

	NQ	MNQ	MQ	HQ	MHQ
Virtaama [m^3/s]	0,1	0,48	1,8	7	5,2

Iso-Lamujärven havaittu keskivedenkorkeus (MW) ajanjaksolla 1977–2014 on ollut $N_{43}+136,78$ m, alivesi (NW) $N_{43}+135,83$ m, keskialivesi (MNW) $N_{43}+136,24$ m, (HW) ylivesi $N_{43}+137,57$ m ja keskiylivesi (MHW) $N_{43}+137,14$ m (Ympäristöhallinto 2015f). Keskimäärin kerran 20 vuodessa toistuva ylivedenkorkeus on Iso-Lamujärvellä noin $N_{43}+137,44$ m (PsVeO 60/99/2). Korkein vedenkorkeus $N_{43}+137,57$ m on havaittu vuoden 1989 toukokuussa ja toiseksi korkein $N_{43}+137,34$ m vuoden 2012 elokuussa (Ympäristöhallinto 2015g). Iso-Lamujärven vedenkorkeuksien toistuvuudet on esitetty kuvassa 8 ja vedenkorkeuden tunnusluvut on koottu taulukkoon 3. Vuoteen 2004 saakka havainnot ovat satunnaisia (4–5 krt/kk), joten tulokset saattavat sisältää jonkin verran epävarmuutta etenkin ääriarvojen osalta.



Kuva 8. Iso-Lamujärven vedenkorkeuksien toistuvuuksia havaintojakson 1977–2014 pohjalta. Vaaka-akselilla kuvataan vedenkorkeuden esiintyvyyden todennäköisyyttä ja alla tulvan todennäköisyyttä. (Ympäristöhallinto 2015f.)

Taulukko 3. Vedenkorkeuden tunnusluvut

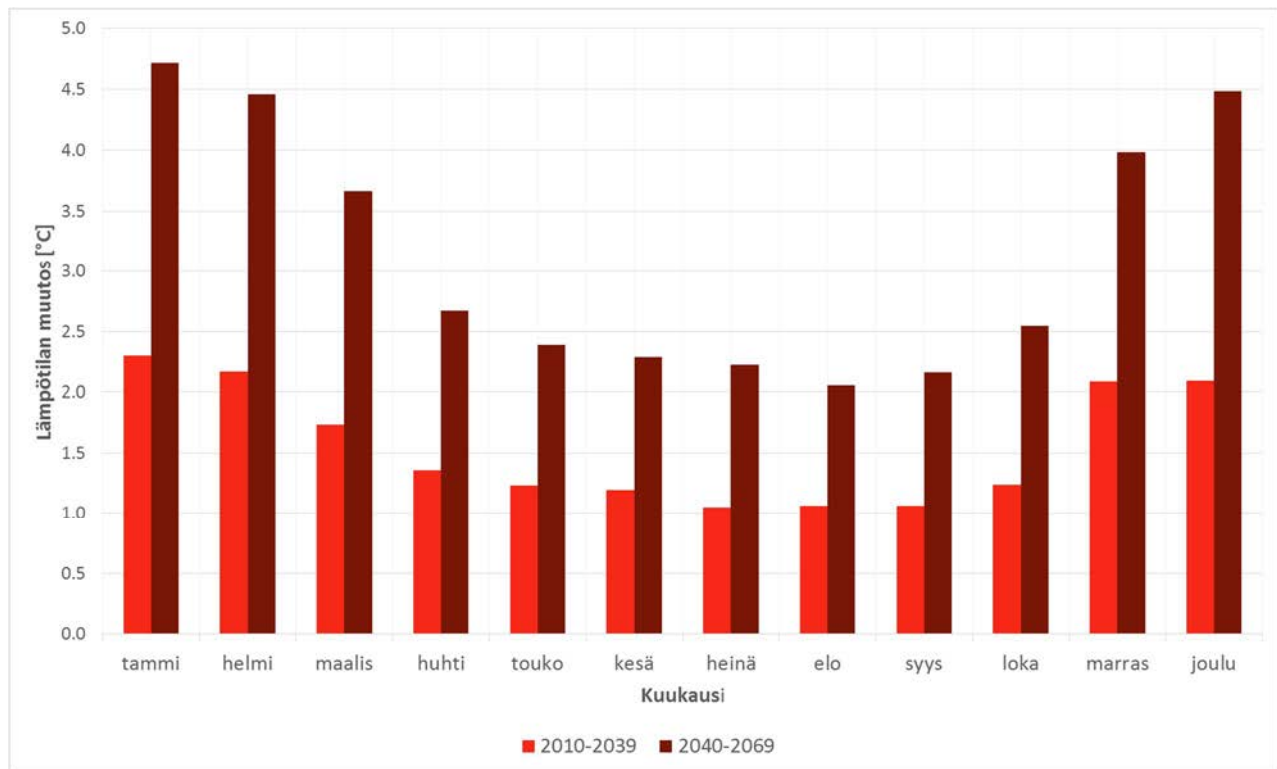
	NW	MNW	MW	HW	MHW
Vedenkorkeus [$N_{43}+m$]	135,83	136,24	136,78	137,57	137,14

3.3 Ilmastonmuutoksen vaikutus

Ilmastonmuutoksen vaikutusta Iso-Lamujärven valuma-alueen hydrologiaan on arvioitu Suomen ympäristökeskuksen toimesta SYKEN Vesistömallijärjestelmällä. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia on arvioitu ajanjaksoille 2010–2039 ja 2040–2069. Referenssijaksona mallissa on käytetty vuosia 1971–2014. Ilmastonmuutoskenaariona käytettiin 19 globaalin mallin tulosten keskiarvoa ja kasvihuonepäästöjen laskennassa keskiarvoskenaariota A1B.

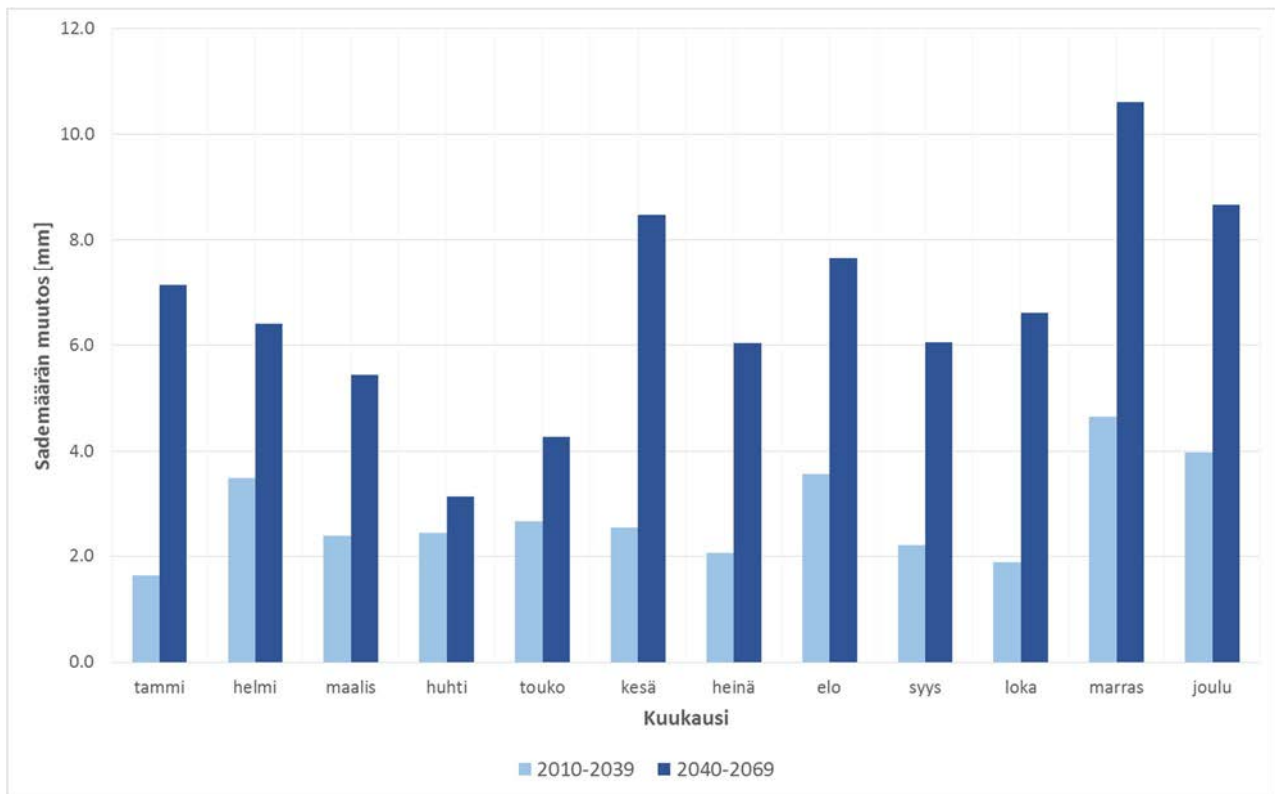
Yleisesti ottaen Pohjanmaalla vuosivalunnan on arvioitu kasvavan 1–7 % (vrt. tulovirtaama alempana) ja runsaslumisten talvien vähentyessä kevättulvien pienenevän. Kesän kuivuuden on arvioitu lisääntyvän, mutta toisaalta vettä kasvaa syksyllä sekä talvella runsaampien sateiden vuoksi. Lisäksi rankkasateiden on arvioitu yleistyvän. (Veijalainen et al. 2012.)

Iso-Lamujärven alueella lämpötila kasvaa jaksolla 2010–2039 keskimäärin noin 1,6 °C verrattuna vertailujaksoon (Kuva 9). Lämpötila kasvaa eniten talviaikaan marras-helmikuussa ja vähiten heinä-syyskuussa. Jaksolla 2040–2069 lämpötila kasvaa keskimäärin 3,1 °C. Lämpötila kasvaa varsinkin talviaikaan, ja lämpötila nousee keskimäärin eniten tammikuussa, 4,7 °C.



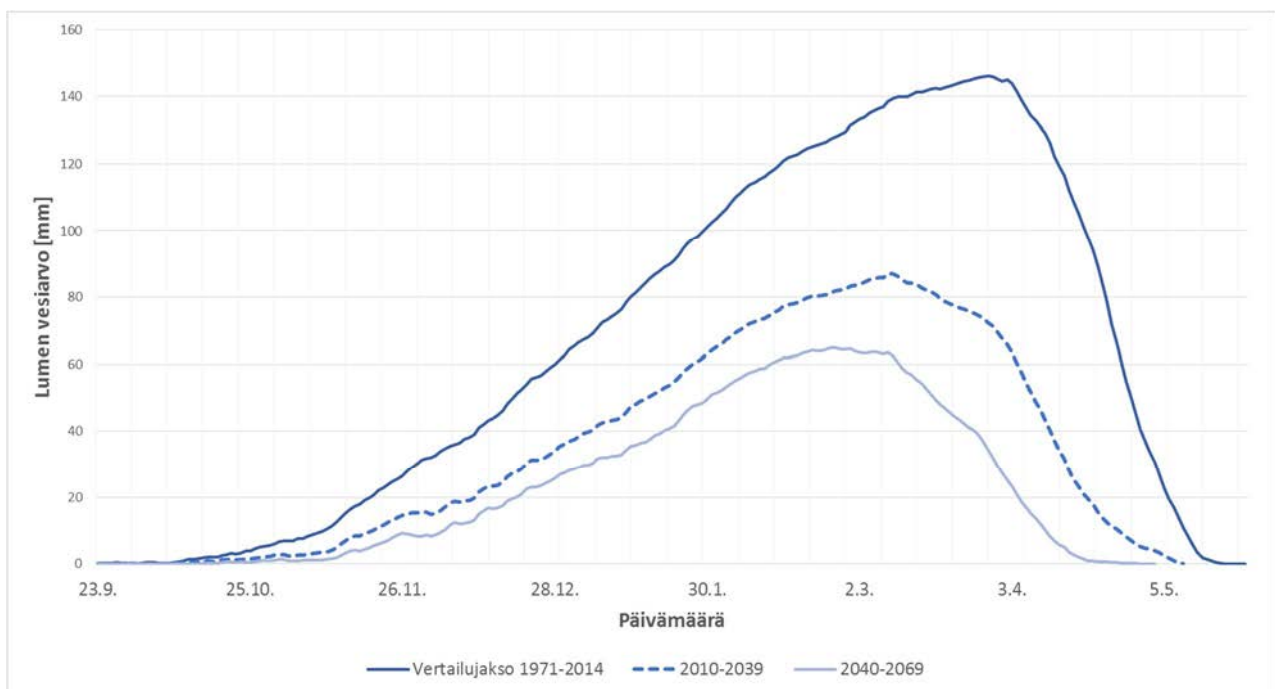
Kuva 9. Ilmastomuutoksesta johtuva keskimääräinen lämpötilojen kasvu jaksolla 2010–2039 ja 2040–2069.

Iso-Lamujärven alueella vuotuinen sadanta kasvaa keskimäärin 5 % jaksolla 2010–2039 ja 12 % jaksolla 2040–2069 verrattuna havaintojaksoon 1971–2014 (Kuva 10). Sadanta kasvaa eniten talviaikana, mutta jaksolla 2040–2069 myös kesä- ja syysateet kasvavat merkittävästi.



Kuva 10. Ilmastonmuutoksesta johtuva keskimääräinen sadannan kasvu jaksoilla 2010–2039 ja 2040–2069.

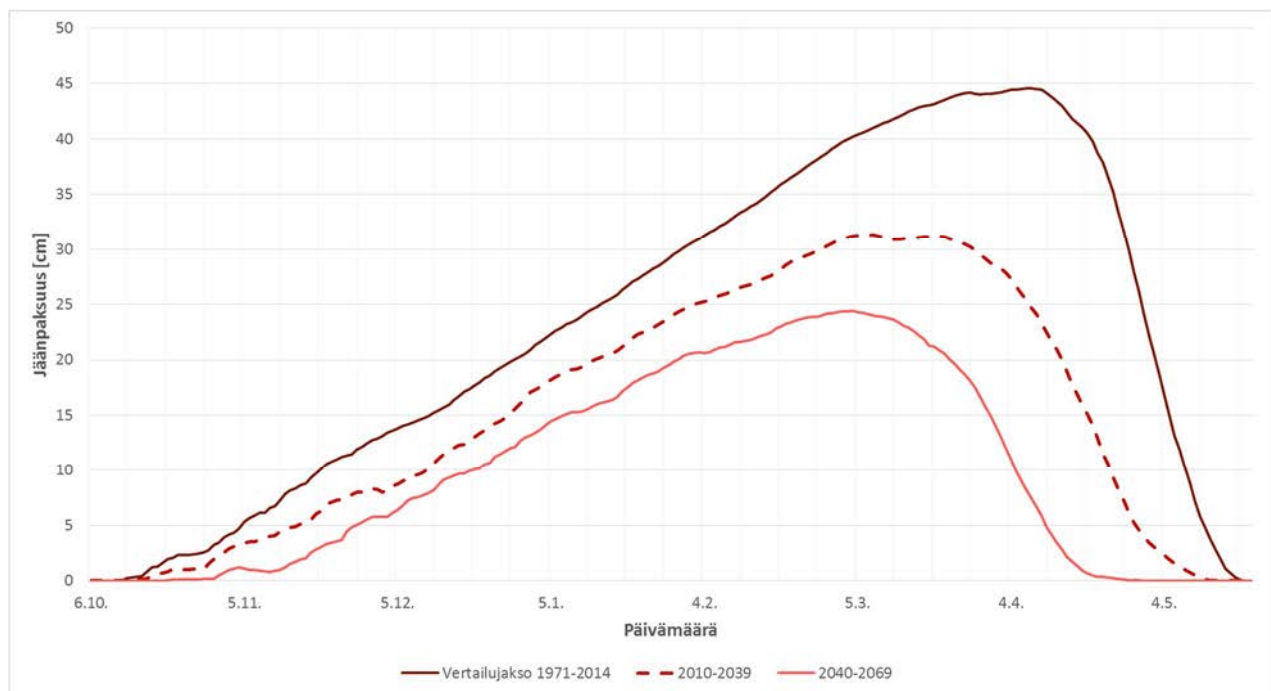
Talvikauden lämpötilan kasvun vuoksi lumen vesiarvot tulevat pienenemään: lumen veden huippuarvot vähentyvät vertailujakson 146 mm:stä keskimäärin 87 mm:iin jaksolla 2010–2039 ja 65 mm:iin jaksolla 2040–2069 (Kuva 11). Lumen vesiarvot vähentyvät loka- ja joulukuussa molemmilla ilmastojaksoilla, mutta erot eivät ole yhtä merkittäviä kuin tammi-maaliskuussa. Lisäksi lumen sulanta aikaistuu huhtikuusta keskimääräisesti maaliskuun puolivälille jo jaksolla 2010–2039.



Kuva 11. Ilmastonmuutoksen keskimääräinen vaikutus lumen vesiarvoihin jaksoilla 2010–2039 ja 2040–2069.

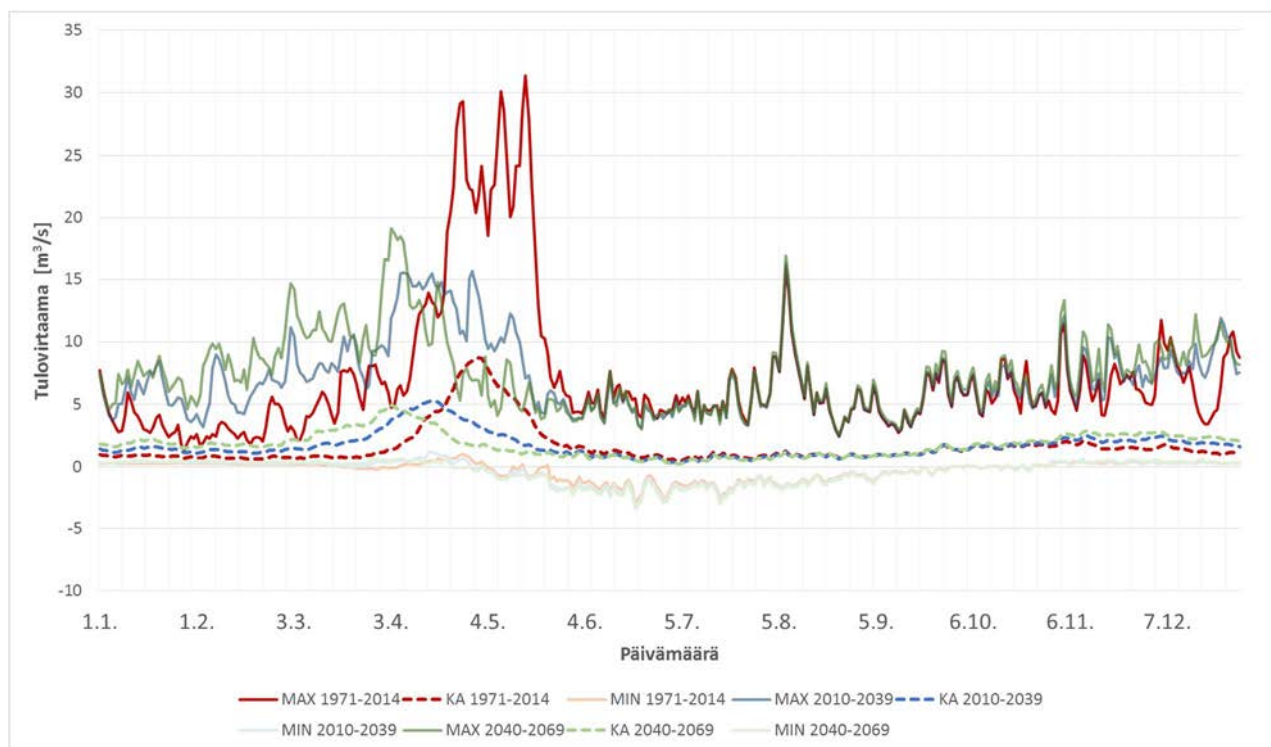
Iso-Lamujärven jäänpaksuudet tulevat ohenemaan jaksolla 2010–2039 keskiarvoisesti 7,8 cm ja jaksolla 2040–2069 12,9 cm (Kuva 12). Jäänpaksuuden maksimiarvo vähenee puolestaan havaintojakson 45 cm:stä jaksolla 2010–2039

31 cm:iin. Jaksolla 2040–2069 jäänpaksuuden maksimiarvo on enää 24 cm, joten jäänpaksuus jää keskimäärin noin 50 % pienemmäksi kuin havaintojaksolla. Jään sulaminen aikaistuu huhtikuun lopusta noin maaliskuun loppuun.



Kuva 12. Ilmastomuutoksen keskimääräinen vaikutus Iso-Lamujärven jäänpaksuuteen jaksolla 2010–2039 ja 2040–2069.

Iso-Lamujärven tulovirtaama tulee ilmastomuutoksen myötä kasvamaan varsinkin talviaikaan sekä keväällä maaliskuussa, mikä selittyy runsaimmilla talvisateilla ja aikaisemmalla lumen ja jään sulamisella. Tulovirtaama kasvaa yhteensä noin 1,4 % jaksolla 2010–2039 ja 7,5 % jaksolla 2040–2069 verrattuna havaintojaksoon. Kevätaikaiset maksimivirtaamat jäävät kuitenkin nykyistä pienemmäksi johtuen pienemmistä lumen vesiarvoista. Kesäaikainen tulovirtaama ei muutu merkittävästi, sillä lisääntyvä haihdunta kompensoi kesän runsaampia sateita. Ilmastomuutoksen vaikutukset tulovirtaamaan on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Ilmastomuutoksen keskimääräinen vaikutus Iso-Lamujärven tulovirtaamaan jaksolla 2010–2039 ja 2040–2069.

Ilmastonmuutoksen vaikutukset Iso-Lamujärven hydrologiaan ovat kuitenkin vain suuntaa-antavia ja tulokset sisältävät myös paljon epävarmuustekijöitä. Tuloksiin vaikuttaa esimerkiksi valittu ilmastoskenaario. Myös ilmaston luonnollinen vaihtelu aiheuttaa epävarmuutta keskimääräisiin lämpötilan ja sadannan muutoksiin (Veijalainen et al 2012). Lisäksi useaan ilmastomalliin perustuvassa skenaariossa keskiarvojen käyttäminen ei aina anna luotettavaa kuvaa ilmastonmuutoksen aiheuttamista riskeistä, sillä malli ei välttämättä ota riittävästi huomioon ääriolosuhteiden aiheuttamia tulva- ja kuivuustilanteita. Myös valittu referenssijakso ja sen sisältämät poikkeukselliset tulva- ja kuivuustilanteet vaikuttavat mallin tuloksiin. (Veijalainen et al. 2012.) Toisaalta ilmastonmuutosarvion tarkoituksena on antaa yleiskuva vesitilanteen muuttumisesta, ja harvinaisemmat ääritilanteet jäävät mallin ulkopuolelle.

4 Säännöstely

4.1 Historia

Iso-Lamujärven säännöstely on aloitettu vuonna 1968. Iso-Lamujärven säännöstely on osa Lamujoen järjestelyä, joka on toteutettu Pohjois-Suomen vesioikeuden antaman päätöksen nro 64/65/II perusteella. Uusi säännöstelylupa on tullut voimaan vuonna 1999. (PsVeO 60/99/2.) Järjestelyn vaiheet on koottu taulukkoon 4.

Taulukko 4. Lupapäätökset (Arola & Leiviskä 2005)

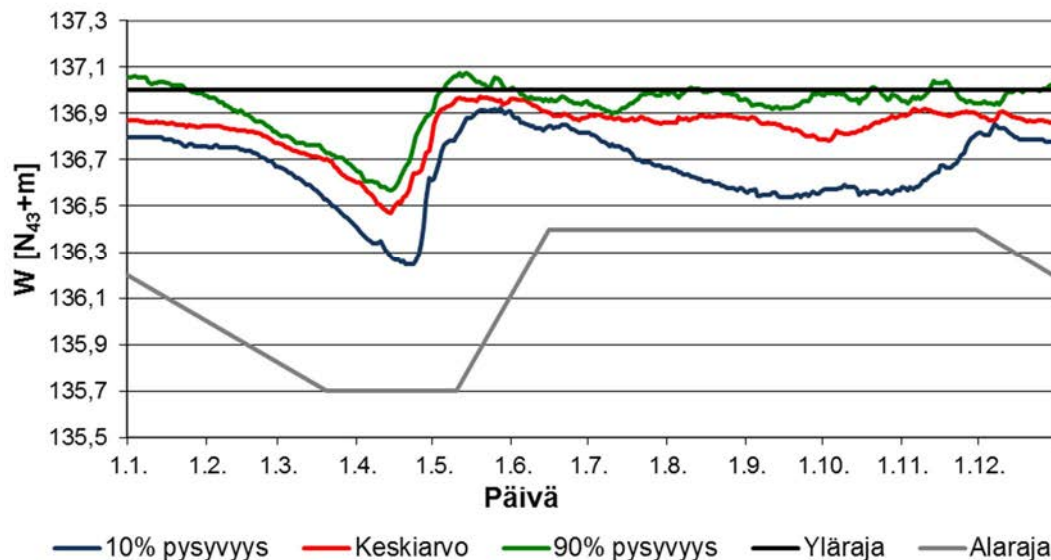
Päätös	Sisältö
Pohjois-Suomen vesioikeus 30.12.1965 64/65/II	Lamujoen järjestely-yhtiö, Iso-Lamu-, Vähä-Lamujärven säännöstelyn aloittaminen, Kortteisen rakentaminen
Korkein hallinto oikeus 16.6.1967	PSVeO:n päätöksen vahvistaminen
Vesiylioikeus 2.2.1968	Eräitä tiloille tulevia korvauksia muutetaan
Pohjois-Suomen vesioikeus 27.2.1978 7/78/II	Järjestelytöihin varattua määräaikaa jatketaan
Pohjois-Suomen vesioikeus 17.1.1983 3/83/III	Järjestelytöihin varattua määräaikaa jatketaan
Pohjois-Suomen vesioikeus, 15.5.1990 54/90/2	Lopputarkastuspäätös
Vesiylioikeus 13.6.1991 109/1991	Lopputarkastuspäätös
Pohjois-Suomen vesioikeus 30.9.1993 44/93/2	Vähä-Lamujärven kunnostaminen
Pohjois-Suomen vesioikeus 21.12.1995	Lamujoen järjestelyn täydentäminen
Vesiylioikeus 1.11.1996	Lamujoen järjestelyn täydentäminen
Pohjois-Suomen vesioikeus 10.11.1999	Muutokset Iso-Lamujärven ja Kortteisen säännöstelyyn

4.2 Nykyinen säännöstely

Nykyisten lupaehtojen ylärajana on $N_{43}+137,00$ m ja alarajana $N_{43}+135,70$ m, joten luvanmukainen säännöstelyväli on 1,3 m. Alaraja vaihtelee 135,70–136,40 m välillä. (PsVeO 60/99/2.) Säännöstelyrajat on esitetty tarkemmin taulukossa 5 ja kuvassa 14. Kuvassa 14 näkyvät lisäksi 10 ja 90 % päiväpysyvyydet sekä mediaanivedenkorkeus.

Taulukko 5. Vedenkorkeuden luparajat

	Talvikausi (30.12.–19.3.)	Kevät-/kesäkausi (20.3.–14.6.)	Kesä-/talvikausi (15.6.–29.12.)
Vedenkorkeus [$N_{43}+m$]	136,20–137,00	135,70–137,00	136,40–137,00



Kuva 14. Iso-Lamujärven säännöstelyrajat vedenkorkeuksille sekä 10 ja 90 % päiväpysyvyydet ja mediaanivedenkorkeus tarkastelujaksolla 2005–2014.

Lupaehtojen mukaan juoksutettava virtaama ei saa ylittää 1,5 m³/s jääkannen syntymisajankohdasta 1.3. saakka eikä 6 m³/s keväällä 1.3.–30.4. välisenä aikana. Muuna aikana juoksutus Lamujokeen saa olla enintään 4 m³/s. Vedenkorkeuden noustessa yli ylärajan, on juoksutettava vähintään 6 m³/s kunnes vedenkorkeus alenee ylärajan alapuolelle. Iso-Lamujärvestä tulee juoksuttaa vettä Lamujokeen aina vähintään 0,1 m³/s. (PsVeO 60/99/2.)

Iso-Lamujärven säännöstelyä on lupaehtojen mukaan hoidettava niin, että kevätalennus on mahdollisimman pieni ja kesävedenkorkeus kesä-, heinä-, elo- ja syyskuussa mahdollisimman korkea. Lisäksi ylärajaa ei saa tarpeettomasti ylittää tai alarajaa alittaa. Talvijuoksutukset tulisi hoitaa mahdollisimman tasaisesti, ja talviaikana virtaaman lisäys vuorokauden aikana ei saa ylittää 1 m³/s. (PsVeO 60/99/2.) Iso-Lamujärveä ei ole jaksolla 1999–2014 laskettu säännöstelyn alarajalle asti (Ympäristöhallinto 2015a).

Iso-Lamujärveä säännöstellään 2-luokan säännöstelypadon avulla. Pato on otettu käyttöön vuonna 1966 ja sen omistaja on Lamujoen järjestely-yhtiö. Pato on rakenteeltaan 100 metrin maapato, jonka keskellä on 1-aukkoinen ja tasoluukulla varustettu teräsbetoninen säännöstelypato. Aukon leveys 3,0 metriä. (PsVeO 60/99/2.) Padon hätävarastokapasiteetti on N₄₃+137,90 m, jolloin padon kynnysten ja tulva-aukkojen purkautumiskyky on 45 m³/s. Mitoitusylivesikorkeudella N₄₃+137,00 m padon purkautumiskyky on 32 m³/s. (POPELY.) Patorakenne on kuvattu liitteessä 1. Säännöstelypato toimii automaattihjauksella (Kettunen 2015).

4.3 Säännöstelyn ongelmakohdat ja kehittämistarpeet

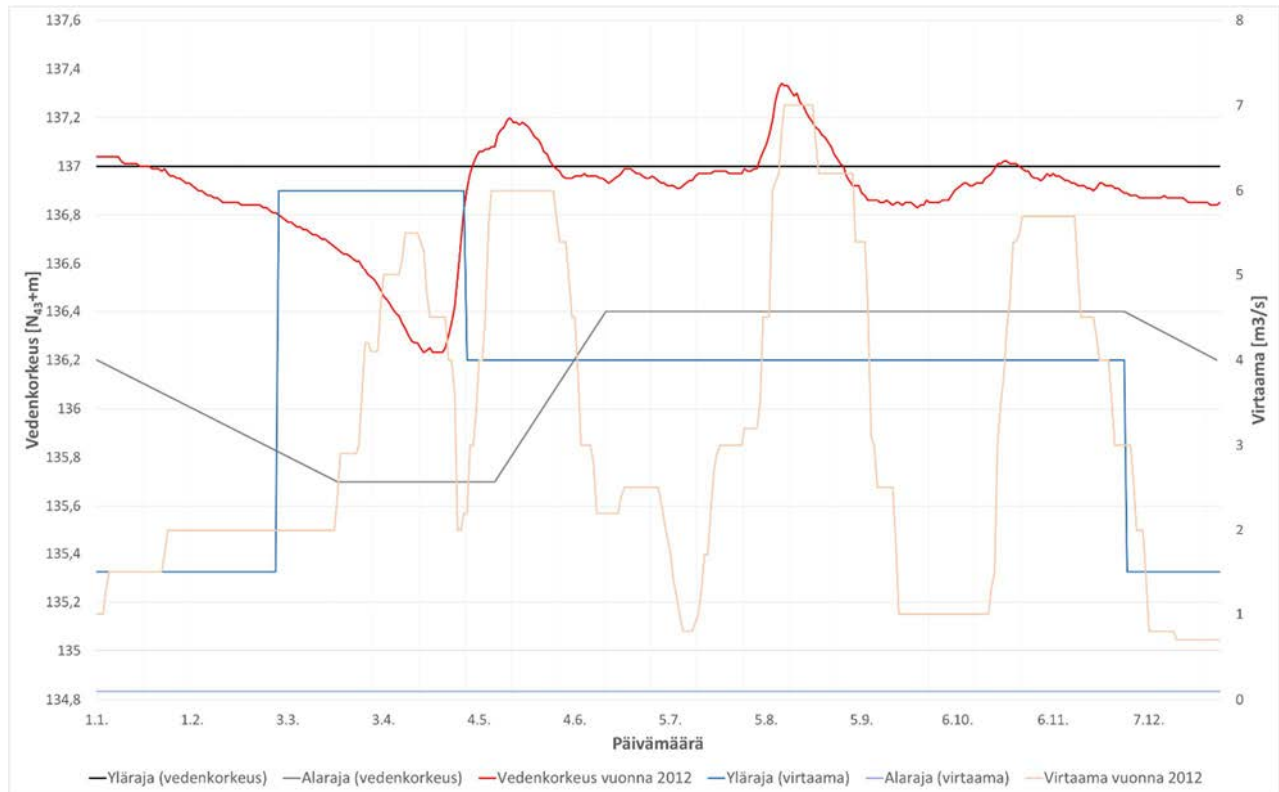
Iso-Lamujärven säännöstelylupa mahdollistaa muun muassa ylärajan ylitykset, mutta ongelmallisia tilanteita on syntynyt lähellä ylärajaa. Lupa-rikkomuksiksi voidaan katsoa seuraavat tilanteet:

- Vedenpinta nousee yli ylärajan N₄₃+137,00 m, mutta juoksutusta ei ole nostettu heti lupamääräyksen mukaisesti vähintään 6 m³/s ja/tai juoksutusta ei ole pidetty koko ylityksen ajan vähintään 6 m³/s
- Juoksutetaan yli sallittujen juoksutusmäärien (talviaikana 1,5 m³/s, kevätaijana 6 m³/s ja muuna aikana 4 m³/s), kun vedenpinta on alle ylärajan N₄₃+137,00 m.

Kyseisiä rikkomuksia on sattunut vuoden 1999 luvan myöntämisen jälkeen lähes joka vuosi. Esimerkiksi vuosien 2000–2013 aikana vedenkorkeus on noussut yhtäjaksoisesti yli ylärajan N₄₃+137,00 m yhteensä 20 kertaa ja vedenkorkeus on ylittänyt ylärajan keskimäärin 14 päivää. Juoksutusta on nostettu 6 m³/s heti vedenkorkeuden ylityksen jälkeen vain vuonna 2000. Sallitun maksimijuoksutuksen ylityksiä on sattunut eniten keväisin huhti-toukokuussa,

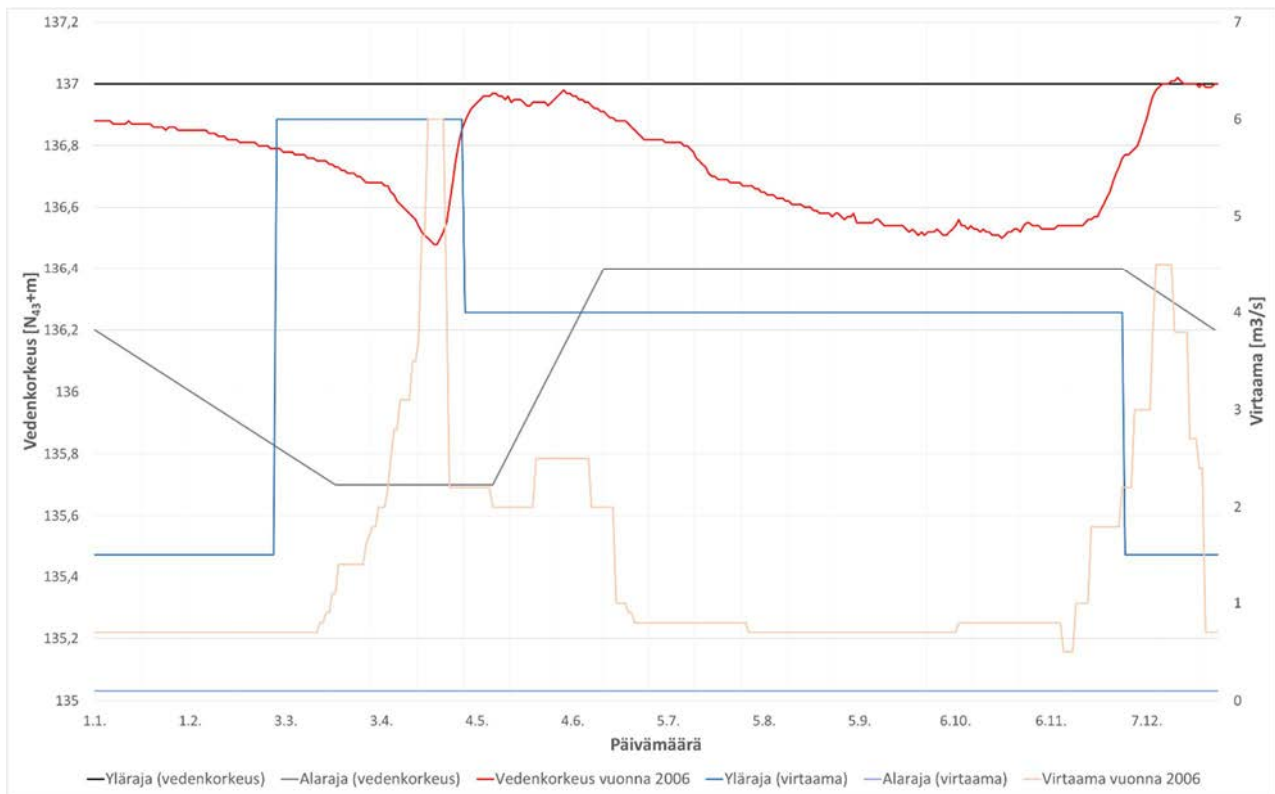
kun vedenpinta on ollut lähellä ylärajaa. Myös talviaikainen sallittu maksimijuoksutus $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ on ylittynyt useana talvena, ja enimmillään juoksutus on talviaikana ollut $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ helmikuussa 2008 ja $6,8 \text{ m}^3/\text{s}$ tammikuussa 2014. Keskimäärin talviaikainen virtaama on kuitenkin ollut alle $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kuva 15 esittää Iso-Lamujärvellä havaitut vedenkorkeudet sekä virtaamat poikkeuksellisen runsassateisena vuonna 2012. Kuvasta nähdään, että vettä on jouduttu juoksuttamaan helmikuussa yli sallitun talviaikaisen maksimijuoksutuksen. Lisäksi vedenkorkeus on noussut yli $N_{43}+137,00 \text{ m}$ toukokuussa, elokuussa sekä lokakuussa, jolloin juoksutusta on pyritty nostamaan lähelle tai yli $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Kaikissa tilanteissa juoksutusta ei ole kuitenkaan pidetty vähintään $6 \text{ m}^3/\text{s}$ koko ylityksen ajan tai luvanmukainen maksimijuoksutus on ylittynyt, kun vedenpinta on laskenut alle ylärajan.



Kuva 15. Iso-Lamujärvellä havaitut vedenkorkeudet ja virtaamat vuonna 2012 sekä säännöstelyrajat.

Kuvassa 16 on esitetty vastaavasti vedenkorkeudet sekä virtaamat vuodelta 2006, jolloin kesäajan vedenpinta laski lähelle alarajaa helteisyyden ja vähäisten sateiden vuoksi. Säännöstelyn alaraja ei kuitenkaan alittunut. Vedenpinnan noustua joulukuussa lähelle ylärajaa, juoksutusta on nostettu yli luvanmukaisen maksimin. Vedenpinnan noustua ylärajan yli juoksutusta ei ole nostettu vähintään $6 \text{ m}^3/\text{s}$.



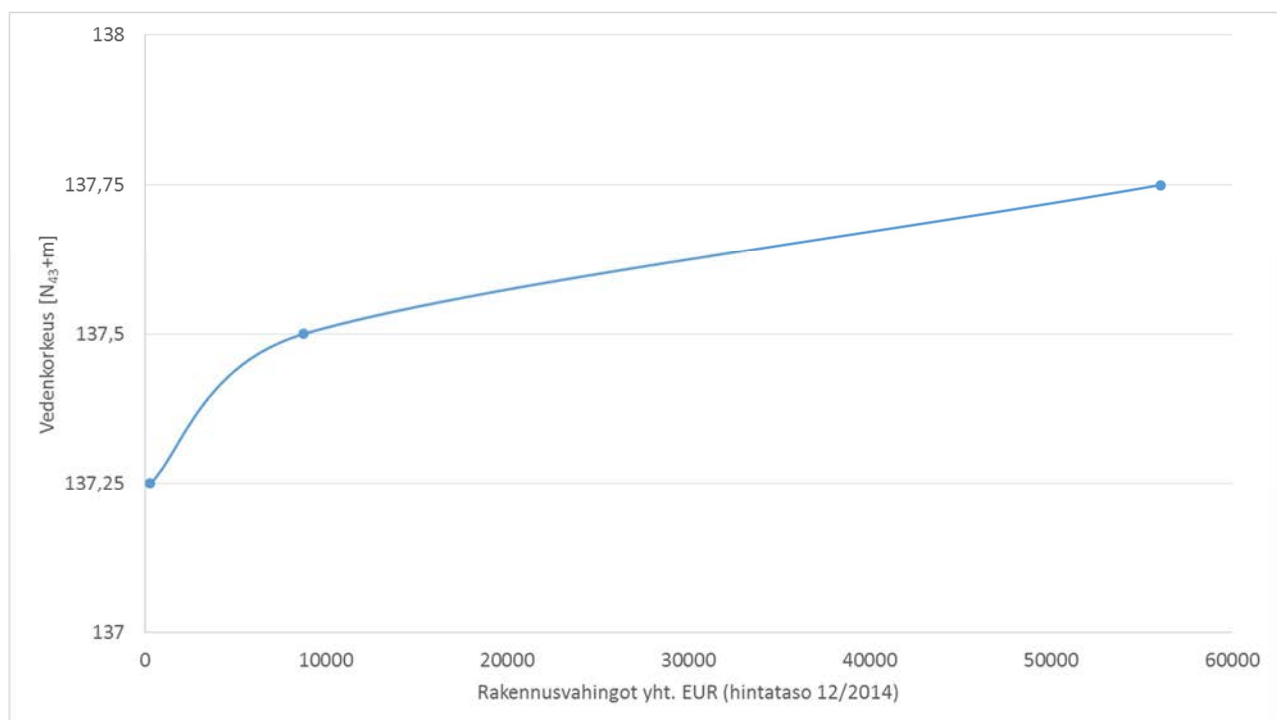
Kuva 16. Iso-Lamujärvellä havaitut vedenkorkeudet ja virtaamat vuonna 2006 sekä säännöstelyrajat.

Yleisesti ottaen säännöstelyn nykykäytäntö on toimiva, mutta lupaehdot eivät esimerkiksi mahdollista juoksutusten nostamista yli maksimijuoksutusrajan ennen kuin vedenpinta nousee ylärajan yli. Esimerkiksi kesäaikana vedenkorkeuden pitäminen tasossa $N_{43}+136,8$ m ei runsassateisena kesänä ole mahdollista, mikäli lupaehtojen mukaisena maksimijuoksutuksena on $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Toisaalta vedenkorkeuden pitäminen lähellä ylärajaa $N_{43}+137,00$ m olisi toivottavaa muun muassa virkistyskäytön kannalta, mutta tällöin ylärajan ylityksiä voi sattua useammin. Lisäksi juoksutuksia ei ole käytännössä nostettu lupaehtojen mukaisesti vähintään $6 \text{ m}^3/\text{s}$ heti ylärajan ylittyttyä, vaan nosto on tapahtunut vähitellen. Myös talviaikainen juoksutusmaksimi $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ vaikuttaisi olevan riittämätön, vaikka juoksutuksen nostaminen kyseisen rajan yli voikin kasvattaa Lamujoen suppo- ja hyötötulvariskejä. Näin ollen lupaehtoja tulisi päivittää selkeämmiksi sekä vastaamaan nykytarpeita.

5 Tulva- ja kuivuushaitat

5.1 Tulvariskit Iso-Lamujärvellä

Poikkeuksellisten suurten tulvien aiheuttamia vahinkoja Iso-Lamujärven ranta-alueen rakennuksille on arvioinut Mit-takokka Oy kesällä 1990 (Arola & Leiviskä 2006). Selvityksessä arvioitiin yhteensä 86 rakennusta, joista 28 oli läm-mitettäviä, 3 venevajoja ja 55 muita kevyitä rakennuksia. Selvityksen mukaan Iso-Lamujärven rannat ovat alavia, mutta rantoja kiertää vaihtelevan korkuinen törmä ja rakennukset on perustettu melko korkealle. Vedenpinnan nousu yli säännöstelyrajan korkeuteen $N_{43}+137,25$ m aiheuttaa vain yhden venevajan kastumisen. Vedenkorkeudella $N_{43}+137,50$ m vahinkojen on arvioitu olevan noin 8 750 EUR, ja tämän jälkeen kastumisesta aiheutuvat vahingot kasvavat voimakkaasti. Korkeudella $N_{43}+137,75$ m vahingot ovat noin 56 000 EUR. Vahinkojen suuruus on esitetty vuoden 2014 hintatasossa. Lisäksi voimakas tuuli saattaa lisätä vahinkojen suuruutta. (Ikkela 1990.) Rakennusvahinkokäyrä on esitetty kuvassa 17 ja rakennusvahinkojen jakaantuminen eri rakennustyypeille eri vedenkorkeuksilla taulukossa 6. Tulosten perusteella vahinkorajana voidaan pitää vedenpinnan korkeutta $N_{43}+137,25$ m.



Kuva 17. Iso-Lamujärven rakennusvahinkokäyrä (Ikkela 1990). Hintataso on muutettu vuoden 1990 selvityksestä vastaamaan vuotta 2014. Ra-hanarvokertoimena on käytetty 0,2574 (Tilastokeskus 2015).

Taulukko 6. Iso-Lamujärven rakennusvahinkojen jakaantuminen eri vedenkorkeuksilla (Ikkela 1990)

Vedenkorkeus [$N_{43}+m$]	Lämmitettävät rakennukset [kpl]	Kevyet rakennukset [kpl]	Venevajat [kpl]
137,25	0	0	1
137,5	3	11	2
137,75	28	55	3

5.2 Tulvariskit Lamujoella

5.2.1 Kesäaika

Lamujoen yläosan poikkeuksellisten tulvien aiheuttamista vahingoista on laadittu vain karkeita arvioita erilaisilla virtaamilla. Vahinkojen suuruutta Iso-Lamujärven ja Kortteisen välisellä alueella on arvioinut Lamujoen järjestely-yhtiö vesioikeudelle 25.5.1998 toimitetun hakemuksen täydennyksessä, jossa on arvioitu Lamujokeen sopivan virtaaman olevan jäättömänä aikana $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Vedenjohtokyky joessa jäiden syntyessä on $1\text{--}3 \text{ m}^3/\text{s}$. Toisaalta on arvioitu, että vesi pysyy jokiuomassa kuuden kuution virtaamalla vain siinä tapauksessa, mikäli Kortteisen vedenkorkeus on noin $N_{43}+103,50 \text{ m}$ tai sen alapuolella (Nuortimo 1998). Kortteisen ollessa täysi, leviää vesi Kortteisen yläpuolella jo muutaman kuution juoksutuksella.

On arvioitu, että virtaaman ylittäessä $6 \text{ m}^3/\text{s}$ Iso-Lamujärven ja Kortteisen välillä veden alle jää 45 hehtaaria nurmella olevaa peltoa. Myös kolmen talon pihapiiri jäisi veden saartamaksi. Pellolle nouseva vesi vaikeuttaa keväisin pellolle kulkemista sekä hidastaa pellon kasvuun lähtöä. Kevättulvan aikaiseksi vahingon suuruudeksi on arvioitu noin 77 EUR/ha ja kesätulvasta aiheutuva sadon menetyksen arvoksi 515 EUR/ha. (PsVeO 60/99/2.) Vahinkoarviot on muutettu vastaamaan vuoden 2014 rahan arvoa.

5.2.2 Talviaika

Supon muodostumista sekä siitä aiheutuvia jääongelmia Lamujoella on arvioitu jääjokimallin avulla. Ongelmia on syntynyt lähinnä joen jäätymisvaiheen hyytö- ja suppotilanteissa. Iso-Lamujärven säännöstelypadon alapuolella joki on sula koko talven ajan paalulle 630+00 asti. Myös Kortteisen yläpuolella paalulle 496+00 saakka suppo-ongelmia ei ole esiintynyt ja kiinteä jääkansi on muodostunut nopeasti. Näiden alueiden välille on kuitenkin aiheutunut supon aiheuttamaa padotusta jopa yhden metrin verran. Supon muodostumista voidaan ehkäistä pitämällä maksimijuoksutus $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ sekä virtaama mahdollisimman tasaisena talviaikana. (PsVeO 60/99/2.) Vahinkojen laajuutta tai arvoa ei ole kuitenkaan arvioitu.

Lamujoella on kokeiltu supon ehkäisyyn ja jääkannen muodostumisen nopeuttamiseen jääpuomia paaluilla 573+40 ja 641+70 talven 1990–1991 aikana. Kahtena seuraavana talvena jääpuomia käytettiin paalulla 597+00. Puomin käytöstä on saatu hyviä kokemuksia, mutta käyttöä ei ole jatkettu vuoden 1994 jälkeen. (Arola & Leiviskä 2006.) Paalukartta on liitteessä 2.

5.3 Muut tulvasta aiheutuvat haitat

Vesi nousee Lamujoentielle (paikallistielle 18519) kun virtaama on yli $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (Kettunen 2015). Esimerkiksi heinäkuun 2015 maastokatselmuksessa vettä havaittiin Lamujoentiellä Ahkion sillan molemmin puolin juoksutuksen oltua viikon verran yli $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Maastokatselmuksessa havaitut vedennousupaikat on esitetty liitteessä 3. Arvioitu tulvan leviämialue on esitetty liitteessä 2.

Suurten juoksutusten aikana myös Lamujokivarren läheisyydessä olevaa metsää on jäänyt veden alle useita hehtaareja, mutta tarkkaa arvioita metsätaloushaitoista ei ole (Kettunen 2015). Esimerkiksi kuvassa 18 näkyy vuoden 2013 tilanne, jolloin lumet sulivat joulukuun lopussa. Sulamistapahtuman jälkeen Iso-Lamujärven vedenkorkeus ylitti ylärajan runsaiden sateiden vuoksi, ja juoksutuksia jouduttiin lisäämään yli $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Tämän jälkeen kova pakkanen jäädyytti veden Lamujokivarren läheisyydessä olevaan metsään. (Kettunen 2015.) Maastokatselmuksen 2015 perusteella silminnähtävää metsätaloushaittaa ei kuitenkaan ole todettu, mutta vettymisvahinkoja saattaa aiheuttaa, mikäli tulva on pitkäkestoinen.



Kuva 18. Veden jäätyminen Lamujoen viereiseen metsään talvella 2013–2014 (Kettunen 2014).

5.4 Kuivuusriskit

Iso-Lamujärvelle ja Lamujoelle ei ole tehty tarkempaa kuivuusriskien arviointia. Yleisesti ottaen on arvioitu, että Suomessa veden niukkuus ja kuivuus eivät vaikuta vesien tilaan merkittävästi runsaiden vesivarojen ansiosta, vaan haitat ovat tilapäisiä ja paikallisia (Ympäristöministeriö 2013). Kuivuushaitat kohdistuvat lähinnä Iso-Lamujärven virkistyskäyttöön sekä Lamujoen ekologiaan, mikäli vedenkorkeudet ja virtaamat ovat kesäaikaan alhaisia.

5.5 Ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit

Ilmastonmuutoksen vaikutusta Iso-Lamujärven tulva- ja kuivuusriskeihin on arvioitu karkeasti WaterAdapt-projektissa. Yleisesti ottaen Siikajoen vesistöalueella kevään tulovirtaamat aikaistuvat sekä pienenevät, mikä vähentää kevään tulvariskiä. Kesän tulovirtaamat pienenevät lämpimämmän ja pidemmän kesäkauden vaikutuksesta, mikä voi johtaa kuivempiin kesiin ja alhaisempiin vedenkorkeuksiin. Toisaalta kesän ja syksyn rankkasateet sekä lisääntynyt talvisulanta kasvattavat tulvariskiä. (Veijalainen et al. 2012.) Myös hyytötulvariskit Lamujoella voivat kasvaa, mikäli vettä joudutaan juoksuttamaan pitkään yli 1,5 m³/s talviaikaisen lisääntyneen sulannan vuoksi.

6 Vedenkorkeus- ja virtaamamallinnus

6.1 Vesistömalli

Iso-Lamujärven vedenkorkeuksien ja virtaamien mallintamiseen käytettiin Suomen ympäristökeskuksen kehittämää ja ylläpitämää Vesistömallijärjestelmää (SYKE-WSFS). Mallinnuksen tarkoituksena oli muun muassa selvittää, kuinka muuttuvat ilmasto-olosuhteet vaikuttavat Iso-Lamujärven säännöstelyyn. Lisäksi tarkasteltiin onko säännöstelylupaa tarpeellista muuttaa vai onko säännöstelyä mahdollista sopeuttaa muuttuviin ilmasto-oloihin nykyisten lupaehtojen sisällä.

Hydrologinen malli pohjautuu Ruotsin HBV-malliin, ja se rakentuu hydrologisesta sadanta-valumamallista sekä joki- ja järvimalleista. Lähtötietoina mallissa ovat päivittäinen sadanta ja lämpötila. Malli simuloi aluesadantaa, lumivarausta, kokonaishaiduntaa, järvihaihduntaa, maankosteutta, pinta-, väli- ja pohjavarastoa, valuntaa sekä virtaamia ja vedenkorkeuksia. Keskeisinä osina mallissa ovat sadanta-, lumi-, maankosteus- sekä pinta- ja pohjavesistön mallit. (Veijalainen et al. 2012.)

Ilmastonmuutoksen vaikutusta virtaamiin sekä vedenkorkeuksiin on mallissa arvioitu simuloimalla 30 vuoden päivittäiset arvot referenssijaksolle sekä tarkasteltaville ilmastonmuutosjaksoille. Ilmastonmuutos huomioidaan käyttämällä ns. delta-change -menetelmää, jossa ilmastonmuutosskenaarioista lasketaan kullekin kuukaudelle lämpötilan muutos asteina ja sadannan muutos prosentteina. (Veijalainen et al. 2012.)

Iso-Lamujärven säännöstelyä simuloitiin käyttämällä nykyistä ilmastoa kuvaavaa jaksoa 1962–2014 sekä ilmastonmuutosjaksoja 2010–2039 ja 2040–2069. Lähtötietoina on käytetty vuosien 1962–2014 sadanta- ja lämpötilatietoja. Vertailuvuosista 1962–2014 johtuen ennusteparven jäseniä on yhteensä käytössä 52 kappaletta. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia laskettaessa käytettiin 19 globaalin mallin tulosten keskiarvoa ja kasvihuonepäästöjen laskennassa keskiarvopäästöskenaariota A1B. Säännöstelytarkasteluihin sisällytettiin kuitenkin vain ilmastonmuutosjakso 2010–2039, sillä se on ajankohtaisempi arvioitaessa nykykäytännön mukaisen säännöstelyn muutostarpeita.

Vesistömallissa järvien juoksutus määräytyy yleensä säännöstelyohjeella, joka säätelee juoksutettavan veden määrää päivämäärän sekä vedenkorkeuden mukaan (Veijalainen et al. 2012). Iso-Lamujärven juoksutussimuloinnissa malli pyrkii pitämään vedenkorkeuden valitulla tavoitetasolla tai saamaan vedenkorkeuden tavoitetasolle määräjaksassa (Myllyniemi 2015). Lisäksi mallissa käytetään erilaisia reunaehtoja, sääntöjä sekä muutettavia parametreja, joita käydään läpi seuraavassa alaluvussa 6.2. Simuloinnin tuloksena saadaan tiedot juoksutettavan veden määrälle ja vedenpinnan korkeudelle. Lisäksi malli ilmoittaa, kuinka monta kappaletta 52:sta ennusteparven jäsenestä menee yli nykyisten lupaehtojen ylärajan $N_{43}+137,00$ m sekä yli vahinkorajan $N_{43}+137,25$ m.

Iso-Lamujärven vedenkorkeuksia mallinnettiin asettamalla erilaisia sallittuja maksimijuoksutuksia kesä- ja talviaikana. Simulointien päätulokset on koottu liitteeseen 4 ja tarkempi kevätkuoppatarkastelu liitteeseen 5. Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi malliin valitut parametrit sekä tärkeimmät mallinnuksen tulokset. Kaikki vedenkorkeudet esitetään tasossa N_{43} .

6.2 Parametrien valinta

Mallissa valittavat parametrit on esitetty kuvassa 19. Tarkasteltavaksi skenaarioksi voidaan valita vuosien 1962–2014 havaintoihin perustuva nykytilanne tai ilmastonmuutostilanne joko jaksoille 2010–2039 tai 2040–2069. Käytössä mallissa voidaan määrittää sallitut maksimijuoksutukset, minimijuoksutus sekä tavoiteltavat kesä- ja syysajan vedenkorkeudet. Kevätkuoppa määräytyy mallissa lumen vesiarvojen mukaan.

Valitse skenaario

Nykytilanne

Valitse maksimijuoksutus

6

Valitse talven maksimijuoksutus

1.5

Valitse minimijuoksutus

0.1

Valitse kesataso

136.80

Valitse syystaso (loka-joulukuu)

136.60

Lumen vesiarvot ja vastaava kuopan syvyys

0	136.80
10	136.80
20	136.80
30	136.70
40	136.70
50	136.60
60	136.50
80	136.30
100	136.20
120	136.00
150	135.80

Tallenna

Kuva 19. Mallissa valittavat parametrit.

Mallin maksimijuoksutuksiksi voidaan valita kevät-, kesä- ja syksyaikana (1.3.–30.11.) 3, 4, 5, 6 tai 7 m³/s ja talviaikana (1.12.–28.2.) 1, 1,5, 2, 2,5, 3 tai 4 m³/s. Minimijuoksutukseksi voidaan valita joko 0,1 m³/s tai 0,5 m³/s. Kesäaikana (1.6.–13.8.) ja syksyaikana (14.8.–30.11.) malli pyrkii pitämään vedenkorkeuden lähellä valittua tavoitetasoa (136,4–136,9 m), eli pienentämään juoksutusta vedenkorkeuden laskiessa alle tavoitetason ja vastaavasti nostamaan juoksutusta vedenkorkeuden noustessa tavoitetason yli.

Mallissa kevätkuoppa määräytyy lumen vesiarvojen mukaan niin, että lumen vesiarvo mitataan 1.2., 15.2., 1.3. sekä 15.3. ja kevätalennus toteutetaan 31.3. Malli ottaa lumen vesiarvot mainittuina päivämäärinä huomioon ja korjaa juoksutusta siten, että lumen vesiarvon mukainen tavoitetaso saavuttaisiin. Lumen vesiarvot ja niitä vastaavat tavoitetasot pohjautuvat Iso-Lamujärven varastotilavuuteen, ja ne on esitetty taulukossa 7.

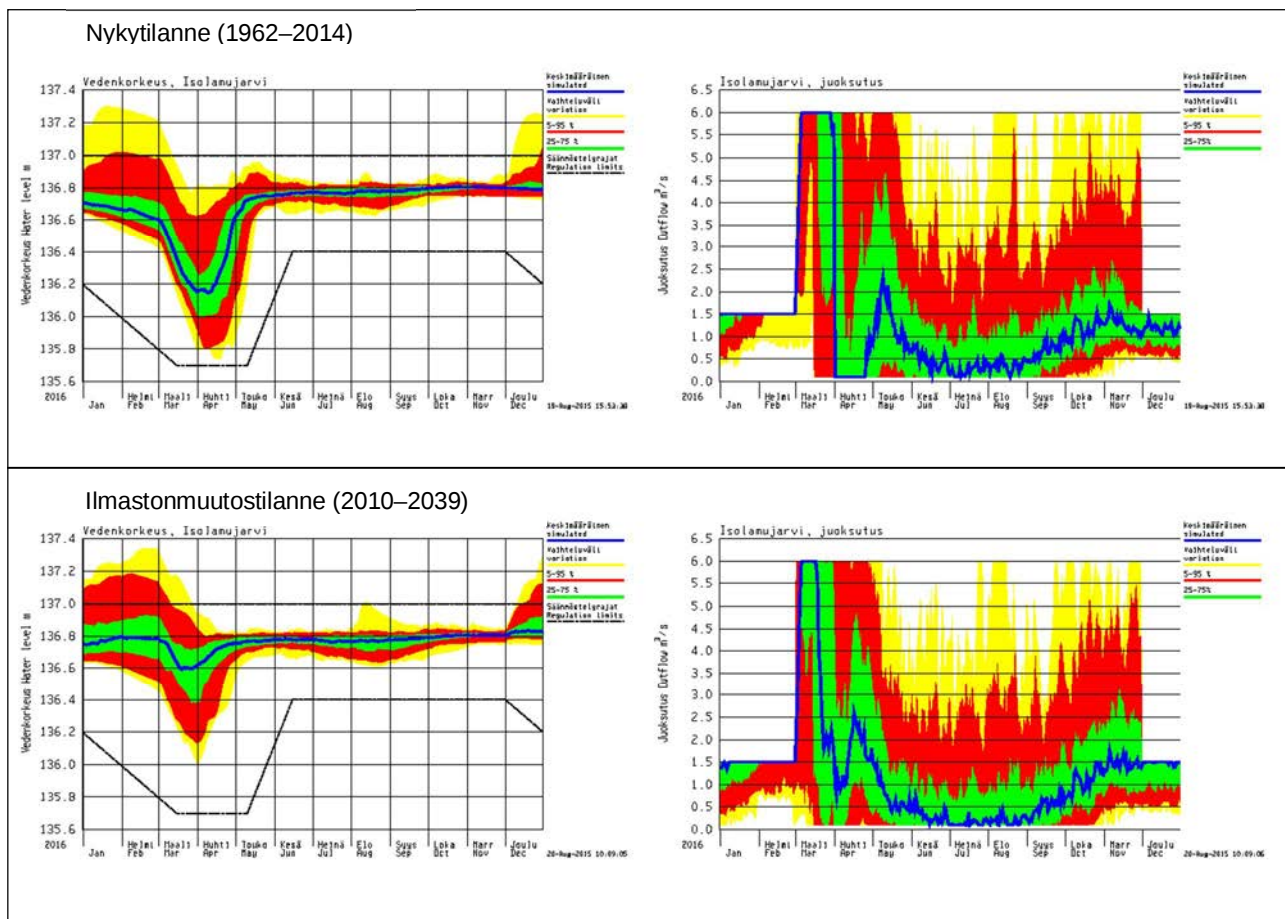
Taulukko 7. Vedenkorkeudet ja niiden varastotilavuudet ylärajaan $N_{43}+137,00$ m (Nuortimo 2011)

Vedenkorkeus [$N_{43}+m$]	Varastotilavuus ylärajaan [milj, m^3]	Varastotilavuutta vastaava lumen ve- siarvo [mm]
135,7	29	154
135,8	27	144
135,9	25	133
136,0	23	122
136,1	20,5	109
136,2	18,2	97
136,3	16	85
136,4	13,6	72
136,5	11,8	63
136,6	9,6	51
136,7	7,0	37
136,8	4,0	21
136,9	2,0	17
137,0		

6.3 Mallinnuksen tulokset

6.3.1 Nykykäytäntö

Nykykäytäntöä mallinnettiin valitsemalla simuloinnin parametrit vastaamaan mahdollisimman hyvin nykyisiä lupaeh-toja ja säännöstelykäytäntöä: sallituksi maksimijuoksutukseksi asetettiin talviajalle $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ja muulle ajalle $6 \text{ m}^3/\text{s}$, minimijuoksutukseksi $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ja kesätavoitetasoksi $136,80 \text{ m}$. Kesäaikaista nykyluvan mukaista juoksutusmaksimia ei ole kuitenkaan rajoitettu $4 \text{ m}^3/\text{s}$, jotta nähdään, millaisia juoksutuksia tarvittaisiin pitämään vedenpinta tavoiteta-sossaan. Simuloidut vedenkorkeudet ja juoksutukset jaksoille 1962–2014 ja 2010–2039 on esitetty kuvassa 20.

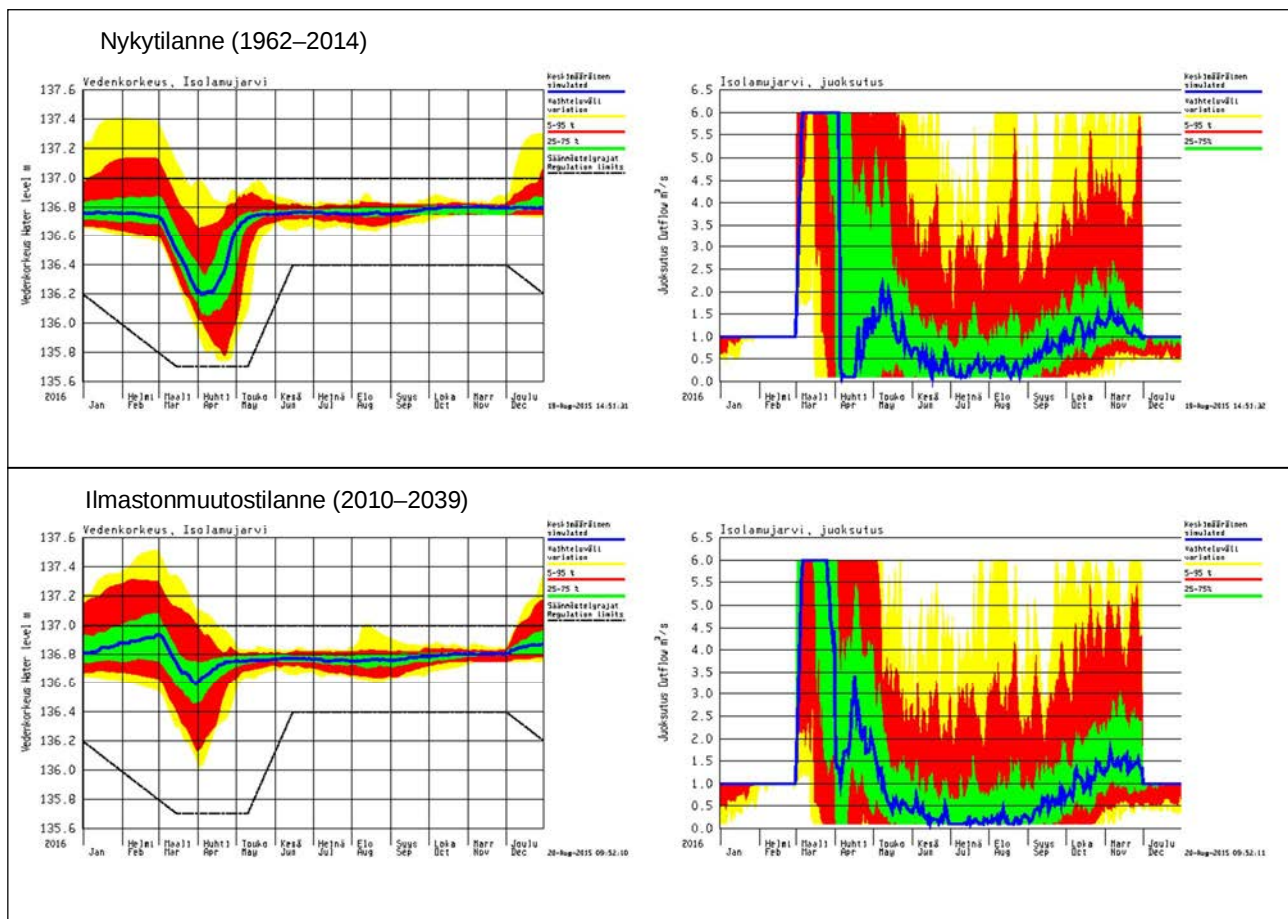


Kuva 20. Mallinnetut Iso-Lamujärven vedenkorkeudet ja juoksutukset kun sallittu maksimijuoksutus talviaikana 1,5 m³/s ja muuna aikana 6 m³/s. Ylempi tilanne kuvaa nykyjaksoa ja alempi ilmastomuutosjaksoa 2010–2039.

Simuloinnin perusteella vedenkorkeus 137,00 m ylittyisi nykytilanteessa 8 ja vahinkoraja 137,25 m 2 kertaa 52 parviennusteesta. Ilmastomuutostilanteessa vedenkorkeus 137,00 m ylittyisi 19 ja vahinkoraja 3 kertaa 52 parviennusteesta. Näin ollen nykykäytäntöä ei voida pitää toimivana, sillä talviaikainen 1,5 m³/s juoksutusrajoitus aiheuttaa talvitulvia sekä nyky- että ilmastomuutostilanteessa. Ilmastomuutostilanteessa talvitulvien mahdollisuutta lisää varsinkin lisääntyneet sadanta- sekä valuntatapahtumat. Myös kevätalennuksen ajankohta saattaa vaikuttaa talviajan korkeisiin vedenpintoihin, sillä lumen ja jään sulanta aikaistuu ilmastomuutostilanteessa muutamalla viikolla.

6.3.2 Pienemmät talvijuoksutukset

Mallin avulla tutkittiin, voisiko talvijuoksutusta Lamujokeen pienentää. Sallituksi maksimijuoksutukseksi asetettiin talviajalle 1,0 m³/s ja muulle ajalle 6 m³/s, minimijuoksutukseksi 0,1 m³/s ja kesätavoitetasoksi 136,80 m. Simuloidut vedenkorkeudet ja juoksutukset jaksoille 1962–2014 ja 2010–2039 on esitetty kuvassa 21.

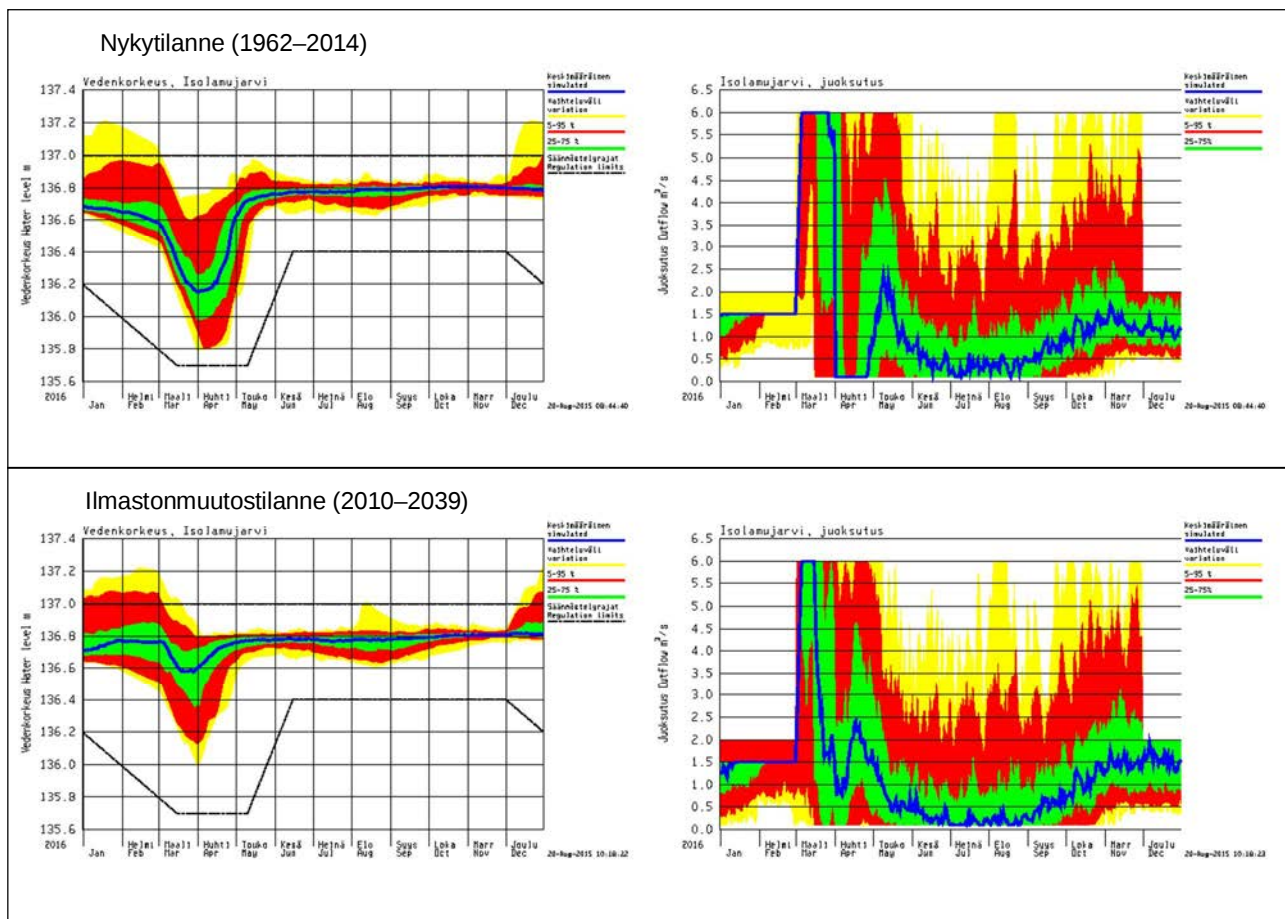


Kuva 21. Mallinnetut Iso-Lamujärven vedenkorkeudet ja juoksutukset kun sallittu maksimijuoksutus talviaikana 1,0 m³/s ja muuna aikana 6 m³/s. Ylempi tilanne kuvaa nykyjaksoa ja alempi ilmastomuutosjaksoa 2010–2039.

Simuloinnin perusteella 137,00 m ylittyisi nykytilanteessa 12 ja vahinkoraja 137,25 m 3 kertaa 52 parviennusteesta. Ilmastomuutostilanteessa vedenkorkeus 137,00 m ylittyisi jo 28 ja vahinkoraja 6 kertaa 52 parviennusteesta. Talviaikaisen maksimivirtaaman pienentäminen ei simuloinnin tulosten perusteella ole mahdollista vedenkorkeuksien noustessa talviaikana liian korkealle riskirajan yli.

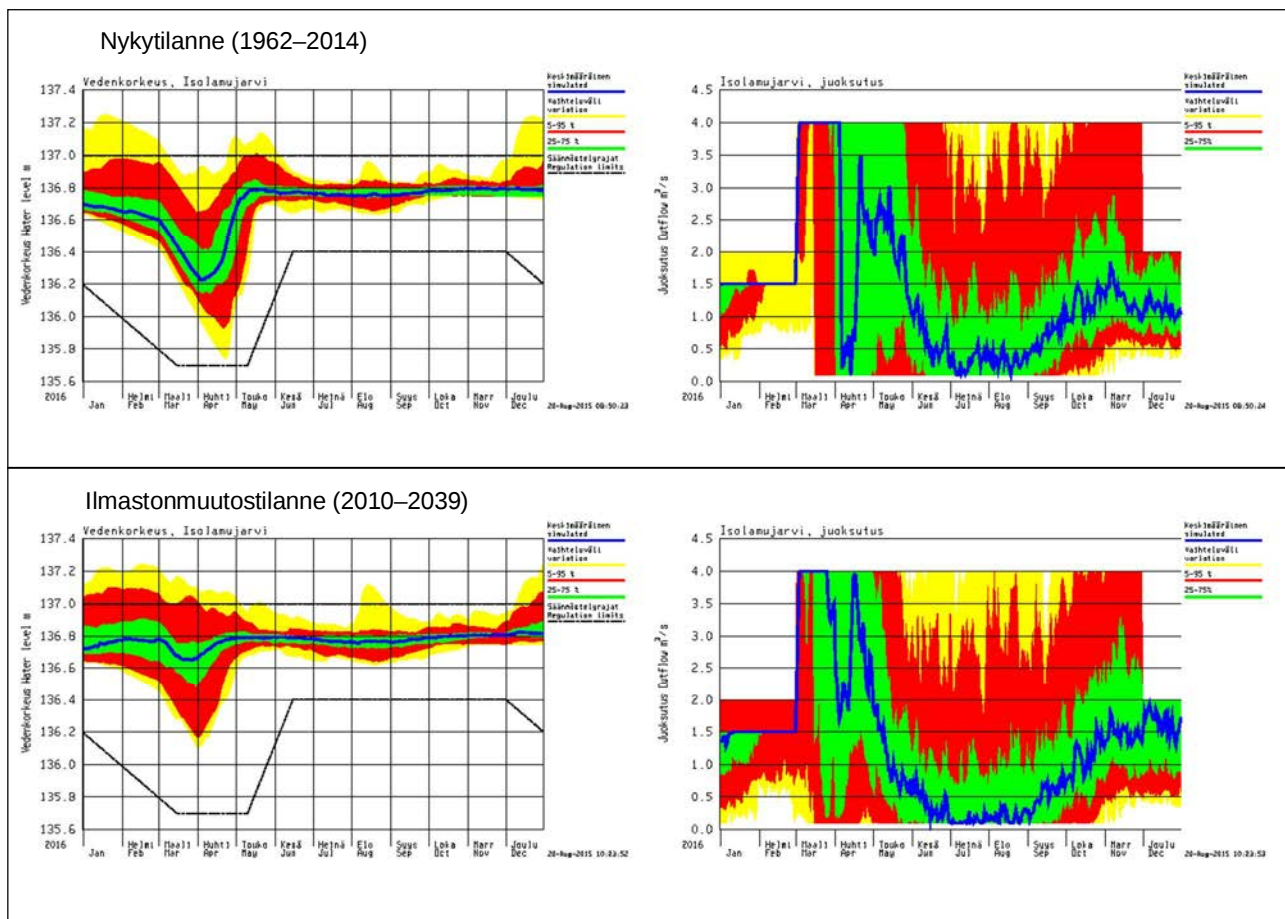
6.3.3 Suuremmat talvijuoksutukset

Mallin avulla etsittiin pienintä mahdollista talviaikaista juoksutusta ilman vahinkorajan 137,25 m ylityksiä. Tilannetta simuloitiin pitämällä maksimijuoksutuksena talviajan ulkopuolella 3–6 m³/s, minimijuoksutuksena 0,1 m³/s ja kesätavoitetasona 136,80 m. Kun maksimijuoksutuksena on 6 m³/s, talviaikaisena maksimijuoksutuksena täytyisi simulointien perusteella olla vähintään 2,0 m³/s, jotta vahinkoraja ei ylittyisi. Kyseisessä tilanteessa nykyisten lupaehtojen vedenkorkeuden yläraja 137,00 m ylittyisi nykytilanteessa 6 ja ilmastomuutostilanteessa 15 kertaa 52 parviennusteesta. Molemmissa tapauksissa suurin osa ylityksistä tapahtuisi talviaikaan. Simuloidut vedenkorkeudet ja juoksutukset jaksoille 1962–2014 ja 2010–2039 on esitetty kuvassa 22.



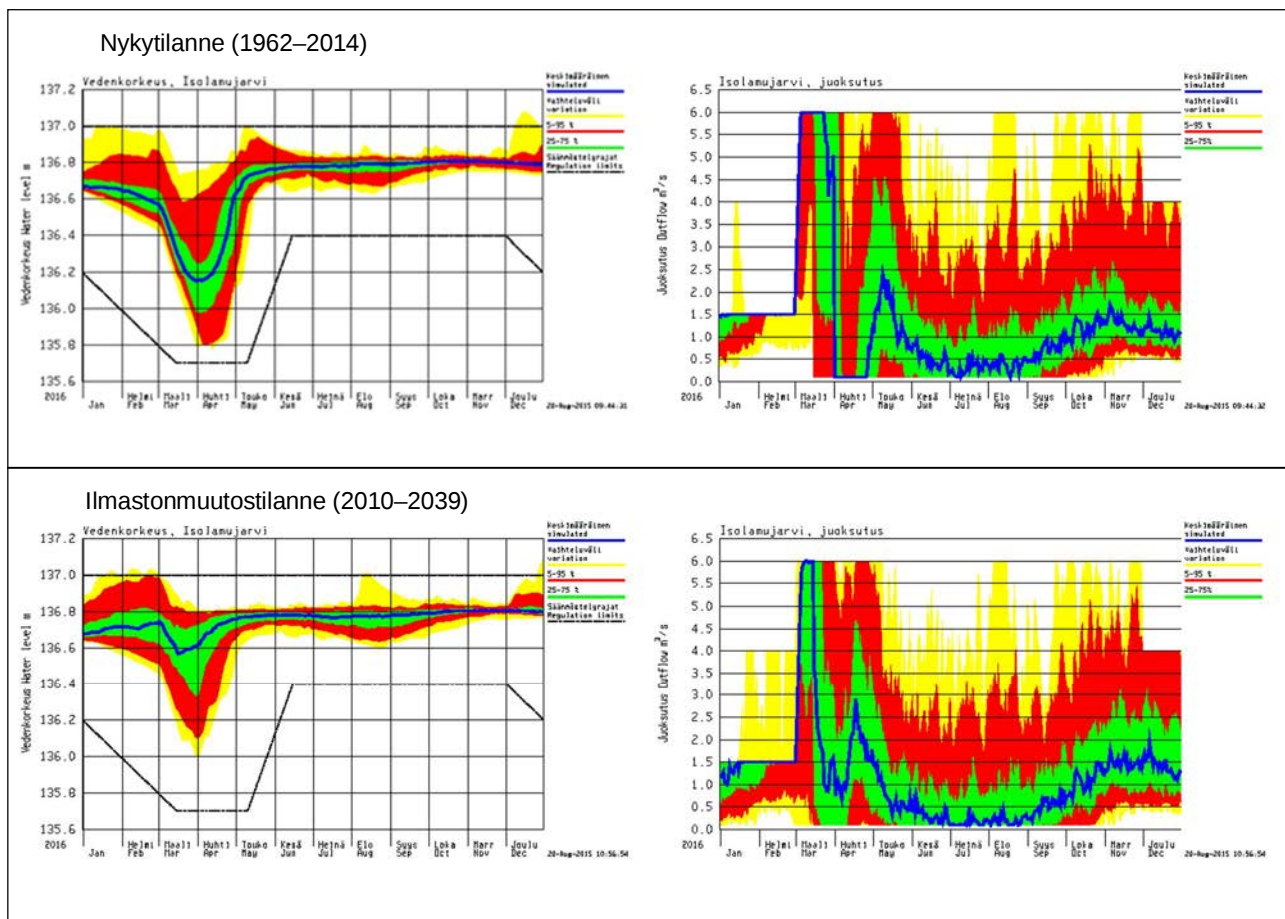
Kuva 22. Mallinnetut Iso-Lamujärven vedenkorkeudet ja juoksutukset kun sallittu maksimijuoksutus talviaikana $2 m^3/s$ ja muuna aikana $6 m^3/s$. Ylempi tilanne kuvaa nykyjaksoa ja alempi ilmastomuutosjaksoa 2010–2039.

Toisaalta vedenpinnan pitämiseen vahinkorajan alapuolella riittäisi nykytilanteessa hieman alhaisempi maksimijuoksutus $4 m^3/s$, kun talvijuoksutuksena pidetään $2 m^3/s$ (Kuva 23). Tällöin vedenkorkeuden yläraja $137,00 m$ ylittyisi nykytilanteessa 9 kertaa. Ilmastomuutostilanteessa $4 m^3/s$ maksimijuoksutus ei riitä pitämään vedenpintaa vahinkorajan alapuolella, vaan vahinkoraja ylittyisi kerran ja yläraja $137,00 m$ 15 kertaa. Näin ollen $6 m^3/s$ juoksutusmaksimi talviajan ulkopuolella olisi suositeltava.

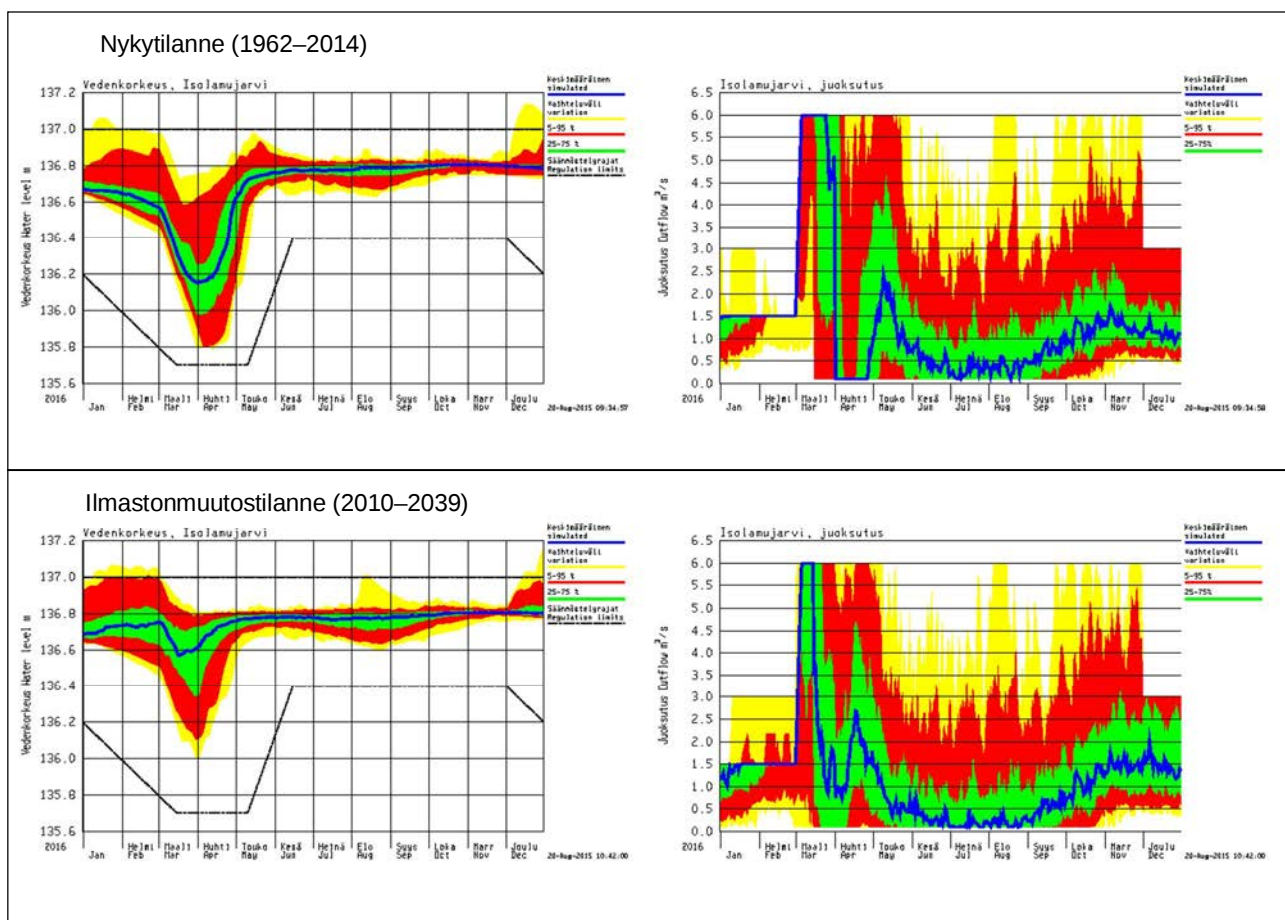


Kuva 23. Mallinnetut Iso-Lamujärven vedenkorkeudet ja juoksutukset kun sallittu maksimijuoksutus talviaikana 2 m³/s ja muuna aikana 4 m³/s. Ylempi tilanne kuvaa nykyjaksoa ja alempi ilmastomuutosjaksoa 2010–2039.

Jos tavoitteena on ylärajan ylitysten vähentäminen, täytyisi talviaikainen maksimijuoksutus nostaa 4 m³/s, kun muun ajan maksimijuoksutus on 6 m³/s. Tällöin vedenkorkeuden yläraja 137,00 m ylittyisi nykytilanteessa enää 3 ja ilmastomuutostilanteessa 5 kertaa 52 parviennusteesta (Kuva 24). Toisaalta talviaikainen juoksutuksen satunnainen nostaminen 4 m³/s saattaa aiheuttaa ongelmia Lamujokeen, mutta keskimäärin juoksutus pysyy sekä nyky- että ilmastomuutostilanteessa lähellä 1,5 m³/s. Myös talviaikaisen maksimijuoksutuksen nostaminen 3 m³/s vähentää ylärajan 137,00 m ylityksiä: nykytilanteessa raja ylittyisi 4 kertaa ja ilmastomuutostilanteessa 10 kertaa 52 parviennusteesta (Kuva 25).



Kuva 24. Mallinnetut Iso-Lamujärven vedenkorkeudet ja juoksutukset kun sallittu maksimijuoksutus talviaikana 4 m³/s ja muuna aikana 6 m³/s. Ylempi tilanne kuvaa nykyjaksoa ja alempi ilmastomuutosjaksoa 2010–2039.

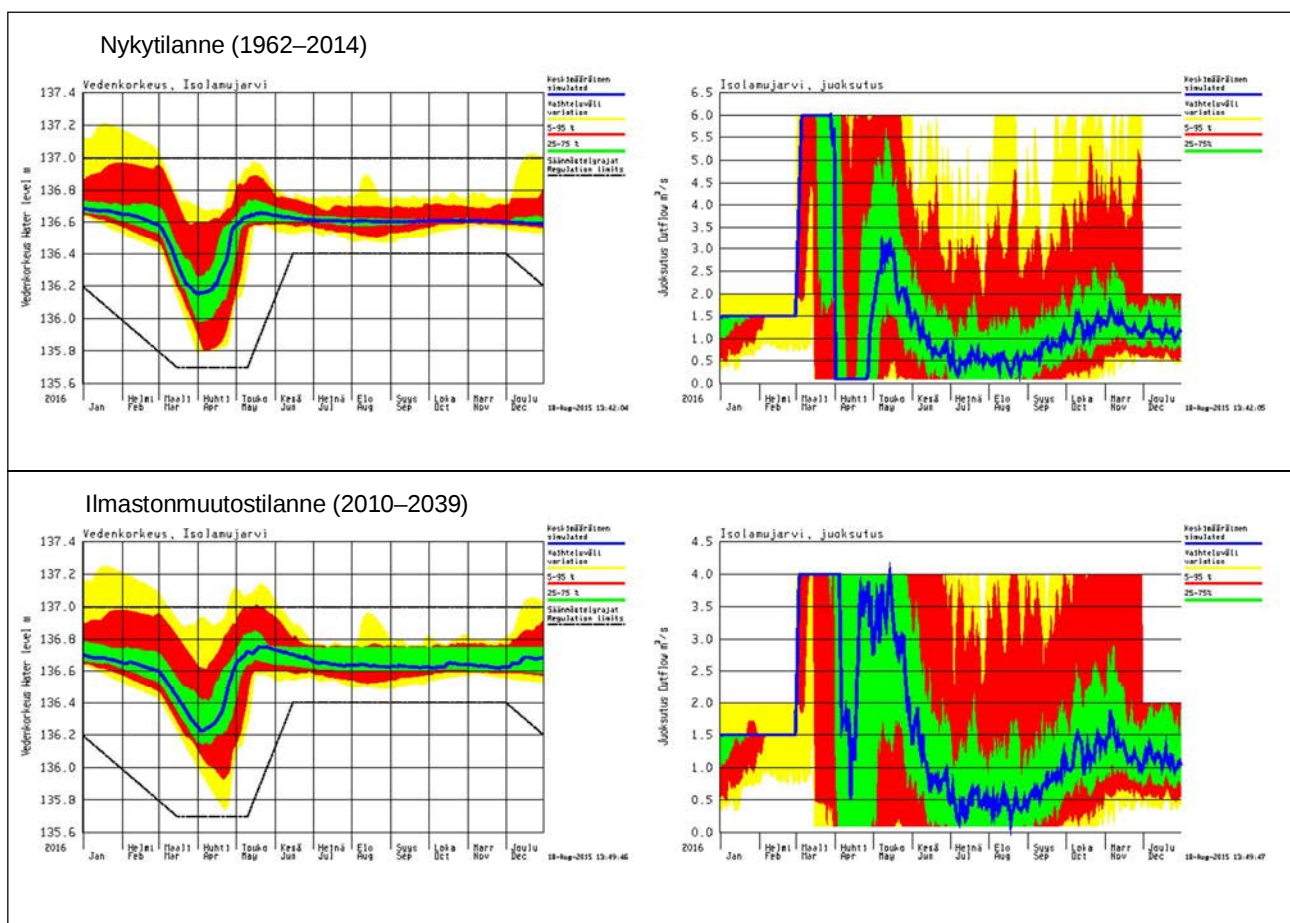


Kuva 25. Mallinnetut Iso-Lamujärven vedenkorkeudet ja juoksutukset kun sallittu maksimijuoksutus talviaikana 3 m³/s ja muuna aikana 6 m³/s. Ylempi tilanne kuvaa nykyjaksoa ja alempi ilmastomuutosjaksoa 2010–2039.

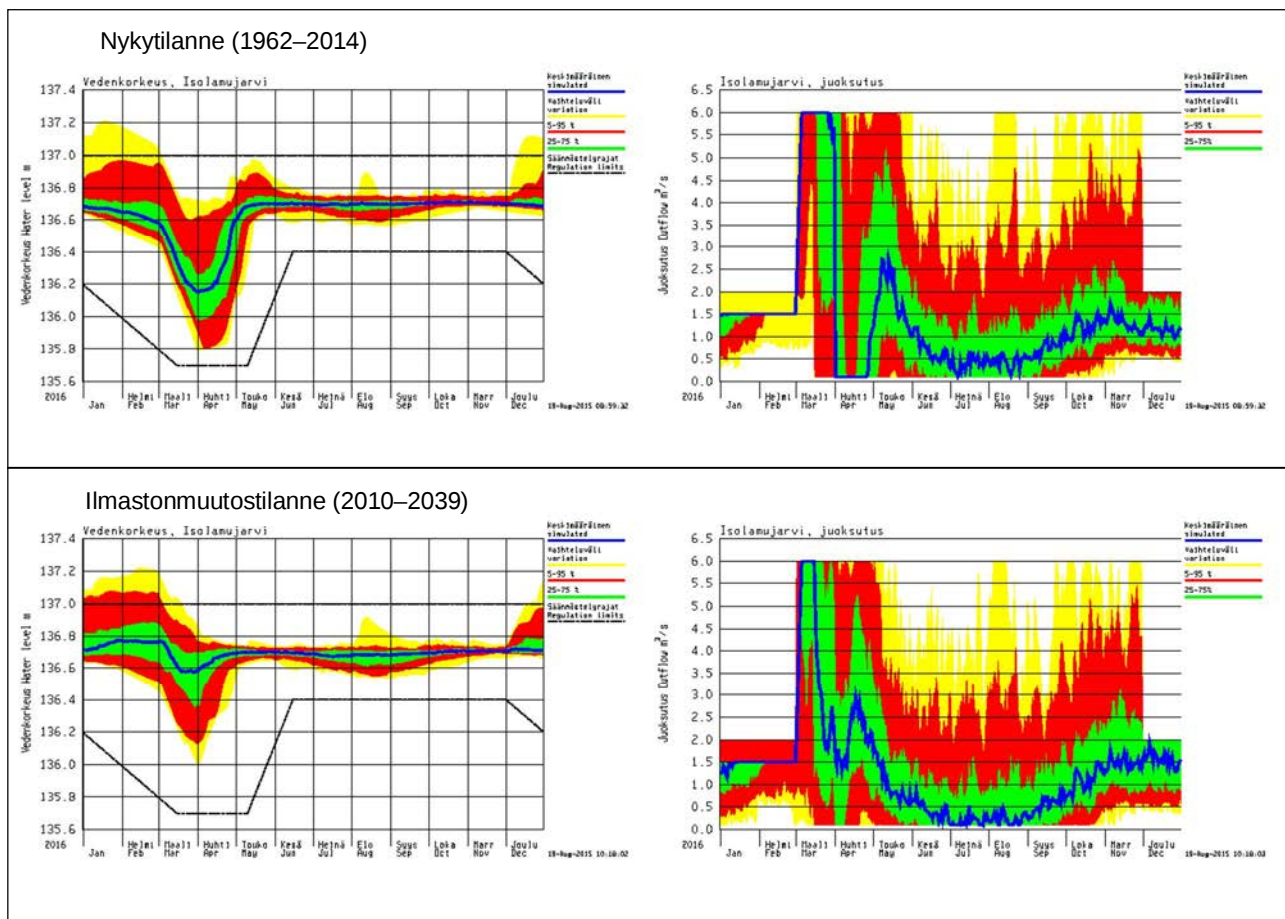
6.3.4 Kesäaikaisen tavoitetason vaikutus

Tarkastelut tehtiin myös laskemalla kesäaikaista vedenpinnan tavoitetasoa 136,7 metriin ja 136,6 metriin. Simuloinnin avulla tarkasteltiin myös tilannetta, jossa kesäaikaiseksi vedenpinnantasoksi on asetettu 136,9 metriä. Sallituksi maksimijuoksutukseksi asetettiin talviajalle 1,5–2,5 m³/s ja muulle ajalle 4–6 m³/s sekä minimijuoksutukseksi 0,1 m³/s.

Simulointien perusteella talviaikaiseksi maksimijuoksutukseksi riittää sekä nykytilanteessa että ilmastotilanteessa 2 m³/s kun kesän tavoitetasona on 136,6 m tai 136,7 m ja muun ajan maksimijuoksutuksena 6 m³/s (Kuvat 26 ja 27). Tällöin vahinkorajaa ei ylitetä. Tavoitetasolla 136,6 m nykyisten lupaehtojen vedenkorkeuden yläraja 137,00 m ylittyisi nykytilanteessa 3 kertaa ja ilmastomuutostilanteessa 10 kertaa 52 parviennusteesta. Tavoitetasolla 136,7 m yläraja 137,00 m ylittyisi nykytilanteessa 3 kertaa ja ilmastomuutostilanteessa 11 kertaa 52 parviennusteesta. Tavoitetasolla 136,8 m vastaavia ylärajan 137,00 m ylityksiä tapahtui 6 kertaa ja ilmastomuutostilanteessa 15 kertaa 52 parviennusteesta. Näin ollen rajojen ylityksiä voidaan pienentää pitämällä vedenpinta kesäaikana korkeudella 136,6 tai 136,7 m. Talviaikaisen maksimijuoksutuksen nostaminen 3 m³/s ei vaikuttanut näissä tapauksissa merkittävästi vedenkorkeuksiin.



Kuva 26. Mallinnetut Iso-Lamujärven vedenkorkeudet ja juoksutukset kun sallittu maksimijuoksutus talviaikana 2 m³/s ja muuna aikana 6 m³/s kun kesän tavoitetasona on 136,6 m. Ylempi tilanne kuvaa nykyjaksoa ja alempi ilmastomuutosjaksoa 2010–2039.



Kuva 27. Mallinnetut Iso-Lamujärven vedenkorkeudet ja juoksutukset kun sallittu maksimijuoksutus talviaikana 2 m³/s ja muuna aikana 6 m³/s kun kesän tavoitetaso on 136,7 m. Ylempi tilanne kuvaa nykyjaksoa ja alempi ilmastomuutosjaksoa 2010–2039.

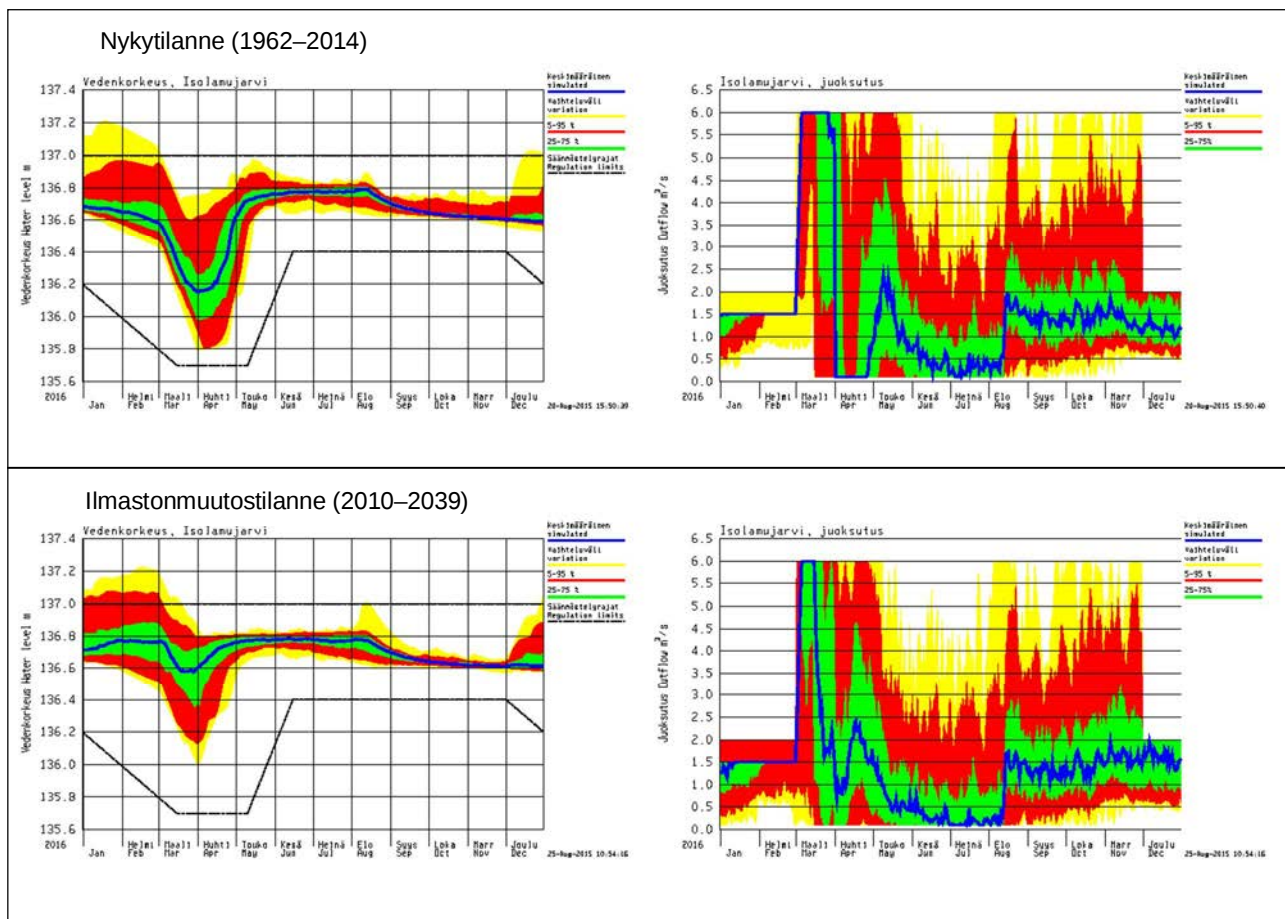
Simulointien perusteella kesän tavoitetasolla 136,9 m talviaikaisen maksimijuoksutuksen tulisi olla nykytilanteessa vähintään 3 m³/s, jotta vedenpinnankorkeus pysyisi vahinkorajan 137,25 m alapuolella. Tällöin ylärajan 137,00 m ylityksiä tapahtuisi 6 kertaa 52 parviennusteesta. Ilmastomuutostilanteessa talviaikaisella 3 m³/s maksimijuoksutuksella vahinkoraja ylittyisi kerran ja yläraja 137,00 m jo 17 kertaa 52 parviennusteesta. Näin ollen kesätason nostaminen lähelle rajaa 137,00 m ei ole suotavaa.

6.3.5 Syysaikaisen tavoitetason vaikutus

Vesistömallilla tarkasteltiin kesätasoa alhaisemman syystason vaikutusta vedenkorkeuksiin. Kesätasoksi valittiin 136,8 m, 136,85 m tai 136,9 m ja syystasoksi pääosin kesätasoa 10 tai 20 cm alempi taso. Lisäksi testattiin todella alhaisen, lupaehtojen alarajalla olevan syystason 136,4 m vaikutusta, kun kesätasona oli 136,8 m. Sallituksi maksimijuoksutukseksi asetettiin talviajalle 1,5–2,5 m³/s ja muulle ajalle 4–6 m³/s sekä minimijuoksutukseksi 0,1 m³/s.

Simulointitulosten perusteella kesätason laskeminen syksyllä vähentäisi sekä ylärajan 137,00 m että vahinkorajan ylityksiä. Toisaalta edes vedenpinnan laskeminen syystasolle 136,4 m ei estä vedenpinnan nousemista yli vahinkorajan nyky- tai ilmastotilanteessa, mikäli talvijuoksutusmaksimina on 1,5 m³/s. Vahinkorajaa ei ylitetä kun talvijuoksutusmaksimina on vähintään 2 m³/s ja muun ajan juoksutuksena 4–6 m³/s.

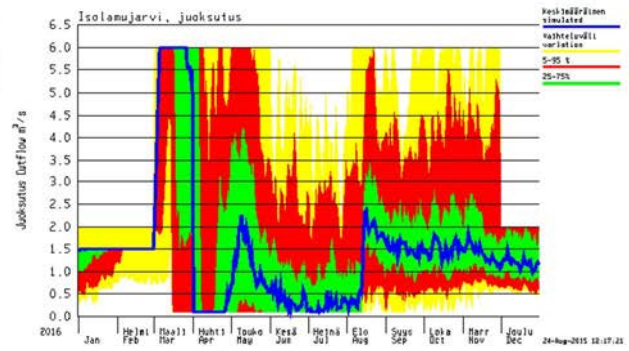
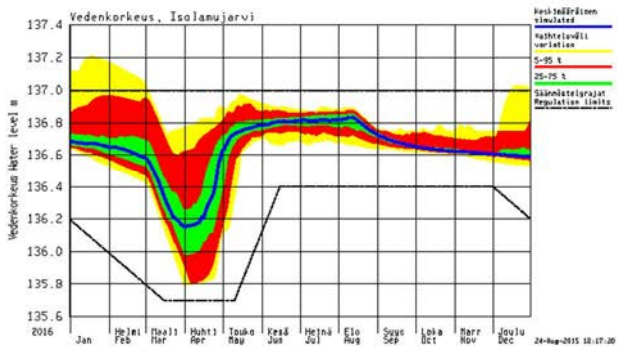
Esimerkiksi maksimijuoksutuksen ollessa 6 m³/s ja talviaikana 2 m³/s kesätason 136,8 m laskeminen syksyllä tasolle N₄₃+136,6 m vähentäisi ylärajan 137,00 m ylityksiä kuudesta kolmeen nykytilanteessa ja viidestätoista kymmeneen ilmastomuutostilanteessa verrattuna syystasoon 136,8 m (Kuva 28). Talvijuoksutuksen nostaminen 3 m³/s vähentäisi ylärajan 137,00 m ylityksiä vastaavasti kahteen nykytilanteessa ja seitsemään ilmastomuutostilanteessa.



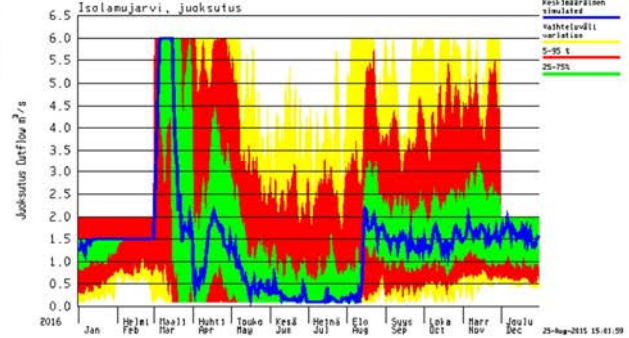
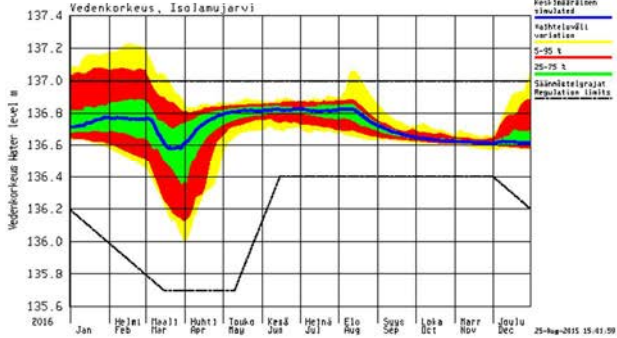
Kuva 28. Mallinnetut Iso-Lamujärven vedenkorkeudet ja juoksutukset kun sallittu maksimijuoksutus talviaikana $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ja muuna aikana $6 \text{ m}^3/\text{s}$ kun kesän tavoitetasoa on $136,8 \text{ m}$ ja syystasoa $136,6 \text{ m}$. Ylempi tilanne kuvaa nykyjaksoa ja alempi ilmastomuutosjaksoa 2010–2039.

Alhaisempi syystaso $136,6 \text{ m}$ vähentää ylärajojen ylityksiä myös niissä tilanteissa, joissa kesätasoa on joko $136,85 \text{ m}$ tai $136,9 \text{ m}$. Esimerkiksi maksimijuoksutuksella $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ja talvimaksimijuoksutuksella $2 \text{ m}^3/\text{s}$ yläraja $137,00 \text{ m}$ ylittyy kolme kertaa nykytilanteessa ja kymmenen kertaa ilmastomuutostilanteessa molemmilla kesätasoilla $136,85 \text{ m}$ ja $136,9 \text{ m}$ (Kuvat 29 ja 30). Jos talviaikaista juoksutusta nostettaisiin $3 \text{ m}^3/\text{s}$ yläraja $137,00 \text{ m}$ ylittyisi kaksi kertaa nykytilanteessa ja seitsemän kertaa ilmastomuutostilanteissa molemmilla kesätasoilla. Näin ollen kesätasoa olisi mahdollista pitää hieman tasoa $136,8 \text{ m}$ korkeammalla, mikäli vedenpintaa kuitenkin laskettaisiin syksyä kohden.

Nykytilanne (1962–2014)

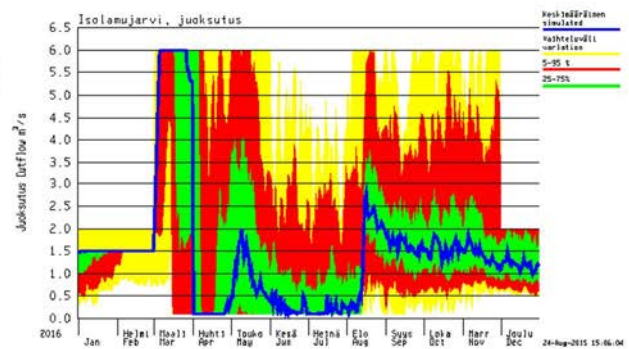
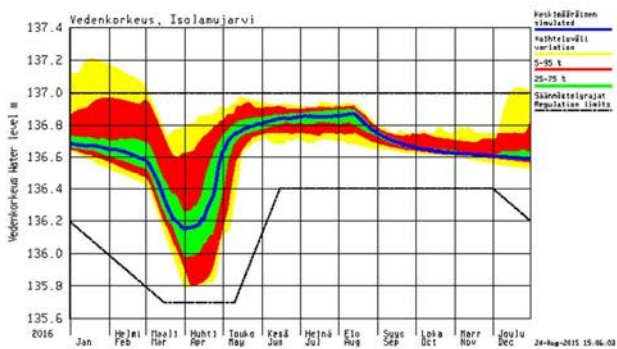


Ilmastomuutostilanne (2010–2039)

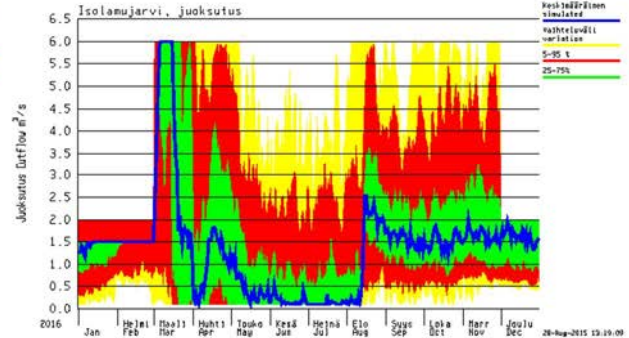
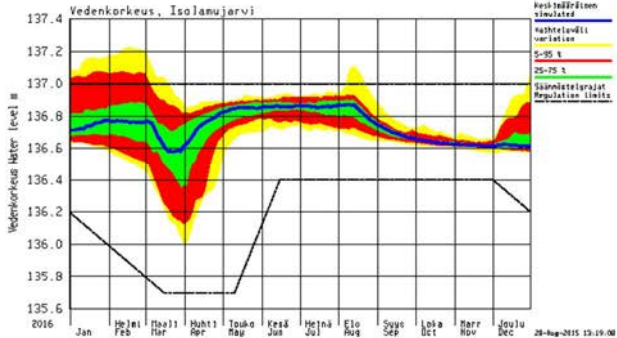


Kuva 29. Mallinnetut Iso-Lamujärven vedenkorkeudet ja juoksutukset kun sallittu maksimijuoksutus talviaikana 2 m³/s ja muuna aikana 6 m³/s kun kesän tavoitetaso on 136,85 m ja syystasoa 136,6 m. Ylempi tilanne kuvaa nykyjaksoa ja alempi ilmastomuutosjaksoa 2010–2039.

Nykytilanne (1962–2014)



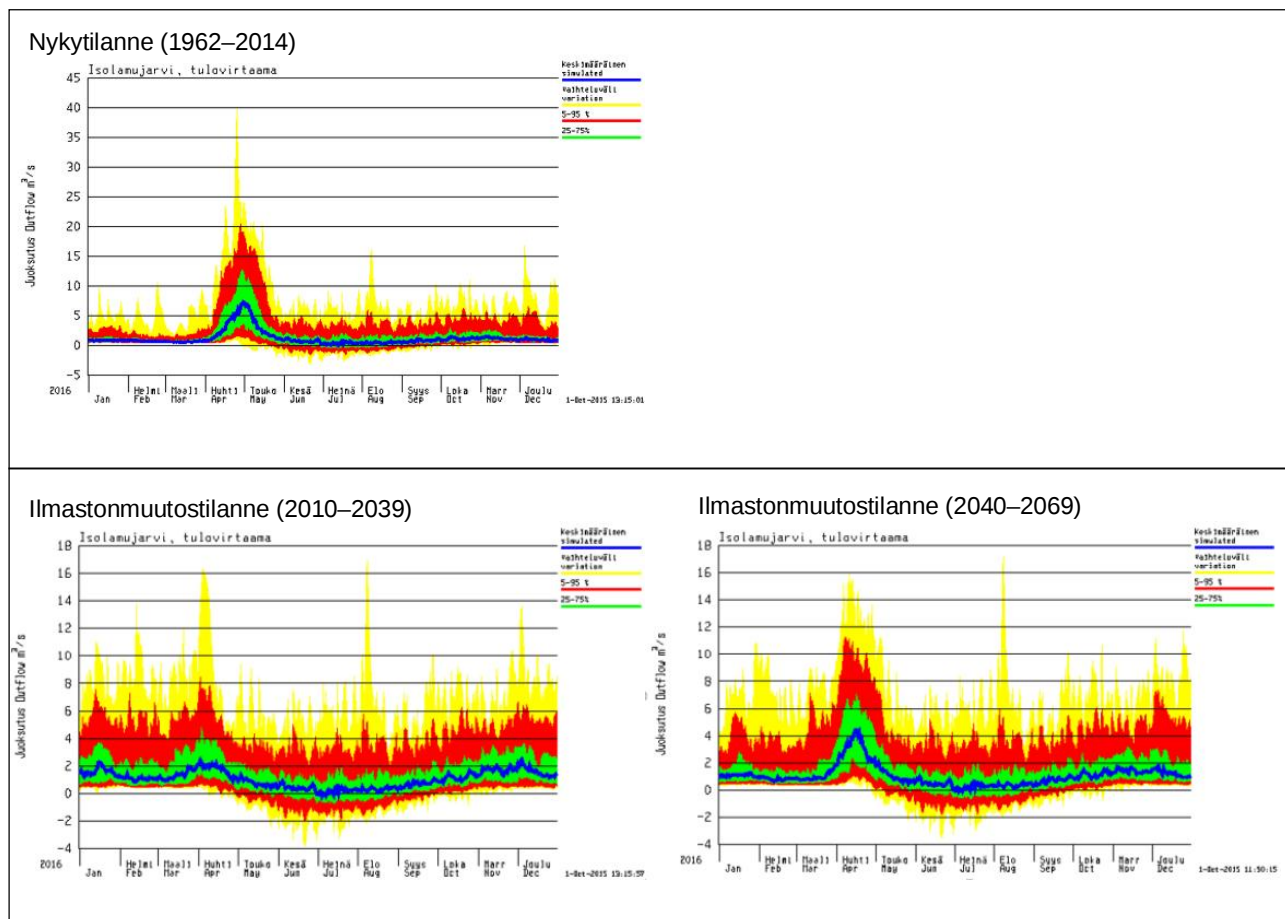
Ilmastomuutostilanne (2010–2039)



Kuva 30. Mallinnetut Iso-Lamujärven vedenkorkeudet ja juoksutukset kun sallittu maksimijuoksutus talviaikana 2 m³/s ja muuna aikana 6 m³/s kun kesän tavoitetaso on 136,9 m ja syystasoa 136,6 m. Ylempi tilanne kuvaa nykyjaksoa ja alempi ilmastomuutosjaksoa 2010–2039.

6.4 Iso-Lamujärven kevätkuoppa ilmaston muuttuessa

Kevätkuopan ajoituksella ei voi vaikuttaa järven vedenkorkeuden ylityksiin tammi- ja helmikuussa. Vedenkorkeuksia ei olisi saatu tuolloin laskettua alemmalle tasolle, sillä talven maksimijuoksaus rajoittaa. Jos järven vedenkorkeuden ylityksiä haluttaisiin välttää kokonaan, pitäisi järvi pitää kymmeniä senttejä alemmalla tasolla koko talven ajan. Tulovirtaamahuipun suhteen nykyinen kuopan ajankohta onkin aika optimaalinen, mutta kuopan teko olisi aloitettava nykytilanteessa maaliskuun alussa, koska kuoppaa ei voida tehdä yhtä aikaa kevättulvan alkamisen kanssa. Ilmastomuutostilanteessa kuopanteko olisi aloitettava jo helmikuun alussa.



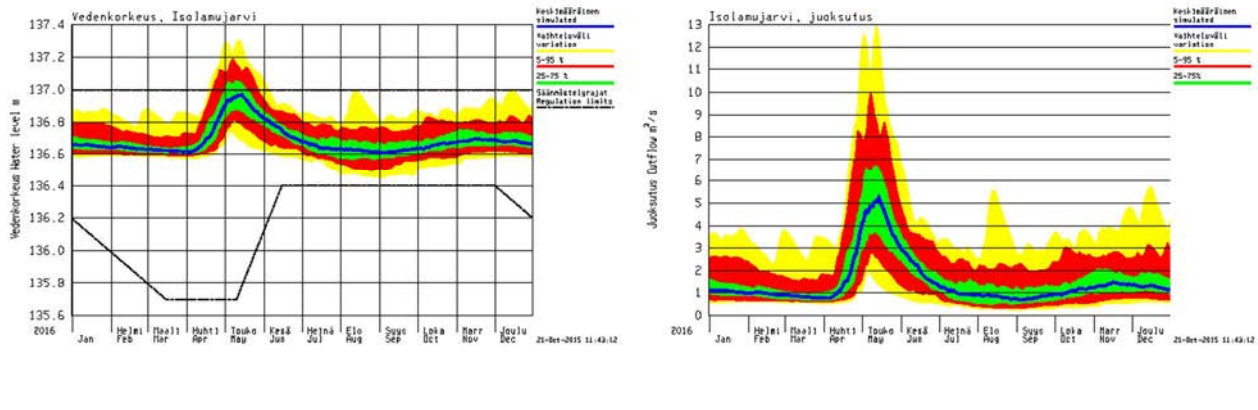
Kuva 31. 2040 mennessä kevättulvat ovat käytännössä kadonneet. Myös tarve kevätkuopalle häviää runsaslumisimpia talvia lukuun ottamatta. Mahdollisesti tarvetta on keväiselle vedenpinnan nostolle, jos allas pitää saada alkukesäksi riittävän korkealle tasolle. Simuloinneissa kuoppa tehdään 31.3.–15.4, jota tulisi aikaistaa noin kuukaudella ilmastomuutostilanteessa. Nykytilanteessa kuopan ajankohta on aika optimaalinen, mutta kuopan teko olisi aloitettava nykytilanteessa maaliskuun alussa.

6.5 Pohjapatotarkastelu

Sidosryhmätyöskentelyssä (kappale 9) nostettiin esille kysymys, voitaisiinko nykyinen Iso-Lamujärven säännöstelypato korvata pohjapadolla ilman tulvahaittoja, jolloin järvi käyttäytyisi luonnonjärven tavoin. Pohjapadon purkautumisen määrittä Insinööri-toimisto Pekka Leiviskä, josta on erillinen raportti tämän selvityksen liitteenä 6. Purkautumiskäyrä syötettiin SYKEN vesistömalliin simulointia varten. Simuloinneissa tarkasteltiin pohjapadon vaikutusta Iso-Lamujärven vesitilanteeseen nykyisessä ja tulevassa ilmastossa.

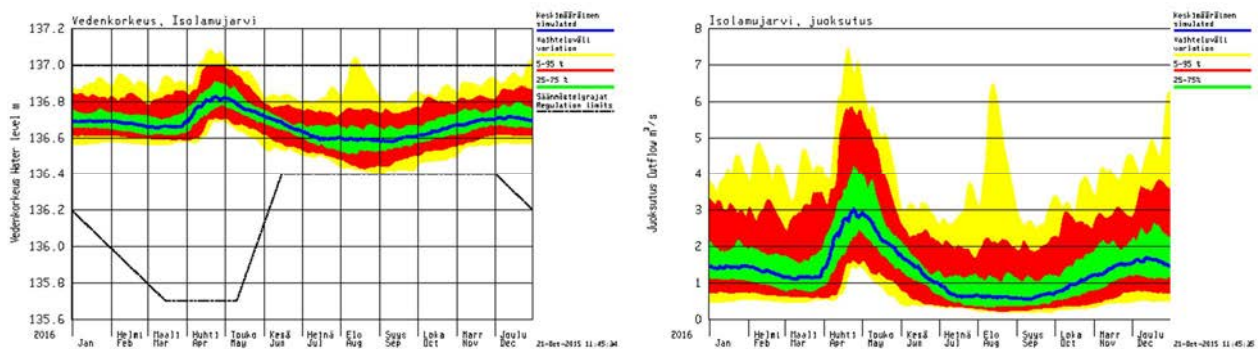
Kuvista 32 ja 33 voidaan arvioida, ettei säännöstelypadon korvaaminen pohjapadolla ole ilman tulvahaittoja mahdollista nykyisessä ilmastossa. Tulevaisuudessa tilannetta tulee arvioida uudelleen.

Nykytilanne (1962–2014)

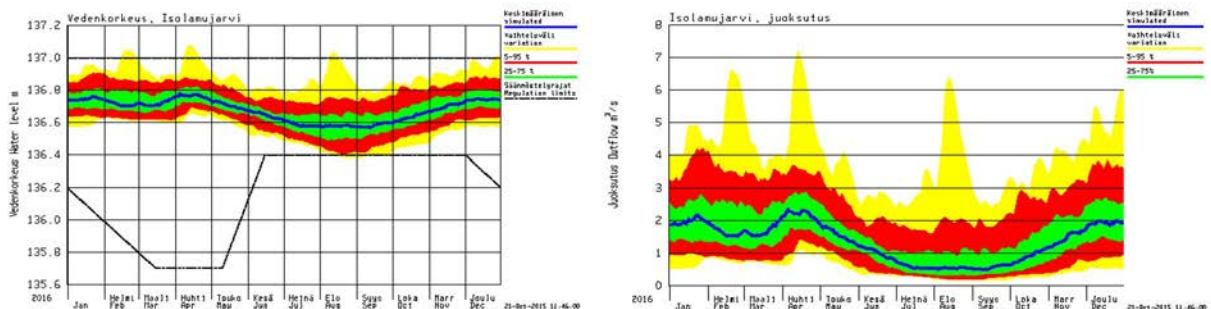


Kuva 32. Nykyilmastossa pohjapato tulee aiheuttamaan ongelmia runsaslumisina talvina. Keskivertotalvilla virtaamat voivat nousta yli $6 \text{ m}^3/\text{s}$:n kevättulvan aikaan (n. 40 % vuosista $6 \text{ m}^3/\text{s}$:n virtaama ylittyy). Kuivat jaksot eivät näyttäisi tuovan ongelmia.

Ilmastomuutostilanne (2010–2039)



Ilmastomuutostilanne (2040–2069)



Kuva 33. Ilmastomuutoksen myötä kevättulvat vähenevät siinä määrin, että yli $6 \text{ m}^3/\text{s}$:n virtaamat käyvät harvinaisiksi eikä nykyinen säännöstelyn yläraja juuri ylitä.

6.6 Mallin epävarmuustekijät

Vesistömallijärjestelmän käyttö vedenkorkeuksien ja virtaamien simuloimiseen sisältää useita epävarmuustekijöitä. Yksi epävarmuustekijä on lähtöaineiston luotettavuus, sillä vedenkorkeuksien mittaaminen ei ole ollut päivittäistä ennen vuotta 2004. Ilmastomuutoksen vaikutuksen arviointiin liittyviä epävarmuustekijöitä on käsitelty tarkemmin luvun 3.3 lopussa. Ilmastomuutoksen mallintamiseen liittyvien epävarmuustekijöiden lisäksi simuloinnin epävarmuutta lisää pitkä mallinnusketju. Esimerkiksi Vesistömallijärjestelmään sekä Iso-Lamujärven säännöstelyn simulointityökaluun liittyvät omat epävarmuustekijät vaikuttavat mallin antamiin tuloksiin.

Simulointityökalu ei esimerkiksi ota huomioon jääkannen syntymisajankohtaa, vaan talviaikainen virtaamamaksimirajoitus alkaa joulukuun alusta. Toisaalta sekä nykytilanteessa että ilmastonmuutosjaksolla 2010–2039 jääkansi muodostuu keskimäärin viimeistään joulukuun alusta, joten mallin tuloksia voidaan tältä osin pitää hyväksyttävänä. Toinen epävarmuutta aiheuttava tekijä on kevättulvan puuttuminen, koska kevätkuopan tekemisen jälkeen malli pyrkii pitämään vedenpintaa lähellä valittua kesän tavoitekorkeutta. Myös syystasolle siirtyminen sekä kyseisen tason pitäminen aiheuttaa epävarmuutta, sillä mallissa syystason vaikutus kestää joulukuuhun saakka. Syksyn alhaisemalle vedenpinnan tasolle olisi hyvä siirtyä simuloiteja loivemmin, ja toisaalta saavutettua alhaisempaa tasoa saat-
taa olla hankalaa pitää joulukuuhun asti mahdollisten syyssateiden vuoksi.

Mallin tarkkuutta ilmastonmuutostilanteessa olisi voitu parantaa käyttämällä ilmastonmuutosskenaarioina keskiarvoskenaarion lisäksi yksittäisiä ilmastomalleja, kuten lämpimän ja kylmän ilmaston skenaarioita.

7. Säännöstelyn vaikutukset ekologiaan ja virkistyskäyttöön

7.1 Vesimittari

Erilaisten säännöstelysimulointien vaikutuksia Iso-Lamujärven ekologiaan on arvioitu SYKEN kehittämän Vesimittarin avulla. Vesimittari on Excel-pohjainen, ja se on toteutettu Visual Basic -ohjelmointikielellä. Ohjelmaan syötettävät lähtötiedot ovat järven jäätymis- ja vedenkorkeushavainnot sekä järven keskimääräinen syvyys, väri ja suurin jäänpaksuus. Ohjelma arvioi säännöstelyn vaikutuksia laskemalla 26 erilaista indikaattoria, jotka havainnollistavat muun muassa järven ekologista tilaa sekä virkistyskäytön edellytyksiä. Ohjelma ilmoittaa indikaattoreille numeerisen mittariarvon ja tarkastelujakson keskiarvon. Lisäksi ohjelma muuttaa vuosikohtaiset numeeriset tulokset laadulliseen muotoon, joka lajittelee tulokset viisiportaisen asteikon mukaan (erittäin huono, huono, tyydyttävä, hyvä ja erittäin hyvä). (Nurmi 2010.)

7.2 Parametrien valinta

Iso-Lamujärvelle parametrit on valittu riippuen siitä, onko kyseessä nykytilaa kuvaava havaintojakso 2005–2014, simuloitu nykyjakso 1962–2014 vai ilmastonmuutosjakso 2010–2039. Keskisyvydeksi on valittu kaikille jaksoille 3,2 metriä. Vuosien 2005–2012 havaintojen perusteella väriarvot metrin syvyydessä ovat olleet välillä 50–100 mg Pt/l, ja kesän kasvukaudella keskiarvoisesti 72 mg Pt/l (Ympäristöhallinto 2015g). Toisaalta ilmastonmuutos saattaa mahdollisesti vaikuttaa järvesien humuspitoisuuteen ja siten väriin (Nurmi 2010). Tässä selvityksessä veden väriarvoksi on valittu 75 mg Pt/l sekä nyky- että ilmastonmuutostilanteessa.

Jäänpaksuudet sekä jäänmuodostumis- ja lähtöpäivien parametrit nykytilaa kuvaavalle jaksolle perustuvat Pyhäjärven havaintoihin vuosilta 2005–2014. Ilmastonmuutosjaksolle arvot on muutettu ilmastonmuutoksen simulointituloksien perusteella (ks. luku 3.3). Vuosien 2005–2014 havaintojen perusteella Pyhäjärven jäänpaksuuden maksimi- arvojen keskiarvoksi on saatu 59 cm (Ympäristöhallinto 2015h). Iso-Lamujärven jäänpaksuudet tulevat ohenemaan jaksolla 2010–2039 keskimäärin 7,8 cm, joten ilmastonmuutosjaksolla jäänpaksuuden arvoksi on asetettu 51 cm.

Referenssijaksolla 2005–2014 käytetyt vedenkorkeudet perustuvat Iso-Lamujärven vedenkorkeushavaintoihin (Ympäristöhallinto 2015a). Vesimittarilla voidaan tarkastella samanaikaisesti yhteensä 50 erilaista vedenkorkeustilannetta. Tämän vuoksi mittarissa käytetyt Vesistömallilla simuloitujen vedenkorkeudet riippuvat simulointitilanteesta siten, että 52 parviennusteesta malliin on syötetty 50 ennusteen vedenkorkeudet.

Pyhäjärven jäänmuodostumispäivät vaihtelevat vuosien 2005–2014 havaintojen perusteella välillä 30.10.–20.12, ja keskimäärin jääkansi on muodostunut joulukuun alusta 1.12. Pyhäjärven jäänlähtöpäivät vaihtelevat vuosien 2005–2014 havaintojen perusteella välillä 22.04.–9.5., ja keskimäärin jäät ovat sulaneet 6.5. (Ympäristöhallinto 2015i.) Ilmastonmuutostilanteessa Iso-Lamujärven simuloitujen jäänmuodostumispäivät esiintyvät noin 2–3 viikkoa myöhemmin ja jäänlähtemispäivät noin 1–2 viikkoa aikaisemmin verrattuna Vesistömallin simuloituun nykytilaan jaksoon 1971–2014.

Vesimittarissa jäänmuodostumispäivänä on käytetty havaittuja arvoja referenssijaksolle 2005–2014, päivää 1.12. simuloituille nykytilan säännöstelyvaihtoehdoille ja päivää 14.12. simuloituille ilmastonmuutosjakson säännöstelyvaihtoehdoille. Jäänlähtöpäivänä on referenssijaksolle 2005–2014 käytetty havaittuja arvoja, simuloituille nykytilan säännöstelyvaihtoehdoille päivää 6.5. ja simuloituille ilmastonmuutosjakson säännöstelyvaihtoehdoille päivää 30.4.

7.3 Vesimittarin tulokset

7.3.1 Vesimittarin vaihtoehdot ja tulokset

Vesimittarin avulla on tarkasteltu havaintojakson 2005–2014 ja Vesistömallilla simuloitun nykykäytännön vastavuuksia sekä suurempien talviaikaisten juoksutusten ja alhaisemman syystason vaikutuksia referenssijaksolla 1962–2014 ja ilmastonmuutosjaksolla 2010–2039. Mittarilla on simuloitu seuraavat tilanteet:

- VE0: Havaintojakso 2005–2014
- VE1 a): Nykykäytäntö, simuloitu (kesätaso $N_{43}+136,8$ m, juoksutusmaksimit $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ja talviaikana $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$)
- VE1 b): Nykykäytäntö ilmastonmuutostilanteessa, simuloitu (kesätaso $N_{43}+136,8$ m, juoksutusmaksimit $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ja talviaikana $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$)
- VE2 a): Suuremmat talvijuoksutukset, simuloitu (kesätaso $N_{43}+136,8$ m, juoksutusmaksimit $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ja talviaikana $3 \text{ m}^3/\text{s}$)
- VE2 b): Suuremmat talvijuoksutukset ilmastonmuutostilanteessa, simuloitu (kesätaso $N_{43}+136,8$ m, juoksutusmaksimit $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ja talviaikana $3 \text{ m}^3/\text{s}$)
- VE3 a): Suuremmat talvijuoksutukset ja alennettu syystaso, simuloitu (kesätaso $N_{43}+136,8$ m ja syystaso $N_{43}+136,6$, juoksutusmaksimit $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ja talviaikana $3 \text{ m}^3/\text{s}$)
- VE3 b): Suuremmat talvijuoksutukset ja alennettu syystaso ilmastonmuutostilanteessa, simuloitu (kesätaso $N_{43}+136,8$ m ja syystaso $N_{43}+136,6$ m, juoksutusmaksimit $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ja talviaikana $3 \text{ m}^3/\text{s}$).

Vesimittarin tulokset kaikille tilanteille on esitetty taulukossa 8. Tuloksia käydään tarkemmin läpi seuraavissa alaluvuissa. Mittareiden rajat ja luokat on esitetty liitteessä 6.

	erittäin hyvä
	hyvä
	tydyttävä
	huono
	erittäin huono

	Havaittu	Simuloitu					
	VE0	VE1 a)	VE1 b)	VE2 a)	VE2 b)	VE3 a)	VE3 b)
LUONTO							
Vesi- ja rantakasvillisuus							
Kevättulvan suuruus (m)	0.17	-0.05	0.01	-0.04	-0.01	0	0.05
Vedenkorkeuden muutos kasvukaudella (m)	-0.11	0.37	0.06	0.35	0.06	0.33	0.04
Saraikko ja ilmaversoiset							
Saraikon laajuus (m)	0.2	0.08	0.07	0.08	0.07	0.09	0.08
Kortteikon laajuus (m)	0.94	0.95	0.97	0.96	0.97	0.95	0.96
Ruokovyöhykkeen laajuus (m)	0.94	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97
Pohjalehtiset							
Jäätävän vyöhykkeen osuus (%)	26	28	21	30	24	29	24
Jäänpainaman vyöhykkeen osuus (%)	48	56	35	57	36	55	37
Rantavyöhykkeen pieneliöstö							
Häiriövyöhykkeen osuus (%)	34	38	22	36	20	34	19
Linnusto							
Vedenpinnan nousu lintujen pesintäaikana (m)	0.08	0.3	0.06	0.28	0.06	0.3	0.06
Kalakannat							
Talvialenema / keskisyvyys (%)	14	20	9.1	21	9.7	15	4.7
Alenema mädin hautoutumiskaudella (JP-JLP) (m)	0.44	0.64	0.29	0.66	0.31	0.47	0.15
Tulvan lasku hauen kutuaikana (JLP->4vk) (m)	0.09	0.02	0.01	0.01	0.004	0.01	0
Minimisvyvyys saraikossa hauen kutuaikana (m)	0.06	-0.43	-0.09	-0.42	-0.09	-0.4	-0.08
VIRKISTYSKÄYTTÖ							
Vedenkorkeuden vaihtelu kesällä (21.6-15.8) (m)	0.2	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07
Nousu (JLP->31.5.) virkistyskäytön hyvälle tasolle (%)	91	51	91	52	92	53	92

7.3.2 Vaikutukset Iso-Lamujärven ekologiaan

Vesimittarin tulosten perusteella huomioitavia asioita ovat varsinkin liian pieni kevättulva sekä vedenkorkeuden pysyminen liian tasaisena koko kesäkauden ajan. Esimerkiksi luonnontilaiseen järveen verrattuna myöhästynyt ja alentunut kevättulva vaikuttaa negatiivisesti ekologiaan (Nurmi 2010). Luonnonmukaisen kevättulvan seurauksena kuolleet eloperäinen aines siirtyy hapekkaisiin olosuhteisiin ja lisäksi se vaikuttaa ehkäisevästi rantojen umpeenkasvuun. Matalat vedenkorkeudet alkukesästä vaikuttavat oleellisesti myös rantavyöhykkeen laajuuteen siten, että ruovikovyöhyke laajenee ja saraikkovyöhyke kapenee. Saraikkovyöhykkeellä on puolestaan erittäin suuri merkitys kevät-kutuisten kalojen lisääntymisalueena ja syyskutuisten kalojen poikasten kasvualueena (Martinmäki et al. 2008).

Myöhästyneen kevättulvan vaikutuksesta on puolestaan haittaa lähellä vesirajaa pesiville linnuille, kuten kuikalle, sotkalle ja erälle lokeille. Pesät voivat jäädä veden alle vedenpinnan noustessa liian korkealle. Kriittisin aika pesinnälle on neljä viikkoa jäiden lähtemisestä. (Martinmäki et al. 2008.)

Liian tasainen kesävedenpinnantaso aiheuttaa haittaa muun muassa rantavyöhykkeelle, sillä se saattaa johtaa joidenkin kasvilajien vähenemiseen tai katoamiseen. Esimerkiksi rantakasvillisuuden kannalta olisi optimaalista, jos kesäaikainen vedenpinta olisi laskeva.

Tärkeimpiä talviaikaisia ekologisia mittareita ovat talvialenema, jäätyvän vyöhykkeen osuus sekä jäänpainaman vyöhykkeen osuus. Liian suuri talvialenema altistaa tuottavan vyöhykkeen jäätymiselle ja jäänpainamalle. Jäätyvässä vyöhykkeessä jää painuu pohjaa vasten, jolloin myös pohjasedimentti jäätyy. Jäänpainamalla vyöhykkeellä jään painuminen pohjaan ei aiheuta pohjasedimentin pinnan jäätymistä. Jäätyvällä ja jäänpainamalla vyöhykkeellä on siten vaikutusta varsinkin kasvi- ja pohjaeläimistöön sekä syyskutuisten kalojen, kuten muikun ja siian, mädin säilymiseen. (Martinmäki et al. 2008.) Osa vesieliöistä sietää kuitenkin jäänpainaman, muttei jäätymistä (Nurmi 2010).

Vesimittarin luokkarajojen mukaan hyvän kevättulvan aikaisen ylimmän vedenkorkeuden ja avovesikauden mediaanivedenkorkeuden erotus olisi 20 cm ja erittäin hyvän vähintään 40 cm. Havaintojaksolla (VE0) kevättulvan suuruus on ollut tyydyttävällä tasolla, noin 17 cm. Vesimittarilla simuloitujen vedenkorkeuksien perusteella kevättulva jää todella pieneksi kaikilla vaihtoehdoilla VE1, VE 2 ja VE3, ja vaihtoehdoissa VE1 a) ja VE2 (a & b) vedenpinta näyttäisi jopa laskevan. Liian pieni kevättulva vaikuttaa selvästi kielteisesti sekä saraikon laajuuteen että syvyyteen hauen kutuaikana.

Tulvan laskeminen hauen kutuaikana, kortteikon sekä ruokovyöhykkeen laajuudet ovat ekologisesti hyvällä tasolla kaikissa vaihtoehdoissa. Vedenpinnan nousu lintujen pesintäaikana on hyvällä tasolla vaihtoehdoissa VE0 ja VE1-VE3 b) ja tyydyttävällä tasolla vaihtoehdoissa VE1–VE3 a).

Kasvukaudella vedenkorkeuden muutoksen tulisi Vesimittarin mukaan olla hyvässä luokassa vähintään -31 cm ja erinomaisessa luokassa vähintään -50 cm. Muutos lasketaan vähentämällä kasvukauden loppuosan (30.9.) ja jäänlähtöpäivän jälkeisen kuukauden 75 % -pysyvyytason vedenkorkeudet. Havaintojaksolla (VE0) vedenkorkeuden muutos on ollut -11 cm, joka vastaa huonoa luokkatasoa. Vaihtoehdoilla VE1 (a & b), VE2 (a & b) ja VE3 a) vedenkorkeus vaikuttaisi kesäaikana hieman nousevan, jonka vuoksi luokkataso on erittäin huono. Myös vaihtoehto VE3 b) jää huonoon luokkatasoon.

Talvialenema sekä jäänpainaman vyöhykkeen osuudet ovat hyvällä luokkatasolla ilmastonmuutosvaihtoehdoissa VE1 b), VE2 b) ja VE3 b) ja tyydyttävällä tasolla muissa vaihtoehdoissa. Jäätyvän vyöhykkeen osuudet ovat kuitenkin kaikissa vaihtoehdoissa hyvässä luokassa.

Yleisesti ottaen havaintojaksolla (VE0) ekologinen tila on parempi verrattuna simulointien antamiin tuloksiin. Tämä johtuu pääosin kevättulvan puuttumisesta sekä vedenpinnan pysymisestä tasaisena kesäkaudella. Vaihtoehtojen VE1–VE3 välillä ei sen sijaan ole suuria eroja. Kaikissa simulointivaihtoehdoissa ilmastonmuutos vaikuttaisi säilyttävän luokkatason samana tai parantavan luokkaa yhdellä tasolla verrattuna nykytilanteeseen. Syysalennuksen sisältävä säännöstelyvaihtoehto (VE3) vaikuttaisi Vesimittarin tulosten perusteella olevan ekologian kannalta paras.

7.3.3 Vaikutukset Iso-Lamujärven virkistyskäyttöön

Yleisesti ottaen tyypillinen virkistyskäyttäjä arvostaa kesäajan tasaista vedenpintaa, sillä rantavyöhykkeen ja rannan rakenteiden käyttö helpottuu (Martinmäki et al. 2008). Lisäksi useiden kyselytutkimusten perusteella ihmisten on havaittu kokevan haittaa, jos vedenpinnan vaihtelun lisäksi vedenpinnan koetaan olevan väärällä tasolla (Nurmi 2010).

Vesimittarin tulosten perusteella vedenkorkeuden vaihtelu suosituimmalla virkistyskäyttökaudella kesä- ja elokuun välisenä aikana (21.6.–15.8.) on hyvällä tasolla havaintojaksolla VE0 ja erinomaisella tasolla kaikilla muilla vaihtoehdoilla VE1–VE3. Toisaalta liian tasainen vedenpinta on ekologiselta kannalta kuitenkin huono vaihtoehto, kuten edellä on jo todettu. Vedenpinnan nouseminen virkistyskäytön kannalta hyvälle tasolle on erinomaisessa luokassa havaintojaksolla VE0 sekä ilmastonmuutosvaihtoehdoissa VE1–VE3 b). Vaihtoehdoissa VE1–VE3 a) virkistyskäytön kannalta hyvä taso saavutetaan tyydyttävästi. Tämä voi johtua siitä, että kevättulvan puuttuessa vedenpinta nousee kevätkuopan vuoksi hitaammin kesätasolle.

7.4 Mallin epävarmuustekijät

Vesimittarin käyttöön liittyy monia epävarmuustekijöitä, jotka liittyvät itse malliin sekä mallissa käytettyyn aineistoon. Yleisesti ottaen havaintojakson 2005–2014 (VE0) aineistoa voidaan pitää Vesistömallilla simuloituja vedenkorkeus-aineistoja (VE1–VE3) luotettavampana kuvaamaan Iso-Lamujärven ekologista tilaa, koska simuloiduille aineistoille mallinnusketju on varsin pitkä. Ilmastonmuutoksen vaikutuksen arviointiin liittyviä epävarmuustekijöitä on käsitelty tarkemmin luvun 3.3 lopussa ja Vesistömalliin liittyviä epävarmuustekijöitä luvussa 6.4.

Epävarmuutta vaihtoehtojen VE1–VE3 tuloksiin lisää myös se, että jäänlähtemispäivät ja -muodostumispäivät ovat vain arvioita. Näin ollen Vesimittari voi antaa virheellisiä tuloksia niille ekologisille mittareille, jotka perustuvat jäänlähtemisen ajoittumiseen tai jäänmuodostumiseen. Tämä voi vaikuttaa esimerkiksi vedenpinnan nousua lintujen pesintäaikana mittaavan indikaattorin tuloksiin. Toisaalta Vesimittarin avulla voidaan saada yleiskuva niistä tekijöistä, joilla on merkittävin vaikutus Iso-Lamujärven ekologiseen tilaan.

7.5 Vaikutukset Lamujoen ekologiseen tilaan

Säännöstelyn vaikutuksia Lamujoen ekologiseen tilaan on tarkasteltu vain olemassa olevan tiedon pohjalta ja pääpiirteittäin arvioitu nykysäännöstelyn hyviä ja huonoja puolia sekä säännöstelyn kehittämismahdollisuuksia Lamujoen ekologisen tilan kannalta.

Kuten edellä on jo todettu, viime vuosina Iso-Lamujärven kevättulva on ollut melko pieni ja vastaavasti kesävesipinta on pidetty melko korkealla. Edellä kuvattu säännöstelykäytäntö johtaa etenkin pitkien kuivien jaksojen aikana pieniin virtaamiin Lamujoessa, mikä voi heikentää sen ekologista tilaa. Lisäksi pitkien kuivien jaksojen on ennustettu lisääntyvän ilmastonmuutoksen seurauksena, joten alhaisista virtaamista voi tulla entistä suurempi haitta Lamujoelle. Kyseistä haittaa voitaisiin välttää sallimalla nykyistä suurempi kevättulva ja kesän mittaan hieman laskeva vesipinta Iso-Lamujärvestä.

Nykyinen säännöstelylupa määrittää yksiselitteisen rajan ($N_{43}+137,00$ m), jonka ylittämisen tai alittamisen jälkeen juoksutusta on muutettava nopeasti. Tämä aiheuttaa nopeita virtaamavaihteluja Lamujoessa. Virtaamavaihteluiden esiintymistiheys on kuitenkin niin harva, että haitalliset vaikutukset jäänevät vähäiseksi. Talviaikana suuret virtaamat voivat aiheuttaa merkittävää hyyteen lisääntymistä, ja pohjajää voi täyttää etenkin koskialueilla elävien lajien elinympäristöt. Tämä voi johtaa eliöiden kuolemiseen tai elinympäristön vaihtamiseen. Talviaikana esimerkiksi sulannasta johtuvan valunnan kasvuun tulisi voida ennakoida asteittaisella virtaaman kasvattamisella jo ennen kuin Iso-Lamujärven vedenpinta ylittää ylärajan. Näin voitaisiin välttää suurimpia virtaamia. Lisäksi tulisi selvittää, voidaanko joen rakenteellisilla kunnostuksilla edistää jääkannen muodostumista ja estää hyyteen syntyä.

8 Suosituksia padotus- ja juoksutusohjееksi

8.1 Yleistä

Tämän työn tulosten perusteella Iso-Lamujärven lupaehdot ovat pääosin toimivat, mutta lupaehtoja olisi hyvä tarkistaa seuraavilta osin:

- Juoksutukset
 - o Vähintään 6 m³/s juoksutusmääräyksen pitävyyden talviaikana kun vedenpinta nousee yli N₄₃+137,00 m
 - o Talviaikaisen maksimijuoksutuksen 1,5 m³/s riittävyys
 - o Kesäaikaisen maksimijuoksutuksen 4 m³/s riittävyys
- Vedenpinnan korkeus
 - o Ylärajan N₄₃+137,00 m ylitykset
 - o Muut suositukset vedenpinnan tasolle.

Vedenkorkeus- ja virtaamamallinnusten perusteella Iso-Lamujärven nykyiset lupaehdot eivät riitä pitämään vedenkorkeutta alle ylärajan N₄₃+137,00 m nyky- tai ilmastomuutostilanteessa. Myös arvioitu vahinkoraja N₄₃+137,25 m ylittyisi. Ilmastomuutostilanteessa luvan muutostarpeita aiheuttavat varsinkin lisääntyneet talviajan sadanta- sekä valunta sekä lumen ja jään sulamisen aikaistuminen. Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi tämän työn perusteella annettavia suosituksia juoksutettaville virtaamille sekä vedenkorkeuksille.

8.2 Juoksutettavat virtaamat

8.2.1 Juoksutukset kun vedenkorkeus ylittää N₄₃+137,00 m

Juoksutusten osalta nykyinen lupamääräys ei ole riittävän selkeä, sillä lupa käsittää ristiriidan sallittavista maksimijuoksutuksista talviaikana. Luvasta olisi hyvä tarkistaa ainakin seuraava kohta:

”Vedenkorkeuden noustessa yli N₄₃+137,00 m on Lamujokeen juoksutettava vähintään 6 m³/s niin kauan, että vedenkorkeus alenee ylärajan alapuolelle.

Lamujoen jääkannen syntymisajankohdasta 1.3. saakka juoksutus Lamujokeen saa olla enintään 1,5 m³/s.”

Kyseinen kohta aiheuttaa tulkintavaikeuksia siitä, täytyykö vedenkorkeutta nostaa talviaikana vähintään 6 m³/s, kun vedenkorkeus ylittää ylärajan N₄₃+137,00 m. Näin ollen kohta tulisi muuttaa selkeämpään muotoon.

8.2.2 Talven juoksutusmaksimi

Lamujoen vedenjohtokyvyksi jäiden syntyessä on arvioitu 1–3 m³/s ja luvanmukainen talviaikainen juoksutusmaksimi on 1,5 m³/s. Nykytilanteessa talviaikaista juoksutusta on kuitenkin jouduttu nostamaan yli maksimin vedenpinnan ollessa yli N₄₃+137,00 m, ja juoksutus on ollut enimmillään 6,8 m³/s.

Simulointien perusteella talviaikainen vähintään 2 m³/s juoksutusmaksimi riittäisi pitämään vedenpinnan vahinkorajan N₄₃+137,25 m alapuolella myös ilmastomuutostilanteessa. Toisaalta yläraja N₄₃+137,00 m ylittyisi tällöin noin runsaalla 10 % malliajojen jäsenistä nykytilanteessa ja noin kolmanneksella ilmastomuutosjaksolla 2010–2039. Talviaikaisella juoksutusmaksimilla 3 m³/s yläraja N₄₃+137,00 m ylittyisi 8 % malliajojen jäsenistä nykytilanteessa ja vajaalla 20 % ilmastomuutosjaksolla 2010–2039. Mikäli talviaikaista maksimijuoksutusta nostettaisiin tarvittaessa

4 m³/s yläraja N₄₃+137,00 m ylittyisi enää 6 % malliajojen jäsenistä nykytilanteessa ja 10 % ilmastonmuutosjaksolla 2010–2039. Toisaalta yli 1,5 m³/s juoksutukset voivat aiheuttaa hyytö- tai suppotilanteita, joista aiheutuvia riskejä tulisi arvioida tarkemmin.

8.2.3 Kesä- ja syysajan juoksutusmaksimi

Lamujoen vedenjohtokyvyksi jäättömänä aikana on arvioitu 6 m³/s. Luvanmukainen juoksutusmaksimi kesäaikana 1.5. alkaen on 4 m³/s. Simulointien perusteella kesäaikaisen maksimin nosto 6 m³/s olisi perusteltua, sillä sen avulla voidaan vähentää ylärajan N₄₃+137,00 m ylityksiä. Lisäksi suurempi juoksutusmaksimi edesauttaa varautumista ilmastonmuutoksen myötä runsastuviin rankkasadetapahtumiin. Suurempi kesäaikainen juoksutusmaksimi mahdollistaa myös juoksutettavan virtaaman vähittäisen lisäämisen verrattuna nykytilanteeseen, jossa virtaamaa saatetaan joutua lisäämään 4 m³/s vähintään 6 m³/s ylärajan N₄₃+137,00 m ylittyessä. Mahdollisimman lievät virtaamavaihtelut ovat myös ekologiselta kannalta parempia.

8.3 Vedenkorkeudet

8.3.1 Ylärajan N₄₃+ 137,00 m ylitykset

Nykyisen luvan ylärajana on N₄₃+137,00 m, mutta yläraja on ylittynyt lähes vuosittain vuodesta 1999 alkaen. Nyky-luvan ehtojen mukaan ylitykset voidaan kuitenkin sallia, mikäli juoksutettava vesimäärä on vähintään 6 m³/s. Simulointien perusteella luvan yläraja N₄₃+137,00 m tulee jatkossakin ylittymään sekä nyky- että ilmastonmuutostilanteessa eikä niiltä voida täysin välttyä johtuen etenkin Lamujoen huonosta vedenjohtokyvystä talviaikana.

Ekologiselta kannalta lievän kevättulvan salliminen olisi kuitenkin suotavaa. Esimerkiksi luvan ylärajan nostaminen tasolle N₄₃+137,20 m kevään ajaksi parantaisi Iso-Lamujärven ekologista tilaa, sillä Vesimittarin tulosten perusteella kevättulvan puuttuminen on yksi merkittävimmistä säännöstelyyn liittyvistä Iso-Lamujärven tilaa heikentäviksi tekijöitä. Vedenpinnan tasoa pitäisi kuitenkin pyrkiä pitämään vahinkorajan N₄₃+137,25 m alapuolella.

8.3.2 Muita suosituksia

Vesimittarin mallinnuksen perusteella kevättulvan salliminen sekä kesäaikainen laskeva vedenpinta olisivat ekologiselta kannalta tärkeimpiä kehittämiskohteita. Nyky-luvan mukaan kevätalennus on tehtävä mahdollisimman pienellä ja kesävedenkorkeus pidettävä mahdollisimman korkealla. Iso-Lamujärvellä kevätalennus voidaan jatkossakin toteuttaa lievässä varsinkin ilmastonmuutostilanteessa, kun lumen vesiarvot pienenevät. Ilmastonmuutostilanteessa lumen ja jään sulannan painopiste aikaistuu muutamalla viikolla (ks. Kuvat 11 ja 12), joten nyky-luvan mukainen kevätaikainen juoksutusmaksimi (6 m³/s) olisi hyvä sallia jo helmikuun alusta alkaen jäättilanne huomioiden. Etenkin ilmastonmuutostilanteessa loiva sekä hieman aikaistettu kevätkuoppa mahdollistaa lievän kevättulvan syntymisen sekä estää alhaisia kesävedenkorkeuksia.

Vesimittarin tulosten perusteella kesäaikaisen vedenkorkeuden olisi hyvä olla hieman laskeva. Laskevalla kesätasolla voidaan myös vähentää ylärajan N₄₃+137,00 m ylityksiä sekä varautua syksyn sateisiin. Toisaalta kesäaikaisen vedenpinnan tason tulisi olla riittävän korkea ja tasainen virkistyskäytön sekä ranta-asutuksen kannalta.

Vedenpinta olisi myös hyvä jättää mahdollisimman alas ennen Iso-Lamujärven jäätymistä, jotta voidaan varautua esimerkiksi ilmastonmuutoksesta aiheutuvan talvisulannan ja -sadannan lisääntymiseen. Vedenpinnantaso ei saa kuitenkaan olla liian alhainen, jotta se ei heikennä järven ekologista tilaa. Vesimittarin tulosten perusteella järven laskeminen syksyllä esimerkiksi tasolle N₄₃+136,60 m ei aiheuta merkittävää ekologista haittaa.

8.4 Mahdolliset ehdotukset uusiksi luparajoiksi

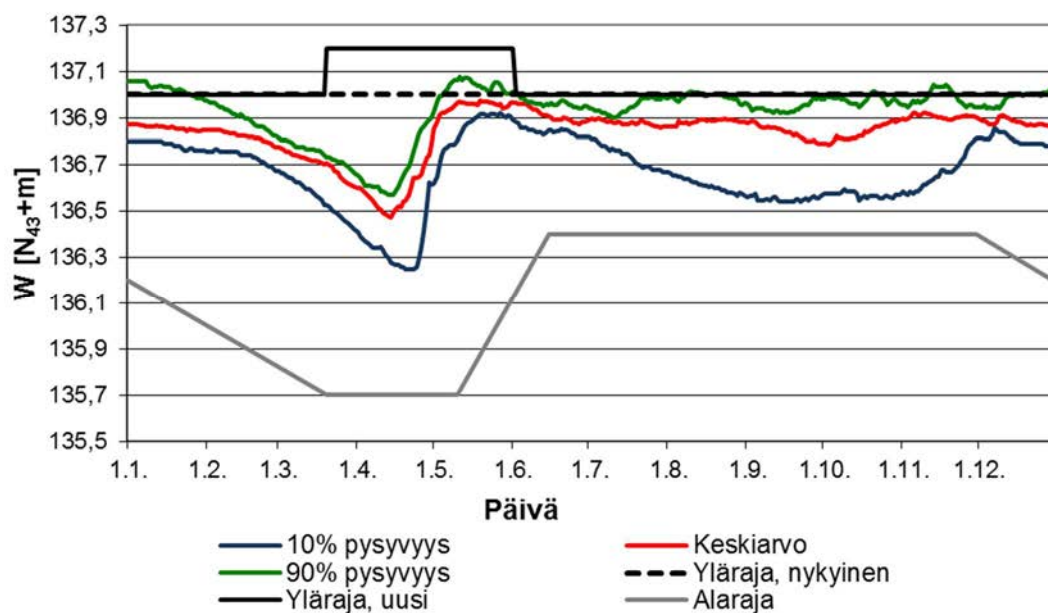
Tämän selvityksen suositusten pohjalta esitettävät uudet luparajat vedenkorkeuksille sekä virtaamille on koottu taulukkoihin 9 ja 10. Vedenkorkeuden ei tulisi alittaa taulukon 9 taitepisteiden kautta kulkevaa alarajaa tai ylittää ylärajaa (Kuva 34).

Taulukko 9. Vanhat luvanmukaiset vedenkorkeudet sekä esitykset uusiksi luparajoiksi.

Päivämäärä	Yläraja, nykyinen [N ₄₃ +m]	Yläraja, ehdotus [N ₄₃ +m]	Alaraja, nykyinen [N ₄₃ +m]	Alaraja, ehdotus [N ₄₃ +m]
1.1.	137,00	137,00 tai =tavoitetaso	136,20	136,20
1.3.		137,20 tai =tavoitetaso		
20.3.			135,70	135,70
10.5.			135,70	135,70
1.6.		137,20 tai =tavoitetaso		
15.6.		137,00 tai =tavoitetaso	136,40	136,40
30.11.			136,40	136,40
30.12.	137,00	137,00 tai =tavoitetaso	136,20	136,20

Taulukko 10. Vanhat luvanmukaiset juoksutusmaksimit sekä esitykset uusiksi luparajoiksi.

Ajankohta	Maksimijuoksutus, nykyinen [m ³ /s]	Maksimijuoksutus, ehdotus [m ³ /s]	Minimijuoksutus, nykyinen [m ³ /s]	Minimijuoksutus, ehdotus [m ³ /s]
Talviaika (jääpeite–1.3.)	1,5	≤ 3,5	0,1	0,1
Kevätaika 1 (1.2.–1.3.)	1,5	6	0,1	0,1
Kevätaika 2 (1.3.–30.4.)	6	6	0,1	0,1
Kesä- ja syksyaika (1.5.–jääpeite)	4	6	0,1	0,1



Kuva 34. Esitys Iso-Lamujärven vedenkorkeuden säännöstelyrajoiksi sekä 10 ja 90 % päiväpysyvyydet ja mediaanivedenkorkeus tarkastelujaksolla 2005–2014.

9 Sidosryhmäyhteistyö

Padotus- ja juoksutusselvitys on laadittu osana Iso-Lamujärven kehittämishankkeen suunnittelua. Kehittämishankkeen suunnittelussa tullaan toteuttamaan sidosryhmäyhteistyötä Suomen ympäristökeskuksen, Pyhännän kunnan, Lamujoen järjestely-yhtiön, Pyhännän vapaa-ajan kalastajat ry:n sekä vesialueiden omistajien ja osakkaiden kanssa.

Sidosryhmäneuvotteluja on pidetty 11.6.2015 sekä 13.8.2015, joissa on tiedotettu muun muassa hankkeen aloittamisesta sekä padotus- ja juoksutusselvityksen etenemisestä. Neuvotteluja tullaan jatkamaan syksyllä 2015. Lisäksi kehittämishankkeesta tullaan järjestämään yleisötilaisuus vuoden 2015 aikana.

10 Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet

Iso-Lamujärven säännöstely on aloitettu vuonna 1968. Säännöstely on osa Lamujoen järjestelyä, joka on toteutettu Pohjois-Suomen vesioikeuden antaman päätöksen nro 64/65/II perusteella. Uusi säännöstelylupa on tullut voimaan vuonna 1999. Viime vuosina Iso-Lamujärven säännöstelyn ongelmakohtia ovat olleet muun muassa lähes vuosittaiset ylärajan ylitykset sekä niistä aiheutuvien suurien juoksutusten aiheuttamat ongelmat Lamujokeen.

Tämän työn tavoitteena oli selvittää Iso-Lamujärven erilaisia säännöstelyvaihtoehtoja, joiden avulla tulvariskejä voitaisiin hallita tehokkaammin sekä nyky- että ilmastonmuutostilanteessa ekologiset näkökulmat huomioiden. Lisäksi tarkasteltiin, onko säännöstelylupaa tarpeellista muuttaa vai onko säännöstelyä mahdollista sopeuttaa muuttuviin ilmasto-oloihin nykyisten lupaehtojen sisällä. Ilmastonmuutoksen sekä vedenkorkeuksien ja virtaamien mallintamiseen käytettiin Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmää (SYKE-WSFS). Säännöstelyvaihtoehtojen ekologisia vaikutuksia arvioitiin käyttämällä Suomen ympäristökeskuksen Vesimittari-ohjelmaa.

Ilmastonmuutos tuo omia haasteita säännöstelylle. Yleisesti ottaen Pohjanmaalla vuosivalunnan on arvioitu lisääntyvän ja runsaslumisten talvien vähentyessä kevättulvien pienenevän. Kesän kuivuuden on arvioitu lisääntyvän, mutta toisaalta valunta kasvaa syksyllä sekä talvella runsaampien sateiden vuoksi. Lisäksi rankkasateiden on arvioitu yleistyvän. Näin ollen varsinkin talven lisääntyneet sulannat voivat lisätä tulvariskejä. Ilmastonmuutosmallinnuksen perusteella Iso-Lamujärven kevättulvahuipun ajankohta aikaistuu muutamalla viikolla jo ilmastonmuutosjaksolla 2010–2039, ja tulvahuippu jää nykyistä alhaisemmaksi. Nykyinen lupaehtojen mukainen kevätalennus 20.3–10.5 on oikeaan aikaan myös ilmastonmuutostilanteissa, mutta kuopan teko olisi aloitettava noin yhtä kuukautta aikaisemmin.

Iso-Lamujärven vahinkorajana voidaan pitää vedenpinnan korkeutta $N_{43}+137,25$ m. Lamujoen tulvimisriskiä lisäävät yli $6 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaamat kevät- ja kesäaikana sekä yli $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaamat talviaikana. Mallinnusten perusteella nykyluvan mukainen talviajan $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ juoksutusmaksimi ei kuitenkaan riitä pitämään vedenpinnan tasoa vahinkorajan alapuolella nyky- eikä ilmastonmuutostilanteessa, mikäli muun ajan juoksutusmaksimina on $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Näin ollen nykyilupaa ei voida pitää tarkoituksenmukaisena, ja lupaa olisi hyvä tarkistaa. Lisäksi luvan tulisi mahdollistaa joustava säännöstely muuttuvissa ilmasto-oloissa.

Mallinnusten perusteella luvan yläraja $N_{43}+137,00$ m tulee ylittymään jatkossa sekä nyky- että ilmastonmuutostilanteessa eikä ylityksiltä voida täysin välttää. Iso-Lamujärven tulvariskejä voitaisiin hallita tehokkaammin muun muassa nostamalla kesäaikainen juoksutusmaksimi $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ja talviaikainen juoksutusmaksimi vähintään $2 \text{ m}^3/\text{s}$ sekä kehittämällä säännöstelykäytäntöä. Kesäaikainen kuivuusriski ilmastonmuutostilanteessa ei sen sijaan vaikuttaisi kasvavan, sillä mallinnusten perusteella Iso-Lamujärven vedenpinnankorkeudet eivät tule ilmastonmuutostilanteessakaan alittamaan nykyluvan mukaisia alarajoja. Toisaalta ilmastonmuutoksen vaikutuksesta lisääntyvien kuivuusjaksojen aikaisista alhaisista virtaamista voi tulla entistä suurempi haitta Lamujoen ekologiselle tilalle.

Vesimittarin tulosten perusteella merkittävimpiä Iso-Lamujärven ekologista tilaa heikentäviä tekijöitä nykysäännöstelyssä ovat kevättulvan puuttuminen sekä vedenpinnan pysyminen liian tasaisena koko kesäkauden. Säännöstelykäytännön kehittämisellä, kuten lievän kevättulvan sallimisella sekä lievällä vedenpinnan laskulla kesän aikana syksy- ja kevät-kohtien, voitaisiin parantaa sekä Iso-Lamujärven että Lamujoen ekologista tilaa. Toisaalta nykysäännöstelyn tasainen vedenpinnantasoo on virkistyskäyttöä ajatellen hyvä, joten kesäaikaista vedenpinnantasoa ei tulisi laskea liian alhaiseksi. Lisäksi vedenpinnan tason tulisi talviaikana olla riittävän korkealla, jotta siitä ei aiheutuisi haittaa esimerkiksi veden laadulle, pohjaeläimille tai kalastolle, kuten muille. Ilmastonmuutostilanteessa loiva sekä hiekan aikaistettu kevätkuoppa mahdollistaa lievän kevättulvan syntymisen sekä estää alhaisia kesävedenkorkeuksia.

Jatkotoimenpiteinä olisi hyvä tarkastella muun muassa talviaikaisen virtaamamaksimin noston sekä ilmastonmuutoksen vaikutuksia Lamujoen supon ja hytteen muodostumisriskeihin. Lisäksi tulisi selvittää, voidaanko joen rakenteellisilla kunnostuksilla edistää jääkannen muodostumista ja estää hytteen syntyä. Suuremmilla juoksutuksilla voi olla vaikutusta myös Lamujoen alapuolisen Kortteisen säännöstelyyn, mikä tulisi ottaa huomioon. Lisäksi suurien

juoksutusten aiheuttama Lamujoentien kulkuyhteyksien katkeaminen voitaisiin mahdollisesti ratkaista tien korotuksilla sekä rumpuratkaisuilla. Tämä selvitys on osa Iso-Lamujärven kehittämishankkeen suunnittelua, jonka puitteissa olisi hyvä selvittää muita säännöstelyn kehittämiseen liittyviä toimenpiteitä, kuten kalaistutuksia.

Lähteet:

- Arola, K. & Leiviskä, P. 2005. Siikajoen vesistön tulvantorjunnan toimintasuunnitelma. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Alueelliset ympäristöjulkaisut 416. Oulu. 51 s. ISSN 1238-8610.
- Martinmäki, K., Hellsten, S., Visuri, M., Ulvi, T. & Aronsuu, K. 2008. Ekologisen tilan ja virkistyskäytön parantamismahdollisuudet Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen säännöstelemässä järvissä. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 11/2008. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 107 s. ISSN 1796-1726.
- Finnish Consulting Group Oy (FCG). 2011. Kortteisen tekojärven säännöstelykäytännön muutosselvitys. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus.
- Ikkela, P. 1990. Iso-Lamujärvellä poikkeuksellisista tulvista aiheutuvien rakennusvahinkojen arviointi. Loppuraportti. Mittakokka Oy. 10.8.1990. 5 s. + liitteet.
- Kettunen, K. 2015. Suullinen tiedonanto. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus.
- Kettunen, K. 2014. Lamujoki kevättalvella 2014. Valokuva 27.1.2014.
- Laine, A. (Toim). 2015. Vesien tila hyväksi yhdessä. Ehdotus Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelmaksi vuosiksi 2016-2021 -kuulemisasiakirja. Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. ISSN 2242-2846.
- Myllyniemi, H. 2015. Tutkija. Sähköpostikeskustelu 9.9.2015.
- Nuortimo, E. 1998. Arvio Isolamujärven luonnontilan palauttamisesta Lamujokivarressa Lamun kylällä ja muualla Lamujokivarressa syntyvistä vahingoista ja haitoista. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus.
- Nuortimo, E. 2011. Iso-Lamujärven varastotilavuus. Excel-taulukko. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus.
- Nurmi, T. 2010. Vedenkorkeusmittarit vesistösäännöstelyn arvioinnin ja operatiivisen käytön tukena. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Insinöörityö- ja arkkitehtuurin tiedekunta. Espoo. 85 s.
- POPELY. Patoturvallisuuskansio. Iso-Lamujärven säännöstelypato. Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus.
- PsVeO. 1999. Pohjois-Suomen vesioikeus. Lamujoen järjestelyn täydentäminen. Pohjois-Suomen vesioikeuden päätös 10.11.1999 No 60/99/2.
- Ramboll. 2014. Iso-Lamujärven kehittämistarpeet. Alustava selvitys. 5 s.
- Salo, J. 2015a. Siikajoen yhteistarkkailu. OSA I: Vesistötarkkailu. Luonnos. Ahma ympäristö Oy. Oulu. 49 s. + liitteet.
- Salo, J. 2015b. Siikajoen yhteistarkkailu. Pohjaeläintarkkailu 2014. Luonnos. Ahma ympäristö Oy. Oulu. 23 s. + liitteet.
- Salo, J. 2015c. Siikajoen yhteistarkkailu. OSA II: Kalataloustarkkailu. Luonnos. Ahma ympäristö Oy. Oulu. 31 s. + liitteet.
- Tilastokeskus. 2015. Rahanarvonkerroin 1860–2014. [Luettu 8.7.2015]. Saatavilla: http://www.stat.fi/til/khi/2014/khi_2014_01-19_tau_001.html
- Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M. & Aaltonen, J. 2012. Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. WaterAdapt-projektin loppuraportti. SYKE. ISBN 978-952-11-4017-4.
- Ympäristöhallinto. 2015a. Ympäristöhallinnon tietojärjestelmä HERTTA. Hydrologiset havainnot. Vedenkorkeus. Iso-Lamujärvi, pato. Kesäkuu 2015.
- Ympäristöhallinto. 2015b. Ympäristöhallinnon tietojärjestelmä HERTTA. Vesienhoito, pintavedet. Iso Lamujärvi ja Lamujoki. Elokuu 2015.
- Ympäristöhallinto. 2015c. Ympäristöhallinnon tietojärjestelmä HERTTA. Järvikortti Iso-Lamujärvi. Kesäkuu 2015.
- Ympäristöhallinto. 2015d. Ympäristöhallinnon tietojärjestelmän HYD-valikko. Virtaama. Iso-Lamujärvi, pato. Kesäkuu 2015.
- Ympäristöhallinto. 2015e. Ympäristöhallinnon tietojärjestelmä HERTTA. Hydrologiset havainnot. Virtaama. Iso-Lamujärvi. pato. Kesäkuu 2015.
- Ympäristöhallinto. 2015f. Ympäristöhallinnon tietojärjestelmän HYD-valikko. Vedenkorkeus. Iso-Lamujärvi, pato. Kesäkuu 2015.
- Ympäristöhallinto. 2015g. Ympäristöhallinnon tietojärjestelmä HERTTA. Pintavesien tila. Vedenlaatu. Iso Lamujärvi, syväne. Kesäkuu 2015.
- Ympäristöhallinto. 2015h. Ympäristöhallinnon tietojärjestelmän HYD-valikko. Jäänpaksuus. Pyhäjärvi. Elokuu 2015.
- Ympäristöhallinto. 2015i. Ympäristöhallinnon tietojärjestelmän HYD-valikko. Jäätymisen ja jäänlähtö. Pyhäjärvi. Elokuu 2015.
- Ympäristöministeriö. 2013. Vesienhoidon suunnittelun ohjeistus vuosille 2016–2021. Vesistöjen kunnostus, säännöstely ja rakentaminen. [Luettu 16.7.2015]. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BB82DC5FD-D353-4E0E-B31A-90FDF17F60EC%7D/78407>

Liitteet

LIITE 1. Iso-Lamujärven säännöstelypadon rakenne

LIITE 2. Tulva- ja paalukartta

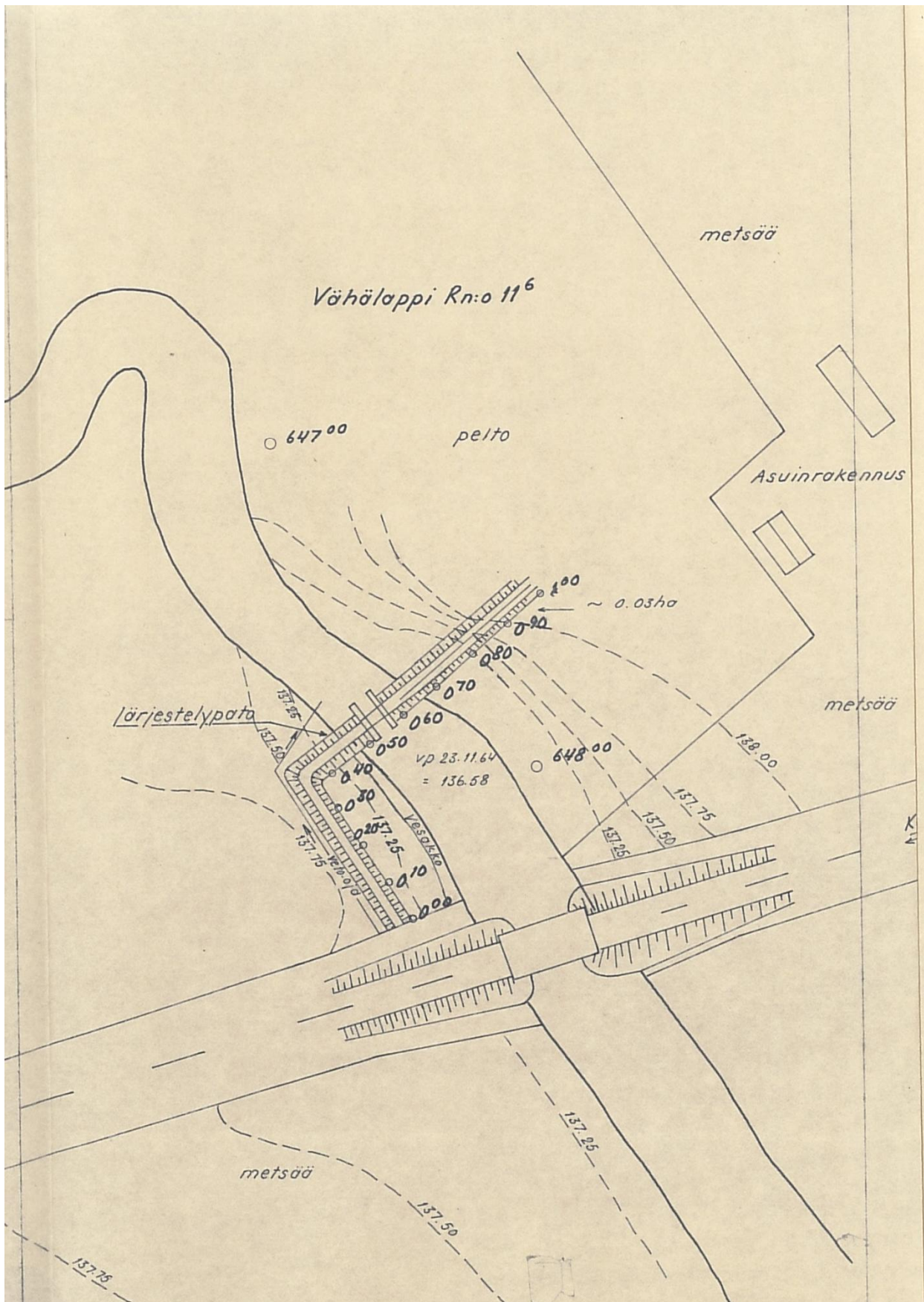
LIITE 3. Maastokatselmuksessa havaitut vedennousupaikat Lamujoentielle

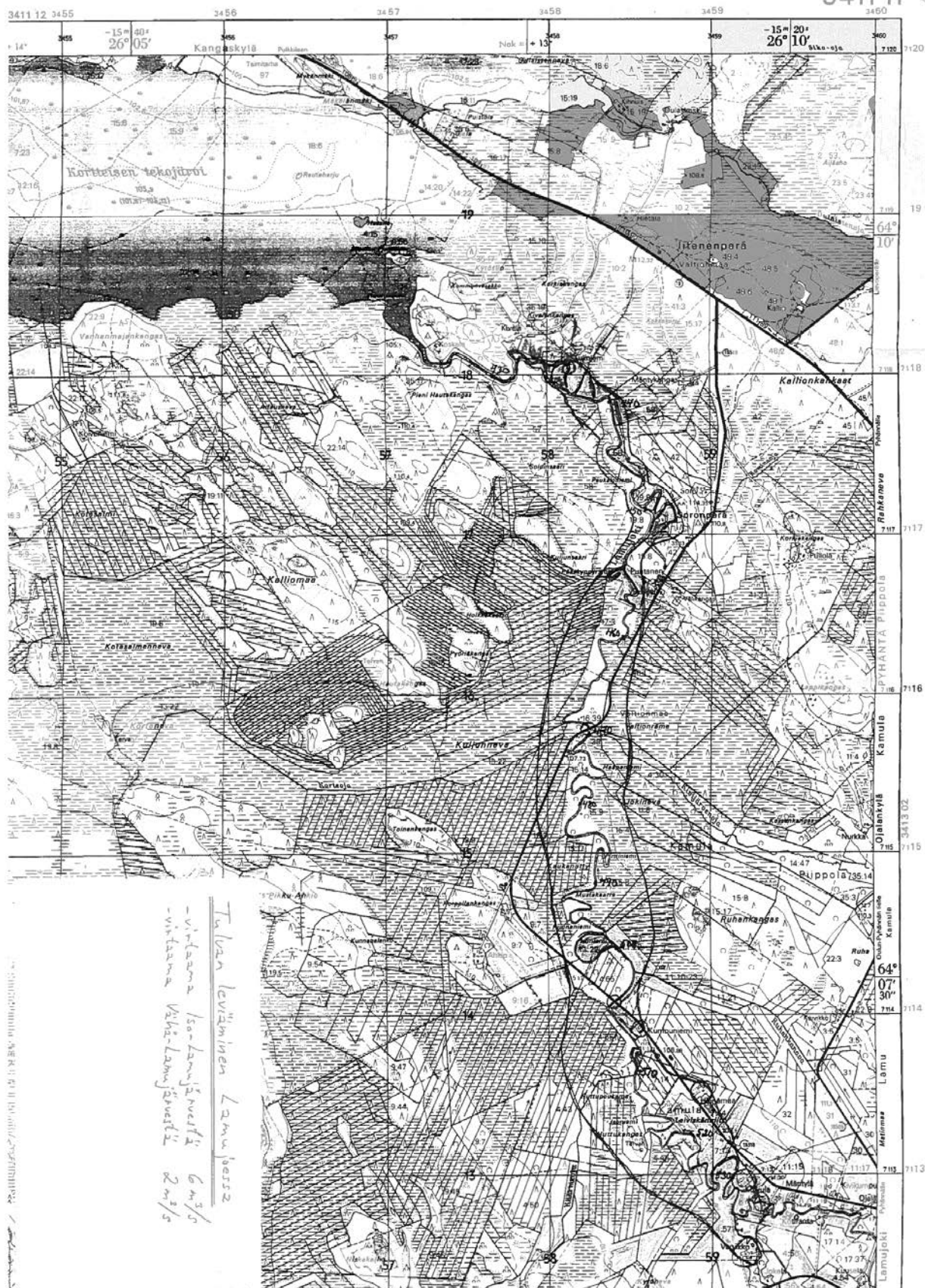
LIITE 4. Vedenkorkeus- ja virtaamamallinnuksen päätulokset

LIITE 5. Vesimittari-ohjelman ekologisten indikaattorien luokkarajat

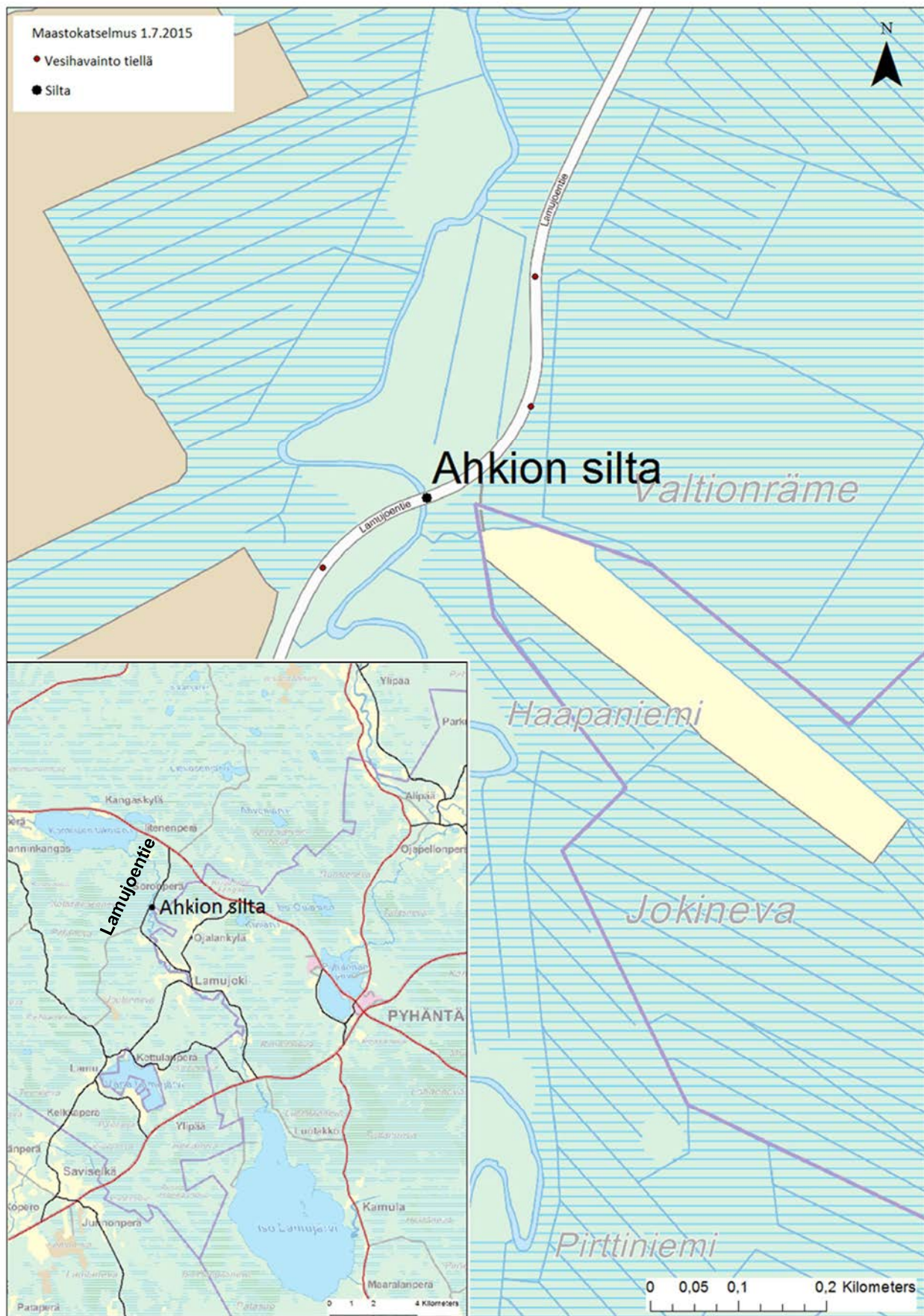
LIITE 6. Iso-Lamujärven alustava pohjapatolaskelma (Insinööritoimisto Pekka Leiviskä)

Kannen kuva © Erika Toivonen Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus





LIITE 3. Maastokatselmuksessa havaitut vedenouspaikat Lamujoentielle



LIITE 4. Vedenkorkeus- ja virtaamamallinnuksen päätulokset

Nykytilanne Kesätaso 136,8 m	Juoksutus			Vedenpinta kpl/52		
	Maks kesäaika	Maks talviaika	Minimi	Kesätaso	Rajan 137,00yli	Rajan 137,25yli
Nykytila1	6	1	0.1	136.8	12	3
Nykytila2	5	1	0.1	136.8	13	3
Nykytila3	4	1	0.1	136.8	20	5
Nykytila4	3	1	0.1	136.8	31	12
Nykytila5	6	1.5	0.1	136.8	8	2
Nykytila6	5	1.5	0.1	136.8	9	2
Nykytila7	4	1.5	0.1	136.8	13	2
Nykytila8	3	1.5	0.1	136.8	22	5
Nykytila9	6	2	0.1	136.8	6	0
Nykytila10	5	2	0.1	136.8	5	0
Nykytila11	4	2	0.1	136.8	9	0
Nykytila12	3	2	0.1	136.8	21	5
Nykytila13	6	2.5	0.1	136.8	4	0
Nykytila14	5	2.5	0.1	136.8	4	0
Nykytila15	4	2.5	0.1	136.8	8	0
Nykytila16	3	2.5	0.1	136.8	20	3
Nykytila17	6	3	0.1	136.8	4	0
Nykytila18	5	3	0.1	136.8	4	0
Nykytila19	4	3	0.1	136.8	8	0
Nykytila20	3	3	0.1	136.8	19	3
Nykytila21	6	4	0.1	136.8	3	0
Nykytila22	5	4	0.1	136.8	2	0
Nykytila23	4	4	0.1	136.8	5	0

Ilmasto 1: 2010-2039 Kesätaso 136,8 m	Juoksutus			Vedenpinta kpl/52		
	Maks kesäaika	Maks talviaika	Minimi	Kesätaso	Rajan 137,00yli	Rajan 137,25yli
ilmasto1	6	1	0.1	136.8	28	6
ilmasto2	5	1	0.1	136.8	30	6
ilmasto3	4	1	0.1	136.8	31	9
ilmasto4	3	1	0.1	136.8	40	13
ilmasto5	6	1.5	0.1	136.8	19	3
ilmasto6	5	1.5	0.1	136.8	20	3
ilmasto7	4	1.5	0.1	136.8	22	3
ilmasto8	3	1.5	0.1	136.8	28	7
ilmasto9	6	2	0.1	136.8	15	0
ilmasto10	5	2	0.1	136.8	15	0
ilmasto11	4	2	0.1	136.8	15	1
ilmasto12	3	2	0.1	136.8	24	5
ilmasto13	6	2.5	0.1	136.8	12	0
ilmasto14	5	2.5	0.1	136.8	12	0
ilmasto15	4	2.5	0.1	136.8	13	0
ilmasto16	3	2.5	0.1	136.8	21	1
ilmasto17	6	3	0.1	136.8	10	0
ilmasto18	5	3	0.1	136.8	10	0
ilmasto19	4	3	0.1	136.8	11	0
ilmasto20	3	3	0.1	136.8	15	1
ilmasto21	6	4	0.1	136.8	5	0
ilmasto22	5	4	0.1	136.8	6	0
ilmasto23	4	4	0.1	136.8	8	0

Ilmasto 2: 2040-2069 Kesätaso 136,8m	Juoksutus			Vedenpinta kpl/52		
	Maks kesäaika	Maks talviaika	Minimi	Kesätaso	Rajan 137,00yli	Rajan 137,25yli
ilmasto2_1	6	1	0.1	136.8	37	17
ilmasto2_2	5	1	0.1	136.8	38	18
ilmasto2_3	4	1	0.1	136.8	40	19
ilmasto2_4	3	1	0.1	136.8	45	22
ilmasto2_5	6	1.5	0.1	136.8	28	5
ilmasto2_6	5	1.5	0.1	136.8	29	5
ilmasto2_7	4	1.5	0.1	136.8	34	8
ilmasto2_8	3	1.5	0.1	136.8	37	13
ilmasto2_9	6	2	0.1	136.8	23	3
ilmasto2_10	5	2	0.1	136.8	23	3
ilmasto2_11	4	2	0.1	136.8	25	4
ilmasto2_12	3	2	0.1	136.8	30	7
ilmasto2_13	6	2.5	0.1	136.8	21	1
ilmasto2_14	5	2.5	0.1	136.8	21	1
ilmasto2_15	4	2.5	0.1	136.8	23	1
ilmasto2_16	3	2.5	0.1	136.8	27	3
ilmasto2_17	6	3	0.1	136.8	18	1
ilmasto2_18	5	3	0.1	136.8	19	1
ilmasto2_19	4	3	0.1	136.8	20	1
ilmasto2_20	3	3	0.1	136.8	22	1
ilmasto2_21	6	4	0.1	136.8	13	1
ilmasto2_22	5	4	0.1	136.8	14	1
ilmasto2_23	4	4	0.1	136.8	17	1

MITTARIT JA NIIDEN RAJAT SEKÄ LUOKAT

NRO	MITTARI	Arviointiasteikko						Huono (-)	Erittäin huono (-)
		YHTÄ SUURI/YLI/ALI	Hyvä (+)	alrajaja	Tyydyttävä (0)	alrajaja	ylärajaja		
1	Kevättulvan suuruus (m)	0.400	0.400	0.200	0.200	0.100	0.100	0.000	-0.400
2	Vedenkorkeuden muutos kasvukaudella	-0.500	-0.500	-0.310	-0.310	-0.110	-0.110	0.000	1.000
3	Vedenkorkeuden lasku kesällä (%)	50.000	50.000	30.000	30.000	15.000	15.000	5.000	5.000
Muutos 3:ssa VRK:ssa >0,03 m EI LASKETA									
5	Saraikon laajuus (m)	0.400	0.400	0.300	0.300	0.200	0.200	0.100	0.100
6	Kortteikon laajuus (m)	1.000	1.000	0.700	0.700	0.400	0.400	0.200	0.200
7	Ruokovyöhykkeen laajuus (m)	1.000	1.000	0.700	0.700	0.400	0.400	0.200	0.200
8	Jäätävän vyöhykkeen osuus (%)	20.000	20.000	39.000	39.000	65.000	65.000	90.000	90.000
9	Jäänpinnan vyöhykkeen osuus (%)	20.000	20.000	39.000	39.000	65.000	65.000	90.000	90.000
10	Häntövyöhykkeen osuus (%)	20.000	20.000	49.000	49.000	79.000	79.000	100.000	100.000
11	Vedenpinnan nousu lirtujen pesintäaikana (m)	0.050	0.050	0.090	0.090	0.190	0.190	0.400	0.400
12	Jäänlähtöpäivän vedenkorkeustaso	0.100	0.100	0.000	0.000	-0.100	-0.100	-0.300	-0.500
13	Talvalenema / keskisyvyys (%)	5.000	5.000	10.000	10.000	30.000	30.000	50.000	50.000
14	Alenema mädin hautoutumiskaudella (JLP-JLP)	0.200	0.200	0.490	0.490	0.990	0.990	1.500	1.500
15	Tulvan lasku hauen kutuaikana (JLP->4vk)	0.050	0.050	0.150	0.150	0.300	0.300	0.500	0.500
16	Tulvan lasku hauen kutuaikana (JLP->6vk)	0.050	0.050	0.150	0.150	0.300	0.300	0.500	0.500
17	Minimisyyys saraikossa hauen kutuaikana	0.300	0.300	0.200	0.200	0.100	0.100	0.000	-0.500
18	Min.syvyys saraikossa hauen kutuaikana(+10 vrk)	0.300	0.300	0.200	0.200	0.100	0.100	0.000	-0.400
19	Vedenkorkeuden vaihtelu kesällä (21.6-15.8)	0.200	0.200	0.290	0.290	0.390	0.390	0.600	0.600
20	Vedenkorkeuden poikkeama mediaanista JLP-15.6	0.100	0.100	0.190	0.190	0.290	0.290	0.500	0.500
21	Vedenkorkeuden poikkeama mediaanista 15.6-30.9	0.100	0.100	0.190	0.190	0.290	0.290	0.500	0.500
22	Jäätymispäivän ja 1.1.-1.4. alimman vedenpinnan ero	0.300	0.300	0.600	0.600	1.200	1.200	2.400	2.400
23	Kesäveden ja syysveden ero	0.300	0.300	0.100	0.100	0.010	0.010	-0.200	-0.400
24	Hyvien viikistyskäyttöpäivien osuus JLP->31.5. (%)	80.000	80.000	50.000	50.000	30.000	30.000	10.000	10.000
25	Vuoden yllimman ja mediaaniveden (JLP-JP) ero	0.100	0.100	0.290	0.290	0.490	0.490	0.750	0.750
26	Keskivedenkorkeuden muutos (S/L)	0.750	0.750	0.400	0.400	0.100	0.100	0.000	-0.200
27	Talvalenema (S/L)	3.000	3.000	1.000	1.000	0.500	0.500	0.100	0.100

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus

Iso-Lamujärven alustava pohjapatolaskelma



28.9.2015

Insinööritoimisto Pekka Leiviskä

www.leiviska.fi

Sisällysluettelo

1 ASETETTU TAVOITE	55
2 KÄYTETTÄVISSÄ OLEVA AINEISTO	55
3 MALLIN RAKENNE	56
4 MALLIN KALIBROINTI	57
4.1 Mitatut vedenkorkeudet	57
5 LASKENTA	59
5.1 Pohjapadon muoto	59
5.2. Lasketut vedenkorkeudet	60
5.3 Purkautumiskäyrä	61
6 JATKOSSA HUOMIOITAVAA	62

1 ASETETTU TAVOITE

Iso-Lamujärven osalla on menossa tätä kirjoitettaessa padotus- ja juoksutusselvitys. Työssä on monipuolisesti tarkasteltu säännöstelyyn liittyviä tekijöitä nykyisessä sekä tulevassa ilmasto-olosuhteissa. Eräänä työssä asetettuna tavoitteena on lisäksi tarkastella nykyisen säännöstelypatovaihtoehdon korvaamista pohjapadolla.

Tässä työssä oli tavoitteena arvioida alustava pohjapadon harjan muoto Iso-Lamujärven alapuolella sijaitsevan säännöstelypadon tilalle. Tavoitteeksi asetettiin että pohjapadon tuli purkaa seuraavat virtaamat eri vedenkorkeuksilla (palaveri Toivonen/Leiviskä 10.9.2015):

- N43+ 137,10 m -> 7,0 m³/s
- N43+ 137,00 m -> 6,0 m³/s
- N43+ 136,80 m -> 1,8 m³/s
- N43+ 136,00 m -> 0,0 m³/s

2 KÄYTETTÄVISSÄ OLEVA AINEISTO

Työssä oli käytettävissä oleva aineisto:

- 6 mitattua poikkileikkausta + niiden vedenkorkeustiedot mittausajankohdalta
- Mittausajankohdan vedenkorkeus säännöstelypadon yläpuolelta ja kyseistä luukunavausta vastaava virtaama (hydrologiset havainnot kyseisiltä päiviltä)
- Säännöstelypadon purkautumiskäyrä
- Silta-aukkotiedot (piirustus pdf-muodossa) Kokkolantiestä

3 MALLIN RAKENNE

Työssä oli tarpeen laatia hydraulinen malli nykyisestä uomasta ja korvata siinä oleva säännöstelypato samaan paikkaan sijoitettavalla pohjapadolle. Pohjapadon muotoa ei oltu etukäteen määritetty, mutta sille oli asetettu luvussa 1 esitetyt virtaaman purkutavoitteet eri vedenkorkeuksilla.

Malli rakennettiin kahdessa erässä mitatuista poikkileikkauksista. Poikkileikkaukset 1-4 ja 6 oli mitattu 22.7.2015 ja poikkileikkaus 5 mittausajankohta oli 13.8.2015. Oheisessa kuvassa on esitetty mitatut poikkileikkaukset ja niiden sijainti säännöstelypadon läheisyydessä.



Kuva 1. Mitattujen poikkileikkausten 1-6 sijainti.

Poikkileikkaukset oli mitattu N60+ korkeusjärjestelmässä. Mallia rakennettaessa korjattiin vedenkorkeudet säännöstelyluvan mukaisiin N43+ vähentämällä mitatuista lukemista 0,13 m.

Mallissa olevat poikkileikkaukset on tallennettu ilmeisesti peilikuvina. Niitä ei tässä yhteydessä lähdetty kääntämään. Sillä ei ole virtauslaskennan kannalta merkitystä.

4 MALLIN KALIBROINTI

4.1 Mitatut vedenkorkeudet

Käytettävissä oli vedenkorkeuden mittaustiedot ajankohdalta 25.9.2015. Mittauksissa oli mitattu padon alapuolelta kolmen laskentapoikkileikkauksen vedenkorkeustiedot N43+ korkeusjärjestelmässä. Ajankohdan virtaama oli 4,1 m³/s.

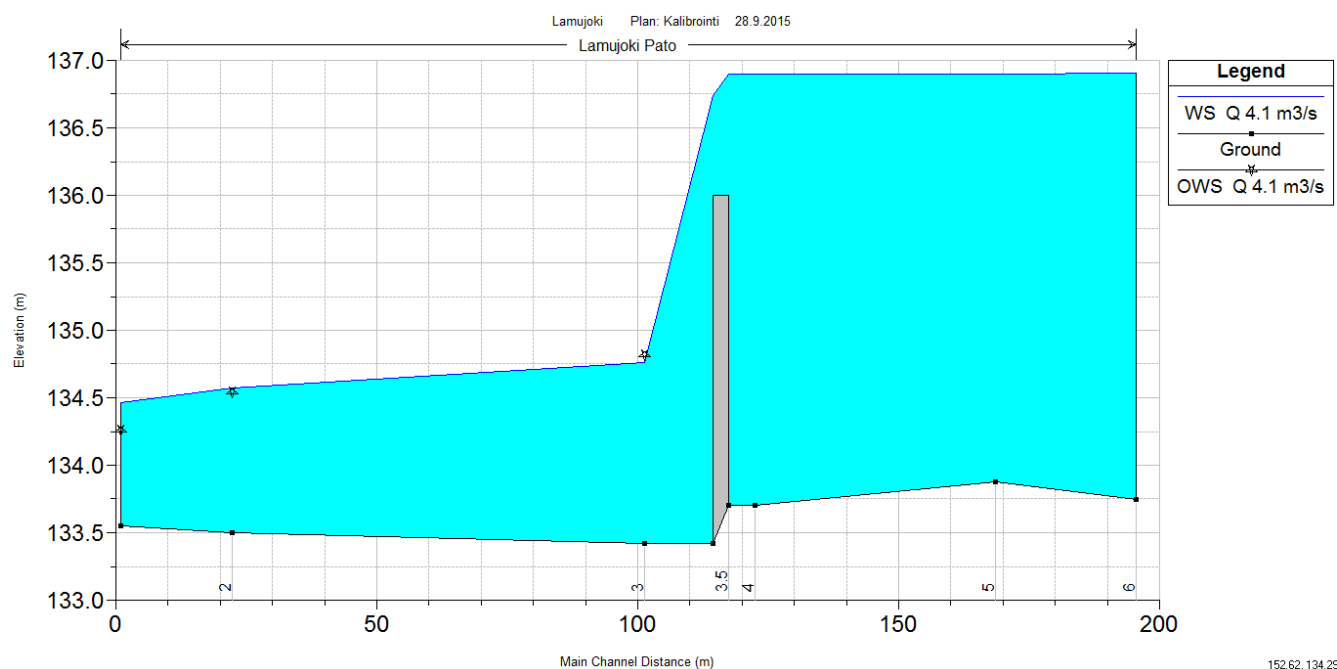
Hydraulista mallia rakennettaessa mallin alapuolisena reunaehtona käytettiin pituuskaltevuutta alimman poikkileikkauksen alapuolella. Sille valittiin arvoksi pituuskaltevuus 0,0056. Pituuskaltevuus saatiin jakamalla 1 ja 3 mittauspoikkileikkauksen vedenkorkeusero niiden välisellä etäisyydellä. Eli työssä oletettiin uoman kaltevuuden jatkuvan samalla kaltevuudella edelleen alaspäin. Mallin yläpuolisena reunaehtona oli kyseisen päivän säännöstelypadon virtaama 4,1 m³/s. Pohjan karkeutena käytettiin hieman suurehkoa arvoa 0,055 ja pohjapadon purkautumiskertoimenä oli HEC-RAS ohjelmiston oletusarvona oleva C = 1,4. Kyseinen kerroin Polenin pohjapatokaavassa vastaa purkautumiskerrointa $\mu = 0,49$.

Laskentamallin kannalta oleellista on tarkkuus kolmen alimman poikkileikkauksen osalta. Niiden riittävän tarkka vedenkorkeus on tärkeää, jotta voidaan arvioida säännöstelypadon tilalle sijoitettavalle pohjapadolle sen alaveden vaikutus. Oheisessa taulukossa on käytetyllä virtaamalla 4,1 m³/s lasketut ja havaitut vedenkorkeudet poikkileikkausten 1, 2, ja 3 kohdalta:

Taulukko 2. Mallilla laskettu ja mitattu 25.9.2015 vedenkorkeus virtaamalla 4,1 m³/s.

Poikkileikkaus	Mitattu vedenpinta N43+ [m]	HEC-RAS -laskettu N43+ [m]	Erotus laskettu-havaittu [m]
1	134,26	134,46	+0,20
2	134,54	134,57	+0,03
3	134,82	134,76	-0,06

Seuraavassa kuvassa 2 on esitetty laskettu vedenkorkeus ja vedenkorkeudet laskentapoikkileikkausten 1 – 3 kohdalla. Kuvaan on lisäksi lisätty suunniteltu pohjapato sen alimman harjakorkeuden N43+ 136,00 m mukaisesti.



Kuva 2. Pohjapadon alapuolen kalibrointi poikkileikkauksissa 1, 2 ja 3. Kuvassa on esitetty havaittu ja laskettu vedenkorkeus virtaamalla 4,1 m³/s. Korkeusjärjestelmänä on N43+.

Iso-Lamujärven osalta huomionarvoista on että järven vedenkorkeus luetaan säännöstelypadon kohdalta. Menetelmä on mittauksen osalta tarkkaan ottaen hieman epätarkka kertomaan järven vedenkorkeutta. Onhan järven luusuaan matkaa säännöstelypadolta reilu 1,5 km. Näin järven ja säännöstelypadon vedenkorkeuksien välillä saattaa olla hienoinen ero etenkin isommilla virtaamilla. Eli järvi on käytännössä isoilla virtaamilla hieman korkeammalla kuin säännöstelypadolta havaittu lukema.

Koska pohjapato sijoitetaan tarkastelussa säännöstelypadon tilalle, käyttäytyy laskenta tältä osin edelleen samankaltaisesti kuin nykyisen säännöstelypadon ja järven välillä. Eli suurilla virtaamilla antaa hieman erilaisen korkeuden järvelle, kuin pohjapadon kohdalla on. Virhe säilyy kuitenkin samanlaisena kuin nykyisen säännöstelypadon mukaisessakin on.

5 LASKENTA

5.1 Pohjapadon muoto

Pohjapadon alustavassa mitoituksessa pyrittiin vastaamaan alussa kappaleessa 1 esitettyihin virtaama vedenkorkeustavoitteisiin. Pohjapato muotoiltiin seuraavin taulukossa 3 esitetyin tiedoin:

Taulukko 3. Pohjapadon harja HEC-RAS ohjelmistossa.

Distance	Width	Weir Coef
5	3	1.4

Clear Del Row Ins Row Filter...

Edit Station and Elevation coordinates

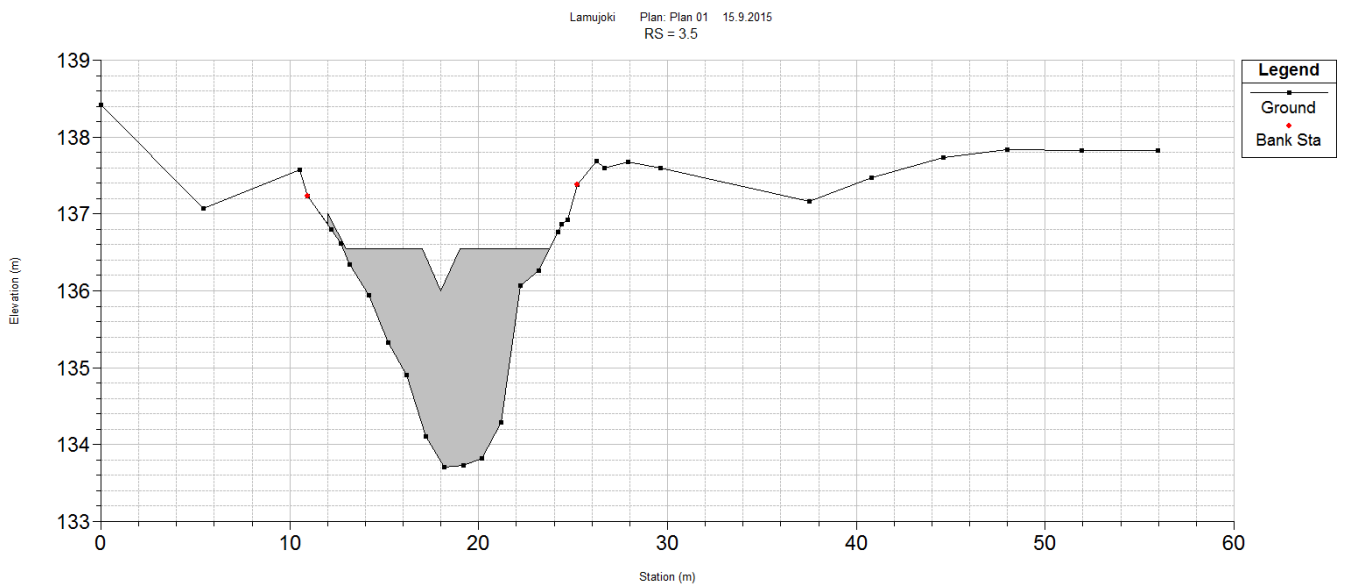
	Station	Elevation
1	12.	137.
2	13.	136.55
3	17.	136.55
4	18.	136.
5	19.	136.55
6	24.	136.55
7	25.	137.
8		

U.S. Embankment SS: 0 D.S. Embankment SS: 0

Weir Data
Weir Crest Shape
☒ Broad Crested
☐ Ogee

OK Cancel

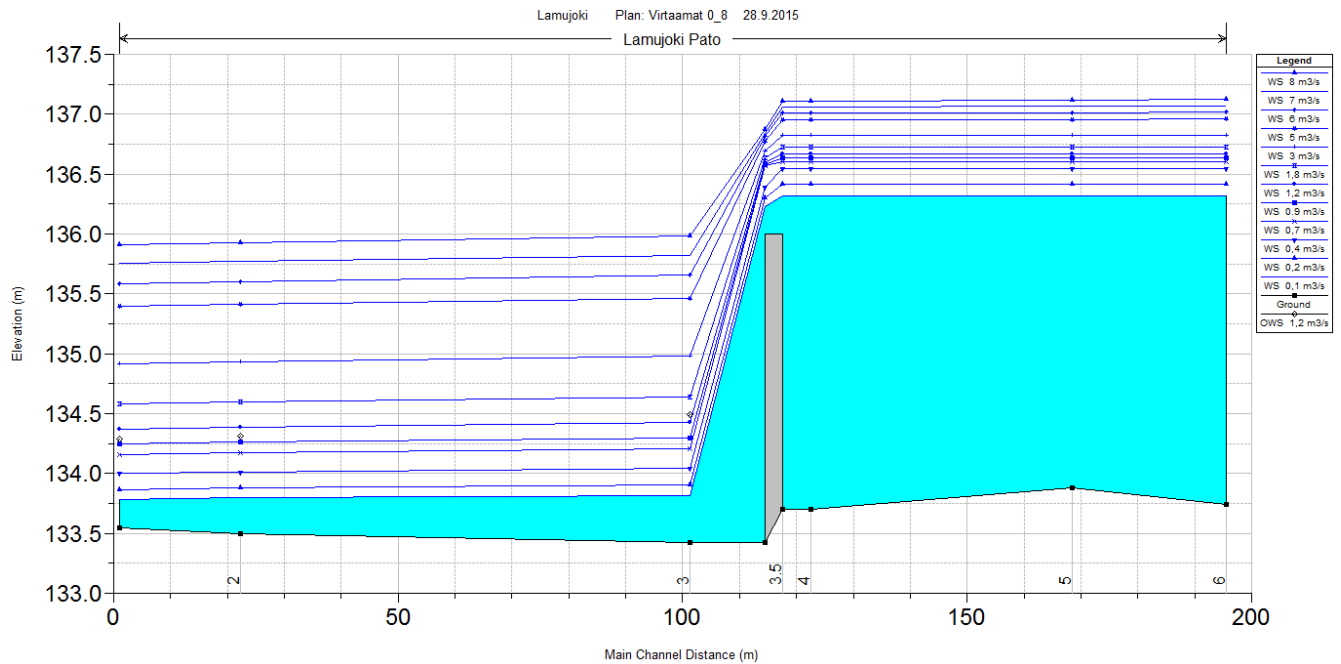
Kuvassa 3 on esitetty pohjapato ylävirran suunnasta katsottuna poikkileikkauksen 4 alapuolelle.



Kuva 3. Pohjapato sijoitettuna poikkileikkauksen 4 alapuolelle.

5.2. Lasketut vedenkorkeudet

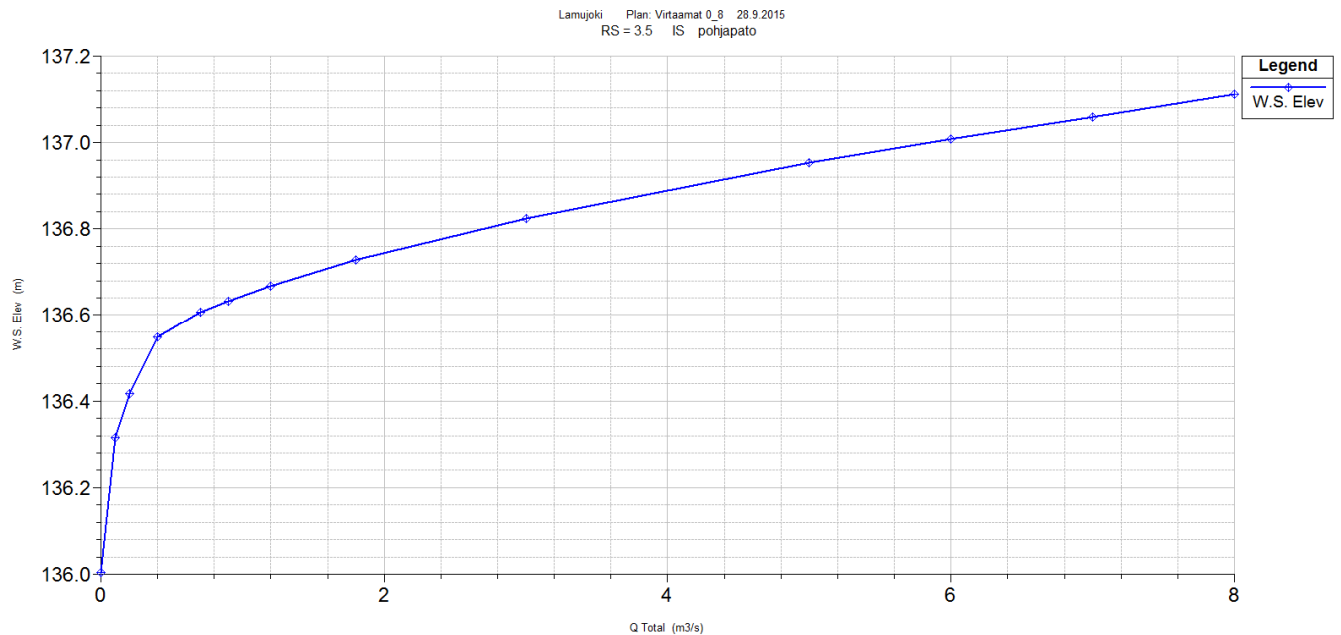
Mallilla laskettiin vedenkorkeudet ja niitä vastaava purkautuva virtaama. Virtaamilla 0,0 – 7,0 m³/s on saatu vedenkorkeudet pohjapadon kohdalle seuraavassa kuvassa 4 esitetyn pituusleikkauksen mukaisesti:



Kuva 4. Pituusleikkaus laskentamallin mukaisista poikkileikkauksista pohjapadon yhteydessä virtaamilla 0,1 – 7,0 m³/s.

5.3 Purkautumiskäyrä

Pohjapadon osalle laadittiin purkautumiskäyrä jatkolaskentaa varten. Purkautumiskäyränä tilanne on pohjapadolla seuraavan kuvan 5 mukainen:



Kuva 5. Pohjapadon purkautumiskäyrä.

Taulukkoon 4 on koostettu eri vedenkorkeuksilla purkautuvat virtaamat. Samalla taulukkoon on lisätty ero pohjapadolle asetettuun vedenkorkeus/virtaama tavoitekorkeuteen.

Taulukko 4. Purkautumiskäyrä eri vedenkorkeuksilla yläpuolisen pl 4 kohdalla:

Laskettu	Virtaama padolla	Tavoite-	Ero tavoite-
vedenkorkeus	Q [m ³ /s]	korkeus *)	korkeuteen
N43+ [m]		[m]	[m]
136.00	0.00	136,00	+0,00
136.32	0.10		
136.42	0.20		
136.55	0.40		
136.61	0.70		
136.63	0.90		
136.67	1.20		
136.73	1.80	136,80	-0,07
136.83	3.00		
136.96	5.00		
137.01	6.00	137,00	+0,01
137.07	7.00	137,10	-0,03
137.11	8.00		

*) Tavoite asetettu keskustelussa Toivonen/Leiviskä 10.9.2015

Edellä esitetyn purkautumiskäyrän mukaan vedenkorkeus jää keskivirtaamilla hieman alemmaksi kuin tavoitteen mukainen. Toisaalta tässä pohjapadon osalta painotettiin riittävää purkautumiskykyä suuremmilla virtaamilla, jotta vahinkoraja ei rikkoontuisi ja vahinkoja alueella ei pääsisi syntymään. Täten lähestyttäessä vahinkorajaa, saavutetaan haluttu virtaama hieman asetettua vedenkorkeustavoitetta aiemmin.

6 JATKOSSA HUOMIOITAVAA

Jos pohjapato osoittautuu Suomen ympäristökeskuksen vesistömallilaskennassa varteenotettavaksi vaihtoehdoksi Iso-Lamujärven säännöstelyyn, on hyvä pohjapadon tarkesuunnitelmia laadittaessa varmistaa nykyisen uoman purkautuminen hieman tässä mallinnettua pidemmältä matkalta säännöstelypadon alapuolelta. Tällöin tulee mitata muutaman sadan metrin matkalta lisää poikkileikkauksia. Lisäksi on hyvä mitata esim. keskivirtaaman ja erityisesti keväisen tulvavirtaaman osalta nykyisen säännöstelypadon alapuolen vedenkorkeuksia, jotta suunnitellun pohjapadon alapuoleisen uoman uomatarkkuutta saataisiin lisää tarkennettua. Samalla saadaan varmistettua että työssä valittu pituuskaltevuus nyt käytössä olleen alimman poikkileikkauksen alapuolella on työssä valitun kaltainen.

Tässä työssä kalibroitivirtaamana oli 4,1 m³/s. Malli saatiin kalibroinnissa istutettua varsin luotettavan tuntuisesti lähtöaineistoon käyttäen aika tyypillisiä lähtöarvoja mm. alapuolisen reunaehdon sekä karkeuskertoimien osalta. Valittu karkeuskerroin on tosin hieman suurempi kuin tyypillinen oletusarvo jokiuomissa.

Tyrnävällä 28.9.2015

Pekka Leiviskä, DI

Insinööritoimisto Pekka Leiviskä

Vauhtipyörä 4, 91800 Tyrnävä

www.leiviska.fi