

Timo Laine

POHJAPATOJEN
TOIMIVUUSTARKASTELU
KAAKKOIS-SUOMEN ELY-
KESKUKSEN ALUEELLA

Opinnäytetyö
Ympäristötekniologia

Maaliskuu 2014



MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

		Opinnäytetyön päivämäärä 26.3.2014
Tekijä(t) Timo Laine		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniologia
Nimeke Pohjapatojen toimivuustarkastelu Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen alueella		
Tiivistelmä Tämä työ on tehty Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen toimeksiannosta. Toimeksiantaja, vesistöjen käyttö ja hoito-yksikkö vastaa Kaakkois-Suomen ELY-keskuksessa vesilain valvonnasta. Lähtökohtana oli selvittää vanhojen säännöstelypatojen tilalle rakennettujen pohjapatojen toimivuutta hydrologiselta ja hydromekaaniselta kannalta. Vesilain mukaan vesistöissä olevat rakenteet eivät saa aiheuttaa vaaraa, vahingollisia tai haitallisia seurauksia. Tämä tutkimus antaa vesilakia valvovalle viranomaiselle vastauksia siihen, onko pohjapatojen suunnittelussa ja toteutuksessa onnistuttu niin, että vesilain mukaiset tavoitteet toteutuvat. Tutkitut kohteet olivat Jokelan ja Naarajärven pohjapadot Kymijoen vesistöalueella, Turpaan ja Saaramaan pohjapadot Summanjoen alueella sekä Reinikkalan pohjapato Vaalimaanjoella. Patokohteissa mitattiin keväällä 2013 virtaamia ja vedenkorkeuksia lumien sulannan ollessa huipussaan, millä pyrittiin saamaan selville patojen toimivuudet tulvatilanteissa. Patojen suunnitellun mukainen toimivuus etenkin tulvatilanteissa on tärkeää tulvahaittojen vähentämiseksi. Virtaamat mitattiin siivikolla ja vedenkorkeudet vaaitsemalla. Jokelan pohjapadon toimivuutta tarkasteltiin pelkästään tilastollisesti, koska kohteesta oli käytettävissä runsaasti vedenkorkeus- ja virtaamatietoja. Pohjapatojen toimivuus tulvatilanteissa oli vaihtelevaa. Jokelan, Reinikkalan ja Naarajärven padoilla ei ollut ongelmia. Saaramaalla vedenkorkeus nousi suunniteltua ylemmäs, mutta vaikutukset olivat pieniä. Turpaan pato vaatii välittömiä muutoksia veden purkautumiskyvyn parantamiseksi, koska vedenkorkeus nousi yläpuolisessa järvessä huomattavan ylös. Alhaisimpien vedenkorkeuksien nostamiseksi saattaa Naarajärvellä olla tarpeen hieman korottaa patoa, mikäli haittoja ilmenee. Säännöstelypatojen vaihtuminen luonnonmukaisiin pohjapatoihin on likimain lopettanut valvontaviranomaisille kohdistetut valitukset poikkeuksellisista vesitilanteista patojen vaikutusalueilla.		
Asiasanat (avainsanat) Padot, virtaama, vedenkorkeus		
Sivumäärä 47	Kieli suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Arto Sormunen		Opinnäytetyön toimeksiantaja Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

DESCRIPTION

 MAMK University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis 26.3.2014	
Author(s) Timo Laine		Degree programme and option Environmental engineering	
Name of the bachelor's thesis Study of operability of submerged dams in the area of Southeast Finland Centre for Economic Development, Transport and the Environment			
Abstract This study has been made for Southeast Finland Centre for Economic Development, Transport and the Environment. The starting point was to research, from a hydrological and hydromechanical point of view, the operability of submerged dams constructed to replace old weirs. According to the Water Act structures in waterways may not cause hazardous, harmful or disturbing consequences. This study will give answers to the authority supervising obedience to the Water Act whether the planning and construction of submerged dams have succeeded to meet the aims of the Water Act. The targets studied were Jokela and Naarajärvi submerged dams in the River Kymijoki waterway, Turpaa and Saaramaa submerged dams in the River Summanjoki area and Reinikkala submerged dam in the River Vaalimaanjoki. Flows and water levels were measured at the dams in the spring of 2013 when melting of snow was at its peak, the purpose being to learn the operability of the dams during a flood. The operability of the dams in the planned way is important especially during a flood to reduce the damage of the flood. Jokela submerged dam operability was studied statistically only because there were plenty of water level and discharge data available. There was a variation in the operability of the submerged dams during the flood. At Jokela, Reinikkala and Naarajärvi dams there were no problems. In Saaramaa the water level rose higher than planned but the impacts were minor. Turpaa dam requires immediate repairs to increase the water discharge because the water level in the lake above rose remarkably high. To raise the lowest water levels in Naarajärvi it might be needed to raise the dam slightly in case any harm occurred. Replacing weirs with natural submerged dams has almost stopped the complaints to the supervising authorities about exceptional water conditions in the target area of the dams.			
Subject headings, (keywords) Submerged dam, discharge, water level			
Pages 47	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Arto Sormunen		Bachelor's thesis assigned by Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Southeast Finland	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	TEORIAA	2
2.1	Vesilain mukaisen luvan tarve patohankkeille	2
2.2	Työssä käytettävät käsitteet	3
2.3	Pohjapato	7
2.3.1	Rakenne ja käyttökohteet	7
2.3.2	Pohjapadon mitoittamiseen tarvittavat tiedot	8
2.3.3	Pohjapadon vaikutukset virtaamiin ja vedenkorkeuksiin	8
3	AINEISTO JA MENETELMÄT	9
3.1	Taustaa toimeksiannolle, mittauksille ja tutkimuksille	9
3.2	Virtaamamittaus	11
3.3	Mittauskalusto	13
3.4	Jokelan pato	13
3.4.1	Vesistötiedot	13
3.4.2	Vesistön käytön ja luvituksen vaiheita	14
3.4.3	Nykytilanne	15
3.5	Reinikkalan pato	16
3.5.1	Vesistötiedot	16
3.5.2	Vesistön käytön ja luvituksen vaiheita	17
3.5.3	Nykytilanne	17
3.6	Naarajärven pato	20
3.6.1	Vesistötiedot	20
3.6.2	Vesistön käytön ja luvituksen vaiheita	21
3.6.3	Nykytilanne	24
3.7	Turpaan ja Saaramaanjärven padot	26
3.7.1	Vesistötiedot	26
3.7.2	Vesistön käytön ja luvituksen vaiheita	26
3.7.3	Nykytilanne	30
4	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	31
4.1	Jokela	31
4.2	Reinikkala	34
4.3	Naarajärvi	35

4.4	Turpaa	36
4.5	Saaramaa	40
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	43
	LÄHTEET	45

1 JOHDANTO

Vesimääriä ja vedenkorkeuksia on järvissä ja virtavesistöissä säädelty patoamalla kautta aikain eri tarkoituspäristä johtuen. Useimmin on virtavesistöjen patoamisella hyödynnetty vesivoimaa energian tuottamiseen myllyn tai sahalaitoksen tarpeisiin. Padot ovat olleet myös vedenkorkeuden pysyttävänä rakenteina, kun yläpuolista vesistöä on käytetty vesivarastona tai vedenhankinnassa. Säädeltyvät padot ovat olleet yleensä puisia, ns. neula- tai settipatoja tai luukkupatoja. Myöhemmin on samoille paikoille saatettu rakentaa kestävämpiä teräs- tai betonirakenteisia säännöstelypatoja. Patojen ja niihin liittyvien laitosten huonon kunnon, käyttöhenkilöstön puutteen ja vesistöjen käyttötapojen muutoksen myötä on tullut tarpeelliseksi muuttaa rakenteita käyttökelpoisemmiksi kuin säännöstelypadot. Tällöin usein ratkaisuna on ollut rakentaa säännöstelypadon tilalle pohjapato, jolloin on voitu turvata patoamalla muutetun vesistön vedenkorkeuden pysyttäminen vakiintuneella tasolla.

Tällainen vesirakenteen oleellinen muuttaminen vaatii vesilain mukaisen luvan. Luvan ehdoissa määrätään myös patorakenteella saavutettavista, padon yläpuolisen vesialueen vedenkorkeuksien vaihtelusta, joka pääsääntöisesti pyritään säilyttämään vanhan rakenteen vakiinnuttamissa rajoissa. Pohjapadot mitoitetaan eri suunnitteluohjelmia käyttäen niin, että tiettyä vedenkorkeutta padolla vastaa tietty virtaama. Virtaaman ja vedenkorkeuden korrelaatioissa puhutaan purkautumiskäyrästä. Yleensä tällaisissa patotyyppien muutostilanteessa padot pyritään suunnittelemaan niin, että muutoksen jälkeen ylimmät vedenkorkeudet eivät kasva ja alimmat korkeudet joko tarvittaessa nousevat tai pysyvät ennallaan. Kriittinen kohta pohjapatojen toimivuudessa on juuri se, miten hyvin tulvavedet purkautuvat padolla. Oikein mitoitettujen pohjapatojen ei yleensä pitäisi lisätä ylimpien vedenkorkeuksien esiintyvyyttä vaikutusalueellaan, jos tähän ei ole erityisesti pyritty esim. allasmaisen vesimaiseman aikaansaamiseksi. Mikäli padon harja on taas jostain syystä toteutettu liian matalana, voi kesän aikana tapahtuva haihdunta laskea vedenpintoja tarpeettoman alas. Nämä mitoitusasiat voidaan käytännössä todentaa vedenkorkeus- ja virtaamatarkastelulla.

Säännöstelypatojen rakentamisen ja käytön myötä on patoalueiden vaikutusalueelle syntynyt lupaehtojen rajaama vesitilanteiden vaihtelu. Vedenkorkeuksien sallittu vaihteluväli säännöstellyissä vesistöissä on määrätty patoja koskevista, vesilain mukaisista lupapäätöksissä tai vanhemmissa vesitaloudellisista lupa-asiakirjoissa. Kun sään-

nöstelypatojen tilalle on suunniteltu pohjapatoja, on näissä rakennesuunnitelmissa soveltuvin osin huomioitu vanhojen lupaehtojen mukaiset tavoitteelliset vedenkorkeudet. Tätä vaihtelua pyritään tarvittaessa ylläpitämään tai muuttamaan vesistön käytön kannalta edullisemmaksi pohjapatoratkaisuilla. Näiden tutkittujen pohjapatojen pää-tarkoitus on ollut korvata työläästi hoidettavat säännöstelypadot ja mahdollistaa kalojen nousu patojen ohi. Säännöstelypatojen käyttöongelmat ovat aiheuttaneet usein tulva- tai kuivuustilanteissa lupaehdoissa määrättyjen vedenkorkeuksien ylityksiä tai alituksia, jotka ovat olleet vesistön virkistys- ja muun käytön kannalta huomattavia. Nämä poikkeustilanteet ovat työllistäneet paljon vesilakia valvovia viranomaisia. Pohjapatoratkaisulla on helppohoitoisuuden lisäksi etuna se, että samalla saadaan maisemallista ja esim. kalataloudellista hyötyä, kun vanhat patorakenteet korvataan luonnonkoskimaisella vesimaisemalla, jolloin kalojen nousuesteet poistuvat. Suunnitellusti toimiessaan pohjapadot helpottavat myös vesilain valvojien työtaakkaa, kun lupaehtojen vastaiset vesitilanteet vähenevät patojen vaikutusalueilla. Tässä työssä selvitettiin, onko pohjapatojen suunnittelussa ja toteutuksessa onnistuttu niin, että vesilain mukaiset tavoitteet toteutuvat.

Lähtökohtana oli selvittää vanhojen säännöstelypatojen tilalle rakennettujen pohjapatojen toimivuutta hydrologiselta ja hydromekaaniselta kannalta. Työn tilaaja rajasi selvitystä niin, että kalataloudellisia vaikutuksia ei tässä yhteydessä tutkittu.

2 TEORIAA

2.1 Vesilain mukaisen luvan tarve patohankkeille

Kaikissa tutkimuskohteissa on vanhoja patorakenteita muutettu aivan toisenlaisiksi; säädeltävistä patorakenteista on tehty kiinteäharjaisia, osin patojen paikkaa oleellisesti muuttaen. Kun vesistöä padotaan tai olemassa olevan padon rakenteisiin tehdään olennaisia muutoksia, puhutaan vesilain 1. luvun 3 §:ssä termistä *vesitaloushanke*. Kyseinen lainkohta määrittelee vesitaloushankkeen vesi- tai maa-alueella toteutettavaksi toimenpiteeksi tai rakennelman käyttämiseksi, joka voi vaikuttaa pinta- tai pohjaveteen, vesiympäristöön, vesitalouteen tai vesialueen käyttöön. Saman lain 3. luvun 2 § määrittelee, että vesitaloushankkeella on oltava lupaviranomaisen lupa, jos se voi muuttaa vesistön asemaa, syvyyttä, vedenkorkeutta tai virtaamaa, rantaa tai vesiympä-

ristöä ja tämä muutos aiheuttaa edunmenetystä toisen vesialueelle, kalastukselle, veden saannille, maalle, kiinteistölle tai muulle omaisuudelle. Näistä seurauksista riippumatta on vesilain mukaan oltava aina lupa hankkeelle, jossa valtaväylä tai yleinen kulku- tai uittoväylä suljetaan tai sitä supistetaan tai väylään asetetaan este tai väylän käyttämistä vaikeuttava este tai laite. (Vesilaki 587/2011.) Yksinkertaistettuna ja lakia käytännössä tulkittuna voidaan todeta, että kaikenlainen vesistön patoaminen tai rakenteen olennainen muutos vaatii aina vesilain mukaisen lupaviranomaisen luvan. Siitäkin huolimatta, että kyse olisi väylän sulkevan säännöstelypadon muuttamisesta luonnonkoskimaiseksi pohjapadoksi, jolloin voitaisiin olettaa vesistön käyttöolosuhteiden muuttuvan edullisemmiksi. Harvoin, jos koskaan, tällainenkaan hanke saa aikaan yksimielistä kannatusta kaikkien vesistön käyttäjien keskuudessa. Luvan myöntämisen pääperusteena on kaikissa vesitaloushankkeissa se, että hankkeiden hyödyt ovat huomattavia niistä johtuviin vahinkoihin ja edunmenetykseen verrattuna.

2.2 Työssä käytettävät käsitteet

Valuma-alue

Valuma-alueella tarkoitetaan sellaista aluetta, johon kulkeutuvat vedet johtuvat lopulta kaikki samaan vesistöön tai vesistön osaan. Suuria valuma-alueita voidaan nimittää vesistöalueiksi. (Ekholm 1993, 10.)

Vedenkorkeus

Vedenkorkeus on sidottu vesistössä käytettävään valtakunnalliseen korkeusjärjestelmään (NN, N₄₃, N₆₀, N2000). Vedenkorkeus määritetään yleensä siihen tarkoitukseen rakennetusta, senttimetrijaotuksella varustetusta mitta-asteikosta, joka on kiinnitetty veteen ulottuvaan tukevaan parruun. Vedenkorkeuden määrittämiseen voidaan käyttää myös vesistön pohjaan lyötyä pohjapaalua, josta korkeuslukemat luetaan senttimetrijaotuksella varustetulla suppilomitalla.

Alin vedenkorkeus, alivesi (NW)

Alin vedenkorkeus on tietyn ajanjakson (esim. kalenterivuosi, 20 vuotta, 50 vuotta) aikana havaittu kaikkein pienin vedenkorkeus.

Keskimääräinen vedenkorkeus, keskivesi (MW)

Keskivesi on pitkän aikavälin vedenkorkeuksien (esim. päivittäiset havainnot) aritmeettinen keskiarvo.

Ylivesi (HW)

Ylin vedenkorkeus on tietyn ajanjakson (esim. kalenterivuosi, 20 vuotta, 50 vuotta) aikana havaittu suurin vedenkorkeus.

Korkeusjärjestelmät NN, N₄₃, N₆₀, N2000

Jääkauden jälkeistä maanpinnan kohoamista Suomessa on seurattu tarkkavaaituksilla, joiden jälkeen korkeusjärjestelmä on uusittu vastaamaan vallinnutta tilannetta. Näin saadut korkeuslukemat kuvaavat maanpinnan korkeutta kuviteltuun merenpinnan korkeusjatkeeseen, geoidiin. Ensimmäinen tarkkavaaitus on tehty vuosina 1892 - 1910 ja siitä käytetään nimeä NN-korkeusjärjestelmä. NN-korkeusjärjestelmää käytetään nykyisinkin esimerkiksi vesistöjen, kuten Kymijoki tai Saimaa, säännöstelypäätoöksissä ja vedenkorkeustiedoissa. Toinen tarkkavaaitus on tehty vuosina 1935 - 1975. Näistä tiedoista luotiin ensin väliaikainen N₄₃-korkeusjärjestelmä ja vaaituksen valmistumisen jälkeen N₆₀-järjestelmä, joka on ollut näihin aikoihin asti pääosin käytetyin järjestelmä. Vähitellen ollaan siirtymässä vuoden 2000 tietoihin perustuvaan N2000-korkeusjärjestelmään. (Maanmittauslaitos 2007.)

Virtaama

Virtaama tarkoittaa vesiuomassa tietyn poikkileikkauksen kohdalla kulkevaa vesimäärää aikayksikköä kohden. Tästä käytetään tavallisimmin yksikköä m³/s. (Rinne 1945, 62.)

$$Q = v \times A \quad (1)$$

jossa Q = virtaama (m³/s)

v = keskimääräinen veden virtausnopeus (m/s)

A = uoman veden peittämän piirin pinta-ala (m²) mittauskohdassa

Virtaamat ovat Suomen olosuhteissa vesistöissä vaihdelleet kesäisen kuivan kauden nollavirtaamasta Kemijoen Isohaaran voimalaitoksella arvioituun lukemaan 4 800 m³/s (Korhonen 2007, 18).

Korhonen (2008) jaottelee Suomen vesistöt virtaamaolojen perusteella kolmeen ryhmään; Sisä-Suomen järviolueen vesistöihin, Suomen- ja Pohjanlahden rannikkoalueiden pieniin ja keskikokoisiin, järvettämiin vesistöihin sekä Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin suuriin, runsasvirtaamaisiin jokiin. Tämän tutkimuksen kohteista Naarajärven padon vesistöalue kuuluu Sisä-Suomen järviolueeseen, kun taas muiden kohteiden voidaan katsoa kuuluvan Suomenlahden rannikkoalueen jokiin.

Ylivirtaama

Ylivirtaamalla (HQ) tarkoitetaan suurinta havaittua virtaamaa. Vesirakenteiden, kuten patojen mitoituksessa on perusteena käytetty joko suurinta havaittua virtaamaa tai pidemmän ajanjakson keskiylivirtaamaa (MHQ), jolla tarkoitetaan tarkasteltavan vesistön vuoden ylimpien virtaamien keskiarvoa pidemmällä ajanjaksolla (Korhonen 2007, 18). Ylivirtaamakausi sattuu useimmiten lumien sulamisjakson ajalle, huhti – kesäkuuhun. Eteläisemmässä Suomessa ylivirtaamakausia voi esiintyä myös muina vuodenaikoina. Viime aikoina talvitulvat näyttävät yleistyneen, ja yhtenä ilmastomuutoksen merkinä on sanottu olevan juuri jatkossa lisääntyvät talvitulvat, mikä voi merkitä sitä, että vuotuiset korkeimmat virtaamat havaitaankin sydäntalvella nykyisen kevään tai alkukesän sijaan.

Alivirtaama

Alivirtaama (NQ) on pienin havaittu virtaama. Yleensä tämä alivirtaamakausi on vesistöissä talvikaudella juuri ennen sulannan alkamista. Toinen alivirtaamakausi ajoittuu kesäkaudelle, kun lämpöisenä aikana haihdunta on sadantaa suurempi. Pääasiallisesti alivirtaamaan vaikuttavat sää, valuma-alueen koko ja järvisyys (Korhonen 2007, 18).

Ylävesi

Ylävedellä tarkoitetaan tässä tapauksessa veden pinnan tasoa padon yläpuolella.

Alavesi

Alavesi on vedenkorkeus padon harjan jälkeen (alapuolella) padon harjalta mitattuna, kun virtaus on tasaantunut harjan ylityksen jälkeen. Alaveden vaikutus pyöristetyissä padoissa on melko vähäinen, jos padon harjalla esiintyy kiitovirtausta ja alapuolella muodostuu vesikynnys. Tällöin edellytyksenä on, että alavedenkorkeus on pienempi kuin 0,7 kertaa yläveden korkeus. (Pohja- ja säännöstelypadot 1992, 7.)

Ylisyöksy

Täydellisessä ylisyöksyssä on padon harja korkeammalla, kuin padon alapuolisen veden pinta. Ylisyöksyn virtaama lasketaan tässä tapauksessa Bernoullin yhtälöstä johdetulla Weisbachin patokaavalla (Hosia 1982, 175).

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[\left(h + \frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} \right] \quad (2)$$

jossa Q = virtaama (m^3/s)
 μ = purkautumiskerroin
 b = padon harjan pituus virtauksen poikkisuunnassa (m)
 h = yläveden korkeus padon harjan tasosta lukien (m)
 g = maan vetovoiman aiheuttama putoamiskiihtyvyys ($9,81 \text{ m}^2/\text{s}$)
 v = virtausnopeus ylävirran puolella ennen patoa (m/s)

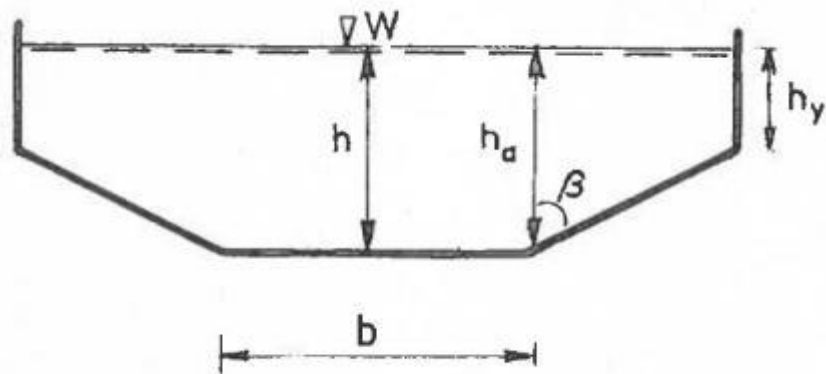
Mikäli virtausnopeus on pieni ($v < 0,5 \text{ m/s}$), käytetään yllä mainitun kaavan sijasta yksinkertaisempaa Polenin kaavaa vaakasuoralle kynnyksen osalle (Hosia 1982, 175).

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} h^{3/2} \quad (3)$$

Vinolle (kuva 1) kynnyksen osalle on voimassa kaava (Vesihallitus 1985, 12).

$$Q = \frac{4}{15} \mu \tan \beta \sqrt{2g} (h_a^{5/2} - h_y^{5/2}) \quad (4)$$

jossa h_a = alemman pisteen painekorkeus (m) vinossa kynnyksessä
 h_y = ylemmän pisteen painekorkeus (m) vinossa kynnyksessä
 β = pystysuoran ja vinon padon osan kulma

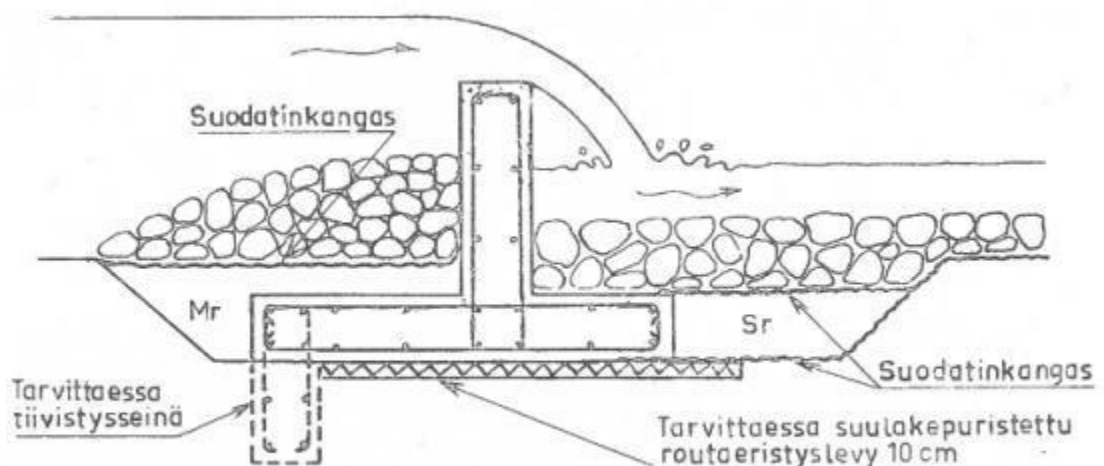


KUVA 1. Vaakasuora ja vino patokynnys (Pohja- ja säännöstelypadot 1992, 7)

2.3 Pohjapato

2.3.1 Rakenne ja käyttökohteet

Pohjapato (kuva 2) on uoman pohjaan rakennettava kiinteä rakenne, jonka harjan yli vesi pääsee vapaasti virtaamaan. Padossa ei ole mitään säädeltäviä rakenteita. Yhden jaottelun mukaan tällaisista padoista voidaan käyttää nimitystä pohjapato (padon alapuolinen vesi padon harjaa korkeammalla) tai ylisyöksypato (padon alavesi padon harjan alapuolella). Vakiintuneesti kuitenkin näistä molemmista käytetään nimitystä pohjapato. (Pohja- ja säännöstelypadot 1992, 1.)



KUVA 2. Havainnekuva betonirakenteisesta pohjapadosta (Vesihallitus 1985, 76)

Pohjapatoja voidaan rakentaa myös pelkästään parantamaan vesimaisemaa, kun vähävetiseen uomaan saadaan suvantomaisia allastuksia. Samalla voidaan myös estää rantaeroosioita, kun virtausnopeudet pienentyvät.

2.3.2 Pohjapadon mitoittamiseen tarvittavat tiedot

Pohjapadon harjan pituuden, leveyden ja muodon mitoittamiseksi tarvitaan tietoja patopaikalla vallinneista vedenkorkeuksista ja virtaamista. Vedenkorkeustiedoista tarvitaan tietoja ali-, yli- ja keskivedenkorkeuksista sekä patoalueella että koko padon vaikutusalueella ja myös vedenkorkeuksien vuodenaikaisista vaihteluista. Virtaamista tulee tietää ali-, yli ja keskivirtaama. Suurimman virtaaman tietäminen tai laskennallinen määrittäminen on padon mitoituksen kannalta tärkeää, koska tiedolla on ratkaiseva merkitys padon harjan pituuden määrittämisessä. (Vesihallitus 1985, 11.)

Pohjapatojen suunnitteluun ja mitoittukseen käytetään yleensä excel-laskentaa, joka perustuu Polenin kaavan (kaavat 3 ja 4) soveltamiseen. Ympäristöhallinnolla on käytössään Suomen ympäristökeskuksen kehittämä Pato -niminen suunnitteluohjelma.

2.3.3 Pohjapadon vaikutukset virtaamiin ja vedenkorkeuksiin

Pohjapato saattaa pienentää yläpuolisen järvaltaan varastotilaa, koska patomuutoksen myötä alimpia vedenkorkeuksia halutaan nostaa paljon enemmän kuin ylimpiä eli tulvavedenkorkeuksia. Usein mitoitus tavoitteena on, että ylimmät vedenkorkeudet eivät nouse ollenkaan. Tämä tilanne johtaa siihen, että tulva-aikana vähemmän vettä pystyy varastoitumaan järvaltaaseen, minkä seurauksena tuolloin menovirtaama järvestä kasvaa. Tulvan nousuvaiheessa lisääntyvä keskimääräinen menovirtaama saadaan, kun jaetaan järven varastotilan muutos tulvan nousuvaiheen kestoajalla. Tulvan nousuvaiheen kesto voi vaihdella yhdestä kolmeen viikkoon, mikä vaikuttaa menovirtaaman lisääntymisen suuruuteen. (Pohja- ja säännöstelypadot 1992, 23.)

Tulvatilanteissa säännöstelypatojen alapuolisilla vesialueilla on saatettu kärsiä äkillisestä virtaamanlisäyksestä, kun patoluukkuja on avattu kerralla liian paljon yläpuolisen tulvatilanteen helpottamiseksi. Tästä on voinut aiheutua tulvimista ja eroosiohaittoja. Pohjapatojen vaikutusalueilla näitä ongelmia ei ole, koska padot purkavat vettä tasaisemmin.

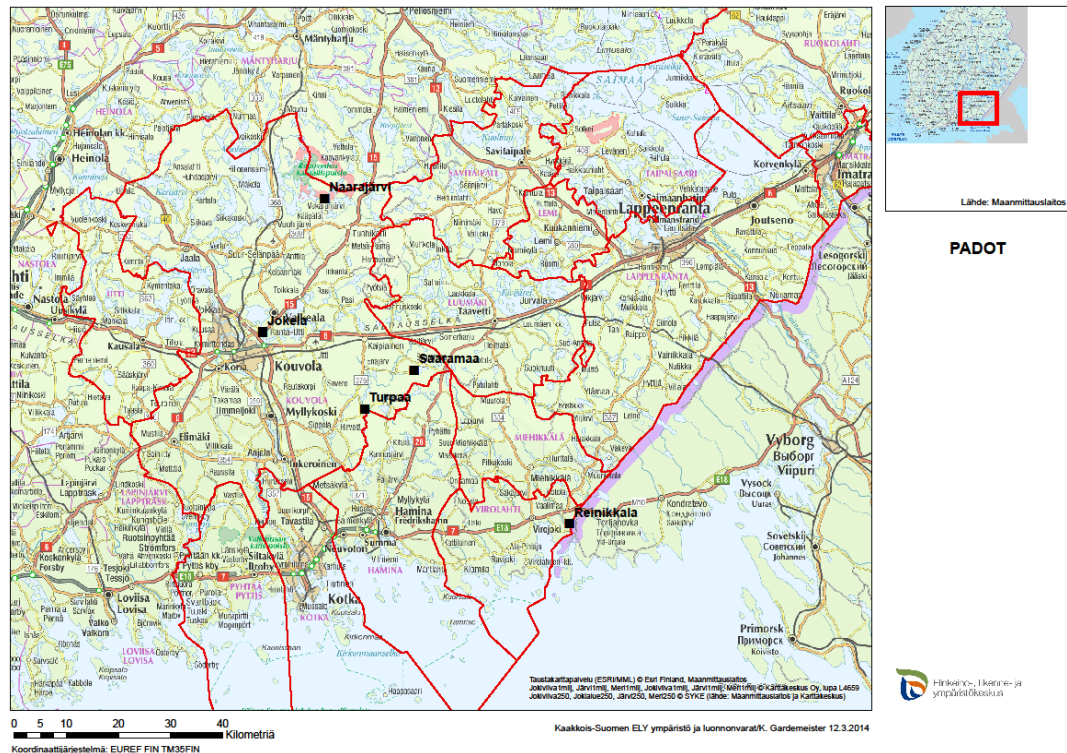
Pohjapadon harjan korkeus määrää yläpuolisen vesistön osan tavoiteltavan alimman vedenkorkeuden. Kuivuustilanteissa haihdunnan ollessa suuri saattaa vedenkorkeus yläpuolella laskea myös pohjapadon harjan alapuolelle, jolloin vettä virtaa vain padon alivirtaama-aukosta. Pohjapadon harjan pituus ratkaisee sen, kuinka paljon vettä pysyy purkautumaan padosta (kaavat 2 ja 3). Mitä pitempi harja on, sitä enemmän vettä menee suurimmilla virtaamilla padosta ilman, että yläpuolella veden korkeus nousee haitallisen ylös.

Patojen mitoitusten mukainen hydromekaaninen toimivuus tai toimimattomuus selviää juuri tilanteessa, jossa vettä on paljon. Väärin mitoitettu tai toteutettu patorakenne voi aiheuttaa odottamattomia tulvatilanteita padon yläpuolisella vaikutusalueella. Ongelmia aiheutuu, jos patorakenne ei pura suunnitellulla tavalla vesimääriä. Alimmat vedenkorkeudet määräytyvät padon harjakorkeuden perusteella, joten padon mitoitus siltä osin on yleensä varmempaa. Vähävetisissä tilanteissa, kun haihdunta on suurta ja tulovirtaamat pieniä, voi padon yläpuolinen vesistönosa laskea alas ja tällöin myös lähtövirtaama voi olla hyvin pieni. Virtaama voi loppua myös kokonaan erityisesti, jos valuma-alue on pieni.

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Taustaa toimeksiannolle, mittauksille ja tutkimuksille

Opinnäytetyön toimeksianto tuli Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen ympäristö ja luonnonvarat -vastualueen vesistöjen käyttö ja hoito- yksiköltä. Yksikkö on vastuussa ELY-keskuksen toimialueella vesilain noudattamisen valvonnasta. Vesistöissä olevat rakenteet, kuten padot, eivät saa vesilain mukaan aiheuttaa vaaraa tai yleistä taikka yksityistä etua loukkaavia vahingollisia tai haitallisia seurauksia (Vesilaki 587/2011). Jos näin kuitenkin tapahtuu, on valvonnasta vastaavalla viranomaisella oikeus ja velvollisuus puuttua asiaan.



KUVA 3. Pohjapatojen sijainti (Gardemeister 2014)

Tutkitut kohteet (kuva 3) olivat Kymijoen vesistöalueella olevat Jokelan ja Naarajärven pohjapadot, Summanjoen Turpaan ja Saaramaan pohjapadot sekä Vaalimaanjoen Reinikkalan pohjapato. Jokelan pohjapato oli valmistunut vuonna 1999 ja muut pohjapadot vuosina 2011 - 2012.

Patojen hydrologista ja hydromekaanista toimivuutta lähdettiin selvittämään keväällä 2013 virtaama- ja vedenkorkeusmittauksin lumien sulannan ollessa huipussaan. Virtaamat saatiin mitattua kussakin kohteessa likimain suurimman virtaaman ajankohtana. Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän antamat vedenkorkeus- ja virtaamaennusteet olivat apuna määritettäessä huippuvirtaamien ajankohtaa. Viidestä tutkituista padoista neljässä; Reinikkala, Naarajärvi, Turpaan ja Saaramaa ei ollut tutkittu vedenkorkeuden ja virtaaman suhteita. Jokelan pohjapadolta oli käytettävissä runsaasti vedenkorkeus- sekä virtaamatietoja, jotka olivat määritetty ylävirran puoleisesta Jyräänskoskesta. Jokelan Myllykosken ja Jyräänskosken välinen etäisyys on niin pieni, että oleellista virtaamanlisäystä ei tuolla välillä tapahdu, joten näitä tietoja voitiin hyvin verrata keskenään. Jokelan padolla ei tehty virtaamamittauksia, vaan toimivuutta tarkasteltiin olemassa olevien vedenkorkeus- ja virtaamatietojen perusteella käyttäen hyväksi excel-laskentaohjelmaa. Kaikki tässä työssä käytetyt vedenkorkeus-

ja virtaamatiedot olivat peräisin Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämästä Hertta-tietojärjestelmästä.

Tulosten analysoinnissa verrattiin mitattuja vedenkorkeus- ja virtaamalukemia sekä rakenteiden korkeuksia patojen suunnitelma-asiakirjoissa olleisiin mitoitustietoihin. Virtaamat mitattiin siivikolla (kuva 4) ja vedenkorkeudet sekä patorakenteet vaaituskojeella. Mittaukset pyrittiin tekemään huolellisesti, ja jos oli epäily tuloksen luotettavuudesta, mittaus toistettiin.

Kohteiden historiatietoja on selvitelty pääosin erilaisista lupa-asiakirjoista, jotka ovat Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskuksen käsi- ja päätearkistossa Kouvolassa. Vanhemmat, edeltäjäorganisaatioiden aikaiset asiakirjat ovat pääosin siirretty Mikkelin maakunta-arkistoon. Asiakirjoja on hyödynnetty patojen eri vaiheiden selvittämiseksi.

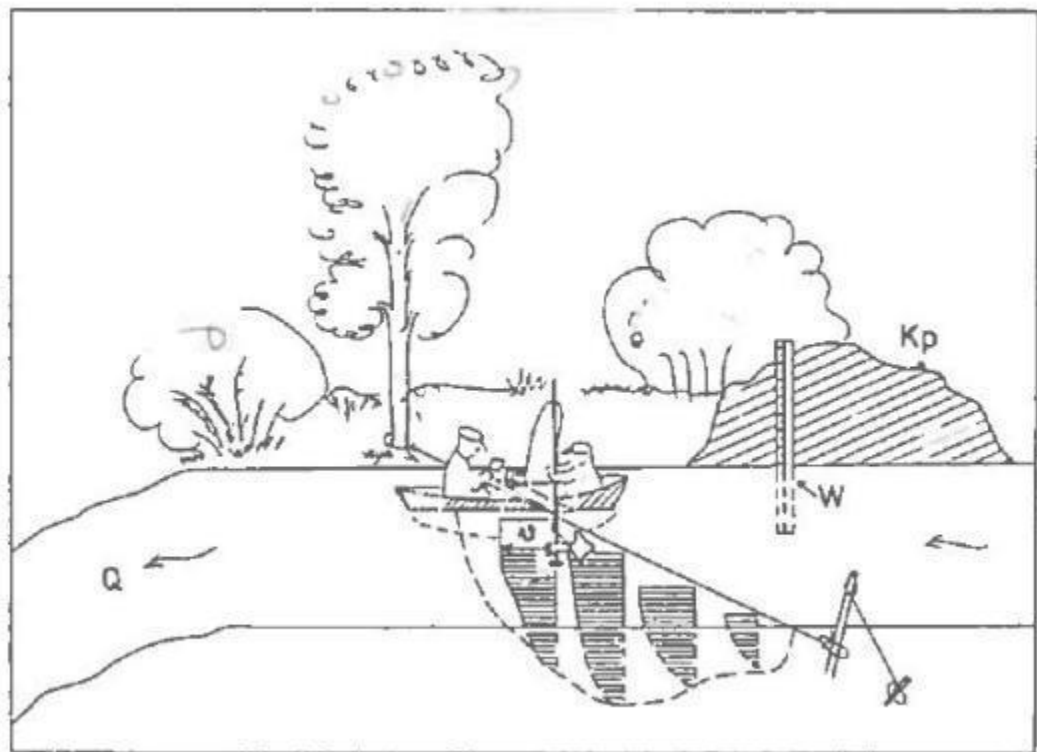
3.2 Virtaamamittaus

Virtaamaa on mitattu siivikolla 1790-luvulta saakka. Saksalainen insinööri Reinhard Woltmann esitteli tuolloin Hampurissa potkurinkaltaisen laitteen virtaaman mittaamiseen. Laite tunnetaan Woltmannin siivikkona, ja muunneltuna laitetta käytetään yhä. (Hyvärinen & Ekholm 2008, 35.)



KUVA 4. Siivikko OTT C-31 (Laine 2014)

Siivikkomittauksen periaatteena on, että virtaama pyritään mittaamaan paikasta, jossa vesi pääsee purkautumaan vapaasti. Tällöin alaveden pinta ei vaikuta padottavasti mittauskohdan veden purkautumiseen. Mittaus uomassa tehdään uoman poikki, koh-tisuoraan virtaamaa vastaan. Uoman (kuva 5) poikki vedetään mittanauha tai -vaijeri, jonka kohdalta määritetään mittauskohdan (vertikaali) etäisyys rannasta. Jokaisesta vertikaalista pyritään mittaamaan virtausnopeus viideltä eri syvyydeltä; pohjasta, puo-lesta välistä, pinnasta sekä näiden välistä tasaisin välein. Jokaisesta syvyydestä mita-taan virtausnopeutta 50 sekunnin ajan, jotta virtaaman lyhytaikaiset nopeusvaihtelut tai veneen heijausliike eivät aiheuta mittausvirhettä (Kuusisto 1982, 57). Laskijalaite rekisteröi siivikon siiven pyörähdyskierrokset. Jokainen siivikko on kalibroitu niin, että tietty määrä pyörähdyksiä 50 sekunnin aikana vastaa tiettyä virtausnopeutta (m/s). Mittausvertikaaleja tulee olla riittävästi, jotta uoman virtausolosuhteet selviävät katta-vasti. Mittaushetkellä vallitseva vedenkorkeus padon yläpuolella luetaan vedenkorke-usasteikosta ennen ja jälkeen virtaamamittauksen, jotta saadaan tietää vedenkorkeuden ja virtaaman suhde. Jos asteikkoa ei ole, määritetään vedenkorkeus vaaitusmittauksel-la. Mittaustiedot syötetään ja lasketaan Suomen ympäristökeskuksen HydValikko-virtaamalaskentaohjelmaan, josta tulokset saadaan virtaama-arvoina (m^3/s). Ympäris-töhallinnon kaikissa hydrologisissa mittauksissa noudatetaan hydrologisen havain-noinnin laatujärjestelmää.



KUVA 5. Periaatekuva virtaamamittauksesta veneellä (Vesihallitus 1984, 39)

Turpaan padolla mitattiin virtaama haasteellisten olosuhteiden vuoksi veneestä. Muissa kohteissa virtaamamittaukset tehtiin patojen läheisiltä silloilta.

3.3 Mittauskalusto

Siivikkomittaukseen käytetyt välineet ja ohjelmat olivat seuraavia:

- Siivikko: OTT C-31
- Laskijalaite: OTT Z900
- Laskentaohjelma: HydValikko -virtaamalaskentaohjelma (SYKE)

Opinnäytetyön tekijä oli vastuussa kaikista tehdyistä mittauksista. Mittaaja on sertifioitu ympäristönäytteenottaja (nro 653), erikoispätevyyden alana hydrologisen seuran koulutus.

3.4 Jokelan pato

3.4.1 Vesistötiedot

Jokelan pohjapato sijaitsee Valkealan reitiksi kutsutussa vesistössä, lähellä sen alaosaa. Kymijoen vesistöalueeseen kuuluva Valkealan reitti (käytetään myös nimeä Väliväylä) jakautuu kahteen eri valuma-alueeseen; itäisempään Kivijärven reitin valuma-alueeseen ja läntisempään Harjunjoen – Lappalanjärven alueeseen, jotka etelässä rajautuvat Salpausselkään (Ekholm 1993, 35 – 36). Väliväylän latvavedet saavat alkunsa Lappeenrannan kaupungin alueelta, Lappeenranta – Savitaipale -valtatie -alueelta Jängynjärven alueelta. Reitti kulkee yli 80 kilometriä pitkin järviä ja joki-uoimia. Patoalue, Jokelan Myllykoski (kuva 6) alkaa Käyrälammesta, josta vedet laskevat Jokelanjokea Lappalanjärven, josta Valkealan reitin vedet yhtyvät Harjunjoen kautta Kymijokeen. Tämän vesistöalueen kokonaispinta-ala Jokelan pohjapadon kohdalla olevassa purkautumispaikassa on n. 1280 km² (Ekholm 1993, 35 – 36). Koko mainittu vesistöalueen vedet purkautuvat Jokelan pohjapadon kautta. Vesimäärät ovat vuosien aikana vaihdelleet kuivan kauden minimivirtaamasta 0,44 m³/s keväisen huipputulvan virtaamaan 48 m³/s.



KUVA 6. Jokelan Myllykoski ennen ja jälkeen patomuutoksen (Tapaninen 1999)

3.4.2 Vesistön käytön ja luvituksen vaiheita

Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen arkistotietojen mukaan Jokelan Käyräjoen vesivoima oli valjastettu jo 1800-luvun alkupuolella kahden, virran eri puolilla olleen myllyn käyttöön. Toinen näistä oli sittemmin palanut ja toisen vieneet tulvavedet mennessään. Viipurin läänin kuvernöörinvirasto antoi 27.1.1848 päätöksen, jossa annettiin Valkealan seurakunnan kappalainen Erik Vahlbergille oikeus padon perustamiseen Myllykoskeen. Myllylaitos siirtyi vuonna 1899 kotkalaisen Osakeyhtiö W. Gutzeit & Co:n omistukseen, joka sai Viipurin läänin kuvernöörin 30.11.1908 päätöksen mukaan oikeuden muuttaa ja siirtää myllypatoa sijansa verran alavirtaan päin. (Viipurin Lääninkanslia 1908.) Myllyn toiminta loppui 1950-luvulla, ja vuonna 1988 mylly ja pato siirtyivät Enso Gutzeit Oy:ltä Valkealan kunnan omistukseen (Leppikangas 2014).



KUVA 7. Rakennepiirros padolta vuonna 1893 (Viipurin lääninkanslia 1908)

Väliväylällä oli todennäköisesti uitettu tukkeja jo 1800 -luvun ensimmäisellä puolikalla, koska kuvernöörinviraston 27.1.1848 päätöksessä oli määrätty padon (kuva 7)

yhteyteen tehtävästä uittorännistä. Edellä mainittu vuoden 1848 kuvernöörinviraston päätöstä ei ollut löydettävissä, vaan asia oli selvitetty Keisarillisen Suomen Senaatin päätöksen 12.10.1910 selostusosassa. Tämä päätös koski valitusasiaa, joka oli pantu vireille edellisessä kappaleessa mainitun 27.1.1908 päätöksen johdosta. Uitto Valkealan reitillä loppui vuonna 1963, ja Itä-Suomen vesioikeus kumosi päätöksellään (2/Ym II/83) 8.4.1983 Luumäen - Valkealan uittosäännön.

3.4.3 Nykytilanne

Omistajanvaihdoksen yhteydessä havaittiin vanhan padon olevan erittäin huonokuntoinen, jolloin Valkealan kunta pyysi Kymen vesi- ja ympäristöpiiriltä apua padon korjausvaihtoehtojen suunnitteluun (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 1997, 1). Valkealan kunta sai Itä-Suomen vesioikeudelta 2.6.1998 luvan Myllykosken säännöstelypadon korvaamiseksi kiinteällä padolla. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus suunnitteli ja toteutti padon muutoksen.



KUVA 8. Jokelan pohjapadon rakentamista työpadon suojassa (Leppikangas 1999)

Pato valmistui loppuvuonna 1999. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus kunnosti myös kosken partaalla sijainneen vanhan myllyrakennuksen vuonna 1997. Padon luvan haltijana on nykyisin Kouvola kaupunki, johon Valkealan kunta liittyi vuonna 2009.



KUVA 9. Pato valmistumisen jälkeen (Leppikangas 1999)

Valmistumisensa jälkeen patorakenteita ei ole tarvinnut korjata. Graniittilohkareinen harja ja sen tueksi tehty betonivalu (kuva 8) ovat hyvin kestäneet vesimassojen ja jäiden rasitukset. Vanhan patorakenteen kohdalle (kuva 9) kunta rakensi joen yli ulkoilu-reittiä varten sillan. Kunnostettu myllyrakennus on toiminut erilaisten kulttuuritapah- tumien pitopaikkana.

3.5 Reinikkalan pato

3.5.1 Vesistötiedot

Reinikkalan pohjapato sijaitsee Vaalimaanjoen alajuoksulla, aivan valtakunnanrajan vieressä. Vaalimaanjoen vesistöalueen valuma-alueen koko on 245 km^2 ja järvisyys on 3,1 % (Ekholm 1993, 33). Joen latvaosat ovat Salpausselän eteläpuolella, ja se laskee Venäjän puolelle Suomenlahteen. Vaalimaanjoessa kulkee Suomen ja Venäjän välinen rajalinja noin 1,7 kilometrin matkalla. Joesta ei ole olemassa vanhaa virtaamatietoa, vaan aiempia hankkeita varten virtaamat on arvioitu valuma-alueen koon ja sen maas- totyyppien perusteella. Vaalimaanjoen perkaushankkeen suunnitelmassa vuonna 1961 on mainittu seuraavia virtaama-arvoja: MQ $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$, HQ $30 \text{ m}^3/\text{s}$ ja NQ $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (Itä-Suomen vesioikeus 1965). Valuma-alueen vähäisestä järvisyydestä johtuen virtaaman vaihtelut ovat suuria ja vaihtelevat nopeasti vesitilanteesta riippuen.

3.5.2 Vesistön käytön ja luvituksen vaiheita

Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen arkiston vanhoista hankeasiakirjoista käy ilmi, että Reinikkalankoskeen on Viipurin lääninkuvernöörin 11.12.1844 antamalla päätöksellä saatu lupa perustaa kaksikivinen tulli- ja jauhomylly. Koskessa on kyseisellä paikalla saari, ja myllylaitoksella oli oikeus vain pohjoispuolisen haaraan vesivoiman käyttöön. Eteläinen haara piti jättää luonnonuomaksi. Tähän päätökseen sisältyi myös määräyksiä tavoiteltavista vedenkorkeuksista. Myllylaitoksen rinnalle rakennettiin sahalaitos vuonna 1925. Vuonna 1962 käynnistyi Vaalimaanjoen alaosan perkaushanke. Tähän liittyen, vedenkorkeuksien säilyttämiseksi myllyn yläpuolisella vesialueella, tuli Reinikkalankosken eteläiseen haaraan rakennettavaksi järjestelypato. Pato rakennettiin Itä-Suomen vesioikeuden 6.4.1965 antaman lupapäätöksen nro 31/1965 perusteella. Padon rakentamisen yhteydessä perattiin ja louhittiin padon alapuolista uomaa 150 metrin matkalta. Samalla mylly- ja sahalaitoksen puoleista uomaa perattiin ja laitoksen rakenteita uusittiin. Päätöksen mukaan pato tuli pitää ylivesikausina täysin avoinna ja muuna aikana säännöstellä vedenkorkeutta siten, että se pysytteli padon yläpuolella korkeudessa NN +3,50 m (Itä-Suomen vesioikeus 1965). Tämä korkeus on sama, johon viitattiin jo Viipurin läänin kuvernöörin 11.12.1844 antamassa päätöksessä, jossa vesilaitokselle annettiin oikeus padota vettä korkeudelle +3,50 m. Tämä korkeus piti pyrkiä säilyttämään Vaalimaanjoen alaosan ”rantojen talouskäytön ja viihtyvyyden vuoksi”. Kosken pohjoisrannalla sijainneen sahan toiminta loppui 1990-luvun alkupuolella, eikä voimalaitosrakenteita käytetty sen jälkeen (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2008, 7).

3.5.3 Nykytilanne

Vaalimaanjoen alaosan perkausyhtiö, joka on ollut edellä mainittujen vesioikeudellisten lupien haltija, toimitti vuonna 2008 Itä-Suomen vesioikeudelle hakemuksen Reinikkalankosken järjestelypadon muuttamiseksi kiinteäksi padoksi. Perusteluiksi hakemusasiakirjoissa mainittiin säädettävän padon hoitamisen silloisilla rakenteilla olleen vaikeaa ja vaarallista etenkin runsaiden vesimäärien aikana. Säännöstelypadon hoitamisen teki haasteelliseksi se, että vesistö on vähäjärvinen, jolloin virtaamavaihtelut ovat suuria ja tapahtuvat nopeasti. Tulvaongelmien helpottamiseksi oli 2000-

luvulla padon etelärannalle avattu louhimalla 5 metriä leveä tulvauoma (kuva 10), jonka pohjan korkeus oli tasolla NN +3,50 m.



KUVA 10. Reinikkalan säännöstelypato tulvauomineen (Tapaninen 2005)

Tämä ratkaisu ei ollut auttanut tulvaongelmiin (kuva 11), eikä tässäkään tilanteessa säännöstelypatoa ollut pystytty hoitamaan lupaehtojen mukaisesti. Alimmillaan padon yläpuolinen vesipinta oli laskenut alle tason NN +1,95 m ja äkillisissä tulvatilanteissa noussut korkeuteen NN +4,45 m (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2008, 13). Ratkaisuksi vesitilanneongelmiin esitettiin kiinteäharjaista, leveydeltään 20-metristä pohjapatoa (Itä-Suomen ympäristölupavirasto 2009).



KUVA 11. Reinikkalankoski talvitulvalla tammikuussa v. 2005 (Tapaninen 2005)

Kaakkois-Suomen ympäristökeskus teki padon muutossuunnittelun ja muutostyöt EU-rahoituksella omana ympäristötyönään. Aluehallintoviraston myöntämän luvan mukaisesti pato rakennettiin säännöstelypadon kohdalle kesällä v. 2011. Lupaehdoissa padon harjan pituudeksi määrättiin 20 metriä. Vanhasta patorakenteesta jätettiin paikalleen uoman pohjoispuolinen padon tukimuuri, koska myllykosken koskitilan omistaja ei ollut antanut suostumustaan patohankkeelle. Muut patorakenteet poistettiin (kuva 12) ja etelänpuoleista ranta-aluetta louhittiin uoman suunnassa n. 35 metrin matkalta riittävän leveyden saavuttamiseksi.



KUVA 12. Säännöstelypadon purkaminen (Tapaninen 2011)

Patokynnyksen kohdalla uoman tuli määräysten mukaisesti olla virtausuoman keskellä 1 m:n matkalla korkeudessa $N_{60} +3.10$ metriä ja nousta tasaisesti molemmille reunoille harjan korkeuteen $N_{60} +3.55$ m. Tämä korkeus vastasi Vaalimaanjoen järjestelyyn annetun lupapäätöksen mukaista säännöstelyn ylärajan korkeutta (Itä-Suomen vesioikeus 1965). Kalojen kulku- ja lisääntymisolosuhteita parannettiin kosken alueella tuomalla paikalle kutusoraikkaa sekä muotoilemalla koskeen kiviä apuna käyttäen (kuva 13) kalannousu-ura kalojen kulkua helpottamaan.



KUVA 13. Patokynnys ja kosken kiveys valmiina (Tapaninen 2011)

Vanhasta säännöstelypadosta jätettiin paikalleen maanomistusolojen vuoksi vasemmanpuoleinen tukimuuri. Samasta syystä patokynnyksen paikkaa muutettiin sijoillaan suunnitellusta kohdasta etelänpuoleiseen uomaan päin, josta louhittiin kallioita riittävän leveyden saavuttamiseksi. Kallio louhittiin suunnitellun harjan tasoon saakka.

3.6 Naarajärven pato

3.6.1 Vesistötiedot

Naarajärven valuma-alue sijaitsee Kymijoen vesistöalueella, aivan Kymijoen ja Vuoksen vesistöalueita erottavan vedenjakajan lähistöllä. Naarajärven luusuasta alkavassa

Luukoskessa. Tämän Pesäntäjärvestä Naarajärveen laskevan latvavesistön valuma-alueen pinta-ala on patoalueen kohdalla 83,8 km² ja järvisyys 13,3 % (Ekholm 1993, 46). Vedet kulkeutuvat Luukoskesta Luujärveen, josta reitti kulkee Repoveden kansallispuiston alueella Repovedeltä edelleen Vuohijärven kautta, päätyen lopulta Kymijokeen. Naarajärvestä purkautuvaa vesimäärää ei ole mitattu aiemmin, eikä säännöstelypadon menovirtaamia ole kirjattu ylös. Etelä-Suomen aluehallintoviraston (2011) lupapäätöksen selostusosassa on esitetty seuraavat Naarajärven arvioidut luonnontilaiset menovirtaamat:

	[m ³ /s]
HQ _{1/20}	4,30
MHQ	2,70
MQ	0,60
MNQ	0,14
NQ	0,03

3.6.2 Vesistön käytön ja luvituksen vaiheita

Kääpälän kylän Luukoskeessa sijaitsi 1800 -luvun alkupuolella Kääpälän ja Lipiälän kylien kylänmiesten kotitarvemylly. Viipurin läänin kuvernöörin 29.3.1841 päätöksen mukaan sahankirjanpitäjä Jaakko Sjöholm Viipurista sai perustaa Luukosken vesiputoukseen tullijauhomyllyn edellisen, kylänmiesten myllyn tilalle. (Viipurin läänin kuvernööri 1841.) Edellä mainittuun päätökseen on kirjattu seuraavasti määräyksiä myllyn mahdollisten aiheuttamien haittojen varalta: ”Jos yllämainitun myllyn myöhemmin havaitaan estävän koskenperkauksia tai viljelysten hoitumista tai tekemällä vahinkoa yläpuolella tai alapuolella asuville, on se keisarillisen asetuksen mukaan maaliskuun 8. päivästä 1820 myllynomistajan kustannuksella korjattava, muutettava tai kokonaan hävitettävä samaten kuin myllynomistajan tulee korvata se vahinko, jonka myllylaitos mahdollisesti yhdelle tai toiselle saattaa aiheuttaa.”

Tähän Viipurin läänin kuvernöörin vuoden 1841 päätöksen haittoja koskevaan kohtaan vedottiin vuonna 1962. Tällöin Valkealan kunnan vesilautakunnan käsiteltäväksi toimitettiin kirjelmä, jossa Ilpo Tölkän silloin omistaman myllyn liian pienten tulvaaukkojen sanottiin aiheuttaneen runsaassa vesitilanteessa Pesäntäjärveä ympäröiville metsämaille yli sadan hehtaarin laajuisen tulvan. Vesilautakunta päätti pyytää Tie- ja

vesirakennushallinnon Kymen piirin viranomaisia selvittämään padon sijainnin, mitat ja mahdollisesti rakenteen aiheuttaman liiallisen veden nousun. (Valkealan kunnan vesilautakunta 1962.)

Tämä asia lienee ollut vireillä jonkin aikaa, koska tapaus siirrettiin Tie- ja vesirakennushallinnolta Vesihallituksen perustamisen jälkeen synnytetylle uudelle alueorganisaatiolle, Kymen vesipiirin vesitoimistolle jatkokäsittelyyn. Tämä taho teki vuonna 1970 mittauksia Naarajärven padolla, ja erinäisiin rakenteisiin ja aiempiin mittauksiin perustuen pääteltiin padotuskorkeuden myllypadolla olleen $N_{43} +79,90$ m. (Kymen vesipiirin vesitoimisto 1970.)

Myllyllä oli vuosien aikana ollut useita omistajia, jotka olivat tarpeen vaatiessa nostaneet vedenpintaa Naarajärvestä niin korkealle, että rannoille oli voinut tulla vettymishaittoja edellä mainitun lupapäätöksen vastaisesti. Tämän oli mahdollistanut se seikka, ettei lupapäätöksessä ole vahvistettu myllylle kiinteää padotuskorkeutta, eikä patoaukkojen suuruutta. Mylly- ja patorakenteita oli saatettu muuttaa eri aikoina, mutta näistä toimenpiteistä ei ole olemassa mitään dokumentteja. Kymen tie- ja vesirakennuspiirin (1970) lausunnon mukaan myllyn käyttö loppui vuonna 1963 silloisen mylärin saatua surmansa myllyssä tapahtuneessa onnettomuudessa. Myllypadon käyttö siirtyi Puolustusministeriön vastuulle Vekaranjärven varuskunnan toiminnan alettua 1960-luvun loppupuolella. Naarajärven patoalue sijaitsee puolustusvoimien Pahkajärven harjoitus- ja ampuma-alueen sisällä, aivan sen reuna-alueella.

Vesi-Hydro Oy teki puolustusministeriön toimeksiannosta vuonna 1971 patosuunnitelman, jonka lähtötilanne oli Kymen vesipiirin vesitoimiston vuonna 1970 tekemän tutkimuksen tulos, että tulvavedenkorkeus oli noussut tutkimuksessa arvioitun sallitun padotuskorkeuden $N_{43} +79,90$ m yläpuolelle. Silloisen myllypadon rakennetta esitettiin muutettavaksi niin, että siitä olisi voitu juoksuttaa riittävä vesimäärä edellä mainitun padotuskorkeuden vallitessa. Tämä puurakenteisella $1,00 \times 1,15$ m kokoisella tasoalalla varustettu, käsikäyttöinen pato (kuva 14) ehdotettiin rakennettavaksi silloisen myllyruuhien viereen. (Vesi-Hydro 1971.)

Kääpälän eli Sarkasen uittoväylä kulki reittiä Pesäntäjäjärvi - Naarajärvi - Luujärvi - Tihvetjärvi - Repovesi - Vuohijärvi, jossa se yhtyi Mäntyharjun reittiin. Alueella harjoitetun uiton vuoksi oli myllykosken ohittamiseksi tukit uitettu noin 120 metriä myl-

lyltä pohjoiseen olevassa sivu-uomassa, johon oli rakennettu uittoruuhi patoineen. Uitto oli ollut melko pienimuotoista, pääosin yksityisuittoa. (Pietarinen 2008, 6 - 14.) Tätä sivu-uomaa oli käytetty vuonna 1886 uudelleen, palaneen tilalle rakennetun myllyn vedenkorkeuden säätelyyn, koska palossa vahingoittumattomassa padossa ei ollut ollut tulva-aukkoa (mts. 6). Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen edeltäjäorganisaatioiden asiakirjoista ei löydy mainintaa siitä, että Kääpälän väylälle olisi koskaan laadittu vesilain mukaista uittosääntöä. Tähän uomaan oli uittorännin käytyä tarpeettomaksi ja puisen uittopadon huonon kunnon takia rakennettu maapato, jonka läpi juoksutettiin vettä kolmella, halkaisijaltaan noin kymmensenttisellä putkella (Kymen tie ja vesirakennuspiiri 1970).



KUVA 14. Naarajärven säännöstelypato (Sinervä 2012)

Myllyrakenteiden käytyä myöhemmin huonokuntoisiksi, ne purettiin, ja vedenkorkeuden säätelyä toteutettiin Vesi-Hydron suunnitteleman luukkupadon (kuva 14) avulla. Sivuuoman maapatoon asennetut rumpuputket eivät johtaneet tarpeeksi lisävesiä, kun säännöstelypato oli tulvatilanteessa täysin auki, mikä aiheutti tulvimista Naara- ja Pesäntäjärvellä. Vuonna 2007 syystulvien aikana sivuuoman maapenger rumpuputkineen poistettiin ja paikalle rakennettiin 4 metriä leveä pohjapato, jonka harjan oli tarkoitus olla korkeudessa $N_{43} +79,80$ metriä.

3.6.3 Nykytilanne

Metsähallitus, joka hallinnoi alueella maa-alueita, haki vuonna 2010 Etelä-Suomen aluehallintovirastolta lupaa Luukosken myllypadon korvaamiseksi pohjapadolla. Perusteluina muutostarpeelle mainittiin mm. puutteellisten rakenteiden aiheuttamat padon runsas säätämistarve sekä tarpeettoman suuret vedenkorkeusvaihtelut. Vedenkorkeudesta, sekä liian korkeasta että alhaisesta, oli valitettu Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen valvontaviranomaisille, joiden kehotuksesta vedenkorkeutta padolla oli seurattu ja kirjattu vuosien 2005 - 2011 välisenä aikana. Tällä ajanjaksolla mitattiin seuraavia vedenkorkeuksia asteikkolukemina ilmoitettuna:

- HW = 80 cm $N_{43} + 80,30$
- MW = 40 cm $N_{43} + 79,90$
- NW = 18 cm $N_{43} + 79,68$

Aluehallintoviraston myöntämän luvan ja esitetyn suunnitelman mukaisesti uuden pohjapadon pituuden tuli olla n. 35 metriä. Padon harjakorkeudeksi määrättiin $N_{60} + 79,87$ metriä, ja harjan koillispäässä tuli olla 3,40 metriä leveä syvennys korkeudessa $N_{60} + 79,82$ m sekä tämän syvennyksen keskellä 0,4 metriä alivirtaama-aukko korkeudessa $N_{60} + 79,72$ m. Pohjapatosuunnitelma oli sidottu vedenkorkeusasteikon lukemaan 40 cm, jota oli pidetty tavoiteltavana vedenkorkeutena ja aiemmin määriteltynä padotuskorkeutena ($N_{43} + 79,90$ m). Edellä mainitun vedenkorkeuden mittausjakson keskimääräinen vedenkorkeus oli juuri tämä sama lukema.



KUVA 15. Padon harja valettuna lokakuussa v. 2012 (Laine 2012)

Pohjapatorakenteeseen laskettiin kuuluvaksi myös jo aiemmin tehty nelimetrisen pohjapato sivu-uomassa. Vanha säännöstelypato poistettiin ja uusi pohjapato (kuvat 15 ja 16) valmistui vanhan säännöstelypadon ja maantiesillan yläpuolelle loppuvuodesta 2012.



KUVA 16. Pohjapato toukokuussa v. 2013 (Laine 2013)

3.7 Turpaan ja Saaramaanjärven padot

3.7.1 Vesistötiedot

Summanjoki kuuluu Salpausselän eteläpuolelta alkunsa saaviin, Suomenlahteen laskeviin jokiin. Turpaankoski sijaitsee jokivarressa Summanjoen keskiosan valuma-alueen puolella välissä. Yläpuolisen, Summanjoen yläosan valuma-alueen ja keskiosan alueen pinta-ala Turpaankosken kohdalla on noin 225 km² ja järvisyys 4,4 % (Ekholm 1993, 34). Joen latva-alueelta, Palvaanjärvestä lähtevään puroon laskee lisävetensä Saaramaanjärvestä tuleva Kelkanjoki, joka laskee Sanijärveen ja sieltä edelleen Enäjärveen. Enäjärven eteläosasta vedet kulkeutuvat Turpaankosken kautta kohti Summan kylää ja Suomenlahtea. Saaramaanjärven padon kohdalla valuma-alueen pinta-ala on 19,27 km² ja järvisyys 15,5 % (Stora Enso Publication Papers Oy Ltd 2009).

Turpaankosken säännöstelypadolta ja Saaramaanjärveltä ei ole mitattu menovirtaamia. Itä-Suomen aluehallintoviraston (2009) lupapäätöksen kertoelmaosassa on mainittu, että Virojokea on käytetty vertailuvesistönä Summanjokeen, ja tämän perusteella on arvioitu Turpaankoskessa toteutuvat seuraavat luonnontilaiset virtaamat: HQ_{1/20} 30 m³/s, MHQ 19 m³/s, MQ 2,8 m³/s, MNQ 0,3 m³/s ja NQ 0,03 m³/s. Vastaavasti Saaramaanjärvestä lähteviksi luonnontilaisiksi virtaamiksi on arvioitu seuraavat arvot: HQ_{1/20} 1,23 m³/s, MHQ 0,77 m³/s, MQ 0,24 m³/s, MNQ 0,04 m³/s ja NQ 0,01 m³/s.

3.7.2 Vesistön käytön ja luvituksen vaiheita

Summanjoen Turpaankosken valjastaminen teolliseen käyttöön tapahtui ensi kerran vuonna 1877, kun joukko helsinkiläisiä liikemiehiä perusti koskeen ruutitehtaan, Turpa Krutbruk Ab:n. Kanuuna-, poraus- ja metsästysruutia Venäjälle vieneen yrityksen toiminta päättyi tulipaloon vuonna 1890. Tämän jälkeen koskessa toimi mylly (kuva17) vuosina 1902 – 1954. (Kymenlaakson seutukaavaliitto 1988, 9, 18.)



KUVA 17. Turpaankosken yläosa myllyineen säännöstelypadolta alaspäin v. 2010 (Huopainen 2010)

Vuonna 1954 Enso Gutzeit Osakeyhtiö haki vesistötoimikunnalta lupaa väliaikaiseen säännöstelyyn Summanjoen järvialtaissa, Enä- ja Sanijärvessä ja säännöstelyä varten tarpeellisiin vesistön perkauksiin sekä säännöstelypadon rakentamiseen. Tarkoituksena oli riittävän vedensaannin turvaaminen Vehkalahden kunnan Summan kylään rakennetuille teollisuuslaitoksille sekä Turpaankosken vesilaitokselle. (Vesistötoimikunta 1957.) Tässä vuonna 1957 annetussa, väliaikaisessa luvassa määrättiin säännöstely hoidettavaksi niin, ettei Enäjärven pinta, mikäli mahdollista, ylitä korkeutta NN +52,00 m, lukuun ottamatta uittoaikaa, jolloin vedenpinta voitiin pitää korkeudessa NN + 52,20 m. Säännöstelyn vedenpinnan alarajakorkeudeksi määrättiin lukema NN +51,50 m. Vedenkorkeuden seuranta varten tuli Enäjärven pohjoisosaan rakentaa helposti päästävälle paikalle yleisöasteikko, johon oli merkitty säännöstelyluvan raja-arvokorkeudet. Juoksutettavan vesimäärän tuli olla Turpaan säännöstelypadolla (kuva 18) vähintään $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, ellei luonnollisen vesimäärän arvioitu olevan tätä pienempi. Kevättulvan jälkeen suurin sallittu juoksutettava vesimäärä sai olla $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$, lukuun ottamatta vedenpinnan ylärajan ylityksen estämiseksi tehtäviä lisäjuoksutuksia tai uiton vaatimaa suurempaa vesimäärää.



KUVA 18. ELY-keskuksen tutustumiskäynti Turpaan säännöstelypadolle v. 2010 (Huopainen 2010)

Vuonna 1957 annettuun vesistötoimikunnan väliaikaiseen säännöstelypäätökseen antoi Itä-Suomen vesioikeus lopullisen luvan vuonna 1973 Enso-Gutzeit Osakeyhtiön hakemuksesta. Tässä luvassa vahvistettiin edellä mainitut, vesistötoimikunnan päätökseen sisällytetyt vedenkorkeuksien ja virtaamien ylä- ja alarajat. Näiden lisäksi päätökseen sisältyi lupa säännöstelypadon rakentamiseen (kuva 19) Saaramaanjärvestä laskevaan Kelkanjokeen, jolloin voitiin lisätä varastoitavan veden määrää Summan paperitehtaan raakavedensaannin varmistamiseksi. Saaramaanjärven vedenkorkeuksien ala- ja ylärajaksi määrättiin korkeudet NN +64,50 m ja NN +65,00 m. Vedenkorkeuksien seuranta varten määrättiin tehtäväksi asteikot Saaramaanjärveen sekä Enä- ja Sanijärveen. Vedenkorkeuksia tuli havainnoida päivittäin ja raportoida tulokset kuukausittain Kymen vesipiirin vesitoimistolle. (Itä-Suomen vesioikeus 1973.)



KUVA 19. Saaramaanjärven säännöstelypato Kelkanjoessa (Tapaninen 2010)

Enäjärven kalastuskunta valitti vesioikeuden vuoden 1973 päätöksestä vesiyläoikeuteen ja edelleen korkeimpaan hallinto-oikeuteen. Valitus koski lähinnä kalataloudellisten haittojen korvaamista. Tähän asiaan saatiin ratkaisu vasta vuonna 1982, kun Enso Gutzeit Oy pyysi vuonna 1981 Itä-Suomen vesioikeutta ratkaisemaan kysymyksen kalataloudellisista kompensatiotoimenpiteistä sekä mahdollisten kalatalousvahinkojen korvaamisesta (Itä-Suomen vesioikeus 1982).

Stora Enso Publication Papers Oy Ltd (ent. Enso Gutzeit Osakeyhtiö) haki vuonna 2007 Itä-Suomen ympäristölupavirastolta muutosta säännöstelyä koskevaan, vuoden 1973 päätöksen lupaehtoihin. Perusteluna oli, että säännöstelyä oli hoidettu jossain määrin poiketen edellä mainitun luvan ehdoista. Järvien vedenkorkeutta oli pidetty likimain säännöstelyn ylärajalla, ja kevätalennusta ei ollut tehty täysimääräisenä. Itä-Suomen ympäristölupaviraston (2008) päätöksessä muutettavaksi pyydettyihin lupaehtoihin tuli muutosta niin, että vedenpinnan ylärajan NN +52,00 m ylittyessä oli patoaukkoja avattava niin, että ylitys oli korkeintaan 0,2 metriä ja kesti korkeintaan 5 vuorokautta. Jos ylitys oli suurempi tai jos ylitys kesti yli 5 vuorokautta, oli Turpaan patoaukkojen oltava täysin auki, kunnes vesipinta laski tasoon NN +52,00 m tai sen

alle. Lisäksi määrättiin, että kun vedenkorkeus oli välillä NN +52,00 - 52,20 m, sai juoksutus olla enintään 8 m³/s.

3.7.3 Nykytilanne

Summan paperitehtaan viimeiset paperikoneet pysäytettiin vuonna 2008. Tämän johdosta ei vesioikeudellisen luvan haltijalla ollut enää vedenhankinnallisia syitä säännöstellä Enä- ja Sanijärven sekä Saaramaanjärven vedenpintoja. Tästä syystä Stora Enso lähetti vuonna 2009 Itä-Suomen ympäristölupavirastolle hakemuksen, jossa pyysi kumoamaan vuoden 1973 säännöstelypäätöksen, vuoden 1982 kalanistutusvelvoitteen sekä vuoden 2007 lupaehtojen muutospäätöksen. Samalla haettiin lupaa Turpaankosken ja Saaramaanjärven säännöstelypatojen korvaamiseksi pohjapadoilla. Itä-Suomen aluehallintovirasto (Itä-Suomen ympäristölupaviraston toimintaa jatkoi 1.1.2010 alkaen Itä-Suomen aluehallintoviraston ympäristölupavastuualue) antoi asiassa päätöksen 30.6.2010. Lupa myönnettiin pääosin niin, kuten hakemuksessa oli pyydetty eli vanhat päätökset kumottiin ja Turpaan sekä Saaramaan pohjapatojen rakentamiseen myönnettiin lupa. Luvan myöntämisen perusteluissa mainittiin mm. säännöstelyn lopettamisen myötä pienenevät ja luonnonmukaisemmiksi muuttuvat vedenkorkeuden ja virtaaman vaihtelut sekä näiden positiiviset vaikutukset järven virkistyskäytölle, maisemalle ja kalataloudelle. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2010.)



KUVA 20. Turpaan pohjapato alavirtaan päin (Laine 2013)

Turpaan vanhan säännöstelypadon rakenteet purettiin, ja uusi pato (kuva 20) valmistui vuonna 2011 noin 80 metriä vanhasta padosta ylävirtaan päin. Padon riittävän harjapituuden varmistamiseksi kyseisessä uomankohdassa suunniteltiin rakenne vinoksi virtaamasuuntaa vastaan. Padon harjan pituus suunnitelman mukaan oli 29,5 metriä ja korkeus molemmista reunoista NN +51,88 m laskien keskelle arvoon NN +51,78 m.

Saaramaanjärven luusuaan, Kelkanjoen alkupäähän valmistui teräsharjainen pohjapato (kuva 21) kevättalvella v. 2011. Pato rakennettiin säännöstelypadosta noin 50 metriä ylävirran puolelle.



KUVA 21. Saaramaan pohjapato keväällä v. 2013 (Laine 2013)

Padon alapuolelle rakennettiin suunnitelman mukaisesti kivistä suvantomaisia altaita kaloja varten.

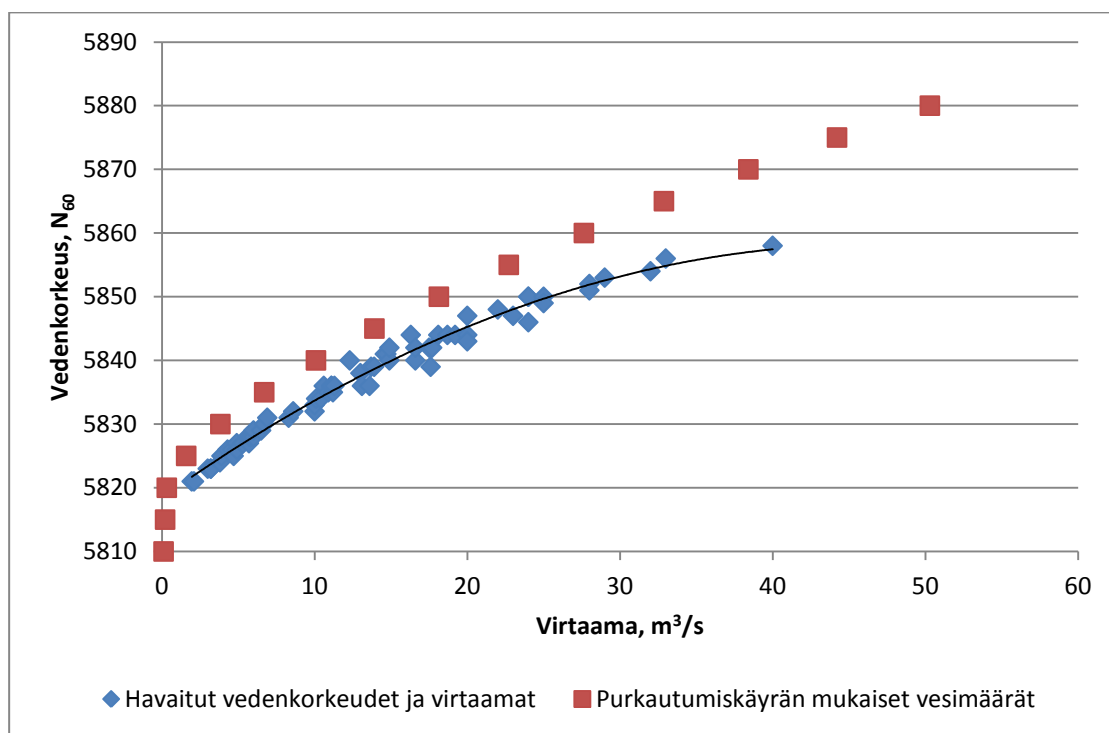
4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Jokela

Jokelan pohjapadon toimivuus kaikissa vesitilanteissa on hyvää. Suuret virtaamat purkautuvat padolta suunniteltua paremmin, ja pienillä vesimäärillä vedenkorkeus pysyy

suunnitelman mukaisella tasolla.

Padon valmistumisen jälkeen on vedenkorkeutta tarkkailtu säännöllisesti padon luona olevalla asteikolla vuosien 2000 - 2012 välisenä aikana. Päivittäisiä vedenkorkeustietoja vastaavat virtaamatiedot saatiin Jyrääkosken padon purkautumiskäyrään perustuvista virtaamatiedoista. Virtaamia vastaavia vedenkorkeustietoja löytyi 80 päivältä vuosilta 2007 - 2012. Vanhempia virtaamatuloksia ei verrattu, koska Jyrääkosken virtaamamittauksissa oli ollut todennettua epäluotettavuutta syksyyn v. 2006 saakka. Käytetyn viiden vuoden havaintosarjan (vuodet 2007 - 2012) virtaamat vaihtelivat n. 1 m³/s:n minimivirtaamasta joulukuun lopun v. 2011 talvitulvan huippuvirtaamaan 40 m³/s. Tämä virtaamavaihtelu merkitsi padon asteikolla 37 cm:n vedenkorkeusvaihtelua. Kuvan 22 mukaan Jokelan pohjapato purkaa vettä suunniteltua paremmin. Varsinkin suurilla virtaamilla ovat vedenkorkeudet padolla olleet n. 15 cm purkautumiskäyrän mukaisia pienempiä.



KUVA 22. Jokelan pohjapadon havaitut vedenkorkeudet ja virtaamat sekä suunnitelman mukaiset vedenkorkeudet ja virtaamat vuosina 2007 - 2012

Jokelan padon kunnostussuunnitelman (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 1997, 7) mukaisesti padon yläpuolisen Käyrälammen alimpien vedenkorkeuksien arvioitiin pohjapadon rakentamisen jälkeen nousevan noin 50 cm. Patomuutoksella ei katsottu olevan vaikutuksia Käyrälammen ylimpiin vedenkorkeuksiin. Jokelan padon luona

ylimpien vedenkorkeuksien laskettiin nousevan 23 cm ja alimpien korkeuksien nousevan 53 cm.

TAULUKKO 1. Vedenkorkeudet Jokelan padolla ennen ja jälkeen muutoksen

	Ennen muutosta	Suunnitelma	Toteutuma
Ylin (HW)	58,50	58,73	58,58
Keskiarvo (MW)	58,22	58,36	58,35
Alin (NW)	57,66	58,19	58,18

Taulukossa 1 ovat ennen patomuutosta havaitut vedenkorkeudet, suunnitelman mukaiset (tavoitellut) vedenkorkeudet sekä patomuutoksen jälkeen toteutuneet (havaitut) vedenkorkeudet. Ali- ja keskivedenkorkeudet ovat toteutuneet Jokelan padolla hyvin lähelle suunnitelman mukaisesti. Padon harjakorkeus on $N_{60} + 58,15$ m, joten alimmat vedenkorkeudet näyttävät olleen hieman padon harjan tasoa ylempänä.

Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen havaintojen mukaan Käyrälammen ylimmät vedenkorkeudet ovat nousseet patomuutoksen jälkeen vain 3 cm, alimmat vedenkorkeudet ovat nousseet samalla tavoin kuin padolla eli noin 50 cm. Vedenkorkeuksien vaihtelu on Jokelan padolla pienentynyt patomuutoksen jälkeen 90 cm:stä 40 cm:ään. Käyrälammella vaihteluväli on supistunut 134 cm:stä 80 cm:aan.

Tutkittuun viiden vuoden (2007 - 2012) virtaamien havaintojaksoon mahtui paljon ääritilanteita, kun verrataan tuloksia kaikkiin havaintopaikasta tallennettuihin tietoihin. Esimerkiksi loppuvuoden 2011 ylivirtaama $40 \text{ m}^3/\text{s}$ toistuu hydrologisen tietojärjestelmän toistuvuusanalyysin mukaan kerran kymmenessä vuodessa, kun vertailujaksona käytetään Jyrääkosken virtaamatietoja vuosien 1963 - 2012 aikana havaittujen arvoja. Edellä mainittuihin seikkoihin perustuen voidaan olettaa, että analyysi padon toiminnasta on melko luotettava.

Vedenkorkeuksien vaihteluvälien pienentyminen sekä patoalueella että yläpuolisella Käyrälammella on parantanut alueen virkistyskäyttömahdollisuuksia, kun alimmat vedenkorkeudet ovat nousseet. Tämän vesitilavuuden lisääntymisen voidaan olettaa myös parantaneen vesistön tilaa.

4.2 Reinikkala

Reinikkalan pohjapato näyttäisi toimivan suunniteltua paremmin tulva-aikana. Ensimmäisen, 23.4.2013 tehdyn virtaamamittauksen tulokseksi saatiin $17,12 \text{ m}^3/\text{s}$ ja mitausajankohdan vedenkorkeudeksi $N_{60} +4,04 \text{ m}$. Purkautumiskäyrän mukainen virtaama kyseisellä korkeudella on noin $12 \text{ m}^3/\text{s}$.

Toinen virtaamamittaus tehtiin toukokuisen hellejakson aikana 29.5.2013, jolloin virtaamat ja vedenkorkeudet olivat todennäköisesti pienentyneet lähelle kesäaikaisia lukemia. Tuolloin virtaamaksi saatiin $1,23 \text{ m}^3/\text{s}$ ja padon yläpuolinen vedenkorkeus oli tasolla $N_{60} +3,44 \text{ m}$. Tätä korkeutta vastaava purkautumiskäyrän mukainen virtaama on noin $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Padon harjan korkeus ja pituus mitattiin vähävetisimpänä aikana 23.8.2013. Suunnitelmassa 20-metrisen harjan alin taso kalojen kulku-uran kohdalla tuli olla korkeudessa $N_{60} +3,10 \text{ m}$ ja muilta osin korkeudessa $N_{60} +3,55$. Alimmat mitatut korkeudet olivat suunnitelman mukaisia, mutta muilta osin padon harja oli paikoin 10 - 25 cm suunnitelmassa mainittua alempana. Pituudeltaan 20-metriseksi suunniteltu padon harja oli noin 16-metrinen niiltä osin, kun harja oli korkeintaan suunnitelman mukaisessa korkeudessa $N_{60} +3,55$ metriä. Vedenkorkeus oli tuolloin $N_{60} +3,39 \text{ m}$.

Padon mittojen tarkkaa määrittystä häirtäsi se, että padon harja oli epämääräisesti havaittavissa runsaan kiveämisen vuoksi. Padon harjan kohta määritettiin sen rajakohdan yläpuolelle, kun vedenpinta alkaa laskea alaspäin.

Vaikka harjan pituus näyttäisi olevan muutaman metrin suunniteltua lyhyempi, purkautuu padosta mittausten perusteella vettä suunniteltua paremmin. Tähän voi yksi osatekijä olla se, että padon harja on suunniteltua alempana, jolloin kullakin vedenkorkeudella patoaukosta mahtuu kulkemaan enemmän vettä. Toinen osatekijä parempaan purkautumiseen saattaa olla parantuneet virtausolosuhteet sen tähden, että pato jouduttiin maanomistusolosuhteiden vuoksi tekemään suunnitellusta kohdasta noin 7 metriä etelään ja samalla oikaistiin yläpuolista uomaa louhimalla kalliota.

Itä-Suomen ympäristölupaviraston (2009) lupapäätökseen liittyvässä Reinikkalankosken pohjapatosuunnitelmassa (Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2008, 13) on mai-

nittu padon mitoituksen tavoitteina olevan tulvakorkeuksien pysyttäminen tason $N_{60} + 4,50$ m alapuolella. Koska mitattu noin $17 \text{ m}^3/\text{s}$:n ylivirtaama nosti vedenkorkeutta purkautumiskäyrän mukaista noin 14 cm vähemmän, voidaan olettaa, että nykyisellä patorakenteella huippuvirtaamallakin ($30 \text{ m}^3/\text{s}$) pysytään edellä mainitun tavoitearvo-korkeuden alapuolella. Padon vaikutusalue ulottuu yläpuolella noin kahden kilometrin pituiselle jokiosuudelle. Patomuutos vähentää näiden mitattujen tulosten perusteella yläpuolisen alueen vedenkorkeuksien vaihtelua, säännöstelypadon aikaan verrattuna. Padon mitoituksen tavoitteena on ollut säilyttää kesävedenkorkeus mahdollisimman pitkään tasolla $N_{60} + 3,40 - 3,60$. Näistä korkeuksista ei ole saatavilla pidempiaikaisia mittaustuloksia, mutta voi olla, että padon alhaisemman harjakorkeuden takia alivedenkorkeudet saattavat osin jäädä tämän tavoitekorkeuden alle.

4.3 Naarajärvi

Naarajärven pohjapadon voidaan arvioida mittausten perusteella toimivan melko hyvin suunnitelmien mukaisesti. Naarajärven padolta mitattiin virtaama ja vedenkorkeus ensimmäisen kerran 22.4.2013. Uuden padon ja sivupadon yhteisvirtaamaksi saatiin $1,57 \text{ m}^3/\text{s}$. Vedenkorkeus asteikkolukemana mittaushetkellä oli 49 cm. Toinen mittaus tehtiin 8.5.2013, jolloin yhteisvirtaamaksi saatiin $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$ asteikkolukeman ollessa 40 cm.

Pohjapadon ja sivu-uoman pohjapadon korkeudet vaaittiin 25.4.2013 käyttäen lähistöllä olevaa Maanmittauslaitoksen korkeuskiintopistettä nro 845255. Korkeuksia tarkasteltiin myös käyttäen vertailulukemana vanhaa padotuskorkeutta $N_{43} + 79,90$ ja sitä vastaavaa asteikkolukemaa 40 cm. Asteikkolukemaan 40 cm sidottujen mittausten perusteella 35-metrisen padon harjakorkeus on hyvin lähellä suunniteltua korkeustasoa. Harjaan ei ollut tehty suunnitelman mukaista 4 metriä leveää, 5 cm syvää harjan alennusta. $0,4 \text{ m}$:n levyinen alivirtaama-aukko oli 10 cm harjan tasoa alempana. Neli-metrisen sivu-uoman pohjapadon harjan korkeus oli noin 6 cm alempana, kuin suunnitelmassa mainittu korkeus $N_{43} + 79,80$. Tämä alennus kompensoi pääpatoon toteuttamatta jäänyttä saman levyistä, 5 cm syvää alennusta.

Tuloksia tarkastellessa aiheutti hankaluuksia se, että patosuunnitelmassa korkeustasoja oli lähdetty muuttamaan aiemmin käytetystä N_{43} -korkeusjärjestelmästä N_{60} :een, ottamatta kuitenkaan huomioon näiden korkeusjärjestelmien välistä tasoeroa, joka Naara-

järven alueella on 78 mm. Tästä syystä kaikki virtaamamittaus- ja korkeusvaaitustulokset jouduttiin suhteuttamaan asteikon 0-pisteen tasoon, jonka oletettiin olevan korkeudessa $N_{43} +79,50$ m. Tämän olettamuksen perusteella pohjapato ja sivu-uoman pohjapato näyttäisivät purkavan vettä melko tarkasti suunnitelman mukaisesti.

Vaaitusmittausten perusteella maantiesillan tukimuurissa ollut vanha vedenkorkeusasteikko oli vuosikymmenten aikana painunut alaspäin noin 5 cm, eli asteikon oikea nollapiste N_{43} -tasossa oli +78,45 metriä. Kun kuitenkin ei vanhojen tarkastusmittausten puutteen takia tiedetä asteikon liikkumisen ajankohtaa ja kun vedenkorkeuksissa on tavoiteltu asteikkolukemaa 40 cm, ja siihen oltu likimain tyytyväisiä, voidaan olettaa, että patorakenteella saavutettavat vedenkorkeudet ovat likimain tyydyttävällä tasolla. Vedenkorkeudet ovat Naarajärvellä laskeneet kuivina aikoina melko alas. Neli-metrisen sivu-uoman harjan maltillinen nostaminen noin viidellä sentillä voi tulla kysymykseen, mikäli tulevaisuudessa alimmat vedenkorkeudet koetaan vesistön virkistyskäytön kannalta haitallisiksi.

4.4 Turpaa

Turpaan pohjapato toimii paljon huonommin, kuin on suunniteltu. Aluehallintoviraston lupahakemuksessa olleen Turpaankosken pohjapadon purkautumiskäyrän mukaan (Stora Enso Publication Papers Oy Ltd 2009) virtaamamittausarvojen ja niitä vastaavien vedenkorkeuksien välillä on suuri epäsuhta, joka ilmenee etenkin suuremmalla virtaamalla. Purkautumiskäyrän mukaan vedenkorkeuden olisi pitänyt olla 24.4.2013 mitatun virtaaman perusteella 42 cm alempana. Myös 14.5.2013 mitatun virtaaman olisi pitänyt aiheuttaa padolla 14 cm alhaisemman vedenkorkeuden.

Turpaan pohjapadon virtaamaksi mitattiin 24.4.2013 $15,12 \text{ m}^3/\text{s}$ (kuva 23). Vedenkorkeus Enä- ja Sanijärven asteikolla mittausajankohtana oli NN +52,70 m. Vedenkorkeus oli huipussaan 21.4.2013 arvoltaan 52,87 m.

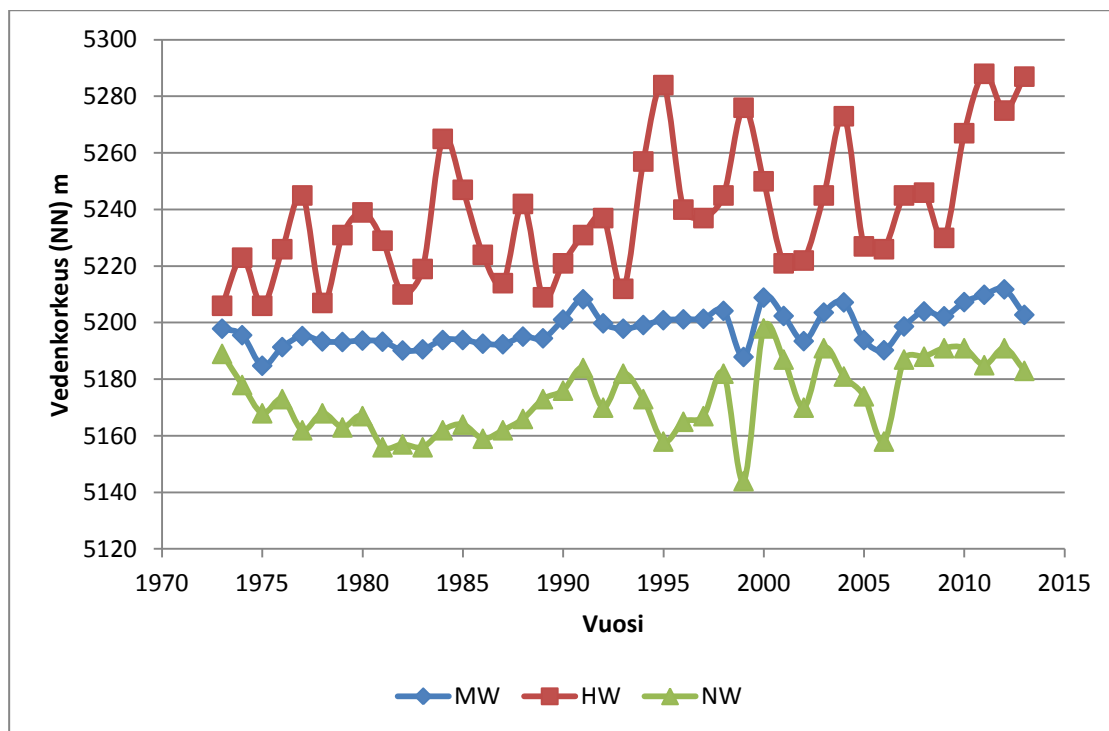
Toinen virtaamamittaus tehtiin 14.5.2013. Tuolloin padon virtaamaksi mitattiin $2,9 \text{ m}^3/\text{s}$, vedenkorkeuden ollessa NN +52,12 metriä. Keskimääräinen vedenkorkeus (MW) Enä- ja Sanijärvessä on NN +51,98 m vuosien 1973 - 2013 aikana. Samalla aikajaksolla ylimpien vuosittaisten vedenkorkeuksien keskiarvo (MHW), keskiylicesi, on NN +52,38 m.



KUVA 23. Siivikkomittaus 24.4.2013 Turpaan pohjapadolla (Sinervä 2013)

Pohjapadon harjakorkeus mitattiin aiemmin vaaitsemalla. Harjakorkeudet olivat Stora Enson (2009) suunnitelman mukaiset. Harjan pituus oli 30 metriä (suunnitelmassa 29,5 metriä).

Suurimmat vedenkorkeudet (HW) Enä- ja Sanijärvellä näyttävät kasvaneet pohjapadon rakentamisen jälkeen, kun verrataan tuloksia tallennettuihin vedenkorkeuksiin vuosien 1973 - 2013 aikana. Kuva 24 antaa aiheen tulkita asiaa näin, koska padon valmistumisen (kevättalvi v. 2011) jälkeen vuosien 2011 - 2013 ylimmistä vedenkorkeuksista vuosien 2011 ja 2013 vedenkorkeudet olivat korkeimpia, mitä 40 vuoden havaintojaksolla Enä- ja Sanijärvellä on havaittu.



KUVA 24. Enä- ja Sanijärven vedenkorkeuksien keski- ja ääriarvot vuosina 1973 - 2013

Kuitenkaan esimerkiksi vertailuvesistönä käytetyn Virojoen huippuvirtaamat eivät vuoden 2013 huhtikuussa olleet Suomen ympäristökeskuksen HydValikko -ohjelman toistuvuusanalyysin mukaan toistuvuudeltaan kuin kerran viidessä vuodessa. Samalla tavalla analysoituna Enä- ja Sanijärven suurimman havaitun vedenkorkeuden NN +52,87 (21.4.2013) toistuvuus oli kuitenkin kerran noin 28 vuodessa.

Itä-Suomen aluehallintoviraston (2010) päätöksessä on luvan hakuun liittyvissä tiedoissa kerrottu pohjapatosuunnitelman mukaiset, tulevat vedenkorkeudet NN-korkeusjärjestelmässä Enä- ja Sanijärvellä sekä niiden erot säännöstelypadon aikaisiin vedenkorkeuksiin. Erot ovat seuraavia:

HW _{1/20}	+52,54 m	-30 cm
MHW	+52,35 m	±0 cm
MW	+51,98 m	+1 cm
MNW	+51,84 m	+15 cm
NW	+51,69 m	+25 cm

Näiden havaintojen ja suunnitelman mukaisten ylimpien (HW_{1/20}) vedenkorkeustavoitteiden perusteella pato purkaa vettä suurella vedenkorkeudella erittäin paljon vähemmän, kuin suunnitelman mukainen purkautumiskäyrän mukaista olisi.

Kun patomaisemaa tarkasteltiin tulva-aikana, havaittiin, että noin 5 - 20 metriä padon harjan yläpuolella vedenpinta alkoi laskea (kuva 25), mikä tarkoittaa sitä, että joku muu tekijä kuin padon betoninen harja määrää purkautuvan vesimäärän.



KUVA 25. Turpaan pohjapato tulva-aikana huhtikuussa v. 2013 (Laine 2013)

Patoalueen tarkastelu kuivana aikana osoitti, että padon luiskien kiveys oli padon yläpuolella korkeammalla tasolla kuin padon betoniharja (kuvat 20 ja 26). Näin voidaan katsoa, että padon purkautumisen määräävän kynnyksen pituus on betoniharjan 30 metrin sijaan verhoilukiveyksen aikaansaama noin 20 metriä. Verhoilukivien muodostama kynnyks alkaa alavirtaan katsoen oikealta puolelta uomaa, noin 5 metriä padon harjasta ylöspäin. Vastarannalla tämä kynnyks on noin 20 metriä ylempänä kuin betonipadon harja.



KUVA 26. Turpaan pohjapato kuivana aikana elokuussa v. 2013 (Laine 2013)

Lupapäätöksen (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2010) määräyksen kohdassa 11 on mainittu, että ”Mikäli tarkkailussa todetaan patojen purkautumisen poikkeavan suunnitelman mukaisesta siten, että havaitut vedenkorkeudet eivät vastaa ennalta arvioitua, on patoja muutettava ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla”. Tämän lupamääräyksen ja tehtyjen tarkastusten perusteella viranomaisen on syytä esittää esim. padon yläpuolisen luiskan kiviverhouksen oleellista madaltamista, jolloin padon harja saataisiin määrääväksi purkautumispaikaksi. Tämän lisäksi padon koko harjan tehokkaan hyödyntämisen mahdollistamiseksi tulee harkita myös vasemmanpuoleisen rannan avartamista padon yläpuolelta sekä padon harjan alapuolisen kiviverhouksen vähentämistä molemmilta puolilta harjan läheisyydestä. Havaintojen perusteella on näyttänyt siltä, että padon vasemmalta puolelta ei edes tulva-aikana (kuva 25) purkaudu vettä riittävästi.

4.5 Saaramaa

Saaramaan pohjapato ei toimi niin hyvin, kuin mitoituservojen mukaan pitäisi toimia. Huhtikuun ylivirtaamakauden aikana mitattu virtaama nosti padon yläpuolella vedenkorkeutta 7 cm suunniteltua enemmän. 24.4.2013 tehdyssä mittauksessa virtaamaksi

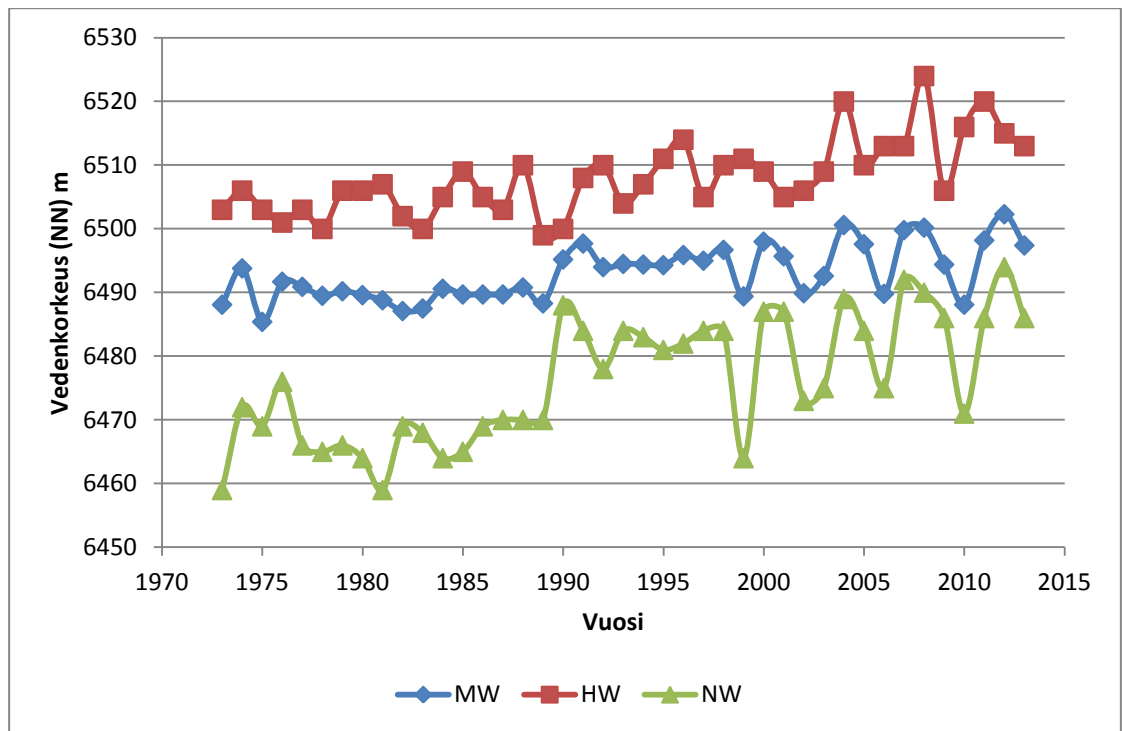
saatiin $0,96 \text{ m}^3/\text{s}$, ja vedenkorkeus mittaushetkellä oli NN +65,11. Toisen mittauksen tulos 14.5.2013 oli $0,32 \text{ m}^3/\text{s}$ ja vedenkorkeus tuolloin NN +65,02 m. Toukokuussa mitattu virtaama aiheutti +3 cm:n vedenpinnan nousun purkautumiskäyrän mukaiseen arvoon.

Itä-Suomen aluehallintoviraston (2010) päätöksessä on luvan hakuun liittyvissä tiedoissa kerrottu pohjapatosuunnitelman mukaiset, tulevat vedenkorkeudet NN-korkeusjärjestelmässä Saaramaanjärvellä sekä niiden erot säännöstelypadon aikaisiin vedenkorkeuksiin. Erot ovat seuraavia:

HW _{1/20}	+65,07 m	-13 cm
MHW	+65,04 m	-5 cm
MW	+64,97 m	+2 cm
MNW	+64,92 m	+10 cm
NW	+64,87 m	+23 cm

Kuten jo aiemmassa, Turpaankoskea koskevassa tarkastelussa on todettu, olivat vuoden 2013 huhtikuun ylimmät virtaamat Summanjoen alueella, vertailuvesistöiden tilanteeseen verrattuna, toistuvuudeltaan noin kerran viidessä vuodessa tapahtuvia. Kerran 20 vuodessa Saaramaan padolla toistuvan virtaaman (HQ_{1/20}) on pohjapatosuunnitelmassa (Stora Enso Publication Papers Oy Ltd 2009) arvioitu olevan $1,23 \text{ m}^3/\text{s}$. Kun mitattu $0,96 \text{ m}^3/\text{s}$ virtaama nosti vedenkorkeutta arvoon NN +65,11m, voi olettaa HQ_{1/20}-virtaaman nostavan vedenkorkeutta tästä havaitusta muutamilla sentteillä.

Saaramaanjärven vuotuiset vedenkorkeusvaihtelut ovat olleet 40-vuotisen havaintosarjan (1973 - 2013) mukaan keskimäärin 25 - 30 cm. Padon valmistumisen (v. 2011) jälkeen vaihteluväli (kuva 27) näyttää pysyneen entisen kaltaisena.



KUVA 27. Saaramaanjärven vedenkorkeuksien keski- ja ääriarvot vuosina 1973 - 2013

Pohjapadon harjan korkeus ja pituus (kuva 28) todettiin vaatusmittauksen perusteella suunnitelman (Stora Enso Publication Papers Oy Ltd 2009) mukaiseksi. Pato oli suunnitelmasta poiketen toteutettu kaarevan muodon sijasta suorana, ja harjana oli maarakenteen sijasta teräksinen harja.



KUVA 28. Saaramaanjärven pohjapadon harja (Laine 2013)

Vaikka pohjapato ei purakaan vettä aivan suunnitellulla tavalla, ovat nykyisen rakenteen vaikutukset Saaramaanjärven ylimpiin vedenkorkeuksiin senttimetritasolla varsin maltillisia, joten välitöntä tarvetta rakenteiden muuttamiseen ei ole (vrt. Turpaankoski). Silmämääräisesti tulva-aikana tarkastellessa näytti sille, että padon alapuolinen kiveys on sen verran runsasta, että se saattaa vaikuttaa heikentävästi padon suunniteltuun purkautumiskykyyn. ELY-keskuksella on kuitenkin aiemmin mainitun luvan (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2009) mukainen mahdollisuus esittää patorakenteisiin muutoksia, mikäli pato ei toimi suunnitellusti. Vaikka tulvahaittoja patomuutoksen jälkeen ei toistaiseksi ole havaittu, olemassa olevien rakenteiden vaikutusta tulva-aikojen vedenkorkeuksiin kannattaa kuitenkin tarkoin seurata, koska vedenkorkeuksien havaintosarja patomuutoksen jälkeen on varsin lyhyt.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuskohteiden padot toimivat hydrologisesti ja hydromekaanisesti vaihtelevasti, kun tarkasteltiin suurien virtaamien vaikutusta vedenkorkeuksiin. Jokelan, Reinikkalan ja Naarajärven patojen toimivuus oli tällä kriteerillä arvioituna suurin piirtein tavoitteiden mukaista, joten välitöntä tarvetta patojen purkautumisolojen parantamiseen tai korjaamiseen ei ole. Reinikkalankoskella ja Naarajärvellä voidaan tarvittaessa harkita padon harjan maltillista nostoa 5 -10 sentillä, mikäli pidemmällä tarkastelujaksolla kuivien kausien vedenkorkeudet jäävät tavoitelluista arvoista. Saaramaanjärvellä saattavat suuret vesimäärät nostaa hieman ylimpiä vedenkorkeuksia, mutta vaikutus jää pieneksi. Turpaan padolla on syytä muuttaa rakenteita vedenjohtokyvyn parantamiseksi, koska mitatut vesimäärät eivät olleet poikkeuksellisen suuria ja silti nostivat vedenkorkeutta Enä- ja Sanijärvellä vuosina 2011 ja 2013 ennätyksellisen ylös.

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että suurimmat ongelmat patojen toiminnassa johtuivat todennäköisesti maisemointiin käytettyjen kivien väärästä sijoittelusta padon vedenjohtavuuden kannalta. Tällaiset rakenteelliset virheet tulevat ilmi usein vasta, kun pato on käytössä.

Saatuja tuloksia voi käyttää hyödyksi valvonnan apuna niiltä osin, että nyt tiedetään ongelmat patojen toimivuudessa, jolloin vesistön käyttöhaittojen ilmetessä on viranomaisella perusteltu syy kehottaa luvan haltijaa ryhtymään toimenpiteisiin patoraken-

teen muuttamiseksi. Tietoja voi hyödyntää myös patojen suunnittelun ohjauksessa, kun nyt on tieto mahdollisia ongelmia aiheuttavista tekijöistä. Jatkotutkimuksia on syytä tehdä niiltä osin, että saadaan selville padoilla mahdollisesti tehtyjen korjausten vaikutukset vesiolosuhteisiin.

Näyttää sille, että kun säännöstelypadoista on siirrytty pohjapatoihin, eri intressipiirit vesistöjen alueilla ovat kokeneet olevansa vesitilanteiden osalta enemmän ”luonnon armoilla”. Tällöin poikkeuksellisista tilanteista ei ole juurikaan tullut yhteydenottoja ELY-keskukselle yhtä paljon kuin säännöstelypatojen aikana. Näin ollen viranomais-ten väheneviä valvonnallisia voimavaroja voidaan suunnata muihin vaativiin kohteisiin.

LÄHTEET

Ekholm, Matti 1993. Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallitus. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 126. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Etelä-Suomen aluehallintovirasto 2011. Luukosken myllypadon korvaaminen pohjapadolla. Etelä-Suomen aluehallintoviraston päätös nro 194/2011/4, 23.9.2011.

Gardemeister, Kirsi 2014. Kuvia opinnäytetyöhön. Suunnitteluavustaja. Kaakkois-Suomen ELY-keskus.

Hosia, Laila 1982. Hydrauliiikka. Teoksessa Mustonen, Seppo (toim.) RIL 141 Yleinen vesitekniiikka. Forssa: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry, 119 – 194.

Huopainen, Jaana 2010. Kuvia opinnäytetyöhön. Osastosihteeri. Kaakkois-Suomen ELY-keskus.

Hyvärinen, Veli & Ekholm, Matti 2008. Virtaaman mittaaminen. Teoksessa Kuusisto, Esko (toim.) Veden kierto – hydrologinen palvelu Suomessa 1908 – 2008. Hämeenlinna: Karisto Oy, 35 – 37.

Itä-Suomen aluehallintovirasto 2010. Summanjoen Turpaankosken ja Saaramaanjärven säännöstelypatojen korvaaminen kiinteillä padoilla, pysyvä käyttöoikeus hanketta varten tarvittaviin alueisiin sekä Enäjärven, Sanijärven ja Saaramaanjärven säännöstelyn lopettaminen. Itä-Suomen aluehallintoviraston päätös nro 70/10/2, 30.6.2010.

Itä-Suomen vesioikeus 1965. Vaalimaanjoen alajuoksun perkaus. Itä-Suomen vesioikeuden päätös nro 31/1965, 6.4.1965.

Itä-Suomen vesioikeus 1973. Enso Gutzeit Osakeyhtiön lupa Summanjoen vesistöön kuuluvien Enäjärven, Sanijärven ja Saaramaanjärven säännöstelyyn Vehkalahden ja Sippolan kunnissa. Itä-Suomen vesioikeuden päätös nro 50/Va/73, 19.4.1973.

Itä-Suomen vesioikeus 1982. Anjalankosken kunnassa sijaitsevien Enäjärven ynnä muiden järvien säännöstelyä koskevan lupapäätöksen nro 50/Va/73 lupaehdossa 14 tarkoitettujen mahdollisten kalataloudellisten kompensatiotoimenpiteiden ja kalataloudellisten vahingonkorvausten määrääminen. Itä-Suomen vesioikeuden päätös nro 21/Va/82, 19.4.1982.

Itä-Suomen ympäristölupavirasto 2008. Enäjärven ynnä muiden järvien säännöstelyä koskevan päätöksen nro 50/Va/73 lupaehtojen muuttaminen. Itä-Suomen ympäristölupaviraston päätös nro 121/07/1, 16.11.2007.

Itä-Suomen ympäristölupavirasto 2009. Reinikkalankosken järjestelypadon muuttaminen pohjapadoksi. Itä-Suomen ympäristölupaviraston päätös nro 44/09/2, 20.3.2009.

Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2013. Opinnäytetyön kuvamateriaali. Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen kuva-arkisto.

Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 1997. Jokelan padon kunnostussuunnitelma 514 Kyvy 1:1.

Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2008. Reinikkalankosken pohjapatosuunnitelma 15.4.2008.

Korhonen, Johanna 2007. Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut. Suomen ympäristö 45/2007. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Kuusisto, Esko 1982. Hydrologia. Teoksessa Mustonen, Seppo (toim.) RIL 141 Yleinen vesitekniikka. Forssa: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry, 9 – 83.

Kymenlaakson seutukaavaliitto 1988. Summanjoki. Teollisuuden historia. Tulevaisuuden matkailu- ja virkistyskäyttömahdollisuudet. Kotka

Kymen vesipiirin vesitoimisto 1970. Kääpälän- eli Luukosken myllyn padotuskorkeus sekä Pesäntä- ja Naarajärven vedenkorkeudet. Lausunto 8.10.1970.

Kymen tie ja vesirakennuspiiri 1970. Kääpälän myllyn padotuskorkeudesta ja Pesäntäjärven vedenkorkeuksista ym. Lausunto 30.1.1970.

Laine, Timo 2013. Kuvia opinnäytetyöhön. Tarkastaja. Kaakkois-Suomen ELY-keskus.

Leppikangas, Juhani 1999. Kuvia opinnäytetyöhön. Rakentamispäällikkö. Kaakkois-Suomen ELY-keskus.

Leppikangas, Juhani 2014. Henkilökohtainen tiedonanto 3.3.2014. Rakentamispäällikkö. Kaakkois-Suomen ELY-keskus.

Maanmittauslaitos 2007. N2000 valtakunnallinen korkeusjärjestelmä. WWW-dokumentti.

http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/N2000_Valtakunnallinen_korkeusjarjestelma.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 4.3.2014.

Pietarinen, Kari 2008. Pesäntäjärven laillisen vedenkorkeustason määrittäminen. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. Opinnäytetyö.

Pohja- ja säännöstelypadot 1992. Hannu Alatalo (toim.). Moniste.

Rinne, Viljo 1945. Vesirakentajan virtausoppi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Sinervä, Reima 2013. Kuvia opinnäytetyöhön. Tarkastaja. Kaakkois-Suomen ELY-keskus.

Stora Enso Publication Papers Oy Ltd 2009. Turpaankosken ja Saaramaanjärven säännöstelypatojen korvaaminen pohjapadoilla. Suunnitelma.

Tapaninen, Markus 2011. Kuvia opinnäytetyöhön. Vesistösuunnittelija. Kaakkois-Suomen ELY-keskus.

Valkealan kunnan vesilautakunta 1962. Kokouspöytäkirja 26.11.1962.

Vesihallitus 1984. Hydrologiset havainto- ja mittausmenetelmät. Vesihallituksen julkaisuja 47. Helsinki: Vesihallitus.

Vesihallitus 1985. Pohjapatojen suunnittelu. Vesihallituksen monistesarja nro 336. Helsinki: Vesihallitus.

Vesi-Hydro 1971. Kääpälän myllypato, patosuunnitelma. Työ nro 6215/1. Helsinki.

Vesilaki 27.5.2011/587. WWW-dokumentti. <http://finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 31.7.2013.

Vesistötoimikunta 1957. Lupa Summanjoen lähdejärvien säännöstelemiseen Vehkalahden kunnan Summan kylään rakennettujen teollisuuslaitosten sekä Turpaankosken myllyn vedentarpeen tyydyttämiseksi. Vesistötoimikunnan päätös 33/1957, 28.9.1957.

Viipurin Lääninkanslia 1908. Vesimyllyn padon muuttaminen ja uudelleen rakentaminen Jokelan virrassa Valkealan pitäjässä. Viipurin läänin kuvernöörin päätös nro 5459, 30.11.1908.

Viipurin läänin kuvernööri 1841. Päätös myllyn perustamisesta Valkealan pitäjän Kääpälän kylän Luukoskeen. Viipurin läänin kuvernöörin päätöksen 29.3.1841 jäljennös ja käännös.