

Saija Koljonen, Markku Maunula, Janne Artell, Antti Belinskij, Seppo Hellsten, Ari Huusko, Artti Juutinen, Mika Marttunen, Jyri Mustajoki, Aki Mäki-Petäys, Pia Rotko, Niko Soininen, Teppo Vehanen

Vaelluskalakantojen elvyttäminen – ympäristövirtaama ja muut ratkaisut

Lokakuu 2017

Valtioneuvoston selvitys-
ja tutkimustoiminnan
julkaisusarja 69/2017

KUVAILULEHTI

Julkaisija ja julkaisuaika	Valtioneuvoston kanslia, 30.10.2017		
Tekijät	Saija Koljonen, Markku Maunula, Janne Artell, Antti Belinskij, Seppo Hellsten, Ari Huusko, Artti Juutinen, Mika Marttunen, Jyri Mustajoki, Aki Mäki-Petäys, Pia Rotko, Niko Soininen, Teppo Vehanen		
Julkaisun nimi	Vaelluskalakantojen elvyttäminen – ympäristövirtaama ja muut ratkaisut		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 69/2017		
Asiasanat	Ympäristövirtaama, vaelluskalat, vesivoima, vesistöjen säännöstely		
Julkaisun osat/ muut tuotetut versiot			
Julkaisuaika	10, 2017	Sivuja 142	Kieli FI

Tiivistelmä

Vaelluskalakantojen elvyttämiseen rakennetuissa ja säännöstellyissä jokivesissä liittyy ympäristövirtaaman määrittely ja huomioon ottaminen juoksutuskäytännöissä. Ympäristövirtaamalla tarkoitetaan riittävää veden määrää lajistolle tärkeiden elinvaiheiden aikana, alueellisten ja ajallisten virtaamatarpeiden vaihdellessa kohde- ja lajikohtaisesti. Ympäristövirtaaman ohella tarvitaan myös muita ratkaisuja uhanalaisten vaelluskalapopulaatioiden luontaisen lisääntymisen turvaamiseksi. Näiden yhteydessä on otettava huomioon eri osapuolten tavoitteet ja pyrittävä sovittamaan ne yhteen.

Tässä raportissa esitetään toimenpiteitä, joiden avulla voidaan päästä kohti kokonaisvaltaista vaelluskalakantojen elvyttämistä. Vaelluskalojen ja vesivoimatuotannon vuosikellojen yhteensovittaminen vaatii vesistöjen säännöstelykäytäntöjen kehittämistä siten, että suojelullisesti tärkeissä kohteissa vaelluskalojen elinvaatimukset otetaan huomioon nykyistä paremmin. Muita uusia tapoja parantaa vaelluskalojen elinvoimaisuutta ovat esimerkiksi kompensatiomekanismien käyttö nykyistä laajemmin sekä elvyttämistoimenpiteiden joustavoittaminen. Elvyttämiskohteita tulee pyrkiä priorisoimaan kustannus-hyötyanalyysien avulla ekologisten ja yhteiskunnallisten hyötyjen perusteella. Toimenpiteiden toteuttamiseksi raportissa esitetään muun ohella muutoksia Suomen vesilainsäädäntöön.

Liite 1 Ympäristövirtaaman määrittelyn menetelmät – tapaustutkimukset Suomessa

Liite 2 Kirjallisuuskatsaus virkistyskalastuksen rahassa mitattaviin hyötyihin

Liite 3 Lohen luontaisen elinkierron palauttamisen kustannustehokkuus ja yhteiskunnallinen kannattavuus: Kymijoen mallitarkastelu

Liite 4 Sidosryhmätyöpajan ohjelma ja muistio

Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2016 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa (tietokaytoon.fi).

Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare & utgivningsdatum	Statsrådets kansli, 30.10.2017		
Författare	Saija Koljonen, Markku Maunula, Janne Artell, Antti Belinskij, Seppo Hellsten, Ari Huusko, Artti Juutinen, Mika Marttunen, Jyri Mustajoki, Aki Mäki-Petäys, Pia Rotko, Niko Soininen, Teppo Vehanen		
Publikationens namn	Återupplivning av vandringsfiskstammarna – ekologisk vattenföring och andra lösningar		
Publikationsseriens namn och nummer	Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 69/2017		
Nyckelord	Ekologisk vattenföring, vandringsfisk, vattenkraft, reglering av vattendrag		
Publikationens delar /andra producerade versioner			
Utgivningsdatum	10, 2017	Sidantal 142	Språk FI

Sammandrag

Återupplivningen av vandringsfiskstammar i byggda och reglerade i älvar och åar hänger ihop med en definiering av ekologisk vattenföring och beaktande av detta i avtappningen. Med ekologisk vattenföring avses en tillräcklig mängd vatten under livsskeden som är viktiga för arten, då de regionala och tidsbundna vattenföringsbehoven varierar per objekt och art. Vid sidan av den ekologiska vattenföringen behövs även andra lösningar för att säkerställa den naturliga förökningen hos hotade vandringsfiskstammar. I samband med detta ska de olika parternas mål beaktas och sammanjämkas.

I den här rapporten presenteras åtgärder för att komma närmare en helhetsmässig återupplivning av vandringsfiskestammarna. Att sammanjämka vandringsfiskarnas och vattenkraftproduktionens årsklockor kräver utveckling av vattendragens regleringspraxis på så vis att vandringsfiskarnas levnadskrav beaktas bättre än idag vid skyddsmässigt viktiga objekt. Andra metoder för att förbättra vandringsfiskarnas livskraft är till exempel en mer omfattande användning av kompensationsmekanismer än idag samt att göra återupplivningsåtgärderna smidigare. Återupplivningsprojekten bör prioriteras med hjälp av kostnads-nyttanalyser enligt den ekologiska och samhällliga nyttan. För att verkställa åtgärderna presenterar rapporten bland annat ändringar i Finlands vattenlagstiftning.

Bilaga 1 Metoder för att definiera ekologisk vattenföring, fallstudier i Finland

Bilaga 2 Litteraturinblick i rekreativfiskets nytta som går att mäta i pengar

Bilaga 3 Kostnadseffektiviteten och den samhällliga nyttan med att återställa laxens naturliga livscykel: Kymmene älvs modellgranskning

Bilaga 4 Program och promemoria från intressentgruppsworkshopen

Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan för 2016 (tietokayttoon.fi/sv).

De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

DESCRIPTION

Publisher and release date	Prime Minister's Office, 30.10.2017		
Authors	Saija Koljonen, Markku Maunula, Janne Artell, Antti Belinskij, Seppo Hellsten, Ari Huusko, Artti Juutinen, Mika Marttunen, Jyri Mustajoki, Aki Mäki-Petäys, Pia Rotko, Niko Soininen, Teppo Vehanen		
Title of publication	Revitalizing migratory fish stocks – environmental flow and other solutions		
Name of series and number of publication	Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 69/2017		
Keywords	Environmental flow, eflow, migratory fish, salmonids		
Other parts of publication/ other produced versions			
Release date	October, 2017	Pages 142	Language FI

Abstract

Revitalizing migratory fish stocks in constructed and regulated waterways is associated with a definition of an environmental flow and flow regulation according to it. The environmental flow refers to sufficient flow of water during the important stages of migratory fish life cycle, where the spatiotemporal flow requirements vary in terms of site and affected species. Ensuring natural reproduction of endangered migratory fish populations requires also other measures. It is important that in the choice of the measures different objectives of stakeholders are reconciled.

This report presents measures toward comprehensive restoration of migratory fish stocks. Matching the annual operation schedule of hydropower and the natural migration cycles call for developing water flow regulation to better take into account the requirements of fish at sites with high conservation importance. Other new ways to improve the vitality of migratory fish species are, for example, to widen the use of compensation mechanisms and provide more flexibility to restoration measures. Restoration order of sites requiring actions should be prioritized using cost-benefit analysis that incorporates ecological and societal benefits. The report also presents changes required in Finnish water laws to allow the implementation of the proposed measures.

Appendix 1 Methods to determine environmental flow – Finnish case studies (in Finnish)

Appendix 2 A literature review on the monetary values of recreational fishing (in Finnish)

Appendix 3 The cost efficiency and societal benefits of restoring the natural life cycle of salmon: Case study on the River Kymijoki model (in Finnish)

Appendix 4 The agenda and memorandum of the stakeholder workshop (in Finnish)

This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research for 2016 (tietokayttoon.fi/en).

The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.



SISÄLLYS

1. JOHDANTO	1
1.1 Vaelluskalakantojen elinvoimaisuuden vahvistaminen	1
1.2 Työn organisointi	1
1.3 Raportti ja suositukset	2
2 VAELLUSKALAT JA VESIVAROJEN KÄYTTÖ	3
Ihmistoiminnot heikentävät elinoja	3
Erilaisilla vesivuosilla ja vesistön ominaispiirteillä on suuri merkitys vaelluskalojen elinvoimaisuudelle	3
Vaelluskalakantojen elvyttämisessä eri tekijät otettava huomioon	3
Vaelluskalojen yleinen elinkierto	4
3 TUTKIMUKSELLINEN TAUSTA	6
3.1 Vesistöjen säännöstelyn kehittäminen	6
Ilmastonmuutos	7
Vesivoimalaitosten merkityksestä	7
Vesivoimalaitosten lyhytaikaissäännöstely	8
3.2 Ympäristövirtaaman hyödyntäminen	8
Menetelmien eroja	8
3.3 Oikeudellinen nykytila	11
Uudet ja vanhat vesiluvat	11
Uusien vesilupien kalatalousmääräykset	11
Vanhojen vesilupien kalatalousmääräysten muuttaminen	12
Uusien kalatalousmääräysten lisääminen vanhoihin vesilupiin	13
Vanhojen vesilupien säännöstely- ja juoksutusmääräysten muuttaminen	14
Vesienhoidon vaatimukset vaelluskalakantojen elvyttämiseksi	15
Vesienhoidon ympäristötavoitteiden korostunut merkitys	16
3.4 Taloudellinen arvottaminen	17
Hyötyjen arvottaminen kiinteä osa kustannus-hyötyanalyysiä	17
Vaelluskalojen taloudellisesta arvosta ja asenteista vain vähän tietoa	18
3.5 Vaelluskalojen palauttamisen hyötyjen ja kustannusten kokonaisvaltainen tarkastelu	19
Hyötyjen rahallinen arvo on kustannuksia suurempi	20

Virtaamamuutokset	20
Virkistyskalastuksen arvo.....	20
Mallitarkastelun sovellettavuus muille.....	21
3.6 Sidosryhmäyöskentely ja monitavoitearviointi	22
Sidosryhmien osallistumisen ja tavoitteiden yhteensovittamisen merkitys	22
Sidosryhmien välisen vuorovaikutuksen ja osallistumisen tukeminen.....	22
Ongelman ja siihen liittyvien olennaisten tekijöiden tunnistaminen ja jäsentely	23
Vaihtoehtojen monitavoitteinen ja läpinäkyvä tarkastelu eri näkökulmista	23
Tapaustutkimukset	24

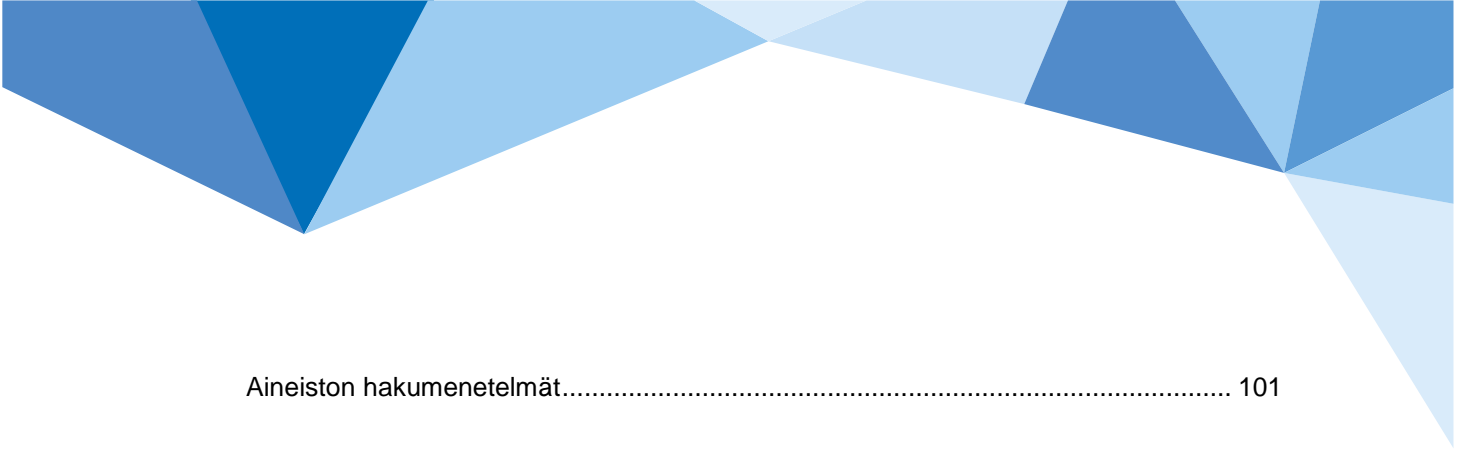
4 Keskeiset aihepiirit..... 26

4.1 Säännöstelyn kehittäminen ja tavoitteiden yhteensovittaminen	26
Vesistöjen säännöstelyjen tavoitteiden yhteensovittaminen	26
4.2 Arvio oikeudellisen sääntelyn muutostarpeista	26
Toimintaympäristön muutokset ja oikeus.....	26
Uusien vesilupien kalatalousmääräykset	27
Vanhojen vesilupien kalatalousmääräysten muuttaminen.....	28
Kalatalousmääräysten lisääminen vanhaan vesilupaan	28
Säännöstely- ja juoksutusmääräysten muuttaminen	29
Vaelluskalaesteiden poistaminen.....	29
4.3 Kompensaatio vaelluskalakantojen hoidossa	29
Kompensaation määritelmä	29
Kompensaatio ja vesilain sääntely.....	30
Kompensaatiolla vaikuttavuutta	30
4.4 Kohteiden ja toimenpiteiden valinta	31
Kustannustehokkuus ja yhteiskunnallinen kannattavuus.....	31
Tarvittavat toimenpiteet.....	31
Poikkitieteellinen ja monitavoitteinen tarkastelu tarvitsee uutta tietoa	31
Kohteiden priorisointi vaelluskalojen kannalta tärkeisiin kohteisiin sekä vesivoiman kannalta tärkeisiin kohteisiin	32

5 Ratkaisuja ja ehdotuksia toimenpiteiksi 37

5.1 Vuosikelloajattelun yhteensovittaminen säännöstelyn kehittämisen kanssa.....	37
Vesistöjen säännöstely	37
Vesivoimalaitosten lyhytaikaisäännöstely	37
5.2 Uusien kalatalousmääräysten lisääminen vesilupaan	38
5.3 Kompensaatiotoimenpiteet	39

5.4	Priorisointi ja arvottaminen.....	40
5.5	Sidosryhmien näkemysten yhteensovittaminen.....	41
5.6	Sopeutuva toimintamalli.....	41
6	Tunnistettuja tutkimustarpeita.....	42
Liite 1	43
1.	Ympäristövirtaaman määrittäminen.....	44
2.	Tarkastellut menetelmät.....	44
3.	Kohdekohtaiset tarkastelut.....	49
	Iijoki 49	
	Kuusinkijoki.....	55
	Ala-Koitajoki.....	59
	Kymijoki, Siikakoski.....	62
	Kukkianvirta.....	66
	Tainionvirta.....	70
	Kalkkistenkoski.....	74
	Ripatinkoski.....	79
4.	Building Block –menetelmällä toteutetut kohteet.....	83
5.	Johtopäätökset menetelmien toimivuudesta.....	88
6.	Suositus ympäristövirtaamien määrittämiseen.....	89
Liite 2	91
1.	Johdanto.....	92
2.	Ympäristön arvottaminen.....	93
	Ympäristötaloustieteen arvottamismenetelmät.....	93
	Tulosten siirto.....	97
	Hyödykkeen määrittäminen – Ekosysteemipalvelukehikko vaelluskalakantojen palauttamisessa.....	97
	Taustalla laajempi sosio-ekologinen järjestelmä.....	100
3.	Vaelluskalakantojen arvottamistutkimukset.....	101



Aineiston hakumenetelmät.....	101
4. Yhteenveto.....	107
Kirjallisuus:	111
Liite 3	114
1. Johdanto	115
2. Bio-ekonominen malli.....	115
Mallin yleisrakenne ja sisältö	115
Kalapopulaatiomalli	116
Kalastus	116
Muut kustannukset	117
3. Tulokset	118
Perusskenaariot	118
Virtaamien muutosskenaariot	119
Herkkyystarkastelut.....	121
4. Yhteenveto.....	122
Kirjallisuus:	123
Liite 4	124
LÄHTEITÄ JA TAUSTA-AINEISTOJA	131

1. JOHDANTO

1.1 Vaelluskalakantojen elinvoimaisuuden vahvistaminen

Kansallisen kalatiestrategian (Valtioneuvosto 2012) tavoitteena on Suomen uhanalaisten ja vaarantuneiden vaelluskalakantojen elinvoimaisuuden vahvistaminen. Kalatiestrategian mukaan vesistöjen säännöstelykäytäntöjen kehittämistoimenpiteiden tulisi tukea erityisesti vaelluskalojen nousumahdollisuuksia ja poikasten alusvaellusta.

Tämän raportin tarkoituksena on löytää ratkaisuja vaelluskalakantojen elvyttämiseen. Raportissa keskitytään erityisesti vaelluskalojen elinkierron kannalta tarpeellisiin alueellisiin ja ajallisiin virtaamiin (ympäristövirtaama) sekä niiden ja vesivoimatuotannon yhteensovittamiseen siten, että vesivoimatuotannolle ei aiheuteta kohtuutonta haittaa. Tietotarve liittyy EU:ssa vireillä olevaan ympäristövirtaaman määrittelyyn ja sen soveltamiseen EU-oikeudessa. Raportissa arvioidaan tarpeita kehittää myös Suomen lainsäädäntöä vesivoimatalouden ja vesienhoidon tavoitteiden yhteensovittamiseksi.

Raportin tarkempina tavoitteina on tukea rakennettujen vesistöjen käytön ja kalakantojen hoidon kehittämistä:

- tuottamalla uutta tietoa ympäristövirtaaman merkityksestä vaelluskalojen elinvoimaisuudelle,
- edistämällä rakennettujen vesien käytön, erityisesti vesivoiman ja vesienhoidon vuoropuhelun tavoitteiden ja toimenpiteiden yhteensovittamista,
- arvioimalla vaelluskalan palauttamisen toimien kustannustehokkuutta ja hyötyjä kokonaisvaltaisesti sekä
- tarkastelemalla vesilain muutostarpeita ja muutosten oikeudellisia reunaehtoja vaelluskalakantojen elvyttämiseksi ja ympäristövirtaamien varmistamiseksi rakennetuissa vesissä

1.2 Työn organisointi

Raportin taustalla olevaan selvityshankkeeseen osallistuivat Suomen ympäristökeskus (SYKE), Luonnonvarakeskus (Luke) sekä Itä-Suomen yliopisto (UEF). Hankkeessa järjestettiin sidosryhmille työpaja 9.5.2017. Työpajan tavoitteena oli löytää uusia toimintamalleja ympäristövirtaamiin, vesivoimatuotantoon ja virkistyskäyttöön liittyvien tavoitteiden yhteensovittamiseksi. Työpajassa esitettiin uusia ehdotuksia vaelluskalakantojen elvyttämiseksi ja pohdittiin, mitä ne tarkoittaisivat käytännössä sekä mitä hyviä ja huonoja puolia niihin liittyy. Työpajaan osallistui 26 henkilöä, joiden joukossa olivat keskeisten sidosryhmien edustajat: ministeriöt (MMM, OM ja TEM), aluehallintovirasto, ELY-keskusten kalaviranomaiset ja ympäristöpuoli, Helen Oy, Energiategollisuus ry, Metsähallitus, Suomen Vapaa-ajankalastajien Keskusjärjestö ry, Kalatalouden keskusliitto, Suomen Luonnonsuojeluliitto sekä tutkijat SYKEstä, Luke:sta ja Itä-Suomen yliopistosta. Työpajan muistio ja osallistujalista ovat raportin liitteenä.

1.3 Raportti ja suositukset

Tässä raportissa esitetään luvussa viisi (5 Ratkaisuja ja ehdotuksia toimenpiteiksi) seuraavat toimenpiteet vaelluskalakantojen elvyttämiseksi:

- Vesistöjen säännöstelykäytäntöjen kehittäminen siten, että virtaamien ajallinen vaihtelu otetaan vaelluskalojen elinkierron periaatteiden mukaisesti huomioon.
- Vesilain muuttaminen niin, että uusien kalatalousmääräysten lisääminen vanhaan vesilupaan tulee mahdolliseksi.
- Kompensointi eli uuden tai vanhan hankkeen aiheuttamien vaelluskalahaittojen korvaaminen joen toisessa osassa tai jopa toisessa vesistöissä, jos haittojen ehkäisy ja vähentäminen ei ole mahdollista hankkeen vaikutusalueella.
- Joustavuuden lisääminen elvyttämistoimenpiteiden toteutuksessa siten, että toimintamallit ovat sopeutuvia ja pystyvät reagoimaan olosuhteiden muutoksiin.
- Priorisointi eli toimenpiteiden kustannustehokas kohdistaminen erityisen tärkeisiin kohteisiin ekologisten ja yhteiskunnallisten arvojen perusteella.
- Läpinäkyvät tarkastelut vuorovaikutuksen tukemiseen ja eri osapuolten tavoitteiden yhteensovittamiseen kaikissa vaelluskalojen elvyttämishankkeissa.

Esitettyjen suositusten tutkimuksellinen tausta esitellään luvussa kolme (3 Tutkimuksellinen tausta). Luvussa neljä (4 Keskeiset aihepiirit) käydään puolestaan läpi vaelluskalakantojen elinvoimaisuuteen vaikuttavia tekijöitä vesivoimatuotantoon otetuissa joissa.

Tekstissä on erillisiä (oranssilla rajattuja) tietolaatikkoja, joissa kuvataan käytännön esimerkkien avulla kulloisenkin otsikon aihepiiriä tai toteutettua tutkimusta.

Raportin liitteissä kuvataan tarkemmin taustoja, joiden perusteella suosituksiin on päädytty:

- Ympäristövirtaamaselvityksiä on taustoitettu käyttäen lähteenä lähes kaikkia Suomessa toteutettuja aihepiirin tutkimuksia, joista on kattavasti aineistoa saatavilla (Luke, Fortum Oyj, SYKE). Ympäristövirtaaman määrittelyn menetelmät – tapaus-tutkimukset Suomessa (Liite 1).
- Vaelluskalakantojen arvottamista on taustoitettu kirjallisuuskatsauksella, jossa esimerkkejä on etenkin Pohjois-Amerikasta. Kirjallisuuskatsaus virkistyskalastuksen rahassa mitattaviin hyötyihin (Liite 2).
- Kymijoen kokonaisvaltaisen kustannus-hyöty-analyysin kuvaus. Lohen luontaisen elinkierron palauttamisen kustannustehokkuus ja yhteiskunnallinen kannattavuus: Kymijoen mallitarkastelu (Liite 3).
- Sidosryhmätyöpajan ohjelma ja muistio (Liite 4).

2 VAELLUSKALAT JA VESIVAROJEN KÄYTTÖ

Suomessa vesistöillä on suuri merkitys asutukselle, elinkeinotoiminnoille, vapaa-ajan vietoille sekä energian tuotannolle. Vesivoima on tällä hetkellä kustannustehokkain ja teknisesti paras tapa tuottaa sähköjärjestelmän tarvitsemaa säätövoimaa ja siten vastata sähkön kulu- tushuippuihin. Vesistöjä käytetään monitavoitteisesti ja järvien säännöstelyllä pyritään vesi- voiman tuotannon edistämisen ohella torjumaan tulvia ja tuottamaan virkistyskäytön ja vesi- liikenteen kannalta sopiva vedenkorkeus ja virtaama.

Vesiympäristö on jokien lähellä asuville tärkeä viihtyvyystekijä. Kalastusmatkailijoille on puolestaan merkitystä kalojen määrällä ja lajilla sekä kalastustavalla. Vaelluskalakantojen palauttaminen ja vakiintuminen, erityisesti lohen ja taimenen, lisäävät jokivesistöjen veto- voimaa. Väestötiheydet joen lähellä, kulkuyhteydet, maisema, matkailu- ja kalastuspalvelu- jen saatavuus sekä kalastuksen sääntely vaikuttavat siihen, kuinka virkistyskalastus ja ka- lastusmatkailu kehittyvät vaelluskalojen palautuessa jokivesistöön.

Ihmistoiminnot heikentävät elinoja

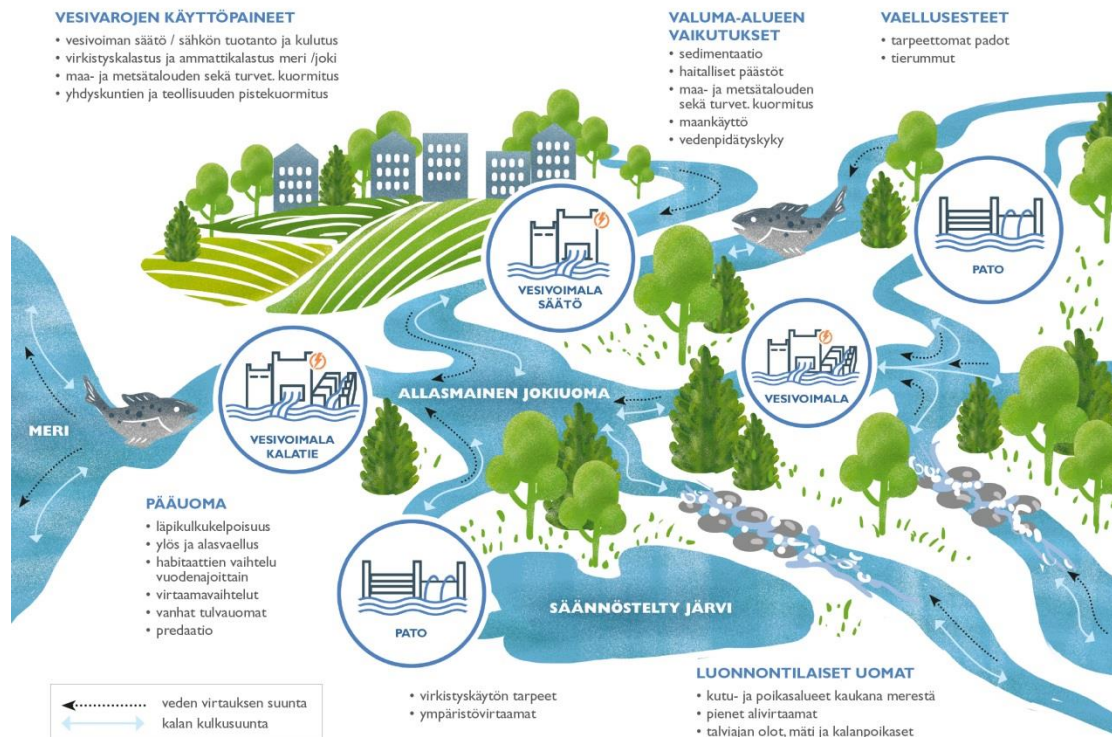
Vesiympäristöä muuttaneet toimenpiteet, kuten vesivoima, yhdyskuntien ja teollisuuden kuormitus sekä maa- ja metsätalous ja turvetuotanto, ovat heikentäneet vaelluskalojen elin- olosuhteita. Ravinne- ja kiintoainekuormitus heikentää kalojen kutu- ja suojavaikkoja. Vesis- töjen latvavesillä tai pienen valuma-alueen jokivesissä on puolestaan usein patoja ja oja- rumpuja tai muita vaellusesteitä. Vaelluskalalajit ovat laajan elinpiirin ja vaelluskäyttäyty- misen vuoksi myös erityisen alttiita kalastuksen vaikutuksille ja ovat kärsineet niistä syönnös- alueilla joko suoraan tai sivusaaliina.

Erilaisilla vesivuosilla ja vesistön ominaispiirteillä on suuri merkitys vaellus- kalojen elinvoimaisuudelle

Vähäjärvisissä, pienissä vesistöissä ja vesistöjen latvajoissa ja puroissa virtaamat vaihtelevat huomattavasti eri vuodenaikoina ja eri vuosina. Vähävetisissä olosuhteissa kutu- ja suo- javaikat saattavat kuivua vaikuttaen merkittävästi kalakantoihin. Myös talviolosuhteet, esi- merkiksi poikkeukselliset jääolot, voivat merkittävästi heikentää mm. lohen ja taimenen joki- poikasvaiheen elinoloja. Hauet ja muut petokalat saalistavat vaelluskaloja heikentäen erityi- sesti vaelluskalapoikasten selviytymistä.

Vaelluskalakantojen elvyttämisessä eri tekijät otettava huomioon

Vaelluskalakantojen elvyttämisessä on otettava huomioon kokonaisuus, johon kuuluvat sekä ihmistoimintojen vaikutukset että vesistön hydrologiset ja muut ominaispiirteet. Pelkäs- tään vaelluskalojen ylös- ja alasvaellusta helpottavilla infrastruktuuriratkaisuilla, esimerkiksi kalateillä, ei vaelluskalakantoja pystytä elvyttämään (Kuva 1).



Kuva 1. Vaelluskalojen ja vesivoimatuotannon yhteensovittaminen kohdekohtaisesti on haasteellinen kokonaisuus. Kuva Marianna Korpi.

Vaelluskalojen yleinen elinkierto

Aikuiset, lisääntymiskäiset lohet ja taimenet nousevat kutemaan jokien voimakasvirtaisiin, sorapohjaisiin koskiin syys- ja marraskuun välisenä aikana (Kuva 2). Kutupaikan valintaan vaikuttavat erityisesti pohjan laatu, vesisyvyys ja virtausnopeus. Nousevat kalat ovat kotipaikkakauskollisia eli pyrkivät löytämään takaisin siihen jokeen, josta ovat vaellukselle lähteneet. Luontaisesta kannasta peräisin olevat yksilöt suosivat jopa samaa koskialuetta, mutta istukkaat eivät tutkimusten perusteella ole näin vahvasti leimautuneita. Uusia kalakantoja istutettaessa olisikin tärkeä pyrkiä käyttämään mahdollisimman pieniä poikasasia ja suosia ennen kaikkea luontaista kantaa ja pyrkiä toimenpiteillä luontaisen elinkierron palauttamiseen.

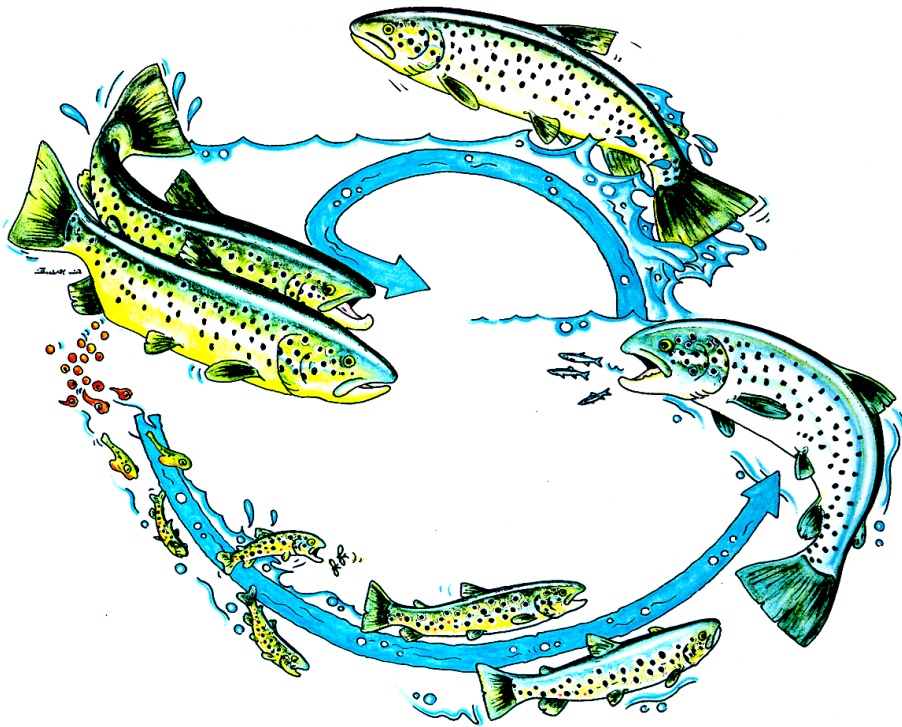
Kudessa naaras valitsee paikan ja kaivaa kutukuopan pyrstöllään. Naaras laskee mädin kutukuopan pohjalle, ja koiras hedelmöittää mädin laskemallaan maidilla. Hedelmöittyneet kehittyvät mätimunat ovat seuraavan talven yli soran sisällä. Veden virtaus mätitaskujen läpi on tärkeää; virtaava vesi tuo happea kehittyville alkiuille ja estää samalla mädin jääytymisen.

Mäti kuoriutuu keväällä. Poikaset viettävät elämänsä ensi viikot soran suojissa ennen nousimista avoimeen veteen. Poikaset etsivät itselleen reviirit koskesta. Tästä vaiheesta alkaen ns. jokipoikasvaihe, joka kestää tyypillisesti 2-5 vuotta. Poikasvaiheen aikana kesällä suu-remmat virtaamat yleensä lisäävät sopivan elinympäristön määrää, sillä ranta-alueiden mataluus ja sopiva virrannopeus sopivat ravinnonhankintaan. Talven aikana poikaset pysyvät

suurimmaksi osaksi paikoillaan - tällöin tärkeitä asioita elinympäristössä ovat sopiva suoja ja se, että vesi ei jäädy. Talviaikaan alivirtaamakaudet voivat olla erittäin haitallisia elinympäristön kutistumisen ja alijäähtymisen aiheuttamien haittojen takia.

Riittävän koon saavuttamisen jälkeen poikaset smolttiutuvat eli käyvät läpi muodonmuutoksen. Poikasista tulee vaelluspoikasia, jotka ovat valmiita vaeltamaan kasvualueelle mereen tai järveen. Nämä vaelluspoikaset eli smoltit ovat pituudeltaan yleensä 15-20 cm. Ne muistuttavat ulkoasultaan jo aikuista kalaa. Vaellus kasvualueelle tapahtuu tavallisesti keväällä tulvahuipun jälkeen.

Vaelluskalan kasvuvaihe meressä tai järvessä on riippuvainen ravintovaroista ja kestää yleensä vuodesta neljään vuoteen. Kalan selviytymiseen vaikuttaa etenkin kalastuksen aiheuttama kuolleisuus. Kasvuvaiheen jälkeen lohet ja taimenet saavuttavat sukukypsyyden ja nousevat takaisin jokiin lisääntymään. Elinkierto alkaa jälleen alusta. Elämänsä aikana lohet ja taimenet voivat kutea useamman kuin yhden kerran.

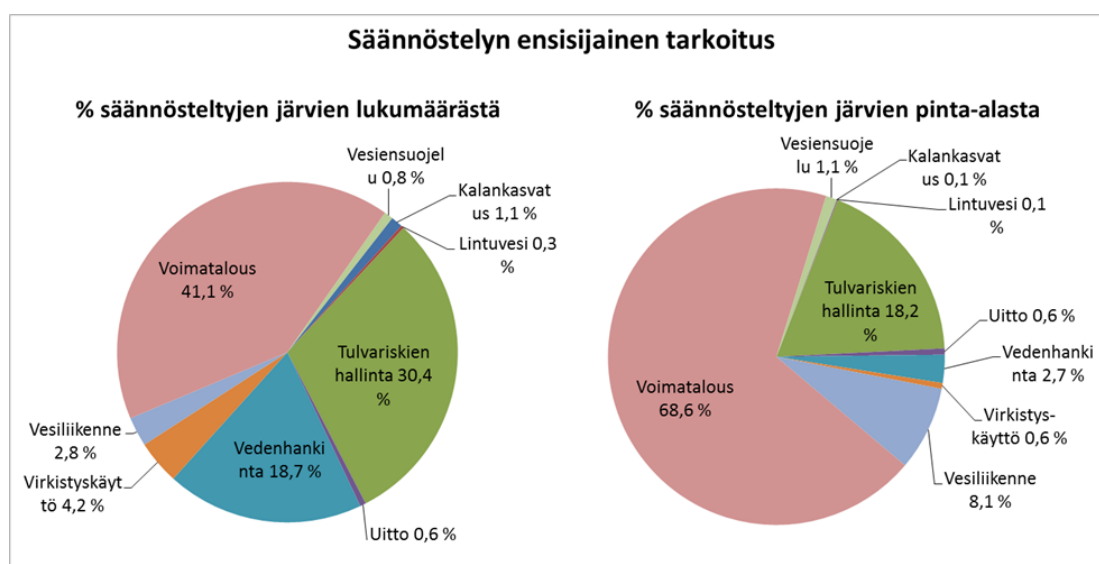


Kuva 2. Vaelluskalojen elinkierto. Kuva Simo Yli-Lonttinen.

3 TUTKIMUKSELLINEN TAUSTA

3.1 Vesistöjen säännöstelyn kehittäminen

Vesistöjen säännöstelyllä tarkoitetaan juoksutusten ja vedenkorkeuksien jatkuvaa säätelyä luonnontilasta poikkeavalla tavalla. Säännöstelyt perustuvat vesilain mukaisiin säännöstelylupiin. Suomessa on yli 240 voimassa olevaa säännöstelylupaa, joilla vaikutetaan lähes 400 järven vedenkorkeuksiin. Tämä vastaa noin kolmannesta koko maan järvipinta-alasta, sillä säännöstellyt järvet ovat yleensä suuria. Säännöstelyjen ensisijaiset tarkoitukset, joita voi olla useita samanaikaisesti, on esitetty kuvassa 3 (Vesivarojen arvo Suomessa, SYKEN raportti 23/2016).



Kuva 3. Säännöstelyn ensisijainen tarkoitus suhteutettuna säännöstelyjen järvien lukumäärään ja kokonaispinta-alaan.

Vesistönsäännöstelyjen kehittämisessä päähuomio on ollut järvien säännöstelyissä sekä vesiluonnon tilan ja virkistyskäytön edistämisessä. Kehittämishankkeissa on tarkasteltu myös säännöstelyn vaikutuksia alapuolisen vesistön virtaamiin erityisesti voimatalouden ja tulvariskien hallinnan näkökulmasta. Jos alapuolisessa vesistössä on ollut merkittäviä muita käyttötarpeita tai erityisiä suojelevarvoja, on nämä myös otettu huomioon. Järvissä keskeisinä säännöstelyn kehittämistoimenpiteinä ovat olleet vedenpinnan nosto keväällä luontaista aikaisemmin virkistyskäytön ja vesiluonnon kannalta sopivalle tasolle sekä vedenpinnan pitäminen sopivalla tasolla virkistyskäyttökaudella.

Vaelluskalakantojen elvyttämisen ja vesienhoidon tavoitteiden saavuttamiseksi on viime vuosina kiinnitetty yhä enemmän huomiota jokivesistöihin ja niiden virtaamiin. Säännöstelyissä vesistöissä päädytään helposti tilanteeseen, jossa järven virkistyskäytön ja ympäristötilan tavoitteiden saavuttaminen heikentää vastaavia tavoitteita alapuolisissa vesissä etenkin keväisin ja kesäisin kuivissa vesiolosuhteissa.

Vesistösäännöstelyjen juoksutusten optimointi vesistön eri osien tavoitteet huomioon ottaen edellyttää tutkimustietoa vedenkorkeuksien ja virtaamien vaikutuksista. Vaelluskalojen elinkierron eri vaiheiden virtaamapreferenssit voivat poiketa huomattavastikin. Vajavaisin tiedoin tehdyt juoksutus päätökset voivat tarkoittaa, että juoksutukset alapuoliseen vesistöön ovat vaelluskalakannalle yhtäältä liian pieniä. Toisaalta ne voivat olla niin suuria, että järvillä aiheutuu kohtuutonta haittaa suhteessa vaelluskalakannoille syntyvään hyötyyn.

Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos vaikuttaa merkittävästi vesistöjen hydrologiaan sademäärissä, lämpötilassa ja haihdunnassa tapahtuvien muutosten kautta. Etelä- ja Keski-Suomessa kevättulvat ovat jo pienentyneet talvisen lumipeitteen määrän vähennyttä. Tulvien pienentyminen voi lieventää järvien ja niiden laskujokien säännöstelyn usein toisilleen vastakkaisia tavoitteita, sillä kevätalenema voi jatkossa olla aikaisempaa pienempi. Toisaalta pidempi kasvukausi ja kasvava haihdunta voivat hankaloittaa vesitilannetta kesällä ja loppukesästä. Vaelluskalojen nousun kannalta on tärkeää, että jokien virtaamat nousuaikana heinäkuusta lokakuuhun olisivat riittävän suuret, mikä toisaalta voi johtaa matalampiin vedenkorkeuksiin järvissä.

Ilmastoskenaarioiden perusteella laskettujen hydrologisten skenaarioiden mukaan vesimäärät sekä vesistöjen vedenkorkeuksien ja virtaamien vuodenaikaisvaihtelut tulevat muuttumaan merkittävästi (Veijalainen ym. 2012). Esimerkiksi kymmenissä säännöstelyluvista määrätty päivämääriin sidottu vedenkorkeuden alentaminen keväisin käy skenaarioiden mukaan monessa tapauksessa epätarkoituksenmukaiseksi (Dubrovin 2015). Arviolta seitsemän Kalatiestrategian kärkikohteen yläpuolella on tällaisia säännöstelylupia. Näissä kohteissa tulisi selvittää mahdollisuudet riittävän ympäristövirtaaman turvaamiseen.

Vesivoimalaitosten merkityksestä

Sähköjärjestelmässä tarvitaan tuotantokapasiteettia, jonka avulla pystytään reagoimaan hyvin nopeisiin kuorman tai tuotannon muutoksiin ja esimerkiksi vuorokauden sisäisiin sekä arjen ja viikonlopun välisiin kulutuksen vaihteluihin. Tuulivoima tuo edelleen uudenlaisen vaihtelun sähkömarkkinoille: satunnaisen tuulioloista aiheutuvan tuotannon vaihtelun. Sähköntuotannon ja kulutuksen tehotasapainoon voidaan myötävaikuttaa sähkön varastoinnin tai kysyntäjouston avulla (Energiateollisuus ry ja Fingrid Oyj, 2012, Mistä lisäjoustoa sähköjärjestelmään?).

Sähköntuotantomuodoista vesivoima soveltuu parhaiten säätötehtävään, erityisesti kaikkein nopeimpaan säätöön. Tuntitason ja sitä nopeammassa säädössä vesivoima on ylivoimaisesti edullisin vaihtoehto. Pääosa päivittäisten kulutuserojen tasaamisesta hoidetaan vesivoimalla. Suomen vesivoimakapasiteetti on kuitenkin vain osittain käytettävissä nopeaan säätöön, sillä siihen tarvitaan tehokasta lyhytaikaissäännöstelyä ja riittäviä vesivarastoja. Säätömahdollisuudet riippuvat vesitilanteesta, vuodenajasta, vesistöistä ja turbiinityypistä.

Suomessa sähkön vuosittaiset kulutushuiput esiintyvät talvella kylminä pakkaspäivinä. Fingridin käytönvalvontamittausten mukaan Suomen sähkönkulutuksen tuntikeskiteho nousi talven ennätykseen lähes 14 300 megawattiin 5.1.2017 kello 17-18 kiristyneen pakkasen vuoksi. Suomessa tuotettiin samalla hetkellä noin 10 000 megawatin teholla sähköä ja 4 300 megawattia tuotiin naapurimaista. Suomessa on yli 220 vesivoimalaitosta, joiden yhteenlaskettu teho on noin 3 100 MW. Säätöön pystytään käyttämään noin kahta kolmannesta vesivoiman koko kapasiteettista eli vesivoiman säätötehoksi arvioidaan noin 2 000 MW.

Vesivoimalaitosten lyhytaikaissäätö

Vesivoimalaitosten lyhytaikaissäätö aiheuttaa vedenpinnan korkeuden muutoksia sekä yläpuolisessa että alapuolisessa vesistöissä. Rakennetuissa ja allasmaisissa, porrasteuissa vesistöissä vedenkorkeuden vaihtelut ovat yleensä huomattavasti pienemmät kuin sellaisissa uomissa, joissa on myös koskia. Vesivoimalaitoksen lupaehdoissa voidaan rajoittaa lyhytaikaissäätöä haitallisten vedenkorkeusvaihteluiden pienentämiseksi.

Vesivoimalaitosten lyhytaikaissäätötavoitteiden kannalta ongelmana ovat yhtäältä varastoaltaiden riittämättömyydestä johtuvat runsaan virtaaman ja toisaalta hyvin pienen virtaaman ajat. Tuotanto-/säätötarvetta voi tulevaisuudessa olla myös entistä vaikeampi ennustaa. Pieniä jokivoimalaitoksia ei useinkaan voida riittämättömien varastoaltaiden takia lyhytaikaissäätöllä, ja alivirtaamatilanteissa varsinkin vanhoja laitoksia joudutaan ajoittain "katkokäyttämään" sähkön tuotannon mahdollistamiseksi.

3.2 Ympäristövirtaaman hyödyntäminen

Ympäristövirtaaman laskemiseksi on käytetty kymmeniä eri menetelmiä. Valittava menetelmä riippuu tarkasteltavasta näkökulmasta ja myös käytettävissä olevista resursseista. Yksinkertaisilla hydrologisilla tai hydraulisilla menetelmillä voidaan ympäristövirtaama määrittää helposti usealle kohteelle, mutta yksittäisen kohteen tarkastelu voi jäädä vähäiseksi. Tulokseen sisältyy tällöin epävarmuuksia ympäristövirtaaman toimivuudesta verrattuna tilanteeseen, jossa kohde tunnetaan hyvin ja mallinnus on ollut monipuolista. Poikkitieteellisillä (holistisilla) menetelmillä voidaan tarkastella paremmin paitsi biologisia myös ympäristövirtaamaan liittyviä sosio-ekonomisia kysymyksiä, kuten toimenpidealueen virkistysarvoja maaseman ja kalastuksen muuttuessa. Tällaisia tarkasteluja suositellaan niiden resurssitarpeiden vuoksi kuitenkin vain merkitykseltään suurehkoille kohteille.

Ympäristövirtaama on määritelty Suomessa jo lukuisissa erityyppisissä kohteissa useilla erilaisilla menetelmillä. Yksityiskohtaisesti menetelmät valituista kohteista (yhteensä 16 jokikohdetta) on esitelty raportin liitteessä (Liite 1: Ympäristövirtaaman määrittelyn menetelmät -tapaustutkimukset Suomessa).

Selvitysten perusteella suosittelomme käyttämään Building Block -menetelmää ympäristövirtaaman määrittämiseksi Suomessa. Edellytyksenä tälle on, että asiantuntijoilla on käytössä hyvät taustatiedot kohteen virtaamasta, sen vaihtelusta ja vaikutuksesta eliöstöön. Habitaattimalli antaa parhaat perustiedot kohteesta, kun se toteutetaan erilaisilla virtaamilla, joita kohteessa eri aikoina esiintyy. Hyvässä tilanteessa asiantuntijoilla on käytössä mallinnustietoa, esimerkiksi elinympäristömallin tuloksia, siitä miten virtaamavaihtelu vaikuttaa kohde-eliön tai -eliöstön elinympäristön laatuun eri vuodenaikoina.

Menetelmien eroja

Suomessa käytetyistä ympäristövirtaamien laskemisen menetelmistä yksinkertaisin hydrologinen menetelmä, Tennantin menetelmä, on varsin helppokäyttöinen. Laskennassa ympäristövirtaaman määrittelyyn tarvitaan ainoastaan vuoden keskivirtaama. Kokemusten mukaan menetelmällä saadaan elinympäristömallinnukseen verrattuna toimivia tuloksia kuitenkin vain silloin, kun käytetään luonnontilaista ja luontaisesti vaihtelevaa jokivirtaamaa tulva-

jaksoineen. Lähes kaikissa muissa tilanteissa, mukaan lukien jokireittien kohteet, menetelmällä lasketut ympäristövirtaamat ovat olleet muita arvioita alhaisempia. Wetted Perimeter -menetelmä on puolestaan hydraulinen menetelmä, jossa tarkastellaan poikkileikkauksen märkäpiirin muutosta suhteessa virtaaman muutokseen. Selvityksen tulosten mukaan menetelmään liittyy runsaasti epävarmuuksia. Molemmat menetelmät ovat myös herkkiä uoman muodon vaihtelulle ja antavat hyvin erityyppisiä arvioita loiva- ja jyrkkäreunaisille uomille.

Building Block -menetelmässä kootaan yhteen olemassa oleva taustatieto virtaamasta ja sen muutoksista sekä näiden vaikutuksista eliöstöön. Näiden tietojen perusteella rakennetaan kohteen ympäristövirtaama. Aiemman selvityksen (Koljonen ym. 2016) mukaan menetelmä ei toimi tilanteessa, jossa riittäviä taustatietoja ei ole, koska laskelmien pohja ja perusteet tulevat aina kohdekohtaisesta virtaamasta ja etenkin virtaaman sekä elinympäristöjen välisestä suhteesta. Riittäväillä taustatiedoilla menetelmää voidaan pitää tarkastelluista menetelmistä parhaana. Menetelmässä voidaan hyödyntää kaikki saatavissa oleva tieto sekä ottaa huomioon ja hyödyntää eri vuodenaikojen luontaisesti vaihteleva virtaama. BB-menetelmä soveltuu myös muita menetelmiä laajemmin erilaisten vesistön käyttömuotojen, kuten virkistyskäytön ja voimatalouden huomioon ottamiseen erilaisine tarpeineen. Menetelmässä perusajatuksena on ottaa ekologisille muuttujille elinkiertoon pohjautuvat virtaamatarpeet ensisijaisesti muuttujiksi, jolloin esimerkiksi lohikalojen elinkierron vaiheet avataan alla esitetyn tietolaatikon kuvaamalla tavalla. Näin mädinkehityksen, pienpoikasvaiheen ja kudun erilaiset elinympäristövaatimukset ovat nähtävissä ja linkittyvät virtaaman vaihtelun tuottamiin muutoksiin.

Asiantuntijaryhmä määrittä 6.11.2015 Oulussa järjestetyssä työpajassa lohikalojen jokivaiheen kannalta tärkeimmät lijoen luonnonuoman (Kipinän alue) virtaaman "rakennuspalikat" (Building Blocks). Ympäristövirtaaman määrittämisen kannalta tärkeiksi vaelluskalojen menestymiseen vaikuttaviksi virtaaman rakennuspalikoiksi valikoituivat: poikasten talvihabitaatti ja mäti, "flushing flow" (puhdistava tulvavirtaama), talvikkovaellus, smolttivaellus, kutunousu, poikasten kesähabitaatti sekä kutu. Vaelluskaloista asiantuntijaryhmä keskittyi loheen, jonka katsottiin olevan taimenta luontaisempi laji lijoen luonnonuoman olosuhteisiin. Building block -ympäristövirtaamien määrittelyssä käytettiin lijoen virtaamatietoja ennen ja jälkeen säännöstelyn, tietoja veden lämpötilasta sekä virtaus- ja elinympäristömallinnusten tuloksia lohikaloille soveltuvan elinympäristön määrän muutoksista virtaaman muuttuessa.

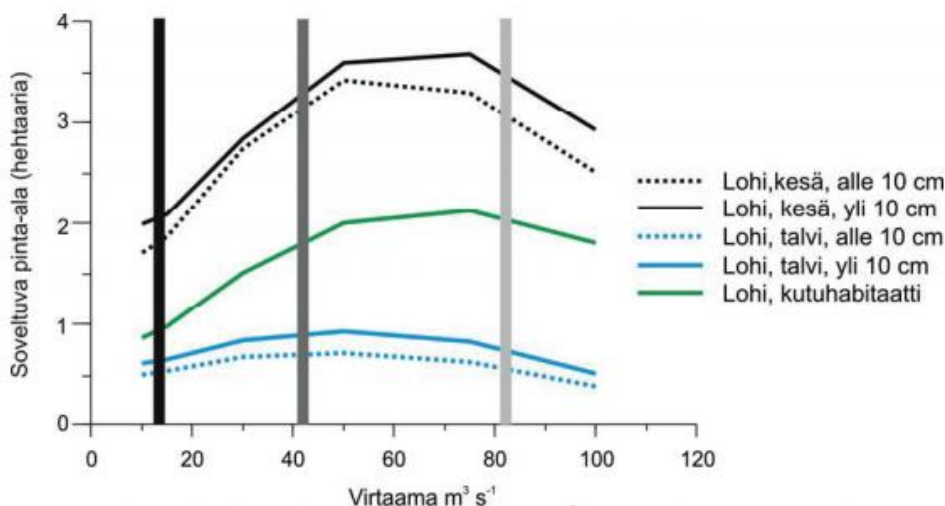
Virtaaman rakennuspalikka	Vuoden ajalle	Virtaama (m ³ /s)	Virtaaman vaihtelu (m ³ /s)	Sanallinen perustelu
Kutu	15.9.-30.10.	50 m ³ /s	50-70 m ³ /s	Kudun suhteen hyvä tila säilyy välillä 50-70 m ³ /s
Poikasten talvihabitaatti ja mäti	15.11.-15.4.	40 m ³ /s	30-50 m ³ /s	Hyvä tilanne säilyy välillä 30-50 m ³ /s
"Flushing flow"	1.5.-20.5.	250-300 m ³ /s		Tennantia mukaillen, luonnonmukaista vaihtelua seuraten (ajassa).
Talvikkovaellus				Sama kuin flushing flow tai hieman alempi. Vaeltavat merelle ennen smoltteja
Smolttivaellus	10.5.-20.6.		Tulvapiikistä kesävirtaamaan 250→60-70 m ³ /s	Vaeltavat mereen laskevassa tulvassa, veden lämpötila vaikuttaa ajoittumiseen. Huomioitava vaelluksen luonnonmukainen vaihtelu ajassa.
Kutunousu	15.6.-15.9.	60-70 m ³ /s		Luonnonmukainen virtaamavaihtelu (kesätulvat)
Poikasten kesähabitaatti	20.6.-15.9.	60-70 m ³ /s		

Vesistön eri käyttömuotojen tarpeet vaihtelevat vuodenajoittain. Esimerkiksi kasteluvettä tarvitaan yleensä vain kuivimpaan kesäaikaan ja yleinen virkistyskäyttö on merkittävintä avovesikaudella. Maiseman merkitysikin voi olla erilainen kesällä ja talvella, kun taas kalastus eri muodoissa (ja erilaisin virtaamatarpein) voi olla lähes ympärivuotista. Nämä kaikki voidaan merkitä muuttujiksi ympäristövirtaaman tarkastelussa.

Vesivoiman osalta tärkeimpiä muuttujia ovat etenkin kohdekohtainen minimivirtaama, jolla voimalaitos pystyy tuottamaan sähköä, sekä suurin mahdollinen virtaama, josta yli menevä osuus johdetaan esimerkiksi tulvauomaan. Vesivoiman jatkuva säädön tarve tuo keskeisimmän haasteen ympäristövirtaaman yhteensovittamiseen, ja todellisten reunaehtojen mukaan ottaminen tarkasteluun muuttujina auttaa selvittämään käytännön mahdollisuuksia ja rajoitteita.

Elinympäristöjen ja vaelluskalojen ekologian kannalta tarkin menetelmä on elinympäristömallinnus (habitaattimallinnus), jossa kohdelajin elinympäristövaatimukset mallinnetaan suhteessa virtaamaan tarkan topografisen ja hydraulisen mallin avulla. Elinympäristömallinnus on tässä käsitellyistä menetelmistä kallein toteuttaa, mutta siihen liittyvien työvaiheiden (etenkin pohjan topografian mittaaminen) kehittyessä mahdollisuudet paranevat lähivuosina. Voimatuotannossa olevien kohteiden rajallisen määrän vuoksi habitaattimallien laajaa soveltamista tärkeimmissä vaelluskalakohteissa tulisi suosia, sillä saatu tulos on merkittävästi parempi verrattuna muihin menetelmiin. Ympäristövirtaaman määrittämistä varten virtaamati-lanteita tulisi olla useampia ja kattavasti kohteesta riippuen, jotta voitaisiin luotettavasti tulkit-ta, millaisissa virtaamamäärissä tapahtuu selkeitä muutoksia soveltuvan elinympäristön määrässä (esim. kohta jolloin soveltuvan habitaatin määrä (WUA) kääntyy laskuun).

lijojen työpajassa taustatietona käytettiin habitaatti- eli elinympäristömallinnuksen tuloksia, joiden avulla pystytään arvioimaan virtaaman ja käytettävissä olevan elinympäristön (soveltuva pinta-ala, ha) välistä suhdetta. Elinympäristömallinnuksen mukaan lohenpoikasille soveltuvan elinympäristön määrä on esimerkkinä olevassa Vuormankoskessa suurimmillaan kesällä 50-70 m³/s virtaamilla ja talvella 40-50 m³/s virtaamilla.



Lohen poikasille soveltuva elinympäristö (WUA, m²) Vuormankoskessa eri virtaamilla. Kuvaan on piirretty myös Tennantin menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat (pystyviivat): musta: huono tai minimi-tilanne, harmaa: hyvä tilanne ja vaalean harmaa: erinomainen tilanne. Mallinnetun alueen vesipinta-ala on 30 m³/s virtaamalla 23,5 ha ja 100 m³/s virtaamalla 32,8 ha.

3.3 Oikeudellinen nykytila

Uudet ja vanhat vesiluvat

Vaelluskalakysymykset ovat oikeudellisesti erilaisia riippuen siitä, onko kysymys uuden vesiluvan myöntämisestä vai vanhan vesiluvan muuttamisesta. Edelleen vanhojen lupien kohdalla on olennaista, muutetaanko lupaan sisältyviä kalatalousmääräyksiä vai lisätäänkö lupaan kokonaan uusia määräyksiä. Vaelluskalakantojen elvyttämisen kannalta vanhojen vesilupien muuttaminen on olennaisinta, sillä suurin osa merkittävistä virtavesistöistä on jo rakennettu.

Uusien vesilupien kalatalousmääräykset

Vesitaloushankkeen haittojen ehkäisy ja vähentäminen sidotaan vesilaissa (VL, 587/2011) tietyistä hankkeista tietyille vaikutusalueelle aiheutuviin vaikutuksiin. Haittojen minimointiperiaatteen mukaan vesitaloushanke ei saa aiheuttaa vältettävissä olevaa yleisen tai yksityisen edun loukkausta, jos tämä on mahdollista ilman kustannusten kohtuutonta lisääntymistä (VL 2:7).

Lupaviranomaisen tulee määrätä vesiluvassa kalatalousvelvoitteesta tai maksusta aina, jos vesitaloushankkeesta aiheutuu kalakannoille tai kalastukselle vahinkoa. Toimenpiteiden suorittamisesta ei kuitenkaan saa aiheutua hankkeesta vastaavalle kohtuuttomia kustannuksia niillä saavutettaviin hyötyihin verrattuna (VL 3:14). Kalatalousmääräysten asettaminen edellyttää tapauskohtaista harkintaa (HE 277/2009 vp, s. 69).

Kalatalousvelvoite tarkoittaa vesilaissa niitä toimenpiteitä, jotka hankkeesta vastaavan tulee suorittaa kaloille aiheutuvan vahingon ehkäisemiseksi tai vähentämiseksi. Niihin voivat kuulua esimerkiksi kalatie, kalataloudellinen kunnostustoimenpide ja istutus. Kalatalousmaksu kattaa puolestaan kalataloustoimenpiteiden kohtuulliset kustannukset tilanteessa, jossa hankkeesta vastaava ei määrätä niitä suorittamaan. (VL 3:14). Luvassa voidaan määrätä myös kalatalousvelvoitteen ja maksun yhdistelmästä. Lisäksi kalatalousvelvoitteeseen voidaan liittää toimenpiteiden tuloksellisuuden tarkkailu. Kalatalousmaksu käytetään sillä vesialueella, johon hankkeen vahingollinen vaikutus ulottuu.

Kalatiestrategiassa ohjeistetaan viranomaisia esittämään uusiin vesitalouslupiin lupamääräyksiä, joiden avulla säilytetään mahdollisuus vaelluskalojen luonnolliseen lisääntymiseen, sekä tarkkailuvelvoite. Erityisesti tulisi kiinnittää huomiota kalojen alasvaelluksen onnistumiseen sekä menetettyjen lisääntymis- ja poikastuotantoalueiden korvaamiseen. (Kalatiestrategia 2012, s. 11–12)

Toiminnanharjoittajan tulee tuottaa uuden voimalaitoshankkeen vesilupakäsittelyyn runsaasti tutkimustietoa kalakantojen tilasta, alkuperäisyydestä ja uhanalaisuudesta samoin kuin kalastuksen sosioekonomisista vaikutuksista. Samoin tulee selvittää kalojen vaellusyhteyden säilyttäminen, häviävien poikastuotantoalueiden kompensointi, vaelluspoikasten alasvaelluksen turvaaminen sekä mahdolliseen kalatiehen ohjattava houkutus- ja ekologinen virtaama. (Kalatiestrategia 2012, s. 11)

Viime vuosina uudet vesivoimahankkeet ovat keskittyneet erityisesti pienvesivoimalaitosten saneeraukseen. Kalatalousmääräysten asettamisen kannalta on olennaista, tarvitaanko

saneerauksen yhteydessä voimalaitokselle uusi lupa vai muutetaanko olemassa olevaa lupaa. Vesivoimakoneiston uusiminen ei lähtökohtaisesti edellytä uutta lupaa, jos hankkeen vaikutukset eivät sanottavasti muutu (KHO 1995 A 46). Tällöin myös mahdollisuudet kalatalousmääräysten uudelleenarviointiin ovat rajatut. Jos taas hankkeelle tarvitaan uusi lupa, sen hakeminen ja lupaan mahdollisesti liittyvät kalatalousmääräykset esimerkiksi kalatien rakentamisesta saattavat johtaa laitoksen kannattavuuden huomattavaan vähentymiseen ja toiminnan lopettamiseen (Kalatiestrategia 2012, s. 11).

Uusista vesivoimahankkeista esimerkkinä on Sierilän voimalaitoksen tapaus. Se valaisee hyvin sitä, että kalatalousvahinkojen ehkäisy ja vähentäminen keskittyvät vesilaissa yksittäisen hankkeen vaikutuksiin.

KHO 2017:87. Vaasan hallinto-oikeus ja korkein hallinto-oikeus hylkäsivät vaatimukset kalatien rakentamisesta sillä perusteella, että Kemijokeen neljä aikaisempaa voimalaitospatoa estivät virtakatuisten kalojen nousemisen merestä Sierilän alapuolelle. Hallinto-oikeus viittasi myös siihen, että kalakannan hoitoa varten oli määrätty kalatalousmaksu ja kalanpoikasten istutusvelvoite. Hallinto-oikeus kuitenkin lisäsi lupaan lupamääräykset, joiden mukaan voimalaitoksen rakenteiden suunnittelussa tuli varautua kalatien rakentamiseen ja luvan saajan tuli arvioida tarvetta tähän kymmenen vuoden kuluessa voimalaitoksen käyttöön ottamisesta. Korkein hallinto-oikeus pysytti lupamääräykset.

Vesilain ohella ympäristönsuojelulaissa edellytetään kalatalousmääräysten antamista, jos jäteveden tai muun aineen päästämisestä voi aiheutua kalakannoille tai kalastukselle vahinkoa (YSL 57 §). Usein esimerkiksi turvetuotannon ympäristöluvan yhteydessä määrätään kalatalousmaksuista. Myös ympäristönsuojelulaissa kalatalousmääräykset on tarkoitettu yksittäisestä hankkeesta aiheutuvien kalataloushaittojen korvaamiseen.

KHO 2016:36. Turvetuotannon harjoittajan tuli maksaa vuoteen 2018 saakka kalatalousmaksua 1800 euroa ja vuodesta 2019 alkaen 900 euroa vuosittain. Maksu käytetään vesistöön johdettavien päästöjen vaikutusalueen kalastolle ja kalastukselle aiheutuvan haitan ehkäisemiseen.

Vanhojen vesilupien kalatalousmääräysten muuttaminen

Vanhojen vesilupien määräyksiin sovelletaan pääsääntöisesti luvan myöntämisen aikaista sääntelyä, ellei tästä ole erikseen poikettu (VL 19:4; HE 277/2009 vp, s. 30). Jos toisin ei ole säädetty, nykyisen vesilain lupamääräysten muuttamista koskevat säännökset (VL 3:21 ja 3:22) soveltuvat ainoastaan sellaisten hankkeiden arviointiin, joille on myönnetty lupa uuden vesilain nojalla. Muussa tapauksessa säännösten soveltaminen on mahdollista ainoastaan siinä määrin ja siinä laajuudessa, kuin vesilain siirtymäsääntely (VL 19 luku) antaa tähän mahdollisuuden.

Nykyisen vesilain siirtymäsääntely sisältää verraten laajat mahdollisuudet tarkistaa vanhojen vesilupien lupamääräyksiä (VL 19:10). Määräysten tarkistaminen edellyttää kuitenkin usei-

den kriteerien täyttymistä. Ensiksi kalatalousvelvoitteen tai -maksun tarkistaminen edellyttää, että tarkistamista on pidettävä yleisen edun tai tärkeän yksityisen edun kannalta tarpeellisena (VL 19:10). Tarkistamispäätöksessä tulee myös ottaa huomioon kalatalousmääräyksen antamisesta kuluneen ajan pituus ja muut asiaan vaikuttavat seikat (VL 19:10). Toiseksi kalatalousmääräysten tarkistaminen edellyttää, että olosuhteet ovat olennaisesti muuttuneet luvan myöntämisen aikaisesta tilanteesta tai velvoite on osoittautunut kalataloudellisesti epätarkoituksenmukaiseksi tai vuosittain suoritettavan kalatalousmaksun perusteena oleva kustannustaso on muuttunut (VL 3:22).

Jos kalatalousmääräysten tarkistaminen aiheutuu olosuhteiden olennaisesta muuttumisesta tai kustannustason noususta, ei sille ole edellä esitettyjen ohella erityisiä lisäkriteerejä (VL 3:22). Kalatalousmääräyksiä voidaan olosuhteiden olennaisesti muututtua tarkistaa, vaikka tämä lisäisi merkittävästi velvoitteen toteuttamiskustannuksia (Hepola 2007, s. 217–218). Sen sijaan kalataloudellisesti epätarkoituksenmukaiseksi osoittautunutta velvoitetta voidaan tarkistaa vain, jos sen kalataloudellista tulosta voidaan parantaa ilman, että samalla merkittävästi lisätään velvoitteen toteuttamiskustannuksia.

Tapauksessa KHO 2004:98 oli kysymys vuoden 1961 vesilain (VVL, 264/1961) 2:22.4 ja 2:22 c:n tulkinnasta suhteessa 1937 ja 1945 myönnettyjen vesilupien kalatalousmääräyksiin. Maa- ja metsätalousministeriö oli hakenut vesioikeudelta voimalaitosyhtiöille A ja B määrättyjen, kalataloudellisesti epätarkoituksenmukaisiksi osoittautuneiden kalateiden rakentamisvelvoitteiden tarkistamista. A:n laitokselle oli vesiluvan mukaisesti rakennettu kalahissi, joka ei toiminut, kun taas B:n laitokselle ei ollut lainkaan rakennettu luvassa edellytettyä kalatietä. Lisäksi ministeriö oli hakenut voimalaitosyhtiölle C määrätyn kalatalousmaksun muuttamista olosuhteiden olennaisen muuttumisen perusteella.

Korkein hallinto-oikeus katsoi, että epätarkoituksenmukaisiksi osoittautuneet yhtiöiden A ja B kalateiden rakentamisvelvoitteet voitiin poistaa ja määrätä yhtiöt maksamaan kalatalousmaksuja. Kalatalousmaksun suuruutta määrättäessä voitiin ottaa huomioon rakentamis- ja käyttökustannukset, jotka olisivat aiheutuneet uusien kalateiden rakentamisesta. A:n osalta tuli huomiota kiinnittää lisäksi siihen, että kalatalousvelvoite oli aikanaan täytetty rakentamalla sittemmin toimimattomaksi osoittautunut kalahissi. Korkein hallinto-oikeus totesi, että yhtiöiden A ja B velvoitteiden kalataloudellista tulosta voitiin VVL 2:22.4:ssä (553/1994) tarkoitetulla tavalla parantaa niiden toteuttamiskustannuksia merkittävästi lisäämättä.

Voimalaitosyhtiö C:n vesilupapäätökseen sisältynyt maksuvelvoite kalakannan suojaamiseksi voitiin korkeimman hallinto-oikeuden mukaan muuttaa rahamäärältään suuremmaksi olosuhteiden olennaisen muuttumisen johdosta. Korkein hallinto-oikeus viittasi tältä osin kalastoa koskevan tiedon lisääntymiseen ja vesistön tilan parantumiseen.

Edellä esitetyn ratkaisun valossa tiedon lisääntyminen voi täyttää tai ainakin muodostaa osan olosuhteiden olennaisesta muuttumisesta. Tämä on olennainen näkökohta, kun mietitään esimerkiksi istutusvelvoitteiden muuttamista kalatievelvoitteiksi siltä pohjalta, että kalateihin ja niiden toimivuuteen liittyvä tieto on lisääntynyt.

Uusien kalatalousmääräysten lisääminen vanhoihin vesilupiin

Uusien kalatalousmääräysten lisääminen vanhoihin vesilupiin on rajatusti mahdollista vesilain siirtymäsääntelyn nojalla (VL 19:5). Säännöksen mukaan lupaviranomainen voi hakeuksesta antaa uusia lupamääräyksiä noudattaen vesilain kolmannen luvun sääntelyä.

Lupamääräyksiä voidaan lisätä olemassa olevaan lupaan muun muassa sillä perusteella, että hankkeen toteuttamisesta lupamääräysten mukaisesti aiheutuu haitallisia vaikutuksia, joita lupamääräyksiä annettaessa ei ole ennakoitu ja joita ei muutoin voida riittävästi vähentää. Määräysten lisääminen on myös mahdollista, jos hankkeen toteuttamisesta lupamääräysten mukaisesti aiheutuu olosuhteiden muutosten vuoksi haitallisia vaikutuksia, joita ei muutoin voida riittävästi vähentää. (VL 3:21)

Uusien kalatalousmääräysten lisääminen ei kuitenkaan saa sanottavasti vähentää hankkeesta saatavaa hyötyä, ja uusien määräysten antamisesta aiheutuvat muut kuin vähäiset edunmenetykset määrätään hakijan korvattaviksi (VL 3:21). Nämä edellytykset rajoittavat merkittävästi mahdollisuuksia lisätä vesilupiin uusia kalatalousmääräyksiä vaelluskalakantojen elvyttämiseksi.

Tapauksessa KHO 4.4.2013, t. 1160 oli kysymys kalatalousmääräysten lisäämisestä vanhaan vesilupaan. Aluehallintovirasto ja Vaasan hallinto-oikeus katsoivat, ettei kalatalousvelvoitteiden muuttamista ja tarkistamista koskevien vesilain säännösten perusteella voida määrätä kokonaan uudesta velvoitteesta. Tämä on yleisesti oikeuskäytännössä omaksuttu kanta. Korkein hallinto-oikeus pysytti päätökset.

Vanhojen vesilupien säännöstely- ja juoksutusmääräysten muuttaminen

Vaelluskalakantojen luonnonkierron palauttaminen edellyttää usein virtavesien vähimmäisvirtaaman turvaamista. Tämän johdosta kalatalousmääräysten sekä juoksutus- ja säännöstelymääräysten välille ei kaikissa tapauksissa ole tehtävissä selkeää eroa.

Säännöstely- ja juoksutusmääräysten tarkistamiseen ja uusien määräysten antamiseen sovelletaan kalatalousmääräysten sääntelystä poikkeavia säännöksiä. Näistä ensimmäinen koskee tilanteita, joissa ennen 1.5.1991 luvan saaneesta vesitaloushankkeesta aiheutuu huomattavia haitallisia vesistövaikutuksia, eikä haittoja voida vähentää muutoin kuin uusia lupamääräyksiä antamalla tai vanhoja määräyksiä tarkistamalla (VL 19:7–8). Tällöin edellytyksenä määräysten tarkistamiselle tai uusien määräysten antamiselle on ensiksikin, että säännöstelystä aiheutuu huomattavia haitallisia vaikutuksia vesiympäristölle ja sen käytölle. Tämän jälkeen on vielä kolmen oikeudellisen kriteerin täytyttävä: 1) tarkistamisesta saatava hyöty on olosuhteisiin nähden yleisen edun kannalta merkittävä, 2) lupamääräysten muuttaminen ei olennaisesti muuta hankkeen alkuperäistä tarkoitusta ja 3) lupamääräysten muuttaminen ei merkittävästi vähennä hankkeesta saatavaa kokonaisyötyä. Muut kuin vähäiset edunmenetykset määrätään hakijan korvattavaksi (VL 19:7. Ks. myös HE 17/1994 vp, s. 31; sekä KHO 2005:7).

Toinen säännös koskee tilanteita, joissa haitalliset vesistövaikutukset aiheutuvat padotus- tai säännöstelyhankkeesta riippumattomista syistä (tulva tai kuivuus), joihin voidaan reagoida uusia lupamääräyksiä antamalla tai vanhoja määräyksiä tarkistamalla (VL 18:3 a). Lupamääräysten tarkistaminen tai uusien määräysten lisääminen on mahdollista muun muassa tilanteissa, joissa aiheutuu suurta vahinkoa yleiselle edulle tai suurta ja laaja-alaista vahinkoa yksityiselle edulle, eikä näitä vaikutuksia muutoin voida riittävästi vähentää. Lupamääräysten tarkistaminen tai lisääminen ei saa sanottavasti vähentää hankkeesta saatavaa hyötyä (VL 3:21). Lupamääräysten tarkistamisesta tai uusien määräysten antamisesta seuraavat, muut kuin vähäiset edunmenetykset määrätään hakijan korvattaviksi (VL 3:21).

Tapauksessa KHO 29.1.2013 t. 357 oli kysymys vesivoimalaitoksen lupamääräysten muuttamisesta järvilohikannan turvaamiseksi. Korkein hallinto-oikeus katsoi, että vesiluvan haltijalle voidaan asettaa kokeiluluontoinen lisäjuoksutuksia ja vähimmäisvirtaamaa koskeva velvoite. Juoksutusta koskeva määräys asetettiin poikkeuksellisesti määräaikaisena ja luvanhaltija veloitettiin seuraamaan vähimmäisvirtaamaan noston vaikutuksia järvilohikantaan. Määräaikainen kalatalousmääräys ja sen seuranta olivat välttämättömiä, koska virtaamavaikutuksia järvilohelle ei voitu selvittää mallintamalla, eikä kalataloushyötyä saatu aikaan muilla toimenpiteillä.

Vesienhoidon vaatimukset vaelluskalakantojen elvyttämiseksi

Vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain (1299/2004) mukaan vesienhoidon ympäristötavoitteena on, että pintavesimuodostumien tila ei heikkene ja että niiden tila on vähintään hyvä. Jos kysymys on esimerkiksi voimalaitosten rakentamisen takia tai muuten fyysisesti voimakkaasti muutetusta vesimuodostumasta, tavoitteena on hyvä saavutettavissa oleva ekologinen tila. Pintavesimuodostumia tulee suojella, parantaa ja ennallistaa siten, että niiden tilatavoitteet saavutetaan (21–22 §).

Vesipuidedirektiivissä (2000/60/EU) säädetään tarkemmin vesimuodostumien tilan luokittelusta. Jokien ja järvien osalta tila on sidoksissa muun muassa kalaston koostumukseen, runsaussuhteisiin ja ikärakenteeseen sekä virtauksen määrään ja dynamiikkaan. Hyvän tilan tavoite sallii merkkejä ihmistoiminnasta johtuvista vähäisistä muutoksista esimerkiksi kalakantoihin ja virtaamiin, mutta vesimuodostuman laatutekijöiden arvot saavat erota vain vähän niistä arvoista, jotka tavallisesti liitetään kyseisen pintavesimuodostumatyyppin häiriintymättömiin olosuhteisiin (liite V).

Voimakkaasti muutettujen vesimuodostumien kohdalla vesipuidedirektiivissä sovelletaan osin erilaisia vesimuodostuman tilan luokittelun kriteerejä. Niiden paras mahdollinen ekologinen potentiaali edellyttää muun ohella, että toteutetaan lieventäviä toimenpiteitä, joiden avulla päästään mahdollisimman lähelle parasta toteutettavissa olevaa ekologista jatkumoa. Ekologista jatkumoa tulee tarkastella erityisesti eläimistön vaelluksen ja sopivien kutemis- ja lisääntymisalueiden kannalta. Voimakkaasti muutetuissa vesimuodostumissa virtaaman riittävyttä arvioidaan biologisten kriteerien, kuten kalakantojen tilan, kautta. Jos voimakkaasti muutetun vesimuodostuman tila paranee esimerkiksi kalataloudellisten toimenpiteiden ansiosta, voi sen luokittelu voimakkaasti muutetuksi tulla uudelleen harkittavaksi (liite V).

KHO 2015:63. Korkein hallinto-oikeus linjasi Kantturakosken vesivoimalaitoksen lupaehtojen muuttamista käsitelleessä päätöksessä, että vesistön luokittelu voimakkaasti muutetuksi ei tarkoita vapautusta velvollisuudesta sen tilan parantamiseen. Voimalaitoksen vaikutusten kohteena ollut Virojoen alaosa oli määritelty voimakkaasti muutetuksi vesimuodostumaksi ja sen ekologinen tila tyydyttäväksi. Kaakkois-Suomen vesienhoidon toimenpideohjelmassa oli katsottu, että Virojoen alaosa oli lähellä parasta saavutettavissa olevaa tilaa muun ohella sen takia, että tilan parantaminen olisi aiheuttanut merkittävää haittaa vesivoiman tuotannolle (Kaakkois-Suomen ELY-keskus 2009, s. 1–4). Korkeimman hallinto-oikeuden mukaan voimalaitoksen vaikutusten kohteena olleen Virojoen alajuoksun määrittely voimakkaasti muutetuksi vesimuodostumaksi ei kuitenkaan merkinnyt, etteikö uoman tyydyttäväksi luokiteltua ekologista tilaa olisi tarpeen parantaa.

Vesienhoidon ympäristötavoitteiden korostunut merkitys

Vesienhoidon ympäristötavoitteiden oikeudellinen merkitys oli pitkään epäselvä. Keskustelua käytiin siitä, velvoittavatko vesipuidedirektiivissä (4 art.) – ja Suomen vesienhoitolaissa – tarkoitetut ympäristötavoitteet jäsenvaltiota ryhtymään ainoastaan toimenpiteisiin tavoitteiden saavuttamiseksi (obligation of best effort) vai velvoittavatko ne oikeudellisesti sitovalla tavalla estämään vesimuodostumien tilan heikentämisen ja saavuttamaan niiden hyvän tilan tai hyvän ekologisen potentiaalin (obligation of result). EU-tuomioistuin korosti vuonna 2015 Weser-joen tapauksessa C-461/13 ympäristötavoitteiden oikeudellista sitovuutta.

EU-tuomioistuin C-461/13 (Weser-joen tapaus): Tapauksessa oli kysymys Saksan liittovaltion hallintotuomioistuimen ennakkoratkaisupyynnöstä, jonka se esitti Weser-joen laivaväylien syventämistä käsitelleessä asiassa. Ennakkoratkaisukysymykset käsitelivät sitä, 1) tuleeko jäsenvaltion hylätä vesipuidedirektiivin ympäristötavoitteiden vastainen hanke, jos hankkeeseen ei sovelleta direktiivissä tarkoitettua poikkeamista ympäristötavoitteista; ja 2) millä kriteereillä pintavesi-muodostuman tilan huonontumista tulee arvioida (kohdat 28–29 ja 52).

EU-tuomioistuin antoi ennakkoratkaisukysymyksiin seuraavat ratkaisut: 1) Vesipuidedirektiivin nojalla (4 art.) jäsenvaltion on, jollei poikkeusta sovelleta, evättävä lupa sellaiselta hankkeelta, joka voi aiheuttaa pintavesimuodostuman tilan huononemisen tai joka vaarantaa pintavesien hyvän tilan tai pintavesien hyvän ekologisen potentiaalin ja hyvän kemiallisen tilan saavuttamisen. 2) Pintavesimuodostuman tilan huononeminen on kyseessä heti, kun ainakin yhden direktiivin liitteessä tarkoitettun laadullisen tekijän tila huononee yhdellä luokalla, vaikka huononeminen ei johtaisi pinta-vesimuodostuman luokan huononemiseen kokonaisuudessaan. Jos laadullinen tekijä kuuluu alimpaan luokkaan, sen kaikenlainen huononeminen merkitsee pintavesimuodostuman tilan huononemista.

Weser-joen tapauksen perusteella vesipuidedirektiivissä – ja vesienhoitolaissa – veloitetaan jäsenvaltio ensinnäkin saavuttamaan pintavesien hyvä tila tai hyvä ekologinen potentiaali ja hyvä kemiallinen tila, ellei kysymykseen tule erityisten poikkeamismahdollisuuksien soveltaminen (ks. poikkeamisista vesienhoitolain 23–25 §). Toiseksi jäsenvaltio ei voi myöskään sallia pintavesimuodostuman tilan huononemista ilman poikkeusten soveltamista. Kolmanneksi – ja vesienhoidon ympäristötavoitteiden sitovuutta edelleen korostaen – jo yhden laadullisen tekijän huononeminen tarkoittaa vesimuodostuman tilan huonontumista.

Vesienhoidon ympäristötavoitteiden oikeudellisen sitovuuden korostuminen EU-oikeudessa heijastuu myös vanhojen vesivoimalupien tarkistamiseen. Vesipuidedirektiivissä edellytetään pintaveden patoamisen ennakkovalvontatoimenpiteiden säännöllistä tarkistamista ja tarvittaessa ajan tasalle saattamista. Tämä on yksi perustoimenpiteistä vesienhoidon toimenpideohjelmassa, jonka tarkoituksena on saavuttaa juuri vesienhoidon ympäristötavoitteet (11 art.). Ympäristötavoitteiden sitovuuden korostuminen tarkoittaa väistämättä myös sitä, että vaatimukset olemassa olevien vesivoimalupien ympäristötavoitteiden mukaisuudesta vahvistuvat.

Johdantoa siihen, miten EU suhtautuu vesivoimahankkeiden ja vaelluskalakysymyksen yhteensovittamiseen on saatavissa EU-tuomioistuimen vuonna 2016 ratkaisemasta Schwarze Sulmin tapauksesta C-346/14. Siinä EU-tuomioistuin yhtäältä suhtautui uuteen vesivoimahankkeeseen uusiutuvan energian hankkeena hyvin myönteisesti ja katsoi, että hanke saattoi täyttää vesipuidedirektiivissä (4(7) art.) tarkoitetut vesienhoidon ympäristötavoitteista poikkeamisen edellytykset. Toisaalta tuomioistuin edellytti yksiselitteisesti, että vesivoimalaitoksen rakentamisen yhteydessä tulee vesipuidedirektiivin perusteella ryhtyä toimenpiteisiin kalojen vaellusesteiden rajoittamiseksi ja tarvittaessa vaelluksen muuksi tukemiseksi.

3.4 Taloudellinen arvottaminen

Hyötyjen arvottaminen kiinteä osa kustannus-hyötyanalyysiä

Kustannus-hyötyanalyysia käytetään yhteiskunnallisen päätöksenteon apuvälineenä tarkastelemalla, ylittävätkö käsillä olevasta toimenpiteestä tai hankkeesta saadut hyödyt sen kustannukset. Menetelmän soveltaminen vaatii usein hyötyjen muuttamista vertailukelpoisiksi kustannusten kanssa eli hyötyjen rahamääräistämistä. Esimerkiksi virkistyskalastuksen hyötyjen arvo ei ilmene suoraan havaittavina markkinahintoina. Markkinattomien ympäristö- ja virkistys-hyötyjen arvo määritetään taloudellisilla arvottamismenetelmillä. Arvottamistutkimuksissa puhutaan usein keskimääräisestä maksuhalukkuudesta määrätystä muutoksesta tietyssä ympäristön tilassa; esimerkiksi kalatien mahdollistamasta kalansaaliista (ns. käyttöarvo) tai tietoisuudesta uhanalaisen kalalajin kannan paremmasta tilasta (ns. käytöstä riippumaton arvo) tietyllä joella. Keskimääräisen maksuhalukkuuden avulla voidaan laskea kokonaisarvo kertomalla yksilökohtainen arvo hankkeen vaikutuspiiriin kuuluvien yksilöiden lukumäärällä.

Keskiarvoista maksuhalukkuutta kuvataan yhdellä euromääräisellä luvulla. Se on helppo tapa viestiä taloudellisen arvon suuruudesta, mutta ei ota kantaa maksuhalukkuuden jakaumaan tai sen tasa-arvoon erituloisten kansalaisten välillä. Tämä on syytä ottaa huomioon arvottamistutkimusten tuloksia käsiteltäessä. Kustannus-hyötyanalyysissä voidaan ottaa huomioon, missä kansalaiset ovat valmiita osallistumaan vaelluskalojen luonnollisen kierron palauttamiseen ja millä ehdoin. Sen pohjalta voidaan tehdä toimenpiteitä kustannuksiltaan tehokkaasti siellä, missä hyötyä saadaan eniten. Raportin liitteessä 2 kuvaillaan tar-

kemmin ympäristöhyötyjen arvottamisen taustaa, mitä arvoilla tarkoitetaan ja arvottamisen tuloksia vaelluskalojen tilan parantamisesta rakennetuissa vesistöissä.

Vaelluskalojen taloudellisesta arvosta ja asenteista vain vähän tietoa

Arvottamiskirjallisuutta tarkastelevassa katsauksessa (liite 2) havaittiin, että suomalaisia vaelluskalojen luonnollisen kierron palauttamisen hyötyjä rakennetuissa joissa kartoitettavia arvottamistutkimuksia ei ole. Vaelluskaloihin liittyvää virkistyskalastuksen arvoa on tarkasteltu ainoastaan Simojoella opinnäytetyönä (Parkkila 2005). Tilanteissa, joissa arvottamistutkimuksen teko ei tule kyseeseen kustannusten tai aikataulun vuoksi, voidaan käyttää tulosten siirtoa. Tulosten siirrolla pyritään arvioimaan aiemmin arvioimattoman ympäristöhyödykkeen arvoa käyttämällä aiempia tutkimustuloksia toisilta mahdollisimman samankaltaisilta alueilta.

Ruotsissa tehtyjen tutkimusten mukaan kalastajat eivät ole kovin herkkiä saalismäärien rajoittamiselle. Pyydystä-ja-päästä -ohjeistuksella voidaan osaltaan suojella kalakantoja samalla ylläpitäen virkistyskalastusta. Pelkillä kalastuksen virkistysarvoilla ei voida perustella suuria muutoksia vesivoimantuotannossa, paitsi jos (potentiaalinen) kalastajamäärä on huomattavan suuri. Kirjallisuudessa on kuitenkin viitteitä siitä, että vaelluskalakantojen tuottamien käytöstä riippumattomien hyötyjen taloudellisen arvon huomioon ottaminen voi kääntää vaelluskalojen elvyttämisen hyödyt kustannuksiksi suuremmiksi myös silloin, kun maksuhalukkuuden mahdollinen hypoteettinen virhe otetaan huomioon (Whitehead ym 2016).

Vaelluskalakantojen tilaa parantavien toimenpiteiden tuottamien taloudellisten hyötyjen tutkimuksessa on esimerkkejä erilaisista toimenpiteistä (kalateiden rakentaminen, kutualueiden parantaminen, joen virtaaman muuttaminen luonnollisemmaksi, pienten ja suurten patojen purkaminen). Tutkimukset ovat kuitenkin luonteeltaan tapauskohtaisia. Ruotsissa tehdyt tutkimukset ovat mielenkiintoinen vertailukohta Suomeen, joskin tutkimusten tulosten siirto ei ole yksinkertaista – arvostukset voivat muuttua ajan mukana ja kalastajaryhmien samankaltaisuudesta ei ole tietoa.

Isännättömien tai vanhojen huonokuntoisten vesirakenteiden purkamisen hyötyjä ei ole tarkasteltu viimeaikaisessa kirjallisuudessa. Syitä voi olla useita; rakenteita ei ole välttämättä tunnustettu, yksittäisen rakenteen purkamisen hyödyt eivät välttämättä ole niin suuret, että niistä kannattaisi tehdä laajaa arvottamistutkimusta, ja tutkimusrahoittajien näkökulmasta vesivoimantuotannon, ilmasto vaikutusten ja luontoarvojen keskinäinen tasapainottaminen voi olla mielenkiintoisempaa.

Kirjallisuuskatsauksen ulkomaisten tutkimusten tulosten perusteella voidaan sanoa, että vaelluskalakantojen parantaminen tuottaa merkittäviä taloudellisesti mitattavia hyötyjä. Nykyisellä tiedolla on kuitenkin hankalaa arvioida, miten suomalaiset kalastajat reagoisivat erilaisiin kalastusrajoituksiin, -maksuihin ja uusiin kalastusmahdollisuuksiin verrattuna muihin tutkimusmaihin. Toivosen ym. (2004) vuosituhannen vaihteessa tehdyn kyselyn mukaan suomalaiset ja ruotsalaiset olivat melko lähellä toisiaan virkistyskalastuskäyttäytymisen suhteen. Käytöstä riippumattomien arvojen eroamisen suhteen tiedämme vähemmän.

Esimerkki kustannus-hyötyanalyyseista Ruotsissa

Håkansson (2009) arvottaa Ruotsissa luonnonlohikannan tilan parantamista Uumajan ja Vindelns-joilla. Håkanssonin tutkimus ottaa huomioon niin käyttö- kuin käytöstä riippumattomat arvot. Koko Uumajanjoen virtaama on säätelyn alaista ja luonnonlohen suurin vaelluseste on Stornorrforssin vesivoimala (teho 590 MW, 75 m putouskorkeus), johon kyselyssä ehdotettiin kalatietä. Tutkimuksessa selvitettiin kertaluonteista maksuhalukkuutta biologisen mallinnuksen avulla muodostettuihin lohikannan muutosarvioihin.

Kyselyn tulokset paljastivat ruotsalaisten olevan huolissaan eritoten luonnonlohen säilymisestä (käytöstä riippumaton arvo), vähemmän lohien määrästä. Vastaajien käyntikertojen määrä joella on etäisen sijainnin vuoksi hyvin vähäinen.

Håkansson tarkastelee kustannus-hyötyanalyyseissä tuhannen nousuloheen vuosittaisen lisäämisen skenaariota (4000 nousulohta 100 gigawattitunnin sähköhäviöllä vuosittain). Kalatien rakentamisen ja sopivan virtaaman ylläpidon kustannusten arviointi on vaikeaa koska turbiinien ohi juoksutetun veden kustannus riippuu sähkön hinnan kehityksestä ja säätelijöistä. Kustannusten epävarmuuden vuoksi kalatien rakentamisen hyöty vaihtelee kahden miljardin Ruotsin kruunun nettokustannuksista 400 miljoonan kruunun nettohyötyihin.

Suurimmat kustannukset syntyvät luonnollisesti sähkön hinnan säilyessä korkeana ja ohijuoksutusten jatkuessa pidempään. Håkanssonin johtopäätös on, että kustannukset ovat todennäköisesti hyötyjä suurempi. Hän huomauttaa myös, että suurin osa hyödyistä muodostuu käytöstä riippumattomista arvoista – rajoittamalla tarkastelu lohenkalastajien virkistyskäytön arvoon valtaosa hyödyistä olisi jäänyt toteamatta. Kysely paljastaa myös ruotsalaisten suosivan luonnollista vaelluskalojen kiertoa verrattuna mekaanisiin ratkaisuihin; esimerkiksi lohien autokuljetukseen ylävirralle – kansalaiset siis välittivät myös siitä miten vaelluskalojen ylösvaellusta helpotetaan. Vuonna 2010 rakennetun kalatien läpi kulki noin 6400 (230) luonnonlohta (taimenta), 2700 (30) istutettua lohta (taimenta) vuonna 2016.

3.5 Vaelluskalojen palauttamisen hyötyjen ja kustannusten kokonaisvaltainen tarkastelu

Vaelluskalojen luontaisen elinkierron palauttamiseen rakennettuun jokeen liittyy monia näkökohtia. Vaellusmahdollisuuden palauttaminen vaellusesteiden ohi, kuten kalateiden rakentaminen, on yksi keskeinen seikka. Tämän ohella on elinkierron palauttaminen voi edellyttää tuki-istutuksia, kalastuksen sääntelyä, joen virtaamien muuttamista ja virtavesien kunnostamista.

Näistä toimenpiteistä aiheutuu sekä kustannuksia että hyötyjä. Esimerkiksi veden juoksutaminen kalaportaisiin vähentää vesivoimatuotantoa eli aiheuttaa kustannuksia, mutta pitkässä juoksussa kalakantojen kohentuminen lisää kalastuksesta saatavia hyötyjä. Toimenpiteet ovat yhteiskunnallisesti kannattavia, mikäli saadut hyödyt ylittävät aiheutetut kustannukset.

Numeerisen optimointimallin avulla voidaan tarkastella vaelluskalojen elinkierron turvaamiseksi tehtävien toimenpiteiden hyötyjä ja kustannuksia kokonaisvaltaisesti. Mallitarkastelun esimerkkinä on Kymijoen alaosan kosket ja itäisen haaran voimalaitokset. Laskelmat on

kuvattu tarkemmin liitteessä 3. Laskelmat eivät sisällä olemassa olevien kalateiden rakentamis- ja ylläpitokustannuksia eivätkä nykyisistä ohijuoksutuksista aiheutuvia vesivoiman menetyksiä.

Hyötyjen rahallinen arvo on kustannuksia suurempi

Korkeakoskeen rakennutetut kalaportaat antavat hyvän lähtökohdan lohen luontaisen elinkierron palauttamiselle Kymijokeen yhteiskunnallisesti kannattavasti. Mallitarkastelun tulosten mukaan lohen palauttamisen hyötyjen rahallinen arvo on huomattavasti kustannuksia suurempi johtuen etenkin virkistyskalastuksen korkeasta arvosta ja siitä, että lisääntymisalueet ovat välittömästi voimalaitoksen yläpuolella.

Lohen palauttamiseksi tarvitaan tuki-istutuksia noin viiden ensimmäisen vuoden aikana. Tehokkainta olisi tehdä tuki-istutusten ohella ylisiirtoja alkuvuosina. Ammattikalastuksen sääätely tarkastelujakson alkuvuosina on myös tehokas toimenpide, mikäli se on käytännössä toteutettavissa. Säätelyn myötä voitaisiin vähentää ylisiirtoja ja tuki-istutuksia. Palauttamistoimet ovat siis jossain määrin toisiaan korvaavia edellyttäen, että tuki-istutuksia on riittävästi lohen luonnollisen elinkierron palautumiseksi.

Palauttamistoimilla ei kuitenkaan ole kannattavaa eikä mahdollista ottaa Kymijoen koko laskennallista tuotantopotentiaalia käyttöön. Tämä johtuu monista hävikkiä aiheuttavista tekijöistä, mutta etenkin kalojen nousun onnistumisesta kalaportaisissa ja säännöstelypadolla; nousuesteiden olemassaolo joka tapauksessa hieman pienentää lohikannan kokoa verrattuna rakentamattoman joen tilanteeseen (Mäki-Petäys ym. 2013).

Virtaamamuutokset

Tulokset tukevat sitä näkemystä, että nousun onnistumista voisi olla kannattavaa pyrkiä edistämään virtaamamuutosten avulla kalojen parhaimpaan nousuaikaan elo-lokakuussa ohjaamalla Koivukosken voimalaitokselta vettä säännöstelypadon ylijuoksutuksiin. Korkeakoskella puolestaan voitaisiin pyrkiä lisäämään pumppaamalla houkutusvirtaamaa, mikäli tämä on mahdollista nykyisten rakenteiden puitteissa. Kyseiset toimenpiteet ovat yhteiskunnallisesti perusteltuja, jos niiden myötä lohen nousumahdollisuudet kohentuvat Koivukosken haarassa kolme ja Korkeakosken haarassa yhden prosenttiyksikön. Päätelmän tueksi tarvitaan kuitenkin vielä empiiristä aineistoa lohen nousun onnistumisesta Kymijoen kalaportaisissa.

Virkistyskalastuksen arvo

Analyyysin tulokset riippuvat olennaisesti virkistyskalastuksen kysynnästä ja arvosta. Mitä suurempi virkistyskalastuksen kysyntä tai arvo on, sitä enemmän kannattaa toteuttaa lohen palauttamistoimia ja rajoittaa ammattikalastusta, jolloin virkistyskalastuksen hyödyt kasvavat. Kymijoen virkistyskalastuksen arvosta ei ole olemassa tutkimuksia, joten tuloksia on pidettävä lähinnä suuntaa-antavana. Laskelmissa käytetty virkistyskalastuksen arvo perustuu Vindel-jokea koskevaan arvottamistutkimukseen (Håkansson 2008, 2009) ja Kymijoen kalastajamääriä koskeviin ennusteisiin.

Mallitarkastelun sovellettavuus muille joille

Edellä tarkasteltiin lohien palauttamista Kymijolle, mutta vastaavia laskelmia voitaisiin tehdä myös muille rakennetuille joille (esim. Nieminen 2017). Edellytyksenä on, että tarkastelun kohteena olevan kalalajin elinkierto kyseisellä joella tunnetaan riittävän tarkasti. Ongelmaksi voi muodostua se, että kalan nousun onnistumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä ei ole tutkittu. Puute korostuu etenkin useita voimaloita sisältävillä joilla. Lisäksi tarvittaisiin tutkimuksia lohien palauttamisen markkinattomien hyötyjen arvosta, kuten virkistyskalastuksesta.

Kymijoen mallitarkastelussa lohien luontaisen elinkierron palauttamistoimien vaikutuksia tarkastellaan skenaarioiden avulla. Skenaarioissa A ja B optimoinnin tavoitteena on minimoida palauttamistoimien kustannuksia sillä rajoitteella, että lohien luonnollinen elinkierto saavutetaan. Eli skenaarioissa A ja B maksimoidaan palauttamistoimien kustannustehokkuutta. Skenaariossa A optimoituavana päätösmuuttujana on tuki-istutus ja skenaariossa B ylisiirto ja tuki-istutus. Ammattikalastuksen osalta skenaarioissa A ja B käytetään kiinteää kalastuskuolevuutta (35 %). Skenaariossa C tuki-istutusten ja ylisiirtojen ohella optimoidaan (säädellessään) ammattikalastuksen saalismäärää. Optimoinnin tavoitteena on maksimoida nettohyötyjä: ammattikalastuksen tulot miinus palauttamistoimien kustannukset. Skenaario D on muuten samanlainen kuin skenaario B, paitsi että optimoituvaan nettohyötyyn lasketaan myös virkistyskalastuksen hyödyt. Skenaariossa D maksimoidaan siis palauttamistoimien yhteiskunnallista kannattavuutta.

Kustannusten ja hyötyjen nykyarvot 50 vuoden aikavälillä (miljoonaa euroa).

	SKENAARIOT			
	A	B	C	D
Kustannukset yhteensä	1,84	1,77	1,13	1,65
Ylisiirrot	0,00	0,13	0,09	0,24
Tuki-istutukset	1,84	1,63	1,04	1,41
Hyödyt yhteensä	21,93	21,92	21,44	23,57
Kaupallinen merikalastus	2,96	2,95	2,44	1,82
Virkistyskalastus	18,97	18,97	19,00	21,75
Nettohyödyt	20,09	20,15	20,31	21,92

A = Palautetaan lohien luontainen elinkierto kustannuksia minimoiden tuki-istutusten avulla.

B = Palautetaan lohien luontainen elinkierto kustannuksia minimoiden tuki-istutusten ja ylisiirtojen avulla.

C = Palautetaan lohien luontainen elinkierto maksimoiden ammattikalastuksen ja tukitoimien nettohyötyjä tuki-istutusten, ylisiirtojen ja ammattikalastuksen sääntelyn avulla.

D = Palautetaan lohien luontainen elinkierto maksimoiden ammattikalastuksen, virkistyskalastuksen ja tukitoimien nettohyötyjä tuki-istutusten, ylisiirtojen ja ammattikalastuksen sääntelyn avulla.

Tuloksista nähdään, että lohien luontaisen elinkierron palauttaminen on yhteiskunnallisesti kannattavaa. Ylisiirtojen ja tuki-istutusten yhdistelmä on taloudellisesti parempi vaihtoehto kuin pelkkä tuki-istutusten käyttö. Skenaarioissa A ja B tuki-istutuksia tehdään vain aikajakson alussa viiden vuoden ajan. Skenaariossa B lohia siirretään padon yli noin 200 yksilöä vuodessa kolmen vuoden ajan ja tämän jälkeen noin 100 yksilöä viiden vuoden ajan. Skenaariossa C saavutetaan edelleen lisähyötyjä ammattikalastuksen säätelyn avulla. Optimaalista on rajoittaa ammattikalastusta alkuvuosiina, jolloin voidaan vähentää ylisiirtoja ja tuki-istutuksia vastaavasti. Ylisiirtoja tehdään vain kolmena ensimmäisenä vuonna. Skenaariossa D tehdään enemmän palauttamistoimia kuin skenaariossa C, erityisesti ylisiirtoja tehdään vaihtelevasti koko tarkastelujakson ajan, koska tämä lisää virkistyskalastuksesta saatavaa hyötyä. Samasta syystä rajoitetaan voimakkaammin ammattikalastusta.

Skenaarioiden nettohyödyt eivät poikkea toisistaan kovinkaan paljon, koska nettohyödyn arvo määräytyy pääosin virkistyskalastuksen hyötyjen kautta. Virkistyskalastuksen hyödyn arvo on korkea kaikissa skenaarioissa lohien luontaisen elinkierron palautumisen myötä.

3.6 Sidosryhmätyöskentely ja monitavoitearviointi

Sidosryhmien osallistumisen ja tavoitteiden yhteensovittamisen merkitys

Sidosryhmien tavoitteiden yhteensovittaminen on keskeinen kysymys vaelluskalojen elvyttämishankkeissa. Usein eri toimenpidevaihtoehdot edistävät joitakin tavoitteita, mutta samalla aiheuttavat haittaa joillekin toisille. Parhaita ovat ratkaisut, jotka joko parantavat kaikkien osapuolten tilannetta tai eivät ainakaan ole millekään osapuolelle aikaisempaa huonompia. Aina tällaisia ratkaisuja ei ole, jolloin edellytyksenä yhteisymmärrykselle on, että osapuolet ovat valmiita kompromisseihin.

Eri osapuolten tavoitteiden yhteensovittamista voidaan edistää järjestelmällisellä suunnitellulla. Osapuolet tulee ottaa aktiivisesti ja vuorovaikutteisesti mukaan suunnitteluun. Siten voidaan tunnistaa osapuolten tavoitteita ja edistää rakentavan työskentelyilmapiirin syntymistä, luottamuksen rakentamista hanketta kohtaan ja parhaimmillaan uusien luovien ratkaisujen löytymistä. Samalla voi parantua myös valmius kompromissiratkaisuille ja yhteisesti hyväksyttävien ratkaisujen löytämiselle. Toisinaan prosessin edetessä huomataan, että joidenkin osapuolten tavoitteet eivät ole niin voimakkaassa ristiriidassa kuin hankkeen aluksi luultiin.

Sidosryhmätyöskentelyn ja tavoitteiden yhteensovittamisen tukeminen voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri osa-alueeseen:

- Sidosryhmien välisen luottamuksen rakentaminen sekä vuorovaikutuksen ja osallistumisen tukeminen
- Ongelman ja siihen liittyvien olennaisten tekijöiden tunnistaminen ja jäsentäminen
- Vaihtoehtojen monitavoitteinen ja läpinäkyvä tarkastelu eri näkökulmista

Kunkin osa-alueen tukemiseen on olemassa erityyppisiä menetelmiä, joita kuvaamme seuraavaksi.

Sidosryhmien välisen vuorovaikutuksen ja osallistumisen tukeminen

Vuorovaikutuksen ja osallistumisen tukemisen kannalta on olennaista saavuttaa osapuolten välinen luottamus. Tätä voidaan tukea järjestämällä tilaisuuksia, joissa eri osapuolet kohtaavat. Tilaisuuksien suunnitteluun on syytä kiinnittää erityistä huomiota ja kutsua kaikki sidosryhmät paikalle. Hyvä tapa luottamuksen rakentamiseen on ryhmäyttää osallistujat huolella aloittaen keskustelut ensin pari- ja pienryhmäkeskusteluina. Kun sidosryhmät saavat kertoa tavoitteistaan ja odotuksistaan heti alussa ja saavat kokemuksen kuulluksi tulemisesta, ovat jatkokeskustelut usein hedelmällisempiä. Vuorollaan eri ryhmien asioihin, ongelmiin ja tavoitteisiin paneutuminen auttaa ryhmiä asettumaan toistensa rooleihin ja lisäämään yhteisymmärrystä.

Yhteisymmärryksen syntymistä voi tukea myös roolien vaihdoilla. Keskusteluja käydään aluksi helpommista aiheista ja syvennetään aiheita vähitellen. Asioiden näkyväksi tekeminen esim. seinälle vaikkapa post-it lapuilla, fläppitaululle kirjoittamalla tai kuvakorttien ja symbolien avulla pöydälle tai valkokankaalle heijastamalla helpottaa yhteisen kuvan muodostamista. Visualisointi auttaa myös turvaamaan, että asioista keskustellaan samalla tasolla. Oleellista on, että ohjaaja kuuntelee kaikkia ja huolehtii ohjauksellaan, että osallistujat

voivat osallistua yhdenvertaisella tavalla. Myös ohjaajan tuki kaikkia ryhmiä kohtaan on oltava tasapuolista.

Varsinaisia yhteisten tavoitteiden muodostamista, toimenpiteiden arvioimista ja suunnittelua varten on mietittävä kysymykset mahdollisimman konkreettisiksi. Suunnittelussa on hyvä pohtia, missä aiheissa sidosryhmät kannattaa sekoittaa ja milloin keskustelut käydä ryhmittäin. Suunnitelmia on syytä tarvittaessa muuttaa. Jos osallistujat kaipaavat lisää tietoa, voidaan tähän tarpeeseen vastata seuraavassa kokouksessa. Työskentelyn lomassa yhteistä ymmärrystä ja luottamusta lisää myös, kun asioita käsitteellistetään välillä ja kerrataan, mistä asioista on sovittu ja miten avoimien asioiden käsittelyä jatkossa jatketaan. Käsiteltäviä asioita voidaan myös peilata muiden vastaavien asioiden käsittelyihin ja vaikutuksiin yhteiskunnassa.

Ongelman ja siihen liittyvien olennaisten tekijöiden tunnistaminen ja jäsentely

Ongelman tunnistamisen ja jäsentelyn tukemiseen on lukuisia menetelmiä, joiden perusperiaatteena on järjestelmällisesti käydä läpi ongelman eri osa-alueet ja tunnistaa niistä olennaiset ongelmaan vaikuttavat tekijät sekä näiden väliset vaikutussuhteet (esim. Mustajoki ym. 2015). Menetelmän valinnassa on syytä ottaa huomioon tarkastelun tavoitteet. Mikäli tavoitteena on lähinnä havainnollistaa ongelman eri tekijöiden välisiä suhteita ja tukea sidosryhmien välistä vuoropuhelua yhteisen ymmärryksen luomisessa tarkasteltavasta ongelmas- ta, voi riittää yksinkertainen käsitteellinen vaikutuskaavio, jossa nuolilla kuvataan asioiden välisiä keskinäisriippuvuuksia. Sidoryhmien tavoitteita tunnistettaessa saadaan usein heterogeeninen luettelo tärkeistä asioista. Näiden ryhmittely perimmäisiin tavoitteisiin (vastaa kysymykseen miksi?), keino- tavoitteisiin (vastaa kysymykseen miten?) ja prosessitavoitteisiin (vastaa kysymykseen miten prosessi pitäisi toteuttaa?) auttaa tavoitteiden jäsentämisessä. Perimmäisten tavoitteiden ja keino- tavoitteiden ryhmittelyyn voidaan puolestaan hyödyntää hierarkkisia kaavioita. Mikäli on tarpeen tuottaa vaihtoehtojen vertailua varten yksityiskohtaista tietoa esimerkiksi vaihtoehtojen vaikutusten epävarmuusjakaumista ja näiden muodostumisesta, voidaan hyödyntää esimerkiksi Bayes-verkkoja.

Ongelman jäsentelyprosessin suunnittelussa on myös tärkeää pohtia, miten sidosryhmät otetaan mukaan suunnitteluun. Heiltä saadaan tietoa siitä, mitkä asiat ovat kaikkein olennaisimpia, ja myös sellaista paikallistuntemusta, jota asiantuntijoilla ei välttämättä ole. Lisäksi monissa hankkeissa on aluksi tarpeen ylipäänsä muodostaa yhteinen näkemys suunnittelu- tilanteesta, jolloin olennaista on myös sidosryhmäyhteistyötä tukevien menetelmien hyödyntäminen yhdessä ongelman jäsentelyä tukevien menetelmien kanssa.

Vaihtoehtojen monitavoitteinen ja läpinäkyvä tarkastelu eri näkökulmista

Monitavoitearviointi on järjestelmällinen lähestymistapa erilaisten toimenpidevaihtoehtojen arviointiin tilanteissa, joihin liittyy monia eri tavoitteita ja usein myös monia eri sidosryhmiä, joilla on erilaisia näkemyksiä tavoitteiden tärkeyksistä. Kuten ongelmien jäsentelymenetelmien kohdalla, myös monitavoitearvioinnin yläkäsitteen alla on monia eritasoisia menetelmiä (esim. Marttunen ym., 2008; Mustajoki ym., 2015). Yksinkertaisimmillaan voidaan tunnistaa eri sidosryhmien tavoitteiden välillä olevat ristiriidat ja havainnollistaa näitä erilaisin kuvaajin, joiden avulla keskustelua voidaan ohjata olennaisiin kysymyksiin.

Monitavoitearviointi tarjoaa myös hienostuneempia ja syvällisempää asiantuntemusta vaativia menetelmiä vaihtoehtojen vertailuun ja eri näkemysten mallintamiseen. Esimerkiksi arvopuuanalyyseissä ongelma jaetaan hierarkiaksi, jossa ylätasolla on yleisempiä tavoitteita (esim. taloudellinen hyvinvointi tai ympäristön tilan parantaminen), jotka voivat jakautua yksityiskohtaisempiin tavoitteisiin (esim. luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen tai vesien tilan parantaminen). Vaihtoehtoja arvioidaan erikseen eri tavoitteiden suhteen ja tavoitteita painotetaan sen mukaan, kuinka tärkeinä sidosryhmät pitävät näitä. Tuloksena saadaan kunkin sidosryhmän edustajan mukaiset vaihtoehtojen kokonaisarvot, jotka kuvaavat sitä, kuinka hyvänä kyseinen edustaja näkee eri vaihtoehdot. Tuloksia tarkastelemalla voidaan tunnistaa eri sidosryhmille tärkeitä tavoitteita ja sitä, miten eri vaihtoehdot täyttävät nämä tavoitteet. Tarkastelu auttaa ymmärtämään monimutkaiseen ongelmaan liittyviä eri näkökulmia sekä mahdollisesti löytämään yhteisesti hyväksytyjä ratkaisuja ongelmaan.

Varsinaisissa monitavoitearvioinnin menetelmissä keskiössä on vaihtoehtojen järjestelmällinen tarkastelu ja vertailu. Yhteisesti hyväksyttävien ratkaisujen löytämiseksi on kuitenkin olennaista, että sidosryhmät ymmärtävät toistensa näkemyksiä ja löytävät yhteisen tahtotilan ratkaisujen saavuttamiseksi. Tämän vuoksi monitavoitearviointi on hyödyllisintä toteuttaa tiiviissä yhteistyössä sidosryhmien kanssa siten, että nämä osallistuvat prosessin kaikkiin eri vaiheisiin.

Tapaustutkimukset

Monitavoitearviointia sekä vuorovaikutusta ja ongelman jäsentelyä tukevia menetelmiä on sovellettu useissa vaelluskaloihin ja säännöstelyyn liittyvissä hankkeissa. Tietolaatikossa alla on esitelty kolme aiheeseen liittyvää tapaustutkimusta, jotka on kuvattu siinä järjestyksessä, kuinka vaativia monitavoitearvioinnin menetelmiä hankkeessa sovellettiin.

Iijoen vaelluskalakantojen palauttaminen (Karjalainen ym., 2011)

Hankkeessa tarkasteltiin vaelluskalojen luonnonvaraisen lisääntymisen ja voimatalouden tavoitteiden yhteensovittamista Iijoen kalalla. Hankkeessa oli suuri mahdollisuus ristiriitojen kärjistyksiin, minkä vuoksi monitavoitearvioinnin erityisiksi tavoitteiksi asetettiin vuorovaikutteisen suunnittelun ja uuden toimintamallin luominen sekä vaikutusarviointien systematisointi ja läpinäkyvyyden lisääminen. Lisäksi monitavoitearvioinnin tuli tukea eri osapuolten oppimisprosessia eli parempaa ymmärrystä asioiden mittasuhteista, tietoaukoista, epävarmuuksista sekä eri osapuolten ja sidosryhmien tavoitteista ja näkemyksistä. Hankkeessa sovellettiin henkilökohtaisia päätösanalyysihaastatteluja, joissa haastateltiin 25 eri sidosryhmien edustajaa. Motivaationa oli tarve jäsentää ja arvioida vaelluskalojen palauttamisen erimittaisia vaikutuksia moniin eri tekijöihin sekä tarve selvittää eri sidosryhmien näkemykset näistä vaikutuksista. Kunkin haastattelun tuotoksena saatiin haastateltavan omia arvostuksiaan ja näkemyksiään kuvaava "arvostusprofiili", johon sisältyivät haastateltavan näkemykset vaihtoehtojen vaikutuksista ja eri tekijöiden merkittävyydestä, sekä näkemysten perusteella lasketut vaihtoehtojen kokonaishyvyysspainot. Näistä tunnistettiin neljä erilaista näkökulmaa ja tarkasteltiin erilaisten painotusten vaikutusta vaihtoehtojen kokonaisarvoihin.

Kokonaisuutena sidosryhmien edustajat näkivät menetelmän soveltamisesta ja tuloksista olleen suurta hyötyä Iijoen vaelluskalahankkeelle. Monitavoitearviointi lisäsi ymmärrystä eri vaihtoehtoista, niiden vaikutuksista sekä sidosryhmien arvostuksista ja näkemyksistä. Lisäksi menetelmä auttoi vaihtoehtojen vaikutuksia koskevan tiedon ja näkemysten kokoamisessa sekä kalatiehanketta koskevien keskeisten kysymysten tunnistamisessa ja jäsentämisessä. Se myös tuki erimittallisten vaikutusten vertailua ja yhdistämistä.

Kymijoen kalatalouden kehittäminen ja vaelluskalakantojen elvyttäminen (2009–2011) (Rotko ym. 2015).

Tavoitteena hankkeessa oli luoda foorumi ja strukturoitu prosessi, jossa asianosaiset yhdessä keskustelevat Kymijoen käytön kehittämisen tavoitteista ja keinoista niiden saavuttamiseksi. Lisäksi tavoitteena oli laatia kokonaisvaltainen eri osapuolten näkemyksiä kokoava ja yhteen sovittava toimintaohjelma, jossa esitetään jatkotoimenpiteet ja niiden kiireellisyysjärjestys.

Hankkeessa järjestettiin neljä sidosryhmätyöpajaa. Hankkeen ominaispiirteenä oli suuri määrä eri sidosryhmien edustajia, joista monilla ei ollut aiempaa kokemusta tämän tyyppisistä prosesseista. Olennaista oli osallistujien virittämiseksi samalle aaltopituudelle. Erilaisten toiminnallisten harjoitteiden ja ryhmä/parikeskustelujen avulla pyrittiin aktivoimaan keskustelua ja saamaan osallistujat asettumaan toistensa rooleihin.

Tavoitteiden tunnistamisessa hyödynnettiin ongelmanjäsentelyn järjestelmällisiä menetelmiä. Lisäksi vaihtoehtojen vaikutusten vertailussa hyödynnettiin muun muassa vaikutus- ja toimenpidetaulukoita, joilla havainnollistettiin yksittäisten toimenpiteiden vaikutuksia eri tavoitteiden suhteen. Tavoitteiden välisiä ristiriitaisuuksia havainnollistettiin matriisilla, jossa eri värein kuvattiin kunkin tavoiteparin välistä ristiriidan suuruutta.

Pirkanmaan keskeisten järvien säännöstelyn kehittäminen (2014–2017) (Dubrovin ym. 2017)

Hankkeessa tarkasteltiin Kokemäenjoen vesistöalueen keskeisten järvien säännöstelyjä ja etsittiin keinoja vastata paremmin nykyisiin tarpeisiin ja ilmaston muuttumiseen. Kokonaisuutena ongelma oli hyvin moniulotteinen, sillä tarkasteltavana oli kuusi toisiinsa yhteydessä olevaa järveä ja lukuisia eri mahdollisuuksia toteuttaa säännöstely. Lisäksi järvillä on suuri määrä eri käyttäjäryhmiä, joilla on erilaisia näkemyksiä säännöstelystä sekä eri tavoitteita vedenkorkeuksille ja virtaamille. Näkemykset voivat kaiken lisäksi vaihdella eri vuodenaikoina ja erilaisissa vesitilanteissa.

Hankkeessa järjestettiin kaksi työpajaa, joissa hyödynnettiin toiminnallisia menetelmiä. Monitavoitearviointi tuki erilaisten toimenpidevaihtoehtojen arviointia. Vaikutusten arvioinnissa hyödynnettiin muun muassa vuosikelloajattelua tukevaa taulukkoa, jonka avulla havainnollistettiin kunkin eri tavoitteen suhteen olennaisia toivottavia vedenkorkeuksia ja näiden muutoksia eri vuodenaikoina.

Osallistujien näkemyksiä vaikutusten merkittävydestä selvitettiin kysymällä, kuinka merkittävänä he näkevät eri vaikutuksissa kuvattujen hyvän ja huonon tilanteen välisen eron. Tavoitteena oli tukea eri tavoitteisiin kohdistuvien vaikutusten välisten mittasuhteiden hahmottamista sekä eri sidosryhmien välisten näkemyserojen suuruutta. Tulosten avulla havainnollistettiin, mistä asioista sidosryhmillä on yhteneviä näkemyksiä, ja tämän avulla tuettiin kaikkia hyödyttävien ratkaisujen löytämistä. Esimerkiksi talvitulvien torjumista kaikki osapuolet pitivät tärkeänä, eikä osapuolilla ollut ristiriitaisia näkemyksiä tavoitteen suhteen. Riittävä varautuminen hyydetilanteisiin kirjattiin myös säännöstelysuosituksiin.

4 KESKEISET AIHEPIIRIT

4.1 Säännöstelyn kehittäminen ja tavoitteiden yhteensovittaminen

Vesistöjen säännöstelyjen tavoitteiden yhteensovittaminen

Säännöstelyjen vesistöjen vesialueita on tarkasteltava kokonaisuutena. Säännöstelyissä päädytään helposti tilanteeseen, jossa järven virkistyskäytön ja ympäristötilan tavoitteiden saavuttaminen heikentää vastaavia tavoitteita alapuolisissa vesissä etenkin keväisin ja kesäisin kuivissa vesiolosuhteissa. Vaelluskalakantojen elvyttämisen ja vesienhoidon tavoitteiden saavuttamisessa on viime vuosina kiinnitetty yhä enemmän huomiota jokivesistöihin ja niiden virtaamiin.

lijojen vesistön yläjuoksulla on vesienhoidon toimenpiteenä jokiosalle neuvoteltu muutaman kuution (m^3/s) ympäristövirtaama. Tämän seurauksena yläpuolisten järvi-
en vedenpinta voi keväisin nousta hieman hitaammin tavoitekorkeudelle. Ympäristö-
virtaama on kuitenkin pieni suhteessa tulvan aikaiseen tulovirtaamaan ja siksi vir-
taamatavoitteen saavuttamisen ei arvioida vaikuttavan haitallisesti ekologisen tilan ja
virkistyskäytön edistämiseksi asetettujen vedenkorkeustavoitteiden saavuttamiseen.
Ympäristövirtaaman aiheuttamaan muutokseen varaudutaan hienosäätämällä järven
säännöstelykäytäntöä.

Vesistösäännöstelyjen juoksutusten optimointi vesistön eri osien tavoitteet huomioon ottaen edellyttää tutkimustietoa vedenkorkeuksien ja virtaamien vaikutuksista. Vaelluskalojen elinkierron eri vaiheiden virtaamapreferenssit voivat poiketa huomattavastikin. Jos juoksutuspäätökset tehdään vajavaisilla tiedoilla, on mahdollista, että juoksutukset alapuoliseen vesistöön ovat vaelluskalakannalle liian pieniä tai ne ovat niin suuria, että aiheutetaan kohtuutonta haittaa järvillä suhteessa vaelluskalakannoille syntyvään hyötyyn. Isot, voimakkaasti porrastetut voimatalousjoet ovat useimmiten ympäristövirtaaman kannalta erittäin haasteellisia, sillä isollakaan virtaaman muutoksella habitaatin määrässä ja laadussa ei tapahdu selviä muutoksia. Usein erilaiset virtaamat eivät ratkaise koskialueiden puutetta ja vaelluskalojen suosimat habitaatit voivat puuttua pääuomasta täysin. Käytännössä ympäristövirtaamatavoitteiden avulla hyöty saadaan lähinnä latva- ja sivu-uomien koskia ja kutualueita hyödyntämällä. Toisaalta isojen jokien tulvauomien tai vanhojen kuivaksi jääneiden luonnonuomien hyödyntäminen voisi myös usein tarjota toimivan ratkaisun.

4.2 Arvio oikeudellisen sääntelyn muutostarpeista

Toimintaympäristön muutokset ja oikeus

Kalankulkua estävillä pato- ja muilla rakenteilla on tavallisesti vesilainsäädännön mukainen lupa, ellei kysymys ole aivan pienistä rakenteista. Monet lupapäätökset ovat kuitenkin vanhoja ja niiden ehdot usein puutteellisia vesivoima- ja vaelluskalaintressien yhteensovittamisen kannalta. Samanaikaisesti vesivoimalupien oikeudellinen pysyvyysuoja on arvioitu

vahvaksi (Pietilä 1973, s. 197–200; Pokka 1991, s. 89–201, erityisesti s. 183–184; Hepola 2005, s. 423–424; Ekroos 2008, s. 2; Hollo 2014, s. 161–163).

Keskeiset oikeudelliset epäselvyydet ovat liittyneet siihen, millä edellytyksillä vesilupapäätösten kalatalousmääräyksiä voidaan muuttaa tai lisätä tällaisia määräyksiä lupiin ja miten korvauskysymykset sekä menettelyt näissä tilanteissa määräytyvät (ks. Hepola 2007, s. 254). Oikeudellisesti erityisen hankalaksi on osoittautunut uusien kalatalousmääräysten lisääminen vanhoihin vesilupiin.

Tarve vesilupien kalatalousmääräysten muuttamiseen tai uusien määräysten lisäämiseen kumpuaa toimintaympäristön muutoksista. Näitä muutoksia ovat esimerkiksi EU-oikeuden kehittyminen, vaelluskalojen luonnonkierron arvostuksen nousu sekä tutkimustiedon lisääntyminen virtavesien ekosysteemeistä ja kalataloustoimenpiteiden toimivuudesta. Samalla kun vesivoiman merkitys säättövoimana ja uusiutuvan energian lähteenä on korostunut, on sen osuus Suomen sähköntuotannosta vähentynyt 1960-luvun lopun lähes 70 %:sta 2000-luvun 12–25 %:iin (ks. Kalatiestrategia 2012, s. 7–17; Väisänen – Ahopelto (toim.) 2016, s. 37–39).

Vuosien saatossa lainsäätäjät on useaan otteeseen pyrkinyt ratkaisemaan kysymystä vesivoima- ja vaelluskalaintressien yhteensovittamisesta. Selvin esimerkki tästä on vuonna 1987 vanhaan vesilakiin sisällytetty ja edelleen voimassa oleva sääntely kalatalousmääräysten muuttamisesta olosuhteiden olennaisen muutoksen perusteella. Parhaisiin tuloksiin vaelluskalojen elvyttämisessä on usein päästy viranomaisten, voimatalouden ja kalatalouden intressiryhmien välisellä yhteistyöllä (ks. Kalatiestrategia 2012, s. 14; Hepola 2007, s. 209–210).

Olemme tunnistanee seuraavat viisi tilannetta, joiden pohjalta arvioimme tarkemmin oikeudellisen sääntelyn muutostarpeita vaelluskalakantojen elvyttämiseksi: 1) uusien vesitaloushankkeiden luvittaminen; 2) olemassa olevien vesilupien kalatalousmääräysten muuttaminen; 3) uusien kalatalousmääräysten lisääminen vanhoihin vesilupiin; 4) säännöstely ja -juokutusmääräysten muuttaminen ja 5) vaelluskalaesteiden poistaminen.

Uusien vesilupien kalatalousmääräykset

Vesilain sääntely mahdollistaa vaelluskalaintressien huomioon ottamisen ja kalatalousmääräysten asettamisen uusien hankkeiden luvituksessa (ks. 3.3 luku). Tässä suhteessa vesilakiin ei ole tarpeen tehdä suuria muutoksia. Sääntelyä yleisiin etuihin kohdistuvien kalataloushaittojen määrittämisestä ja haittojen vähentämistoimenpiteiden kohdentamisesta olisi kuitenkin tarpeen tarkistaa vaelluskalaintressien näkökulmasta.

Yleisiin etuihin kohdistuvien vaelluskalataloushaittojen määrittämisen haasteena ovat Sierilän voimalaitoksen luvittamisen kaltaiset tilanteet, joissa aikaisemmat vaelluskalaesteet ovat jo estäneet vaelluskalojen nousun luvituksen kohteena olevalle joen osalle. Tällöin uusi vaelluskalaeste ei suoraan vaikuta vaelluskalojen luonnonkiertoon, vaikka se muodostaa lisäesteen vaelluskalakantojen luonnonkierron elvyttämiselle. Yleisten vaelluskalaintressien kannalta voisi olla tarkoituksenmukaista, että toiminnanharjoittaja määrättäisiin osallistumaan tällaisessa tilanteessa vaelluskalahaittojen vähentämiseen. Voidaan ajatella, että vesilain nykyinen sääntely ei mahdollista hankkeesta aiheutuvien ympäristökustannusten kattamista ja jakamista toiminnanharjoittajien kesken yhdenvertaisella tavalla.

Yleisiin etuihin kohdistuvien vaelluskalahaittojen vähentämistoimenpiteiden kohdentamisen haasteena on, että vesilain perusteella toimenpiteet tulee kohdentaa yksittäisen hankkeen vaikutusalueelle. Joissain tapauksissa mahdollisuudet vaelluskalahaittojen vähentämiseen hankkeen välittömällä vaikutusalueella voivat kuitenkin olla vähäisiä, kun taas joen alaosalla tai jopa kokonaan toisessa joessa vaelluskalakantojen elvyttäminen saattaisi olla huomattavasti tehokkaampaa. Esimerkiksi kalatalousmaksun käyttäminen hankkeen vaikutusten kohteena olevalla vesialueella (VL 3:14) ei välttämättä edistä vaelluskalakantojen elvyttämisen kannalta tarkoituksenmukaista resurssien kohdentamista, jos vaelluskalakannat on merkittävältä osin menetetty samassa joessa aiemmin toteutettujen hankkeiden seurauksena.

Yllä esitetyn kaltaiset vesilain tarkistukset edellyttäisivät yksittäisten ja yleisten kalatalous-etuisten erottamista toisistaan. Ainoastaan siltä osin kuin kysymys on yleisistä eduista, voidaan ajatella vaelluskalahaittojen vähentämistä hankkeen vaikutusalueen ulkopuolella. Luvussa 5 ehdotetaan tällaisen haittojen kompensoinnin käyttöön ottamista uutena vaelluskalakantojen elvyttämisen toimenpiteenä.

Vanhojen vesilupien kalatalousmääräysten muuttaminen

Nykyjärjestelmä mahdollistaa kalatalousmääräysten muuttamisen, jos muuttaminen on yleisen edun kannalta tarpeen ja olosuhteet ovat olennaisesti muuttuneet luvanmyöntämisaikakohdan mukaisesti tilanteesta. Verraten laveat kriteerit mahdollistavat virtavesien ekologisen, yhteiskunnallisen ja oikeudellisen toimintaympäristön muutosten huomioon ottamisen kalatalousmääräysten muuttamisessa. Nykysääntelyn riittävyyteen on kuitenkin tehtävä samat varaukset kuin edellä uusien hankkeiden kohdalla.

Kalatalousmääräysten lisääminen vanhaan vesilupa

Keskeisin nykysääntelyn kipupiste on, ettei vanhoihin lupiin ole käytännössä mahdollista lisätä kalatalousmääräyksiä luvanhaltijan tahdon vastaisesti. Siten suurta osaa nykyisistä luvanhaltijoista ei voida velvoittaa vaelluskalasteistä aiheutuvien kalataloudellisten kustannusten kattamiseen. Ongelman taustalla on vesilain sääntely, jonka mukaisesti uusien lupamääräysten asettamisesta ei saa aiheutua hankkeen kokonaishyödyn sanottavaa vähenemistä ja lupamääräysten muuttamista hakeva joutuu korvaamaan hyödyn vähenemisen (VL 3:21).

Se että vanhoihin vesilupiin ei voida lisätä uusia kalatalousmääräyksiä, estää vaelluskalojen elvyttämistä ja on myös oikeudellisesti ongelmallista. Oikeudelliset kipupisteet liittyvät toiminnanharjoittajien yhdenvertaiseen kohteluun sekä erityisesti vesipuidedirektiivin vaatimusten täyttämiseen.

Yhdenvertaisen kohtelun näkökulmasta samankaltaisia vaelluskalavaikutuksia aiheuttavien hankkeiden luvanhaltijoita tulisi kohdella samankaltaisella tavalla. Tässä suhteessa on kyseenalaista, että kalatalousmääräysten mahdollinen sisältyminen vanhaan vesilupaan määrittää täysin sitä, minkälaisia kalataloudellisia toimenpiteitä toiminnanharjoittajalta voidaan edellyttää. Kalatalousmääräysten sisällyttäminen eri vuosikymmeninä vesilupaan näyttäytyy osin sattumanvaraiselta, ja jos vesiluvassa ei ole ollut tarpeellisia kalatalousmääräyksiä, on toiminnanharjoittaja voinut hyötyä tästä pitkän aikaa.

Vesipuidedirektiivin kannalta kysymys on siitä, miten Suomessa toteutuu vaatimus pintaveden patoamisen ennakkovalvontatoimenpiteiden säännöllisestä tarkistamisesta ja ajan tasalle saattamisesta (11(3e) art.). Kuten tämän raportin 3.3 luvusta käy ilmi, ennakkovalvontatoimenpiteiden ajan tasalle saattaminen kiinnittyy vesienhoidon ympäristötavoitteisiin ja siten muun ohella vaelluskalaintresseihin. Direktiivissä ei tässä suhteessa anneta merkitystä vesilupien pysyvyyssuojalle tai kalatalousmääräysten puuttumiselle vanhasta luvasta.

Säännöstely- ja juoksutusmääräysten muuttaminen

Säännöstely- tai padotushankkeiden virtaamaan vaikuttavien lupamääräysten muuttamisen keskeiset kipupisteet ovat kahtaalla. Ensiksi haasteena on, että oikeudelliset edellytykset määräysten tarkistamiselle tai uusien määräysten asettamiselle ovat korkealla. Säännöstely- tai juoksutushankkeesta aiheutuvien haitallisten vesistövaikutusten kohdalla määräysten tarkistaminen tai lisääminen edellyttää muun muassa, ettei hankkeen kokonaisyöty saa merkittävästi vähentyä: esimerkiksi säännöstelyhanketta ei voida lupamääräyksin muuttaa juoksutushankkeeksi, vaikka tämä olisi tarpeen haitallisten vesistövaikutusten ehkäisemiseksi (VL 19:7). Tulvasta tai kuivuudesta aiheutuvien vaikutusten ehkäiseminen puolestaan edellyttää muun muassa, että lupamääräysten tarkistaminen tai lisääminen ei sanottavasti vähennä hankkeesta saatavaa hyötyä (VL 18:3a; VL 3:21). Toinen kipupiste liittyy molempien säännösten kohdalla siihen, että vesivoimahyödyn väheneminen tulee pääsääntöisesti lupamääräysten muuttamista tai lisäämistä hakevan tahon korvattavaksi.

Vaelluskalaesteiden poistaminen

Nykyisellään vesilaki ei mahdollista vesitalousluvan peruuttamista ja patorakenteiden purkamista luvanhaltijan tahdon vastaisesti. Vesilupa voidaan määrätä raukeamaa ainoastaan silloin, jos 1) luvanhaltijaa ei enää ole; 2) hanke on menettänyt alkuperäisen merkityksensä; tai 3) luvanhaltija sitä pyytää (VL 3:24).

4.3 Kompensaatio vaelluskalakantojen hoidossa

Kompensaation määritelmä

Haittojen kompensaatiolla tarkoitetaan tässä yhteydessä vesitaloushankkeen vaelluskala-arvoille aiheuttamien haittojen korvaamista muualla kuin hankkeen välittömällä vaikutusalueella. Kysymys on siitä, voidaanko vanhoihin ja uusiin vesilupiin sisällyttää mekanismeja, joiden avulla hankkeen kalataloushaittoja korvattaisiin toteuttamalla vaelluskala-arvoja lisääviä hankkeita esimerkiksi joen alajuoksulla tai kokonaan toisessa joessa.

Yleisesti ottaen luonnonarvojen kompensaatiolla tarkoitetaan prosessia, jossa luonnonarvoja lisätään muualla, jos jonkin hankkeen luonnonarvoihin kohdistuvia haittoja ei pystytä välttämään tai vähentämään (ks. Nygren 2015). Luonnonsuojelulaissa säädetään kompensaatiosta liittyen Natura-verkoston suojelusta poikkeamiseen siten, että valtioneuvoston on Natura 2000 -alueen suojelusta poikkeamista koskevassa päätöksessä samalla määrättävä Natura-verkoston yhtenäisyydelle tai luonnonarvoille aiheutuvien heikennysten korvaamiseksi tarvittavista toimenpiteistä (LSL 66 §).

Kompensaatio ja vesilain sääntely

Vesilaki ei sisällä mahdollisuuksia vaelluskalahaittojen kompensointiin hankkeen vaikutusalueen ulkopuolella. Vesilain mukaan hankkeesta vastaavan tulee korvata vesilain nojalla suoritetusta toimenpiteestä aiheutuvat edunmenetykset (VL 13:1) ja kalatalousmaksu käytetään sillä vesialueella, johon hankkeen vahingollinen vaikutus ulottuu (VL 3:14). Vaikka hankkeen sidosryhmätyöpajassa käytyjen keskustelujen perusteella kalatalousviranomaisella on jonkin verran harkintavaltaa kalatalousmaksuilla toteutettavien toimenpiteiden alueellisessa kohdentamisessa, tulee maksun käyttö pystyä liittämään siitä vastaavan hankkeen vaikutuksiin.

Kompensaatiolla vaikuttavuutta

Sääntelyn kehittämistä vaelluskalahaittojen kompensoimiseksi muualla kuin hankkeen vaikutusalueella on tarpeen miettiä, koska vaelluskalojen elvyttämismahdollisuudet vaihtelevat suuresti eri joissa ja niiden eri osissa. Osassa jokia voivat yhtäältä riittää verraten yksinkertaiset kalataloudelliset toimenpiteet, kuten yksittäisten vaellusesteiden ohittaminen ja kutualueiden kunnostaminen. Toisaalta osassa jokia vaelluskalakantojen elvyttäminen on hyvin vaikeaa ja kallista lukuisista vaellusesteistä ja epäsuotuisista olosuhteista johtuen. Ylävirran puolella tehtävät toimenpiteet eivät edesauta vaelluskalakantojen elvyttämistä, jos kalat eivät pääse nousemaan alempana olevien vaellusesteiden ohi. Esimerkiksi aikaisemmin mainitussa Sierilän tapauksessa hylättiin vaatimukset kalatien rakentamisesta sillä perusteella, että Kemijoen neljä aikaisempaa voimalaitospatoa estivät virtakutuisten kalojen nousemisen merestä Sierilän alapuolelle.

Kompensoinnin käyttöönottoa puoltaa se, että vaelluskalojen luonnonlisääntymisen edistämiseksi tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota kalataloudellisten toimenpiteiden vaikuttavuuteen ja kohdentaa toimenpiteitä alueille, joilla vaelluskalojen elvyttäminen on tehokainta. Jos olemassa olevan vesitaloushankkeen haittojen vähentäminen ei ole tuloksellista hankkeen vaikutusalueella, voisi haittojen vähentämistoimet olla tarkoituksenmukaista kohdentaa esimerkiksi joen toiseen osaan tai kokonaan toiseen jokeen.

Vaelluskalahaittojen kompensoimiseksi on tarpeen pohtia kalataloustoimenpiteiden maksupohjan laajentamista. Voidaan ajatella, että kaikilta sellaisilta hankkeilta, jotka ovat aiheuttaneet tai aiheuttavat vaellusesteitä jokiin, edellyttäisiin kalatalousmaksujen suorittamista vaelluskalojen elvyttämiseksi. Perusteena tälle olisi se, että kukin hanke osaltaan vaikeuttaa vaelluskalakantojen elinmahdollisuuksia joessa. Tällöin vaellusesteen takia tulisi suorittaa maksu, vaikka jo alajuoksulla olevat vaellusesteet olisivat estäneet vaelluskalojen luonnonkierron.

On selvää, että kalataloudellisten toimenpiteiden vaikuttavuuden parantaminen kompensoinnin avulla edellyttäisi tuekseen tapauskohtaista suunnittelua. Lisäksi sääntelyssä on tarpeen erottaa yksityisiin etuihin kohdistuvien haittojen korvaaminen vaelluskalahaittojen kompensoinnista. Siltä osin kuin kysymys on vesitaloushankkeen yksityisiin etuihin kohdistuvien haittojen korvaamisesta, ei kompensointia voida ajatella korvaustoimenpiteenä. Sen sijaan siltä osin kuin kysymys on yleisiin vaelluskalaetuihin kohdistuvien haittojen korvaamisesta, ei kompensatiomahdollisuudesta säätämislle ole perustavanlaatuisia oikeudellisia esteitä.

4.4 Kohteiden ja toimenpiteiden valinta

Kustannustehokkuus ja yhteiskunnallinen kannattavuus

Vaelluskalakantojen suojelua edistävät toimet tulee kohdistaa alueille, joissa vaelluskalojen luonnollinen kierto on häiriintynyt ja missä ekologisesti vaikuttavia toimenpiteitä voidaan edistää suhteellisesti pienimmin kustannuksin yhteiskunnalle ja yrityksille. Kustannustehokkuusnäkökulmasta esimerkiksi rakennetuissa joissa toimenpiteitä kannattaa tehdä ensisijaisesti kohteissa, joissa on runsaasti poikastuotantoon soveltuvia elinympäristöjä ja mahdollisimman vähän nousuesteitä. Muissa vesistöissä on tärkeää, että alkuperäinen kalakanta ei ole kokonaan tuhoutunut. Kustannustehokkaissa kohteissa vesivoimantuotannosta joudutaan tyypillisesti tinkimään suhteellisen vähän suojelutoimien vuoksi. Suomessa on esimerkiksi kymmeniä pieniä voimalaitoksia, joiden tekniikka on uusimisen tarpeessa ja joiden purkamisen kustannustehokkuutta olisi tarpeellista selvittää.

Vaelluskalakantojen elvyttämiskohteiden priorisoinnissa voidaan kustannustehokkuuden ohella arvioida toimenpiteiden yhteiskunnallista kannattavuutta. Vaelluskalojen luontaisen elinkierron palauttamisesta aiheutuu kaupallisia hyötyjä esimerkiksi ammattikalastuksen saaliiden kasvun myötä. Lisäksi vaelluskalat voivat tuottaa merkittäviä virkistyshyötyjä ja muita kulttuurisia ekosysteemipalveluja ja toimenpiteet voivat vaikuttaa alueellisesti esimerkiksi maisemaan. Siten päätöksenteossa on otettava huomioon vaelluskaloista hyötyvät kansalaiset ja heidän arvostuksensa markkinattomista hyödyistä kaupallisten hyötyjen ja kustannusten ohella. Esimerkiksi suojelukohteet, jotka sijaitsevat asutuksen lähellä, voisivat saada virkistyshyötyjen myötä suuremman painoarvon kuin syrjäiset kohteet.

Tarvittavat toimenpiteet

Kustannustehokas tai yhteiskunnan nettohyötyjä optimoiva ratkaisu pitää sisällään tapauskohtaisia toimenpiteitä - kussakin tilanteessa vaikuttavat paikalliset tekijät. Ei siis ole olemassa yhtä ainoa toimenpidettä, joka ratkaisisi kaikki ongelmat taloudellisesti optimaalisesti. Kymijoen mallitarkastelun tulokset viittaavat kuitenkin siihen, että rakennettujen jokien osalta tehokkainta on käyttää erilaisten toimenpiteiden yhdistelmää eli ylisiirtoja, tukistutuksia ja kalastuksen säätelyä. Myös virtaamamuutokset voivat olla yhteiskunnallisesti kannattavia. Tarvitaan kuitenkin mitattua tietoa virtaamamuutosten vaikutuksesta kalojen nousuun, jotta toimenpiteet voidaan valita tehokkaasti. Käytännössä tulisi seurata toimenpiteiden tuloksellisuutta ja sovittaa toimenpiteitä tiedon karttuessa.

Poikkitieteellinen ja monitavoitteinen tarkastelu tarvitsee uutta tietoa

Vaelluskalojen suojelutoimenpiteitä voidaan tehdä puhtaasi luonnonsuojelullisista syistä (vaelluskalalajien uhanalaisuus), mutta usein toimenpiteillä voidaan samanaikaisesti edistää kalojen tuottamia virkistys- ja muita hyötyjä.¹ Näin ollen kalastajien ja muiden kansalaisten mielipiteitä ja arvostuksia sekä sitä, miten he käyttävät suojelukohteita toimenpiteiden jälkeen olisi syytä tutkia. Mielipiteitä ymmärtämällä voidaan lieventää toimenpidepäätösten aiheuttamia konfliktitilanteita ja kalastajien käytöstä ymmärtämällä voidaan ennalta arvioida kalastusrajoitusten tarvetta toimenpidealueilla, joilla vaelluskalakannat ovat elpymässä.

¹ Toimenpiteitä voidaan tehdä myös pelkästään virkistys- ja muiden hyötyjen vuoksi. Esimerkiksi Oulun joella on rakennettu kalaportaat Merikosken voimalaitoksen yhteyteen. Kalaportaita ei ole nykyisellään luonnonsuojelullista merkitystä, kun joen muissa voimaloissa ei ole kalaportaita.

Hyötyjä seulovalla tutkimuksella voidaan lisäksi selvittää kalastajien ja muiden kansalaisten taloudellisia kompensatiohaluja (maksuhalukkuus esimerkiksi veroina tai lupamaksuina) ja suhtautumista kulttuurisesti tärkeiden rakennettujen ympäristöjen muutoksiin, kun toimenpiteet kohdistuvat historiallisesti arvokkaisiin kohteisiin.

Vaelluskalojen luvanvaraisesta kalastamisesta kerätään tietoa, joka antaa osittaisen kuvan kalastajien määrästä. Tiedonkeruusta huolimatta Suomessa ei ole ajantasaista kuvaa vaelluskalojen tuottamista virkistyshyödyistä (ketkä käyvät ja ketkä voisivat käydä; kuinka usein, kuinka pitkiä matkoja, mistä ja missä käydään; mistä syistä käydään tai ei käydä; onko kalastajille yhdentekevää onko saalis istutettu vai luonnossa kasvanut), ja erityisesti siitä, miten ja missä hyödyt realisoituisivat luonnollista kiertoa edistävien toimenpiteiden myötä. Suorien kalastamisen virkistyshyötyjen lisäksi ympäristövirtaamaan tai muuhun vesistöä kenteiden muokkaamiseen tai purkuun liittyy muita hyötyjä ja haittoja kansalaisille. Maise-malliset vaikutukset kohdistuvat laajemmin luonnossa virkistäytymiseen ja myös asunto-markkinoihin. Esimerkiksi toimenpiteisiin liittyvä järvien pinnankorkeuden vaihtelu voi aiheuttaa rantatontin omistajille taloudellista ja virkistyskäyttöihin vaikuttavaa haittaa. Pienehköjen sääätelyaltaiden muutos virtaavaksi joeksi (Provencher ym. 2008) tai läheisten patojen purkamisen (Lewis ym. 2008) voi olla alueen tontinomistajille jopa taloudellisesti hyödyllistä, vaikka pelkoa päinvastaisesta kehityksestä koetaan myös (Wyrick ym. 2009).

Kohteiden priorisointi vaelluskalojen kannalta tärkeisiin kohteisiin sekä vesivoiman kannalta tärkeisiin kohteisiin

Kalatiestrategiassa ja kärkihankkeissa vaelluskalojen elvyttämisen toimenpiteet on kohdennettu pääasiassa suuriin lohijokiin. Erilaisia priorisointitarpeita on kuitenkin useita, esimerkiksi useiden meritaimenten kannat ovat erittäin uhanalaisia. On tärkeää miettiä, mitä priorisoidaan ja mihin se vaikuttaa (esim. valtion rahallinen osallistuminen vai eri toiminnanharjoittajiin eri tavalla kohdistuvat vaatimukset). Priorisoinnin kriteereissä tulee ottaa vesivoiman ohella muut tekijät huomioon, esim. museoviraston näkemykset liittyen arvokkaisiin historiallisiin rakenteisiin ja yleiset luontoarvot (Natura 2000 -alueet). Etelä-Suomessa virkistyskalastus ja matkailu ovat merkittäviä tavoitteita, koska kalastuspaine on huomattavan suuri.

Priorisointijärjestykseen vaikuttaa myös kuntien halukkuus osallistua hankkeisiin. Kunnilla on vesien kunnostamiseen muitakin intressejä kuin vaelluskalakysymys, esim. asukkaiden ulkoilu- ja virkistysmahdollisuuksien parantaminen ja matkailun edistäminen.

Vaelluskalojen uhanalaisuuden vuoksi monimuotoisuuden säilyttämistavoite ja vaelluskantojen elinvoimaisuus ovat korostuneet niiden kantojen elvyttämisessä- muut perustelut ovat ehdollisia elinvoimaiselle vaelluskalakannalle. Tämä tarkoittaa elvyttämistoimenpiteiden priorisointia alueille, joilla voidaan suojella tehokkaimmin vaelluskalojen määrää ja lajistoa. Virkistyskalastusta tai muita hyötyjä ei oteta toimenpiteissä ja kohteiden priorisoinnissa huomioon. Virkistyskalastushyötyjä ei kuitenkaan tulisi unohtaa tässä vaiheessa priorisoinnissa, sillä kysymys voi olla tulevaisuudessa merkittävästä edusta, mutta kalastusta tulisi rajoittaa priorisoitavilla alueilla niin kauan, kunnes populaatio kestää sen.

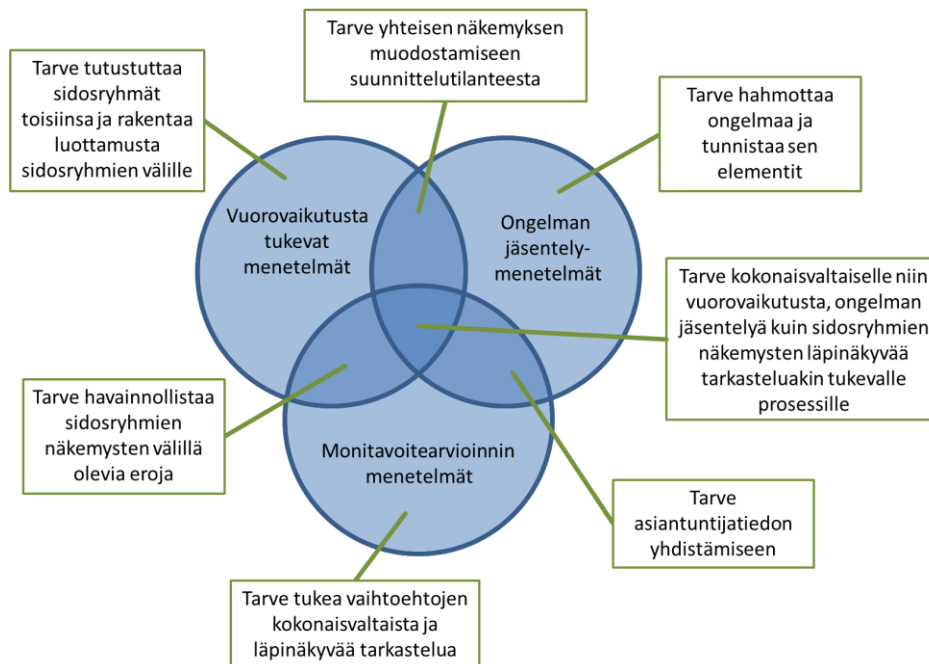
Vesivoimalla on toisaalta valtakunnallisesti suuri merkitys erityisesti vesivoiman tuotannon kannalta tärkeissä suurissa vesistöissä ja toisaalta alueellisesti huomattava arvo sellaisissa pienissä vesistöissä, joissa vesivoimalaitokset ovat hyvässä kunnossa. Vesivoiman prio-

risointiin vaikuttaa se, että erityisesti suurempien vesistöjen nopeasti säädettävällä vesivoimalla on huomattava merkitys uusiutuvana ja päästöttömänä energiana. Vesivoimatuotannolle tärkeillä joilla (isot voimakkaasti porrastetut joet) voi olla myös paremmat resurssit kalataloudellisten haittojen minimointiin, mutta käytännössä vaelluskalojen elvyttämisen kannalta priorisoidut kohteet saattavat painottua pienempiin voimalaitoksiin, joiden vesistöissä vielä esiintyy luontaisia lohikalakantoja.

4.5 Tarvelähtöinen vuorovaikutus ja tavoitteiden yhteensovittaminen

Vaelluskalahankkeet voivat olla luonteeltaan hyvin erilaisia. Syviä ristiriitoja sisältävissä tilanteissa voi olla oleellista ylipäänsä saada eri osapuolet samaan keskustelupöytään, kun taas pidemmälle edenneissä hankkeissa keskiössä voi olla vaihtoehtojen toimien läpinäkyvä ja kattava vertailu. Usein tarvitaan tukea kaikille tämän raportin 3.6 luvussa mainituille osa-alueille (vuorovaikutus, ongelman jäsentely ja vaihtoehtojen läpinäkyvä vertailu). Parhaaseen lopputulokseen päästään silloin, kun menetelmällinen tuki räätälöidään hankkeen tarpeisiin sopiviksi kaikkia näitä osa-alueita silmällä pitäen.

Kuvassa 4 on esitetty esimerkkejä siitä, mihin tarpeisiin eri osa-alueiden menetelmät tai näiden yhdistelmät soveltuvat parhaiten. Kuten tietolaatikossa sivuilla 30-31 esitettiin, monitavoitearviointia sekä vuorovaikutusta ja ongelman jäsentelyä tukevia menetelmiä on jo aiemmin sovellettu vuorovaikutteisesti useissa vaelluskaloihin ja säännöstelyyn liittyvissä hankkeissa. Seuraavassa käydään tietolaatikon kolmea esimerkkihanketta hyödyntäen läpi sitä, miten erilaisia tarpeita voidaan ottaa huomioon suunniteltaessa tukea vaelluskalahankkeissa toteutettavalle vuorovaikutukselle ja tavoitteiden yhteensovittamiselle.



Kuva 4. Eri menetelmäperheitä vuorovaikutuksen ja tavoitteiden yhteensovittamisen tukemiseen sekä esimerkkejä tarpeista, joihin eri menetelmiä tai näiden yhdistelmiä voidaan hyödyntää.

Sidosryhmien välisen vuorovaikutuksen ja osallistumisen tukeminen

Tyypillinen ongelma vaelluskalahankkeissa on ollut niiden painottuminen luonnontieteellisiin ja teknis-taloudellisiin tarkasteluihin. Tällöin hankkeen hyväksyttävyyden kannalta keskeiset sosiaaliset näkökohdat ovat jääneet usein huomattavasti vähemmälle huomiolle sekä itse suunnitteluprosessissa että vaihtoehtojen arvioinnissa. Sidosryhmien välisen vuorovaikutuksen ja osallistumisen tukeminen on tärkeää etenkin hankkeissa, joiden taustalla on pitkään jatkunutta ja voimakasta vastakkainasettelua tai joissa osallistujat eivät ennestään tunne toisiaan. Usein voi myös olla tarpeita hälventää epäilyksiä prosessia kohtaan sekä stereotyyppisiä mielikuvia, joita osapuolilla voi olla muiden osapuolten näkemyksistä.

Kymijoki-hankkeen yhtenä tavoitteena oli saada aktivoitua olennaiset sidosryhmät mukaan prosessiin. Hankkeessa järjestettiin neljä työpajaa, joihin oli kutsuttu kaikki olennaiset sidosryhmät (yhteensä 55 kpl). Näin suuren sidosryhmien määrän vuoksi hankkeessa kiinnitettiin erityistä huomiota vuorovaikutuksen onnistumiseen. Esimerkiksi toiminnallisia menetelmiä hyödyntäen pyrittiin luomaan miellyttävä ilmapiiri tukemaan keskusteluja. Lisäksi pyrittiin vuoropuhelun avoimuuteen ja työskentelyn joustavuuteen, missä osallistujia arvostava ote oli olennainen osatekijä. Iijoki-hankkeessa ja Pirkanmaan järvien säännöstelyhankkeessa sen sijaan osallistujia oli rajatumpi määrä ja nämä tunsivat toisensa jo entuudestaan paremmin. Täten näissä hankkeissa hyödynnettiin pari- ja ryhmäkeskusteluja, mutta ei nähty tarpeelliseksi soveltaa esimerkiksi toiminnallisia menetelmiä.

Ongelman ja siihen liittyvien olennaisten tekijöiden tunnistaminen ja jäsentely

Vaelluskalahankkeissa on useita epäselville ja vaikeasti hahmotettaville päätöstilanteille tyypillisiä piirteitä: moniongelmaisuus, laaja vaikutusalue, monia sidosryhmiä ja näillä erilaisia tavoitteita sekä erilaisia vaihtoehtoja kalakantojen elvyttämiseksi. Näiden lisäksi vaelluskalahankkeille tyypillinen ominaispiirre on tavoitteiden ajallinen painottuminen eri vuodenaikoihin eli vuosikelloajattelu, mikä tuo ongelmaan yhden ulottuvuuden lisää. Kaikkien ulottuvuuksien yksityiskohtainen huomioon ottaminen saattaa tehdä tarkastelusta turhan monimutkaisen. Siksi on tärkeää tunnistaa asiat, jotka kulloisessakin hankkeessa ovat kaikkein tärkeimpiä ja joihin on syytä pureutua.

Kymijoen vaelluskalakantojen elvyttämishankkeessa oli aluksi tarpeen tunnistaa, mitä eri tavoitteita Kymijoen käytölle ylipäänsä on (Rotko ym., 2015). Tämän vuoksi hankkeessa päädyttiin lähestymistapaan, jossa työpajatyöskentelyn avulla eri sidosryhmät saivat vapaasti tuoda esiin omia tavoitteitaan, joita ryhmittelemällä tunnistettiin viisi päätavoitetta. Tämän jälkeen tunnistettiin, millä eri toimenpiteillä tavoitteet voitaisiin saavuttaa. Lisäksi tietoaukkojen ja tutkimustarpeiden kartoittamiseen hankkeessa hyödynnettiin pisteytystaulukkoa, jonka avulla sidosryhmät saivat arvioida omasta mielestään tärkeimpiä ja kiireellisiä tutkimustarpeita/tietoaukkoja. Iijoella (Karjalainen ym., 2011) oli käytössä samankaltainen lähestymistapa, jossa perimmäiset tavoitteet määriteltiin yhdessä sidosryhmien kanssa, minkä jälkeen tarkasteltiin, mihin eri tavoitteisiin mahdollisesti toimenpidevaihtoehdot vaikuttavat.

Pirkanmaan järvien säännöstelyhankkeessa tavoitteista ja näiden vaikutuksista oli olemassa jo paljon asiantuntijatietoa sekä aiempia tuloksia säännöstelyn tavoitteista (Dubrovin ym., 2017). Siksi asiantuntijaryhmässä oli jo hyvä tuntuma tavoitteisiin, ja tämä vaihe voitiin si-

vuuttaa kevyemmin. Lähtökohdaksi otettiin asiantuntijaryhmässä tehty hierarkkinen jaottelu tavoitteista. Tästä keskusteltiin työpajassa sidosryhmien kanssa. Keskusteluissa tuli ilmi esimerkiksi toutaimen kutualueista arvokasta paikallistietoa, jonka perusteella mallia täydennettiin. Olennaista hankkeessa oli myös vuosikelloajattelu, jota havainnollistettiin taulukolla, jossa kuvattiin kullekin tavoitteelle olennaiset vuodenaajat ja eri vuodenaajoille toivottavat vedenkorkeudet tai niiden vaihtelut. Taulukon avulla pystyttiin havainnollistamaan sekä tavoitteiden välisiä ristiriitoja että mahdollisia synergiaetuja eri vuodenaikoina.

Vaihtoehtojen monitavoitteinen ja läpinäkyvä tarkastelu eri näkökulmista

Vaihtoehtojen kokonaisvaltainen ja läpinäkyvä tarkastelu on tärkeää etenkin hankkeissa, joissa ongelmaan on olemassa useita eri ratkaisuvaihtoehtoja, joiden paremmuus riippuu siitä, minkä eri sidosryhmän näkökulmasta asiaa katsoo. Vaelluskalahankkeissa on jo lähtökohtana tyypillisesti eri intressien välisten ristiriitojen yhteensovittaminen ja yhteisesti hyväksytyjen ratkaisujen löytäminen. Täten myös vaihtoehtotarkasteluun on syytä jo alusta asti ottaa mukaan eri sidosryhmät. Tarkasteltavan vesistön ja hankkeen ominaispiirteet vaikuttavat siihen, miten tarkastelu on tarpeen toteuttaa. Joissain hankkeissa voi olla jo valmiita vaihtoehtoja toimenpiteiksi, jolloin tarkastelun keskiössä on niiden vertailu. Sen sijaan toisissa hankkeissa tavoitteena voi olla pikemminkin tunnistaa, mitä eri tavoitteita pidetään tärkeimpinä, minkä pohjalta voidaan lähteä muodostamaan parhaita toimenpidekokonaisuuksia.

Kymijoen vaelluskalahankkeessa (Rotko ym., 2015) olennaista oli tavoitteiden ristiriitaisuuksien tunnistaminen. Tätä havainnollistettiin muun muassa taulukolla, jossa oli eri värein kuvattu sidosryhmien välisten ristiriitojen voimakkuutta kussakin tavoiteparissa.

lijojen hankkeessa oli tarve yksityiskohtaisesti jäsentää ja arvioida eri sidosryhmien näkemykset vaelluskalojen palauttamisen erimitallisista vaikutuksista sekä vertailla mahdollisia vaihtoehtoja. Tämän vuoksi päädyttiin hyödyntämään päätösanalyysihaastatteluja, joissa 25 haastattelun tuotoksena saatiin kunkin haastateltavan arvostuksia ja näkemyksiä kuvaavat kokonaisuhyvyyspainot vaihtoehdoille. Näitä yhdessä tarkastelemalla ja muodostamalla niistä kolme näkökulmaa pystyttiin havainnollistamaan perusteita eri vaihtoehtojen toteuttamiselle sekä vaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia. Pirkanmaalla ensisijainen tarve oli arvioida, mitkä ovat kaikkein merkittävimpiä tavoitteita. Hankkeessa ei kuitenkaan ollut yhtä paljon resursseja monitavoitearvioinnin toteuttamiselle kuin lijoella, minkä vuoksi päädyttiin lähestymistapaan, jossa eri sidosryhmät arvioivat työpajassa tehdyllä lomakekyselyllä, kuinka merkittävänä näkevät vaihtoehtojen väliset erot eri tavoitteissa. Tämän perusteella arvioitiin eri tavoitteiden merkittävyyttä, ja analyysin tuloksia hyödynnettiin laadittaessa suosituksia säännöstelylle.

Yhteenveto

Taulukossa 1 esitetään yhteenveto vuorovaikutusta ja tavoitteiden yhteensovittamista tukevista menetelmistä, sekä kuvataan, mitä tarpeita on syytä ottaa huomioon suunnittelussa.

Taulukko 1. Yhteenveto vuorovaikutuksen ja tavoitteiden yhteensovittamisen tarvelähtöisestä suunnittelusta.

Prosessin tavoite	Sidosryhmien välisen vuorovaikutuksen ja osallistumisen tukeminen	Ongelman ja siihen liittyvien tekijöiden tunnistaminen ja jäsentely	Vaihtoehtojen monitavoiteinen ja läpinäkyvä tarkastelu eri näkökulmista
Menetelmiä tukemaan tavoitetta	<ul style="list-style-type: none"> - Toiminnalliset menetelmät - Pari- ja ryhmäkeskustelut 	<ul style="list-style-type: none"> - Tavoitehierarkiat - Vaikutuskaaviot - Toimenpidetaulukot - Bayesilaiset menetelmät 	<ul style="list-style-type: none"> - Tavoitteiden ristiriitaisuustaulukot - Vaikutusten merkittävyyden arviointi - Henkilökohtaiset päätösanalyysihaastattelut
Tilanteita, joissa vaihe erityisen hyödyllinen	<ul style="list-style-type: none"> - Aikaisemmat suhteellisen voimakkaat ristiriidat sidosryhmien välillä - Sidosryhmillä on epäluuloja hanketta kohtaan - Sidosryhmät ovat eri aaltopituudella toistensa kanssa 	<ul style="list-style-type: none"> - Ei ole selkeää kuvaa siitä, mikä ylipäänsä on ongelma - Ongelmassa on monia eri ulottuvuuksia - Ongelma sisältää monimutkaisia vaikutusketjuja 	<ul style="list-style-type: none"> - Sidosryhmien välillä on suuria näkemyseroja - Tarvitaan vaihtoehtojen kokonaisvaltaista arviointia - Tarve fokusoida keskustelua sidosryhmien kannalta olennaisiin tavoitteisiin
Lähestymistavan toteutuksen suunnittelussa huomioon otettavia seikkoja	<ul style="list-style-type: none"> - Ovatko sidosryhmien edustajat jo ennestään tuttuja toisilleen - Onko sidosryhmien edustajilla epäilyksiä prosessin tasapuolisuudesta? - Kuinka paljon sidosryhmillä on taustatietoa asiasta? - Onko sidosryhmien keskuudessa suuria ristiriitoja? 	<ul style="list-style-type: none"> - Tarkastelun taso? – Onko tarve lähinnä havainnollistaa ongelmaa vai tuottaa yksityiskohtaista tietoa vaikutuksista? - Onko tarpeen saada lisätietoa vaikutusten muodostumisesta ja vaikutusketjuista? 	<ul style="list-style-type: none"> - Tarkastelun taso? – Onko tarve yksityiskohtaisesti selvittää osallistujien näkemyksiä vai riittääkö yleisen tason tarkastelu? - Onko muutamia selkeitä vaihtoehtoja vai suurempi joukko yksittäisiä toimenpiteitä? - Kuinka paljon sidosryhmien näkemykset eroavat toisistaan? - Kuinka paljon analyysin toteuttamiseen on resursseja?
Kirjallisuutta		<ul style="list-style-type: none"> - Martinmäki et al. (2010) - Mustajoki et al. (2015) 	<ul style="list-style-type: none"> - Marttunen et al. (2008) - Rytönen et al. (2014)

5 RATKAISUJA JA EHDOTUKSIA TOIMENPITEIKSI

5.1 Vuosikelloajattelun yhteensovittaminen säännöstelyn kehittämisen kanssa

Vesistöjen säännöstely

Vesistöissä, joissa vaelluskalakantojen elvyttäminen on tärkeä tavoite, on tarpeen selvittää juoksutuskäytäntöjen muutostarve ja mahdollisuudet. Tämä edellyttää habitaattien määrän ja laadun sekä niiden ja poikastuotannon välisen riippuvuuden selvittämistä. Lisäksi tarvitaan tietoa virtaamien vaikutuksesta kalojen nousuhalukkuuteen ja kalateiden toimivuuteen. Juoksutuskäytäntöjen muutosten vaikutukset jokivesien ekologiaan ja eri käyttömuotoihin sekä yläpuolisiin järviin on myös arvioitava. Juoksutuskäytäntöjen muutosten kustannustehokkuus ja toteuttamiskelpoisuus voidaan arvioida vain tapauskohtaisesti.

Suosituksena esitetään, että

- **vesistöjen säännöstelyjen kehittämisessä sekä padotus- ja juoksutussääntöjen tarkistamisessa ympäristövirtaamatavoitteet on otettava huomioon entistä paremmin vaelluskaloille tärkeissä vesistöissä,**
- **vaelluskalojen virtaamatavoitteet ylös- ja alasvaelluksen sekä elinkierron muiden vaiheiden aikana otetaan huomioon vesistöjen operatiivisessa vuosisäännöstelyssä,**
- **vähennettäessä tulvasta ja kuivuudesta aiheutuvia haitallisia seurauksia vesilain nojalla kiinnitetään huomiota vaelluskalojen tarvitsemiin ympäristövirtaamiin, ja**
- **selvitetään lyhytaikaisten juoksutuspulssien hyötyjä, kustannuksia ja toteuttamiskelpoisuutta vaelluskalojen kulun parantamiseksi.**

Vesivoimalaitosten lyhytaikaissäännöstely

Valtakunnallisesti lähinnä isoilla, porrastetuilla vesistöillä ja vesivoimalaitoksilla on merkittävä lyhytaikaissääntöarvo. Pelkällä ympäristövirtaamien määrittämisellä ja käyttönotolla ei niissä yleensä ole mahdollista saavuttaa vaelluskalojen kannalta merkittäviä hyötyjä kohtuullisin kustannuksin. Tämän lisäksi vaelluskalakantojen elinvoimaisuuden parantaminen isoissa porrastetuissa jokivesissä vaatii joen läpikulkukelpoisuuden parantamista (toimiva ylös- ja alasvaellus).

Lyhytaikaissäännöstelyn vaikutus on eliöstölle merkittävä ja ympäristövirtaaman määrittely kannalta sen merkitys on todennäköisesti suurempi kuin vuodenaikaiseen vaihteluun perustuvien virtaamatasojen kohtuullisen vaihtelun merkitys. Kohteissa, joissa lyhytaikaissäännöstely on voimakasta, tulisi ympäristövirtaaman näkökulmia (eliöiden ekologia, elinkiertojen luontainen toimivuus) lähestyä lyhytaikaissäännöstelyn merkityksen kautta eli selvittää voidaanko lyhytaikaissäännöstelyn vaikutuksiin puuttua aiheuttamatta merkittävää haittaa vesivoimantuotannolle.

Suosituksena esitetään, että

- yhteiskunnallisesti vähämerkityksellisissä kohteissa virtavesilajistolle saavutettavissa olevaa hyötyä verrataan vesivoimatuotannolle ja muille toiminnoille aiheutuviin haittoihin; jos hyödyt ovat haittoja suuremmat, niin lyhytaikais-säännöstelystä luovutaan tai sitä lievennetään, ja
- suojellisesti tärkeissä kohteissa (esim. tietyt taimenkannat) luovutaan voimakkaasta lyhytaikais-säännöstelystä.

5.2 Uusien kalatalousmääräysten lisääminen vesilupa-

Viitaten 4.2 luvussa esitettyyn arvioon sääntelyn muutostarpeista vesilakia tulisi muuttaa siten, että uusien kalatalousmääräysten lisääminen vanhaan vesilupa-

an olisi käytännössä mahdollista. Perusteina tälle ovat paitsi Kalatiestrategiassa esitetyt vaelluskalojen elvyttämi-

sen tavoitteet myös vaatimukset toiminnanharjoittajien yhdenvertaisesta kohtelusta sekä vesipuidedirektiivissä tarkoitettu velvollisuus saattaa pintaveden patoamisen ennakovalvon-

tatoimenpiteet ajan tasalle (11(3e) art.).

Suosituksena esitetään, että vesilakia muutetaan seuraavasti:

- VL 3 luvun 22 §: Lupaviranomaisen tulisi pystyä nykyisen kalatalousmääräysten muuttamisen ohella lisäämään vesilupa-

an uusia kalatalousmääräyksiä, jos olosuhteet ovat olennaisesti muuttuneet,

- VL 19 luvun 10 §: Myös siirtymäsääntelyssä tulisi viitata vanhojen lupien kala-

talousmääräysten muuttamisen lisäksi mahdollisuuteen lisätä vanhaan lu-

paan uusia kalatalousmääräyksiä,

- VL 3 luvun 22 §: Uusien kalatalousmääräysten lisäämisen ja kalatalousmäärä-

ysten muuttamisen edellytyksenä voitaisiin viitata VL 3 luvun 14 §:n säänte-

lyyn; VL 3:14:n mukaan kalatalousvelvoitteen toimenpiteiden suorittamisesta ei saa aiheutua niillä saavutettavaan hyötyyn verrattuna hankkeesta vastaa-

valle kohtuuttomia kustannuksia.

5.3 Kompensaatiotoimenpiteet

Luvussa 4.3 tarkastellun kompensointiajattelun täytäntöönpano edellyttäisi muutoksia vesilain sääntelyyn. Muutosten tarkoituksena olisi mahdollistaa vanhan tai uuden vesitalous-hankkeen aiheuttamien vaelluskalahaittojen kompensointi muualla kuin hankkeen vaikutus-alueella. Haittojen kompensointia ennen olisi tullut huolehtia siitä, että haittoja ehkäistään ja aiheutuvat haitat minimoidaan.

Tällaisen kompensointisääntelyn tarkoituksena olisi parantaa vaelluskalojen elinmahdollisuuksia laajalti koko maata ajatellen. Se mahdollistaisi sellaisten kalataloudellisten toimenpiteiden priorisoinnin, jossa etusijalla olisivat helpoiten toteutettavat ja vaikutuksiltaan merkittävimmät kohteet. Sääntely myös laajentaisi vaelluskalojen elvyttämistoimenpiteiden maksupohjaa kaikkiin vaellusesteiden omistajiin. Erityisen tärkeää olisi ulottaa sääntely vanhoihin vesilupiin.

Suosituksena esitetään, että

- **selvitetään kompensointisääntelyn sisällyttämistä vesilakiin ja ympäristön-suojelulakiin,**
- **kompensointi-toimenpiteet mahdollistavien vesilain muutosten päälinjat voivat olla seuraavanlaisia:**
 - **pääsääntönä nykyinen hankkeesta aiheutuvien kalataloushaittojen ehkäisy ja vähentäminen hankkeen vaikutusalueella,**
 - **jos haittojen ehkäisy ja vähentäminen ei ole mahdollista vaikutusalueella, viranomaisella on mahdollisuus määrätä haittoja korvaava kalatalousmaksu, jolla vaelluskalahaittoja voidaan kompensoida joen toisessa osassa tai kokonaan toisessa vesistössä,**
 - **vaellusesteen aiheuttavasta hankkeesta vastaavan edellytetään osallistuvan vaelluskalahaittojen vähentämiseen, vaikka hanke ei suoraan vaikuttaisi kalakantojen tilaan muiden vaellusesteiden takia,**
 - **kalatalousmääräysten lisääminen mahdollistetaan nykyistä joustavammin (ks. edellä luku 5.2).**

5.4 Priorisointi ja arvottaminen

Suojelubiologiset kriteerit, kuten uhanalaisten lajien esiintyminen ja poikastuotantoalueiden laatu ja määrä, ovat keskeisellä sijalla kohteiden priorisoinnissa. Kaikissa vesistöissä ei ole mahdollisuutta lajin luontaisen elinkierron palauttamiseen. Suojelubiologisten kriteerien ohella on otettava huomioon suojelutoimista aiheuttavat kustannukset. Toimenpiteet tulisi suunnata kohteisiin, joissa suojelutavoitteet saavutetaan mahdollisimman vähäisin kustannuksin. Tärkeitä näkökulmia ovat myös hankkeiden yhteiskunnallinen vaikuttavuus ja kannattavuus.

Vaelluskalakantojen palauttamisen toimenpiteet aiheuttavat kustannuksia ja hyötyjä eri osapuolille, kuten vesivoiman tuottajille, ammatti- ja virkistyskalastajille sekä yleisesti paikallisille asukkaille ja kansalaisille. Toimenpiteitä priorisoitaessa hyötyjä ja kustannuksia on pyrittävä tarkastelemaan kokonaisvaltaisesti. Samoin on syytä selvittää toimijoiden näkemyksiä ja asenteita toimenpidevaihtoehtoja kohtaan. Esitetyllä tavalla toimien on paremmat mahdollisuudet yhteen sovittaa erilaisia tavoitteita ja siten edistää eri toimijoiden (kalastajat, kansalaiset, museovirasto, sähköntuottajat) halukkuutta osallistua toimenpiteiden toteuttamiseen.

Suosituksena esitetään, että

- **kalatiestrategian valmistelussa tunnistettujen kärkikohteiden osalta selvitetään vaihtoehtoisten toimien kustannukset ja ekologiset vaikutukset,**
- **selvitetään kärkikohteiden virkistyskalastuspotentiaali ja -paine ympäristövirtaaman soveltamisen myötä**
- **selvitetään kansalaisten asenteet suojelun ja kulttuuriympäristön muutosten yhteensovittamiseksi historiallisesti tärkeillä toimenpidealueilla, ja**
- **suunnitellaan toimintajärjestys edellä esitetyn perusteella.**

5.5 Sidosryhmien näkemysten yhteensovittaminen

Vaelluskalakantoja koskevissa hankkeissa on usein monia eri ulottuvuuksia, mukaan lukien erityyppisiä kulkuesteitä, monia eri sidosryhmiä ja näillä erilaisia tavoitteita sekä monia eri tapoja tukea kalakantojen elvyttämistä. Laadukas päätöksenteko edellyttää sidosryhmien rakentavaa vuoropuhelua, ongelman syvällistä ymmärtämistä ja sen eri ulottuvuuksien tunnistamista sekä läpinäkyvää vaihtoehtojen vertailua eri näkökulmista.

Hankkeen alkaessa on tärkeää paneutua huolella suunnitteluongelman taustoihin, sen ominaispiirteisiin ja rajaukseen, jotta voidaan arvioida, minkä tyyppisille vuorovaikutusta ja tavoitteiden yhteensovittamista tukeville menetelmille on tarvetta ja mitkä ovat menetelmien hyödyntämisen reunaehdot. Etenkin laajoissa monia eri sidosryhmiä koskevissa hankkeissa on olennaista tunnistaa kaikki eri sidosryhmät ja osallistaa ne jo hyvin aikaisessa vaiheessa hanketta.

Suosituksena esitetään, että

- **monia eri sidosryhmiä koskevan hankkeen aluksi tehdään kartoitus, jossa tunnistetaan olennaiset sidosryhmät ja kutsutaan nämä mukaan hankkeeseen,**
- **hankkeen alkuvaiheessa tunnistetaan olennaisimmat tarpeet tukea sidosryhmien vuorovaikutusta, ongelman jäsentelyä ja tavoitteiden yhteensovittamista; tarkastelun perusteella valitaan tarkoituksenmukaisimmat menetelmät näiden osa-alueiden tukemiseen, ja**
- **hankkeen aikana arvioidaan kriittisesti vuorovaikutusta ja tavoitteiden yhteensovittamista tukevien menetelmien tuomia hyötyjä suhteessa käytettäviin resursseihin; tarkastelut kohdistetaan joustavasti olennaisiin asioihin sidosryhmiltä saadun palautteen perusteella.**

5.6 Sopeutuva toimintamalli

Vaelluskalakantojen elvyttämistä tukevien toimenpiteiden vaikutusten arviointiin liittyy paljon epävarmuutta, mitä ei ole mahdollista poistaa huolellisilla taustaselvityksilläkään. Siksi sopeutuvan käytön ja hoidon (adaptive management) periaatteiden noudattaminen vaelluskalojen elvyttämishankkeissa parantaisi niiden onnistumismahdollisuuksia. Olennaista on hypoteesien määrittäminen toimenpiteiden vaikutuksille, toimenpiteiden vaikutusten seuranta sekä ajan kuluessa tapahtuva oppiminen ja reagointi uuden tiedon perusteella. Kalakantojen tilan kehittymistä ennustavat systeemi- ja optimointimallit ovat tärkeitä työkaluja vaikutuksia koskevien hypoteesien muodostamisessa.

Suosituksena esitetään, että

- **sopeutuvaa toimintamallia edistetään kokeiluhankkeilla, joissa oikeissa elvyttämiskohteissa seurataan erityyppisten toimenpiteiden vaikutuksia vaelluskalojen elinkierron eri vaiheisiin, ja**

- seurannan tulosten perusteella muutetaan toimenpiteitä tai otetaan käyttöön uusia.

6 TUNNISTETTUJA TUTKIMUSTARPEITA

Hankkeen selvitystyössä tunnistettiin erilaisia tutkimustarpeita, joiden avulla tuloksien käytäntöön vieminen helpottuisi tai olisi paremmin hyödynnettävissä. Osa tutkimustarpeista on perustiedon puuttumista samankaltaisista tilanteista, jolloin ehkä vain Suomen olosuhteet kuvaavat tilannetta.

Tällaisia tutkimustarpeita ovat esimerkiksi:

- korvaavien habitaattien merkitys ja mahdollisuudet erityyppisissä kohteissa,
- vesivoiman, erityisesti pienvesivoiman, taloudellinen merkitys ja patojen purkamisen mahdollisuudet,
- kompensatiomahdollisuuksien ja -sääntelyn tarkempi selvittäminen,
- oikeudelliset esimerkit vaelluskalojen elvyttämisestä muissa maissa,
- vaelluskalojen elvyttämisen valtiosääntöoikeudelliset rajat,
- isännättömien patojen ja muiden vaellusesteiden tunnistaminen ja poistaminen,
- vaellusesteiden poistamisen ja kutualueiden parantamisen joukkoistamisen tavat ja menetelmät
- ilmaston lämpenemisen vaikutukset vaelluskaloihin rakennetuissa vesistöissä
- kuinka vieraslajien, esim. hopearuutanan, leviämisen uhka pitäisi ottaa huomioon vaellusyhteyksien avaamisessa?

LIITE 1

(52 s.)

Ympäristövirtaaman määrittelyn menetelmät - tapaustutkimukset Suomessa

Teppo Vehanen¹, Ari Huusko¹, Olli van der Meer², Aki Mäki-Petäys¹, Saija Koljonen³

¹ Luonnonvarakeskus

² Tmi Olli van der Meer

³ Suomen ympäristökeskus

Kalavirta hankkeen selvitys 06/2017

SISÄLLYS

1.	Ympäristövirtaaman määrittäminen.....	44
2.	Tarkastellut menetelmät.....	44
3.	Kohdekohtaiset tarkastelut.....	49
3.1	Iijoki.....	49
3.2	Kuusinkijoki.....	55
3.3	Ala-Koitaajoki.....	59
3.4	Kymijoki, Siikakoski.....	62
3.5	Kukkianvirta.....	66
3.6	Tainionvirta.....	70
3.7	Kalkkistenkoski.....	74
3.8	Ripatinkoski.....	79
4.	Building Block –menetelmällä toteutetut kohteet.....	83
5.	Johtopäätökset menetelmien toimivuudesta.....	88
6.	Suositus ympäristövirtaamien määrittämiseen.....	89

1. YMPÄRISTÖVIRTAAMAN MÄÄRITTÄMINEN

Ympäristövirtaaman laskemiseksi on käytetty kymmeniä eri menetelmiä. Valittava menetelmä riippuu tarkasteltavasta näkökulmasta ja myös käytettävissä olevista resursseista. Yksinkertaisilla hydrologisilla tai hydraulisilla menetelmillä voidaan ympäristövirtaama määrittää vähäisin resurssein useallekin kohteelle, mutta paikkakohtainen tarkastelu voi jäädä ohueksi ja tulokseen sisältyä enemmän riskiä ympäristövirtaaman toimivuudesta. Laaja-alaisilla holistisilla menetelmillä voidaan tarkastella tarkemmin paitsi biologisia myös ympäristövirtaamaan liittyviä sosio-ekonomisia kysymyksiä. Tällöin tarkastelu yleensä edellyttää suurempia kohdekohtaisia resursseja. Tässä työssä vertailtiin ympäristövirtaamamenetelmien soveltuvuutta erilaisiin virtaamatilanteisiin suomalaisissa virtavesikohteissa.

Elinympäristömallinnusta (habitaattimallia, tietoa lajille soveltuvan elinympäristön määrästä eri virtaamilla) käytettiin vertailevana mittarina sille, kuinka hyvin määritetty ympäristövirtaama sopii kohdelajille (lohi tai taimen). Työssä käytettiin olemassa olevaa aineistoa keräämällä yhteen aiemmin mallinnetut jokikohteet. Lisäksi esitellään kymmenen kohteen työpajapohjainen ympäristövirtaaman määrittelyyn keskittynyt hanke, jossa pyrittiin erilaisten lähtötietojen perusteella arvioimaan määrittelyn mahdollisuuksia.

2. TARKASTELLUT MENETELMÄT

Työssä sovellettiin kolmea eri menetelmää ympäristövirtaaman määrittelemiseksi: Tennantin- (hydrologinen menetelmä), märkäpiiri- (Wetted Perimeter-, hydraulinen menetelmä) ja Building Block- (holistinen menetelmä) menetelmää. Näiden antamia tuloksia verrattiin elinympäristömallinnuksen antamiin tuloksiin elinympäristön määrästä ja laadusta eri virtaamilla. Ympäristövirtaaman tarkoituksena on, että se turvaa koko jokiekosysteemin toiminnan. Tällöin määrittelyssä on hyvä käyttää mahdollisimman monen eliölajin vasteita virtaaman muutoksille. Käytännön syistä tässä työssä keskityttiin avainlajina loheen ja taimeneen, joiden elinympäristön laadun ja määrän vaihtelusta suhteessa virtaamaan on olemassa parhaiten tutkimustietoa.

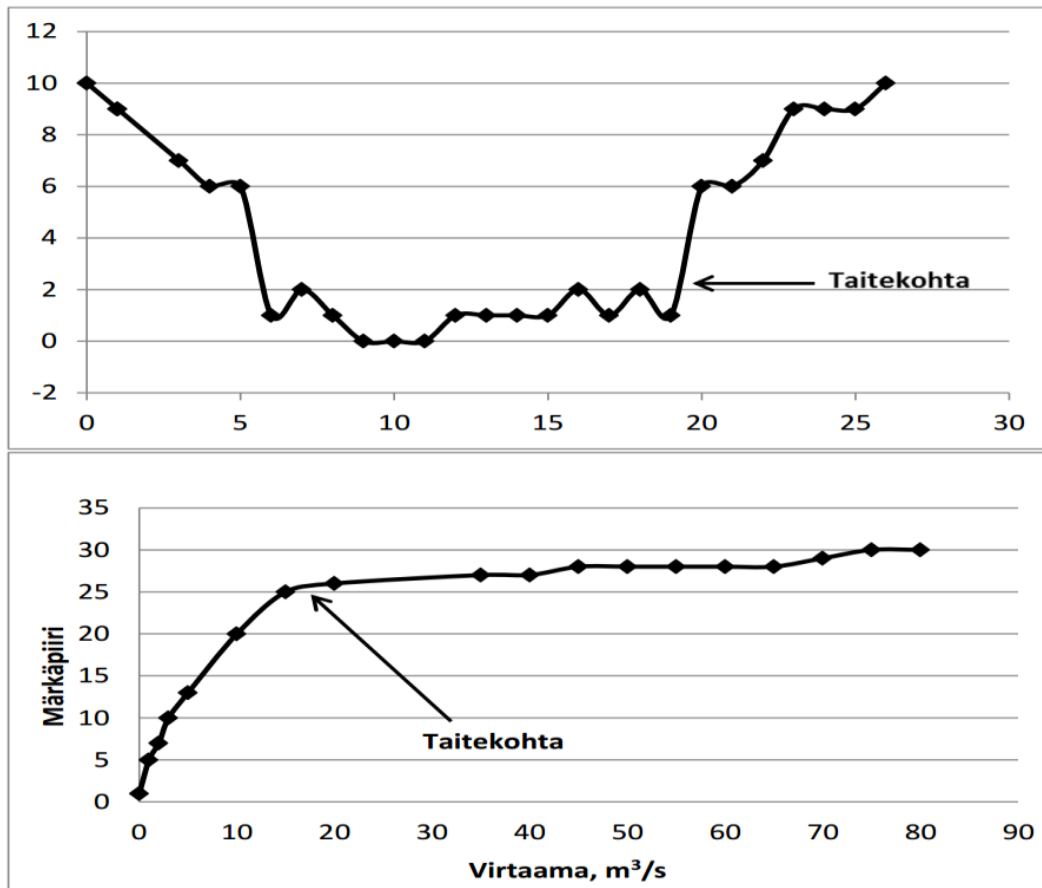
Tennantin menetelmä

Tennantin menetelmä (Tennant 1976) perustuu biologiseen ja hydrologiseen aineistoon sadoista joista eri puolilta USA:ta vuosilta 1958-1975. Tennant vertaili jokien biologiaa ja niiden hydrologisia muuttujia (leveys, syvyys, virtaama, poikkileikkaukset). Menetelmä perustuu vuoden keskivirtaamaan. Tennant (1976) päätteli, että määrätty osa luonnontilaisesta keskivirtaamasta riittää vesittämään riittävän osan joen tärkeistä elinympäristöistä, ja tämä heijastuu joen biologiseen tilaan. Hän määritteli seuraavat kynnysarvot: 1) 10% keskivirtaamasta on virtaama, jolloin suurimmalle osalle eliöstöä säilyy eloonjäämiseen tarvittava elinympäristö (huono tai minimi-tilanne), 2) 30% keskivirtaamasta ylläpitää hyvät edellytykset lähes kaiken eliöstön eloonjäantiin ja joen virkistyskäyttöön (hyvä tilanne), 3) 60% keskivirtaamasta ylläpitää erinomaisen elinympäristön lähes kaikelle eliöstölle ja virkistyskäytölle (erinomainen tilanne), 4) 200% keskivirtaamasta on maksimi tai "flushing flow" (=puhdistava tulvavirtaama).

Wetted Perimeter (märkäpiiri)-menetelmä

Wetted Perimeter -menetelmä perustuu siihen, että virtaaman ja samalla vesitetyn joen pohjan alan muuttuessa myös kaloille soveltuvan elinympäristön määrä vähenee tai kasvaa samassa suhteessa. Poikkileikkauksen märkäpiirin ja virtaaman välistä käyrää käytetään kuvaamaan elinympäristössä tapahtuvia muutoksia (esim. CDFW 2013). Käyrässä voi olla selkeä taitekohta tai -kohtia, joissa märkäpiirin kasvu tasoittuu eli joen vesitetty pinta-ala

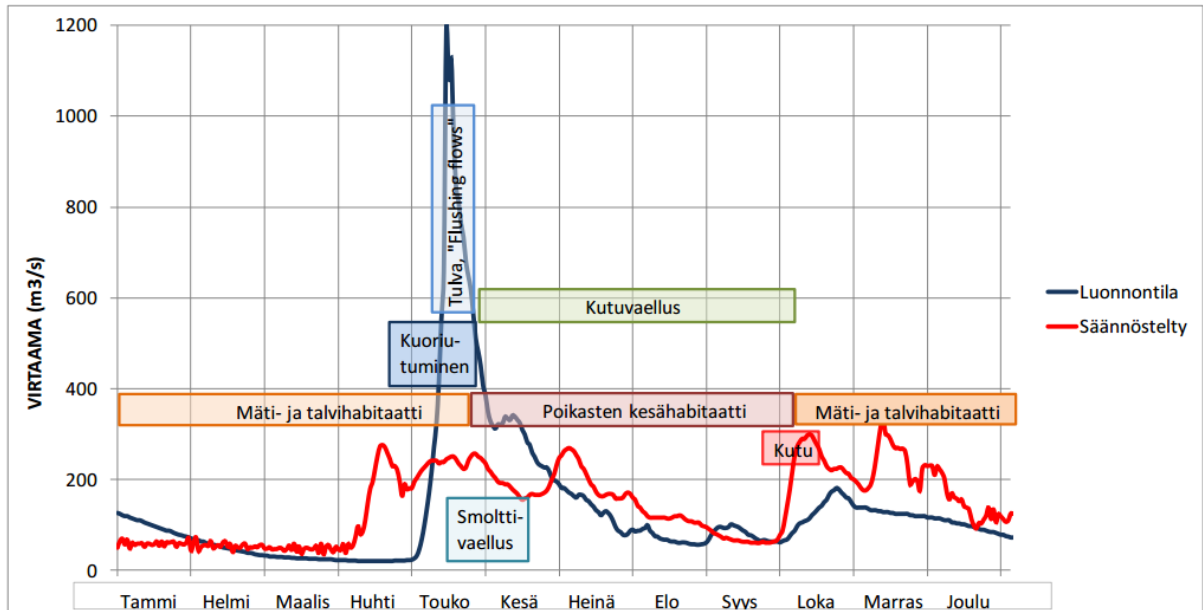
(leveys) ei enää kasva yhtä nopeasti virtaaman kasvaessa (kuva 1). Tässä taitekohdassa elinympäristöä pidetään vakaana ylläpitämään kalastoa ja siksi sitä suositellaan vallitsevaksi virtaamaksi. Wetted Perimeter -menetelmän toimivuus riippuu uoman geometriasta, ja uomassa olevat kynnykset, lohkareet tai muut rakenteet voivat aiheuttaa taitekohtia virtaama-märkäpiiri -käyrään. Siksi on hyvä tarkastella useita eri poikkileikkauksia koealuetta kohden luotettavamman kuvan saamiseksi. Kun poikkileikkauksia on useita tasaisesti koko kosken alalta, on otos lisäksi edustavampi. Jos uoman poikkileikkaus on V-mäinen, märkäpiiri lisääntyy tasaisesti koko ajan, eikä menetelmällä löydetä ympäristövirtaaman määrittelyä ohjaavia taitekohtia.



Kuva 1. Kuvitteellinen esimerkki joen poikkileikkauksesta (yllä) ja virtaaman ja märkäpiirin välisestä suhteesta (alla). Nuoli osoittaa taitekohtaa jossa virtaaman lisäys ei lisää märkäpiiriä (vesitettyä pinta-alaa) yhtä nopeasti kuin alhaisemmillä virtaamilla.

Building Block -menetelmä

Building Block -menetelmässä (King et al. 2008) joen virtaaman ajatellaan koostuvan joen ekosysteemiä ylläpitävistä tärkeistä elementeistä, virtaaman rakennuspalikoista (Building Blocks). Menetelmässä tunnistetaan tärkeimmät virtaaman ominaisuudet, jotka vaikuttavat joen luonnonmukaisen eliöstön ja prosessien säilyttämiseen (kuva 2). Ympäristövirtaama määritetään asiantuntijoiden työpajassa, jolla on käytössään mahdollisimman paljon taustatietoa, kuten joen virtaama-aineistot (King & Louw 1998). Menetelmä on luonteeltaan holistinen eli siihen voi liittyä paitsi virtaamamuutosten biologisten vaikutusten arviointi, myös ekonomisten ja sosiaalisten vaikutusten arviointi. Yksinkertaisuuden vuoksi tässä selvityksessä Building Block -menetelmää käytetään ainoastaan rakentamaan ympäristövirtaama lohen tai taimenen elinympäristövaatimusten perusteella.



Kuva 2. Esimerkkikuva ympäristövirtaaman “rakennuspalikoista”, eli lohikalojen jokivaiheen menestymisen kannalta tärkeitä virtaamajaksoista. Kuvassa esitetään myös hypoteettiset saman jokialueen virtaamat luonnontilassa ja säännöstelyn alkamisen jälkeen.

Elinympäristömallinnus

Elinympäristötarkasteluissa kohde, tässä tapauksessa yksittäinen koski tai virta-alue, mallinnetaan aluksi virtausmallilla useammalla kuin yhdellä virtaamalla. Virtausmallinnuksella saadaan tietoa siitä miten virranopeus ja vesivyys eri virtaamilla vaihtelee kohteessa. Kolmas elinympäristömallissa käytettävä tekijä on yleensä pohjanlaatu (pohjankarkeus). Elinympäristömallinnus perustuu näiden mitattujen tekijöiden (virranopeus, vesivyys ja pohjan laatu) saatavilla olevuuteen suhteessa siihen minkälaisia olosuhteita ko. tekijöissä kalat suosivat. Se minkälaisia olosuhteita poikaset suosivat on määritelty tutkimusten perusteella ja esitetään ns. preferenssikäyrinä välillä 0-1 jossa arvo 1 ilmentää optimaalisia olosuhteita ja 0 täysin sopimattomia olosuhteita. Kolmen edellä mainitun tekijän yhdistelmästä lasketaan poikasille soveltuvan alueen pinta-ala (WUA = Weighted Usable Area). Tätä pinta-alaa käytettiin tässä työssä mittarina virtaamamuutosten vaikutuksesta ja myös määritetyn ympäristövirtaaman ”onnistumisen” mittarina. Toisin sanoen jos virtaaman muutos näkyi lohikalojen poikasille soveltuvan elinympäristön määrässä suurena heikennyksenä tai parannuksena, mutta ympäristövirtaamamenetelmässä tätä ei huomioitu, ympäristövirtaamamenetelmän katsottiin toimivan huonosti. Lohta ja taimenta käytettiin tässä työssä esimerkkilajeina koska näistä lajeista on jokiympäristöstä tutkimustuloksia Suomesta. Iijokea lukuunottamatta tarkasteltiin vain kesätilannetta.

Tässä työssä tarkasteltiin yhteensä 22:ta mallinnettua koskikohdetta kahdeksasta eri vesistöstä (Taulukko 1). Työssä mallinnusaineisto käsiteltiin uudelleen. Poikasten eri ikäluokkia ei pääsääntöisesti tarkasteltu erikseen vaan tulokset yhdistettiin yhteen ns. yleispreferenssikäyrälle, jonka katsottiin parhaiten kuvaavan virtaamamuutosten vaikutuksia koko poikaspopulaation kannalta. Poikkeuskohteena on mukaan otettu Iijoen Kipinän alueen kosket. Iijolta mukaan otettiin laajempi tarkastelu, koska kohteesta on tuore ympäristövirtaama selvitys. Alkuperäiset mallinnusraportit on listattu raportin lopussa. Kaikilta toimijoilta hankittiin lupa aineiston uusiokäyttöön.

Taulukko 1. Työssä tarkastellut kohteet ja menetelmät. Menetelmien lyhennykset: WP = Watted Perimeter -menetelmä, BB = Building Block -menetelmä.

Jo-ki/Virta	Koski/Virta-alue	Käytetyt menetelmät	Käytetty virtaama	Kohteen nykytilan luonnehdinta
Iijoki	Riepuskoski, Vuormankoski, Varpuvirta	Tennant, WP, BB, elinympäristömallinnus	Luonnontilainen (1956-1964) ja latvajärvien säännöstelyn muuttama (1965-1995)	Suuret joet, luonnontilainen jokiuoma, lievä säännöstelyvaikutus
Kuusinkijoki	Käpysuvanto-Hivotanpuro	Tennant, WP, BB, elinympäristömallinnus	Säännöstelty virtaama (1958-2015)	Keskisuuri joki, luonnontilainen jokiuoma, vikatilanteessa toteutunut nollavirtaamia
Ala-Koitajoki	Hiiskoski, Tyltsy, Mäntykoski, Räväk- kälkoski, Tiaisenkoski, Lohikoski, Röp- pökoski, Kuusamonkoski, Pamilonkoski	Tennant, elinympäristömallinnus	Luonnontilainen virtaama (1937-1954)	Keskisuuri joki, nykyisin voimakkaasti säännöstelty alhainen virtaama, kunnostettu jokiuoma
Kymijoki	Siikakoski	Tennant, WP, elinympäristömallinnus	Säännöstelty virtaama (1970-2015)	Suuret joet, luonnontilainen jokiuoma, säännöstelty
Jokirei- tit: Kukkian- virta	Kukkianvirta	Tennant, WP, elinympäristömallinnus	Luonnontilainen virtaama (1911-2016)	Jokireitti kahden järven välissä, kunnostettu, pohjapato vaikuttaa
Jo-ki/Virta	Koski/Virta-alue	Käytetyt menetelmät	Käytetty virtaama	Kohteen nykytilan luonnehdinta
Tainion- virta	Vuoteenkoski, Vanhanmyllynkoski, Hotilankoski, Keijulankoski ja Kirveskoski	Tennant, WP, elinympäristömallinnus	Luonnontilainen virtaama (1950-2015) Alaosassa voimalaitokset	Jokireitti kahden järven välissä. Kunnostettu
Kalkkis- tenkoski	Kalkkistenkoski	Tennant, WP, elinympäristömallinnus	Säännöstelty virtaama (1970-2016)	Jokireitti kahden järven välissä, koskenniskaa perattu, muutoin luonnontilainen koski
Ripatin- koski	Ripatinkoski	Tennant, WP, elinympäristömallinnus	Säännösteltyvirtaama (1950-2015)	Jokireitti kahden järven välissä, yläpuolinen järvi

				säännöstelty
BB-kohteet				
Siikajoki	Vähävetinen luonnonuoma	BB	Nykyinen ja skenaariot	18 km vähävetisen uoma, tavoitteena ekologisen tilan parantaminen
Kuonanjoki	Vähävetinen luonnonuoma	BB, poikkileikkaukset	Nykyinen ja skenaariot	Ollut täysin kuivana, nyt kesällä 100 l/s
Paimionjoki	Askalan padon alapuoli	BB	Nykyinen säännöstelyvirtaama	Kuivauomassa kutualuetta n. 1 ha
Oulujoki	Montta-Merikoski	BB	Nykyinen säännöstelyvirtaama	Säännöstely yläpuolisesta riippuvaa
	Hupisaaret	BB, mallinnukset	Skenaariot	Alueella n. 1 ha kutu- ja poikashabitaattia
Irninjoki	Irninjärven luusua	BB, mallinnukset	Nykyinen ja skenaariot	Nollavirtaamasta luopuminen tärkeää, minimivirtaama-tavoite
Perhonjoki	Kaitfors	BB	Nykyinen ja skenaariot	Lyhytaikaissäännöstely, kalatien toimivuus virtaamarajoitteinen
Seinäjoki	Vähävetinen kaupunkiuoma	BB	Nykyinen ja skenaariot	Virkistyskäytön ja maisema-arvon merkitys suuri
Kiskonjoki	Koskenkosken alue	BB	Nykyinen ja skenaariot	Vanhan uoman merkitys lisääntymishabitaattina suuri

3. KOHDEKOHTAISET TARKASTELUT

Iijoki

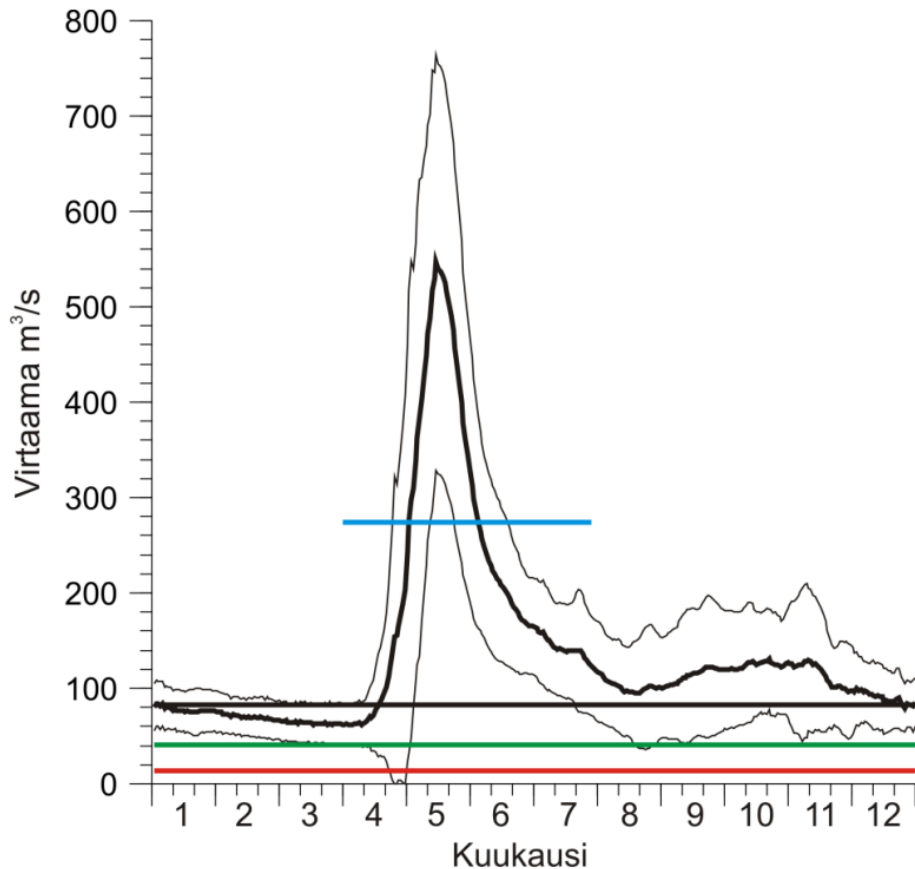
Iijoki edustaa aineistossa suuria jokia. Tarkastellut kosket sijaitsevat Iijoessa Pudasjärven ja Haapakosken välisellä jokiosuudella. Jokiuoma on pääosin luonnontilainen, mutta Iijoen latvajärvien säännöstely vaikuttaa virtaamaan. Säännöstely on muuttanut virtaamia siten, että talvikuukausien (joulukuuhuhtikuu) virtaamat ovat suuremmat ja kesäkuukausien virtaamat pienempiä kuin ennen säännöstelyä (Orell ym. 2016).



Kuva 2. Kartta koskikohteista Iijoen alueella: Varpuvirrat, Vuormankoski ja Kiernasvirta (Orell ym. 2016).

Tennant

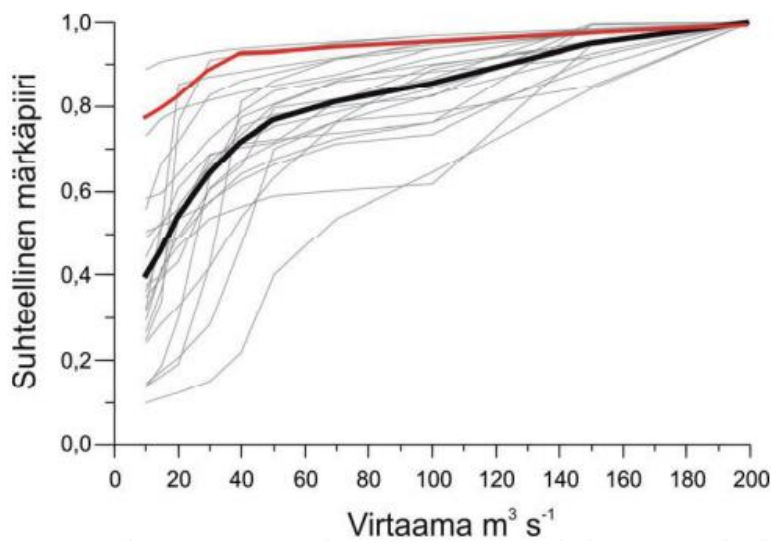
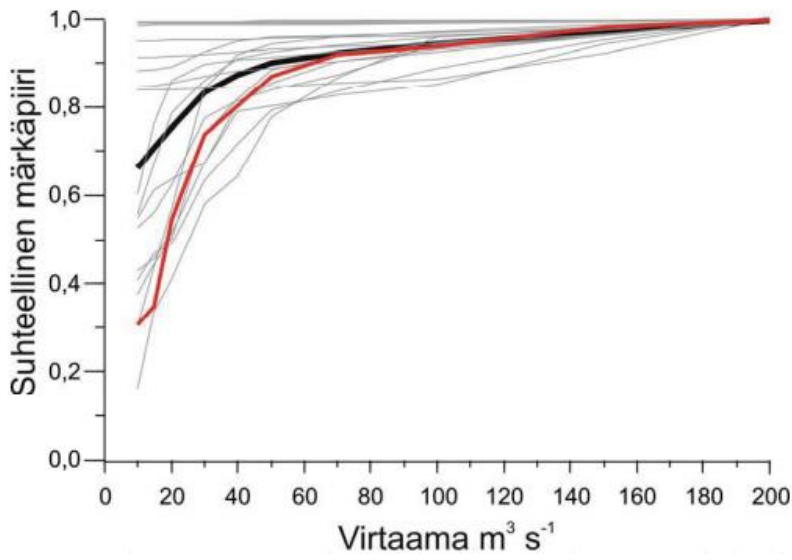
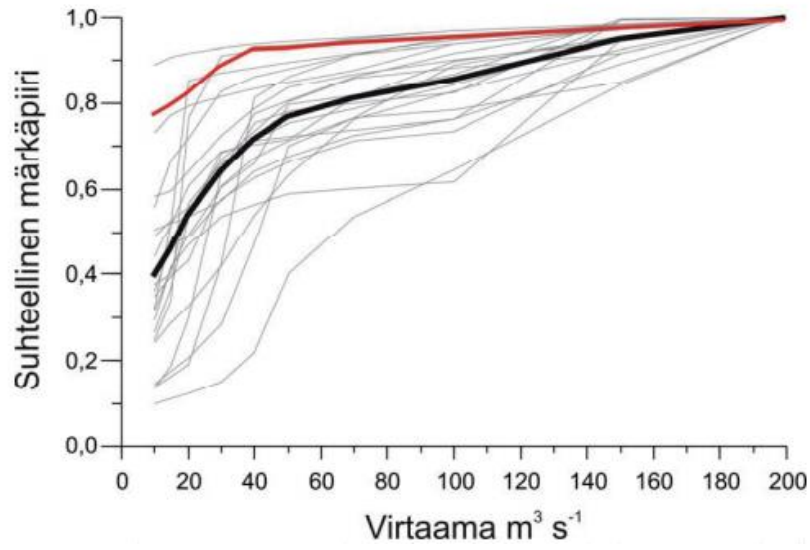
Neljänkymmenen vuoden (1956-1995) keskivirtaama Iijoen tarkastellussa uomassa oli 136,8 m³/s, vuoden keskivirtaaman ollessa pienimmillään 83,5 m³/s ja suurimmillaan 180,3 m³/s. Iijoen keskivirtaama on ollut vakaalla tasolla vuosina 1956-1995, joten se tukee hyvin Tennantin menetelmän soveltamista koko ajanjakson keskivirtaamaan. Tennantin menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat tarkastellulla Iijoen osuudella ovat 13,7 m³/s (huono tai minimi-tilanne), 41,1 m³/s (hyvä tilanne) ja 82,1 m³/s (erinomainen tilanne). Maksimi- tai "flushing flow" -virtaamaksi saadaan 273,6 m³/s (kuva 3).



Kuva 3. Tennantin-menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat piirrettynä lijoen Kipinän alueen vuosien 1956-1995 vuosittaiseen virtaamavaihteluun (keskiarvo (musta viiva) \pm SD (mustat hiusviivat)). Punainen poikkiviiva on 10 % (Tennant: huono tai minimi-tilanne), vihreä 30 % (hyvä tilanne) ja musta 60 % (erinomainen tilanne) keskivirtaamasta. Sininen poikkiviiva on maksimi- tai "flushing flow" -tilanne (200 % keskivirtaamasta, puhdistava tulva).

Wetted Perimeter

Wetted perimeter -menetelmän tulkinnaissa siis etsitään uoman poikkileikkauksen märkäpiirin ja virtaaman välisestä suhteesta taitekohtaa, jossa märkäpiirin kasvu tasoittuu. Tarkastelu ei anna yhtä selkeää taitekohtaa. Kun tarkastellaan koskenniskaan sijoittuvia märkäpiirejä, tällainen taitekohta on Vuormankoskessa 40 m³/s virtaamalla (kuva 4). Sama johtopäätös voidaan tehdä myös muiden poikkileikkausten tarkastelusta: taitekohdat sijoittuvat lähes yksinomaan välille 20 - 60 m³/s painottuen 40 m³/s virtaamaan. Menetelmän perusteella arvioiduksi suositusvirtaamaksi lijoen luonnonuomaan saadaan siis 40 m³/s, vaihteluvälillä 20 - 60 m³/s (kuva 4).



Kuva 4. Märkäpiirin ja virtaaman välinen suhde Iijoen Vuormankoskessa (ylin paneeli), Varpukoskessa (keskellä) ja Riepukoskessa (alin paneeli). Kuvaan on piirretty kaikki koskesta mitatut poikkileikkauslinjat. Musta viiva on märkäpiirin keskiarvo ja punainen viiva on kos-

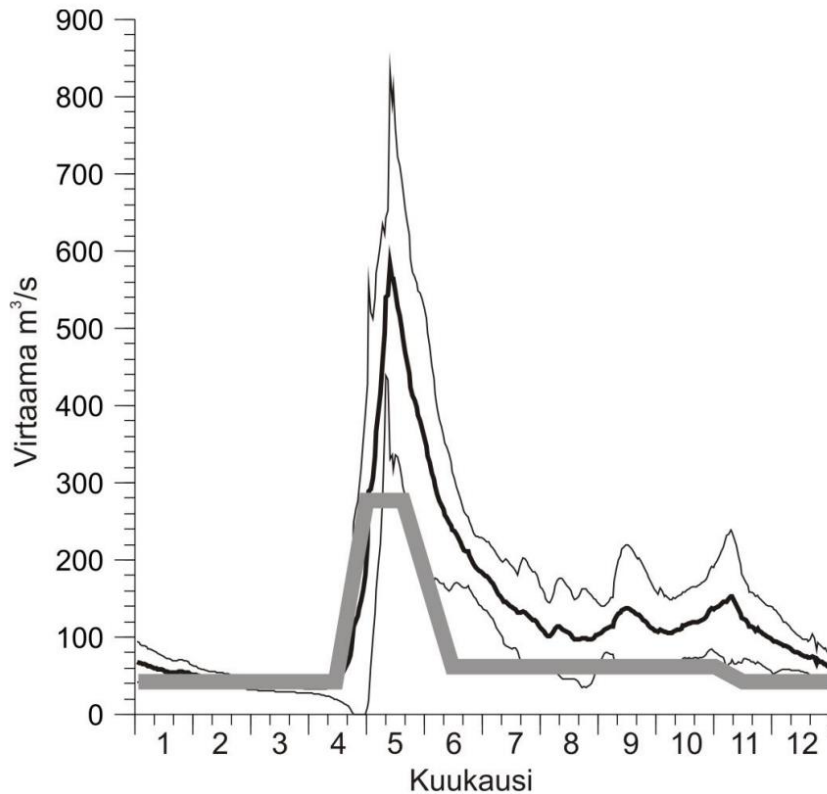
kenniskalla sijaitsevan poikkileikkauslinjan märkäpiiri. Kuten myöhemmin todelliset märkäpiirit on standardoitu merkitsemällä kunkin märkäpiirin suurin pituus ykköseksi ja virtaamakoh-
taiset märkäpiiripituudet on suhteellistettu tähän.

Building Block

Asiantuntijaryhmä määrittä 6.11.2015 Oulussa järjestetyssä työpajassa lohikalojen jokivai-
heen kannalta tärkeimmät lijoen luonnonuoman (Kipinän alue) virtaaman ”rakennuspalikat”
(kuva 5, taulukko 2). Ympäristövirtaaman määrittämisen kannalta tärkeiksi vaelluskalojen
menestymiseen vaikuttaviksi virtaaman rakennuspalikoiksi valikoituivat: poikasten talvihabi-
taatti ja mäti, ”flushing flow” (puhdistava tulvavirtaama), talvikkovaellus, smolttivaellus, kutu-
nousu, poikasten kesähabiataatti sekä kutu. Vaelluskaloista asiantuntijaryhmä keskittyi lo-
heen, jonka katsottiin olevan luontaisempi laji lijoen luonnonuoman olosuhteisiin kuin tai-
men. Building block - ympäristövirtaamien määrittelyssä käytettiin lijoen virtaamatietoja en-
nen ja jälkeen säännöstelyn, tietoja veden lämpötilasta ja virtaus- ja elinympäristömallinnus-
ten tuloksia lohikaloille soveltuvan elinympäristön määrän muutoksista virtaaman muuttues-
sa.

Taulukko 2. Asiantuntijoiden määrittämät virtaaman rakennuspalikat lijoen alueella.

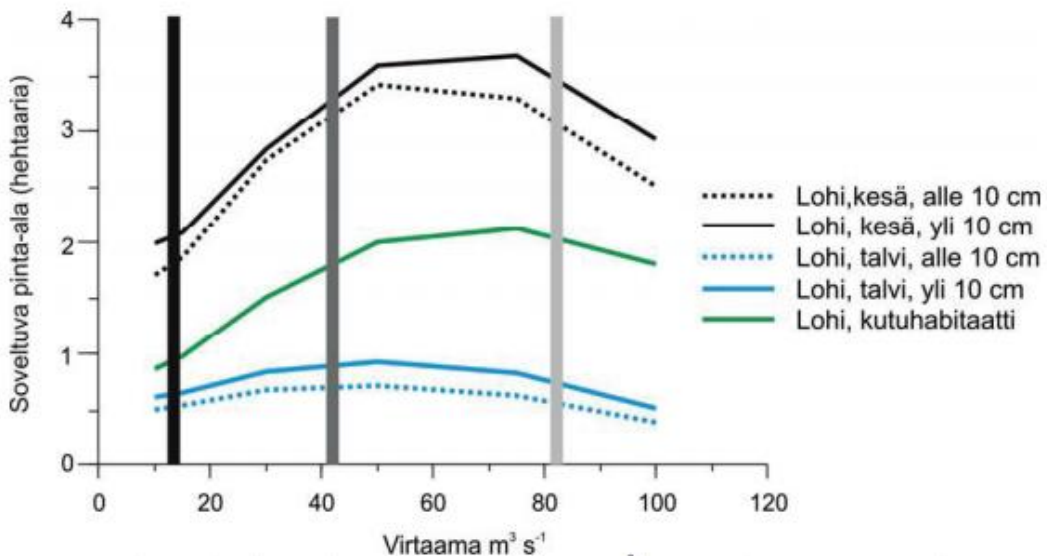
Virtaaman raken- nuspalikka	Vuoden ajalle	Virtaama (m ³ /s)	Virtaaman vaihte- lu (m ³ /s)	Sanallinen perustelu
Kutu	15.9.- 30.10.	50 m ³ /s	50-70 m ³ /s	Kudun suhteen hyvä tila säilyy välillä 50-70 m ³ /s
Poikasten talvihabi- taatti ja mäti	15.11.- 15.4.	40 m ³ /s	30-50 m ³ /s	Hyvä tilanne säilyy välillä 30-50 m ³ /s
”Flushing flow”	1.5.- 20.5.	250-300 m ³ /s		Tennantia mukaillen, luonnonmukaista vaihte- lua seuraten (ajassa).
Talvikkovaellus				Sama kuin flushing flow tai hieman alempi. Vaeltavat merelle ennen smoltteja
Smolttivaellus	10.5.- 20.6.		Tulvapiikistä kesävirtaamaan 250→60-70 m ³ /s	Vaeltavat mereen laskevassa tulvassa, veden lämpötila vaikuttaa ajoittumiseen. Huomioitava vaelluksen luonnonmukainen vaihtelu ajassa.
Kutunousu	15.6.- 15.9.	60-70 m ³ /s		Luonnonmukainen virtaamavaihtelu (kesätulvat)
Poikasten kesähabi- taatti	20.6.- 15.9.	60-70 m ³ /s		



Kuva 5. Virtaama lijoen Kipinässä ennen säännöstelyä 1956-1964, (keskiarvo (musta viiva) \pm SD (mustat hiusviivat)) sekä asiantuntijoiden määrittämät ympäristövirtaamasuosituksset (harmaa palkki) lohen jokivaiheen perusteella.

Elinympäristömallinnus

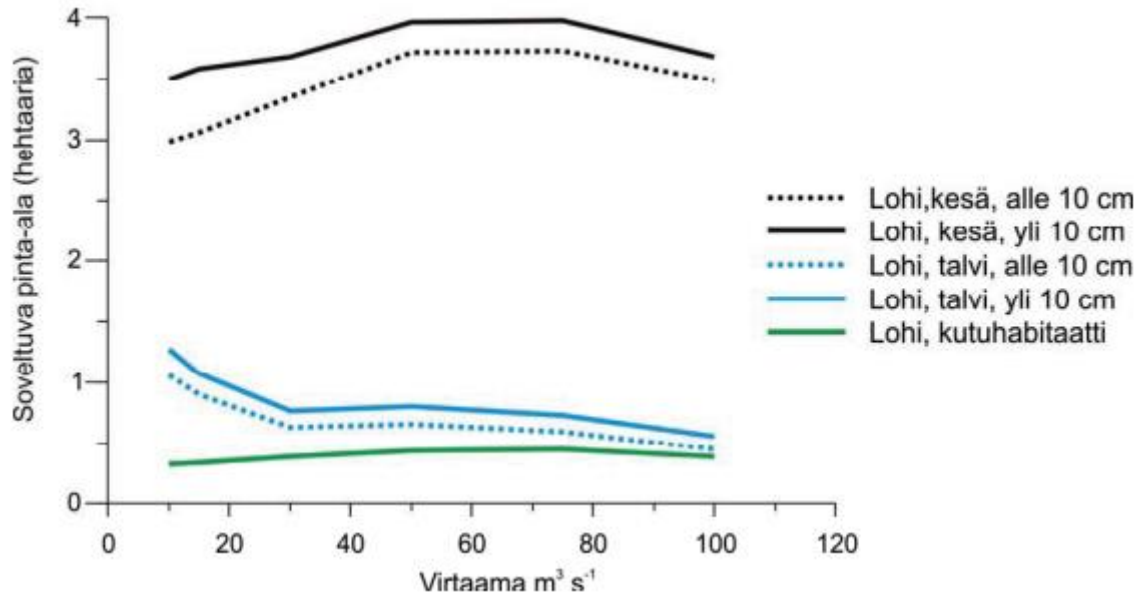
Elinympäristömallinnuksen mukaan lohenpoikasille soveltuvan elinympäristön määrä on Vuormankoskessa suurimmillaan kesällä 50-70 m³/s virtaamilla ja talvella 40-50 m³/s virtaamilla (kuva 6).



Kuva 6. Lohen poikasille soveltuva elinympäristö (WUA, m²) Vuormankoessa eri virtaamilla. Kuvaan on piirretty Tennantin menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat (pystyviivat): musta: huono tai minimi-tilanne, harmaa: hyvä tilanne ja vaalean harmaa: erinomainen tilanne.

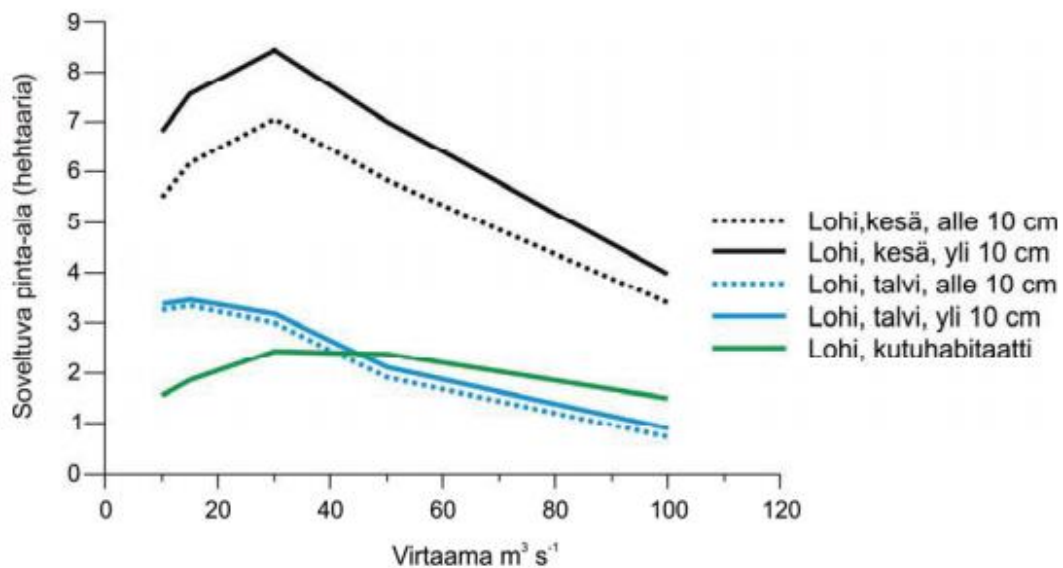
Mallinnetun alueen vesipinta-ala on 30 m³/s virtaamalla 23,5 ha ja 100 m³/s virtaamalla 32,8 ha.

Kiernasvirralla lohen poikasille soveltuvan elinympäristön määrä käyttäytyy talvella Vuor-
mankoskesta poikkeavalla tavalla. Talvella lohenpoikasille soveltuvan elinympäristön määrä
on suurimmillaan pienillä, alle 30 m³/s virtaamilla. Tämä johtuu Kiernasvirran uoman erilai-
sesta rakenteesta, johon kuuluu paljon nivamaista ja jopa suvantomaista elinympäristöä,
jossa syvydet ja virtausnopeudet nousevat liian suuriksi isojen talvivirtaamien aikana. Kes-
ällä lohenpoikasille soveltuvaa elinaluetta on runsaimmin 50-70 m³/s virtaamilla (kuva 7) .



Kuva 7. Lohenpoikasille soveltuva elinympäristö (WUA, m²) Kiernasvirralla eri virtaamilla. Mallinnetun alueen vesipinta-ala on 30 m³/s virtaamalla 43,4 ha ja 100 m³ /s virtaamalla 44,6 ha.

Varpuvirroilla jokiuoma on kosken alapäässä ahdas, mikä nostaa virtaaman kasvaessa kos-
kialueen veden pinnankorkeutta nykytiedon perusteella yli lohenpoikasten suosimien sy-
vyyksien. Tämä näkyy lohenpoikasille soveltuvassa elinympäristössä siten, että kesällä
pinta-ala on laajimmillaan muita koskia alhaisemmissa virtaamissa (30 m³ /s). Myös talvella
poikasille soveltuva pinta-ala pienenee virtaaman kasvaessa (kuva 8).



Kuva 8. Lohenpoikasille soveltuva elinympäristö (WUA, m²) Varpuvirroilla eri virtaamilla. Mallinnetun alueen vesipinta-ala on 30 m³/s virtaamalla 46,5 ha ja 100 m³/s virtaamalla 50,4 ha.

Yhteenveto, Iijoki

Iijoen Kipinän alueen tarkastelussa kaikki kolme menetelmää antoivat samaa kertaluokkaa olevan tuloksen (taulukko 3). Myös suhteessa elinympäristömallinnukseen määritetyt ympäristövirtaamat olivat tasolla jolla lohenpoikasille soveltuva elinympäristöä oli saatavilla riittävästi, eli hyvä tilanne säilyisi. Building Block -menetelmän etuna on että menetelmässä otetaan huomioon virtaaman luontaiset vaihtelut vuodenajan mukaan ja samalla tähän vaihteluun sopeutuneet lohenpoikasten ja mädin erilaiset ympäristöpreferenssit. Esimerkiksi Tennantin mukainen erinomainen virtaamatilanne on elinympäristömallinnuksen perusteella liian suuri talvella. Wetted Perimeter - menetelmän virtaaman vaihteluvälin alapäässä (20 m³/s) ollaan jo selvästi pienemmissä soveltuvan elinympäristön määrissä ja yläpäässä (60 m³/s) lähellä soveltuvan elinympäristön määrän optimia.

Erityishuomiona on koskien erilaisen rakenteen merkitys. Varpuvirrat on alaosaltaan ”ahdas”, eli kasvava virtaama nostaa nopeasti vesisyvyyttä pienentäen samalla lohenpoikasille soveltuva elinympäristöä. Tällaisten erityispiirteiden huomioonottaminen on koko joelle/jokiosalle määritettävälle ympäristövirtaamalle hankalaa ja onnistuu yleensä vain elinympäristömallinnuksen kautta.

Taulukko 3. Yhteenveto Iijoen Kipinän alueelle eri menetelmin määritellyn ympäristövirtaama- tarkastelun tuloksista.

Menetelmä	Kohde	Virtaama m ³ /s	Kuvaus
Tennant	Kaikki kolme kohdetta	41-82	Hyvä - erinomainen tilanne
Wetted Perimeter	Kaikki kolme kohdetta	20-60	Poikkileikkausten taitekoh- tien vaihteluväli
Building Block	Vuormankoski	30-70	Vaihtelee vuodenajan mu- kaan (ks. taulukko 2)
Elinympäristömallinnus	Vuormankoski	40-70	Talvella pienempi virtaama
	Kienasvirta	30-70	Talvella pienempi virtaama
	Varpuvirrat	30	Koski ”padottaa” alaosasta, siksi pieni virtaama paras

Kuusinkijoki

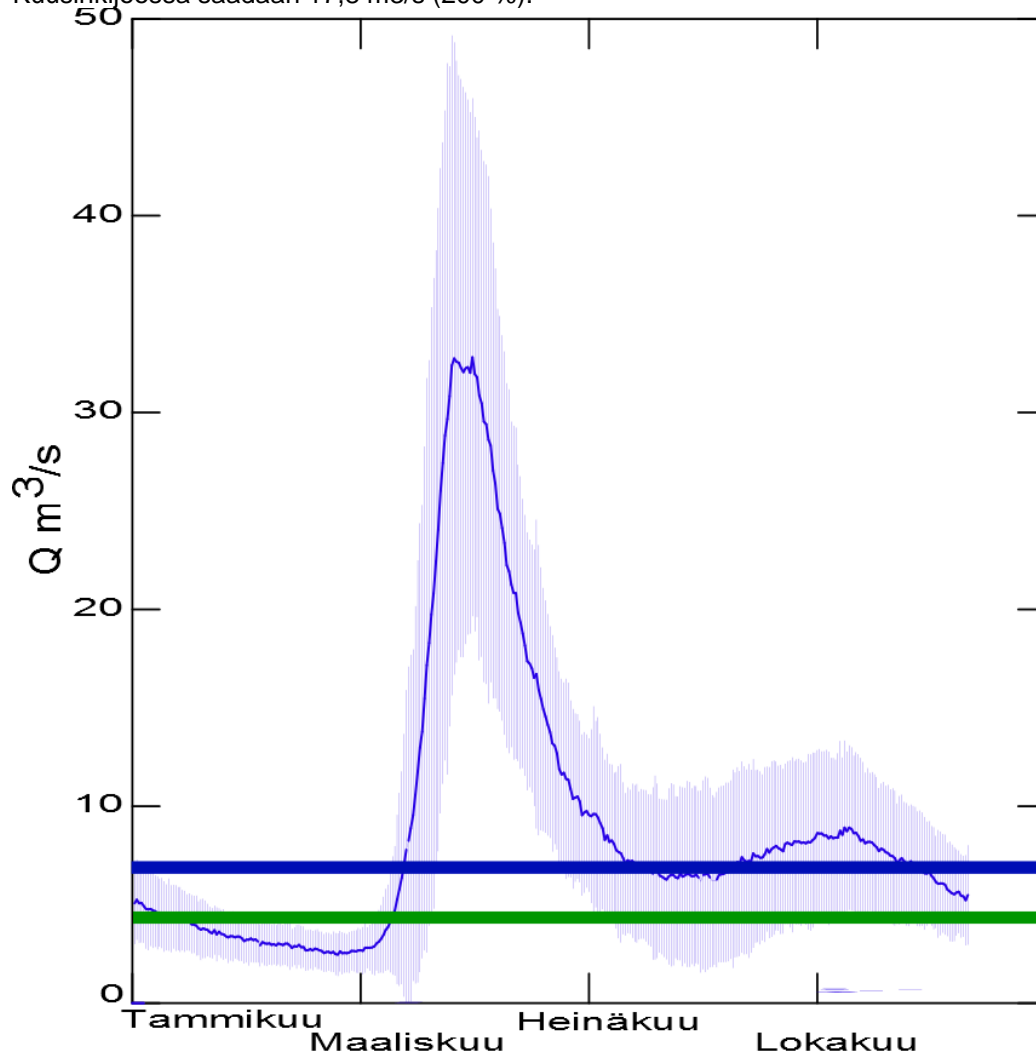
Kuusinkijoki kuuluu aineistossa keskisuuriin jokiin. Joki on 20 kilometriä pitkä pitkä, alkaa Ala-Vuotungin järvestä ja laskee Oulankajokeen. Joessa on Myllykosken voimalaitos 1,5 km Ala-Vuotungista alavirtaan. Jokea on perattu noin 1,8 km matkalta voimalaitoksen alapuolelta ja yläkanavasta. Kuusinkijoen säännöstely alkoi vuonna 1956. Joki on muuten erinomaisessa tilassa, mutta ongelmana ovat ajoittaiset poikkeuksellisen pienet virtaamat johtuen voimalaitoksen teknisistä ongelmista ja sähkönjakelun häiriötilanteista.

Tässä työssä tarkasteltu jokialue Kuusinkijossa alkaa Myllykosken voimalaitoksesta ja päättyy Melalampeen (van der Meer 2014). Mallinnusalueen kokonaispituus on noin 6 kilometriä ja tarkempaan tarkasteluun alueesta valittiin noin yhden kilometrin alue noin 3,5 km voimalaitoksesta alavirtaan (van der Meer 2014).

Tennant

Kuusinkijoen virtaaman vuorokautiset keskivirtaamat noudattavat vuodenaikaista normaalivaihtelua, jossa näkyvät suuri kevättulvahuippu ja pienempi syystulvahuippu (kuva 9). Vuoden keskivirtaama oli tarkastelujaksolla (1958-2015) 8,9 m³/s, ollen minimissään 3,7 m³/s ja maksimissaan 14 m³/s.

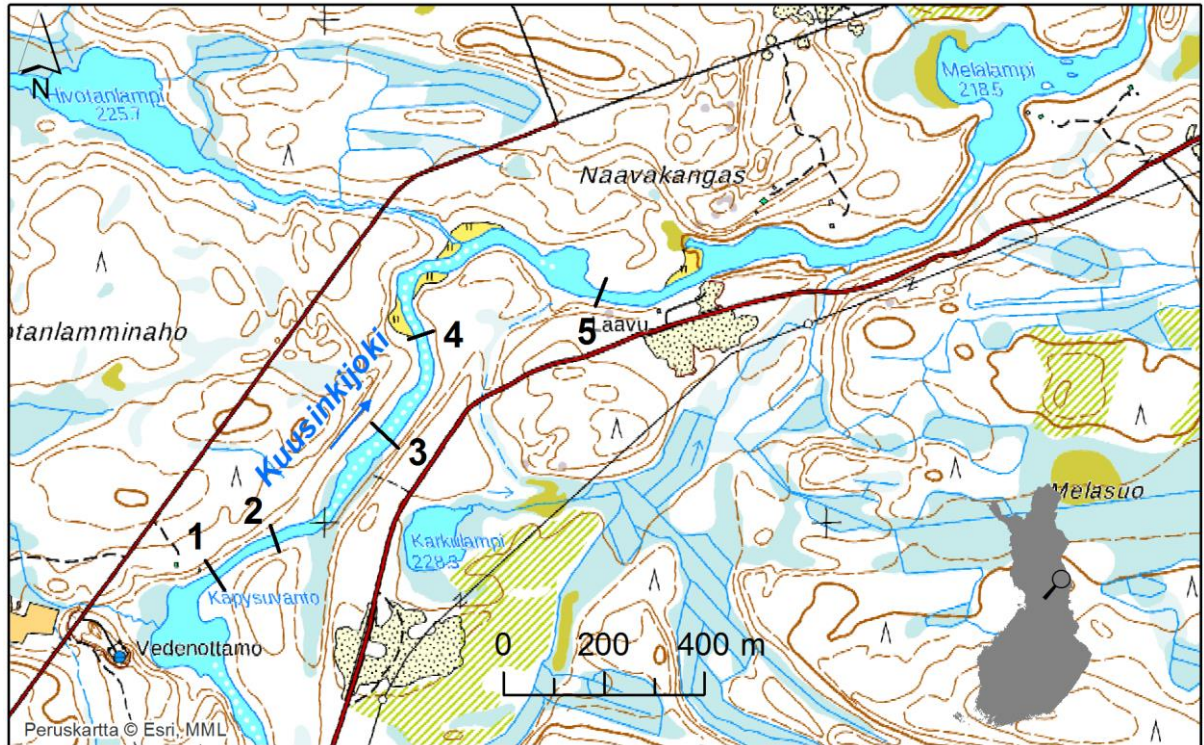
Tennantin menetelmän mukaan minimitalanne (pääosa eliöstöstä säilyy hengissä) on hiukan alle kuution virtaamalla (10 %, 0,9 m³/s). Hyvä tilanne säilyy 2,7 m³/s virtaamalla (30 %) ja erinomainen 5,3 m³/s virtaamalla (60 %) (kuva 9). Puhdistavaksi tulvavirtaamaksi Kuusinkijoen saadaan 17,8 m³/s (200 %).



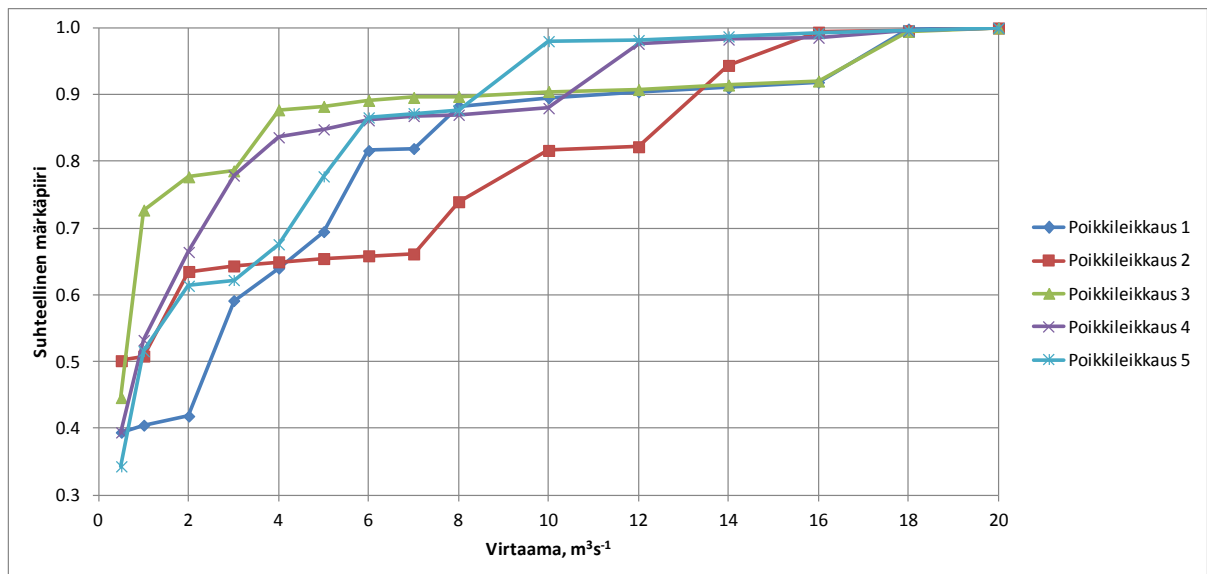
Kuva 9. Tennantin-menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat piirrettynä Kuusinkijoen vuosien 1958-2015 vuosittaiseen keskivirtaamaan (\pm SD). Vihreä poikkiviiva on 30 % (Tennant: hyvä tilanne) ja sininen 60 % (erinomainen tilanne) keskivirtaamasta.

Wetted perimeter

Kuusinkijoen mallinnetulta alueelta mitattiin viiden poikkileikkauksen märkäpiirit (kuva 10). Kuusinkijoen poikkileikkausten märkäpiirin ja virtaaman välisissä käyrissä taitekohdat ovat hyvin selkeitä mutta sijaitsevat eri poikkileikkauksissa hieman eri kohdissa, mikä vaikeuttaa tulkintaa. Poikkileikkauskohtaisesti ensimmäinen taitekohta sijaitsee pääosin 2-6 m³/s virtaamalla ja toinen 8-12 m³/s virtaamalla (kuva 11).



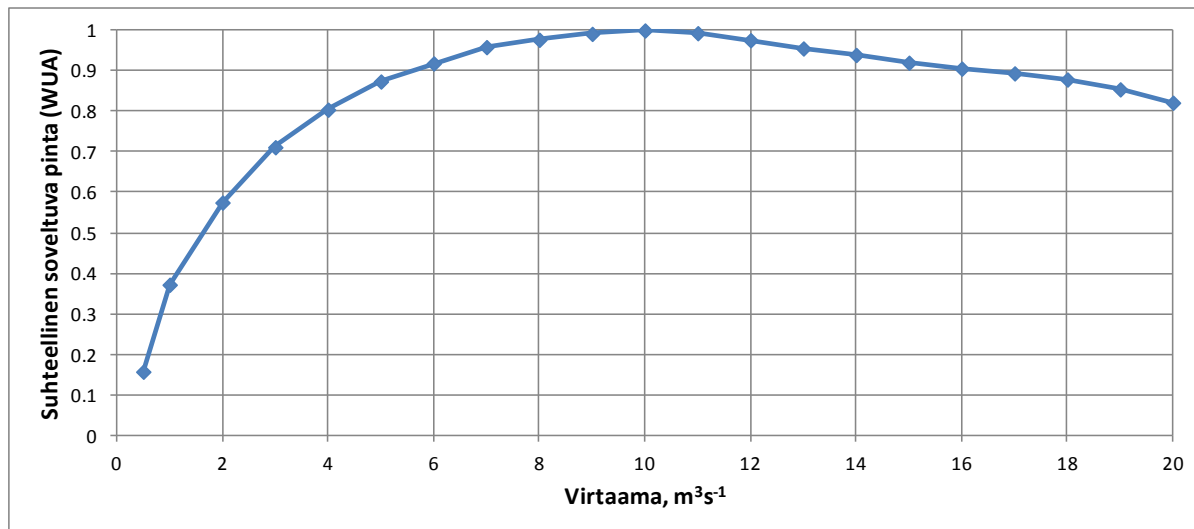
Kuva 10. Kuusinkijoen poikkileikkausten sijainti tarkastellussa virtajaksossa.



Kuva 11. Kuusinkijoen viiden mitatun poikkileikkauksen märkäpiirien suhde joen virtaamaan.

Elinympäristömallinnus

Kuusinkijoessa taimenelle soveltuvan elinympäristön pinta-ala (WUA) lisääntyy nopeasti noin 5 kuution virtaamiin asti (kuva 12). Tämän jälkeen kasvu tasaantuu ja kääntyy laskuun 10 m³/s ylittävillä virtaamilla.



Kuva 12. Taimenen poikasille soveltuvan elinympäristön pinta-ala eri virtaamilla Kuusinkijoella.

Yhteenveto, Kuusinkijoki

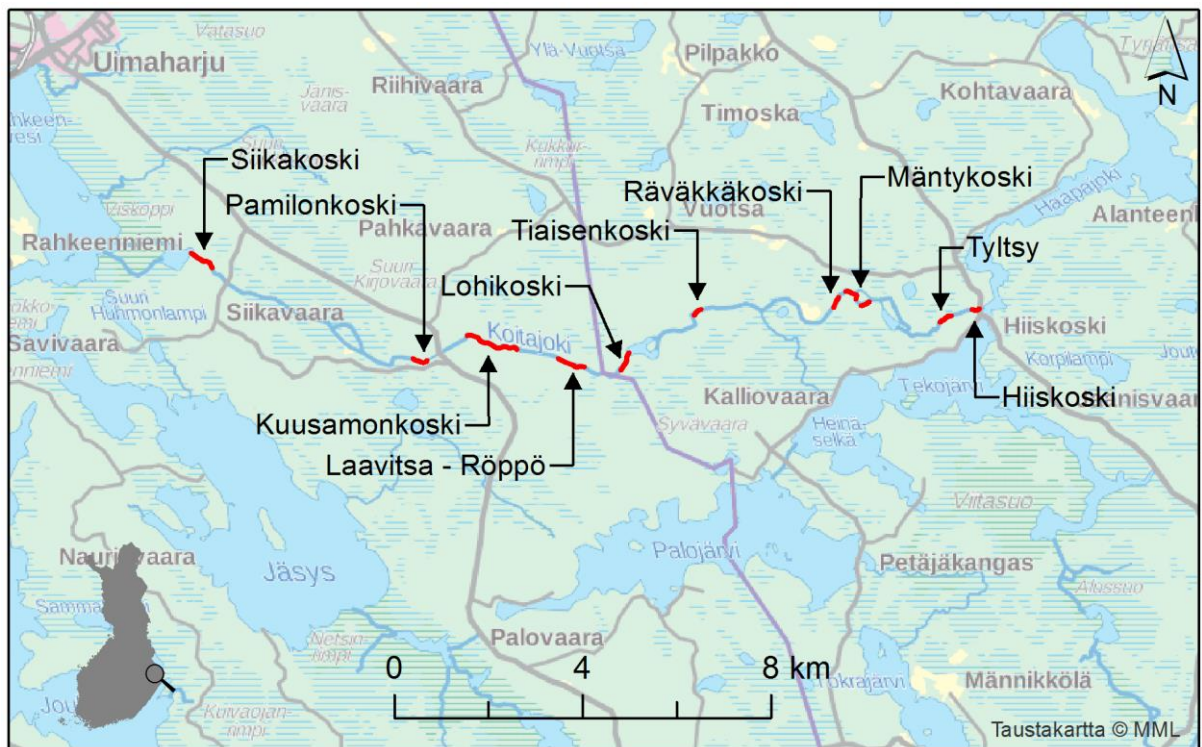
Kuusinkijoella sekä Tennantin että Wetted Perimeter menetelmällä lasketut ympäristövirtaamat vastasivat kohtuullisen hyvin elinympäristömallinnuksen tulosta (taulukko 4). Wetted Perimeter - menetelmän ongelmana Kuusinkijoella olivat suuret erot poikkileikkausten välillä, mikä johti epätarkkuuteen (liian suuri vaihteluväli). Tennantin -menetelmän virtaamatulos sijoittuu selvästi WUA maksimin (10 m³/s) alapuolelle, mutta virtaamavälille jossa taimenelle soveltuva elinympäristö on nopeassa kasvussa.

Taulukko 4. Yhteenveto Kuusinkijokeen eri menetelmin määritellyn ympäristövirtaamatarkastelun tuloksista.

Menetelmä	Kohde	Virtaama m ³ /s	Kuvaus
Tennant Wetted Perimeter	Kuusinkijoki	2,7-5,3	Hyvä - erinomainen tilanne
	Käpysuvanto-Hivotanpuro	2-12	Poikkileikkausten taitekoh-tien vaihteluväli, vaihtelua linjoittain
Building Block	Kuusinkijoki	5-20	Virtaamatarkastelussa lyhytaikaissäännöstelyn vaihtelu on suurempi haitta kuin ajankohtien väliset vaihtelut
Elinympäristömallinnus	Käpysuvanto-Hivotanpuro	5 (-10)	WUA lisääntyy nopeasti 5 m ³ /s virtaamiin asti, maksimi 10 m ³ /s

Ala-Koitajoki

Ala-Koitajoki on Koitajoen viimeinen 30-kilometrinen osuus joka virtaa Ilomantsin kunnassa sekä Joensuun kaupungissa Enon alueella (kuva 13). Joki on Pielisjoen ohella ollut Saimaan järvilohen lisääntymisalue. Joki rakennettiin 1950–1970 luvuilla vesivoiman tuotantoon. Korkein hallinto-oikeus päätti vuonna 2013 että Ala-Koitajokeen tulee juoksuutta loka-maaliskuussa vähintään 4 m³/s ja huhti-syyskuussa vähintään 6 m³/s aiemman 2 m³/s virtaaman sijaan.

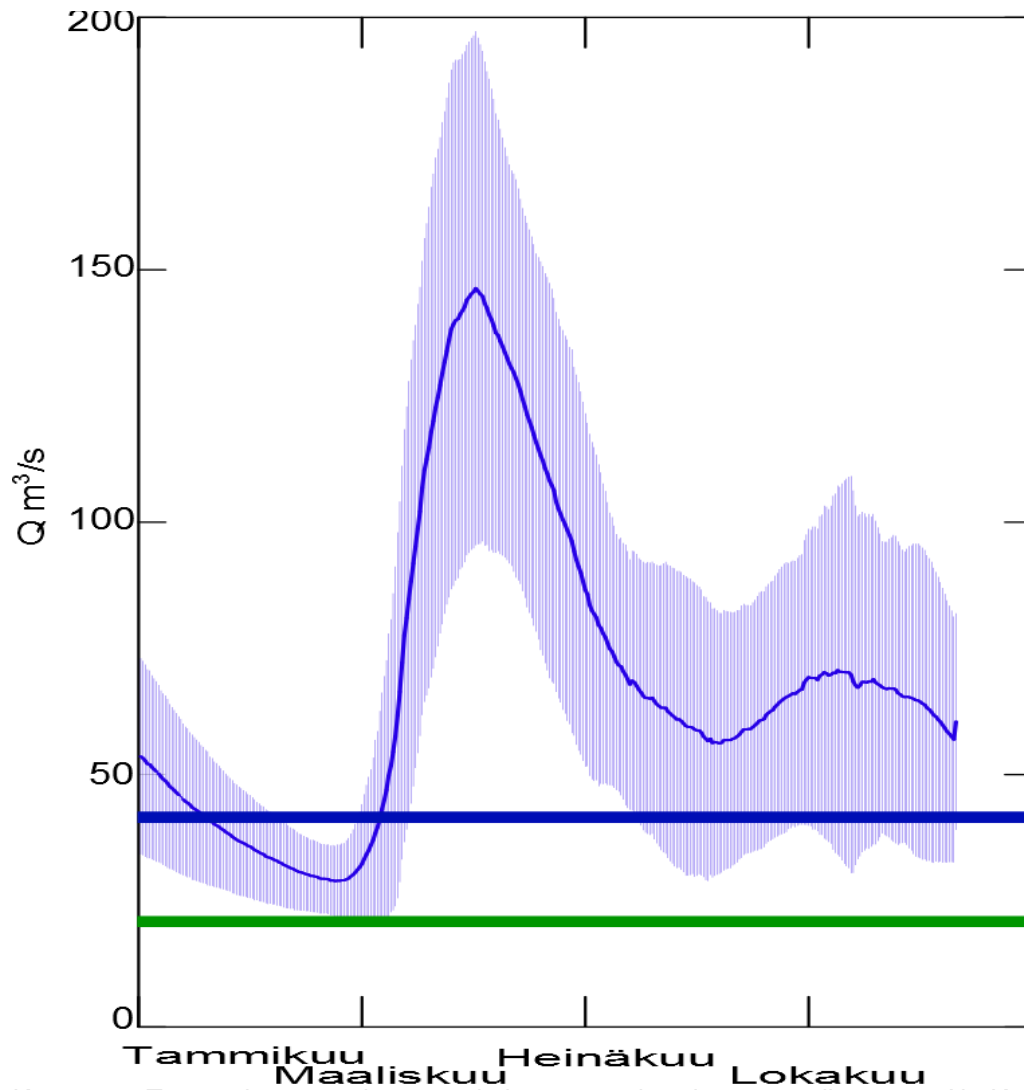


Kuva 13. Ala-Koitajoki ja siinä sijaitsevat mallinnetut kosket.

Tennant

Tennantin menetelmää varten käytettiin Ala-Koitajoen joen rakentamista edeltävää säännöstelemätöntä virtaamaa vuosilta 1937-1954. Ala-Koitajoen vuoden keskivirtaama oli tarkastelujaksolla 68,9 m³/s, minimissään 44,2 m³/s ja maksimissaan 98,4 m³/s. Vuorokautiset keskivirtaamat noudattavat vuodenaikaista normaalivaihtelua, jossa näkyvät suuri kevättulvahuippu ja pienempi syystulvahuippu (kuva 14).

Ala-Koitajoen vesieliöstön pääosa säilyy Tennantin menetelmän mukaan elossa hiukan vajaalla seitsemän kuution virtaamalla (minimitilanne 10 %, 6,9 m³/s), hyvä tila saadaan pysymään 20,7 m³/s virtaamalla (30 %) ja erinomainen tilanne säilyy kun virtaamasta on jäljellä 41,4 m³/s (60 %) (kuva 14). Puhdistavaksi tulvavirtaamaksi riittää 137,8 m³/s (200 %).



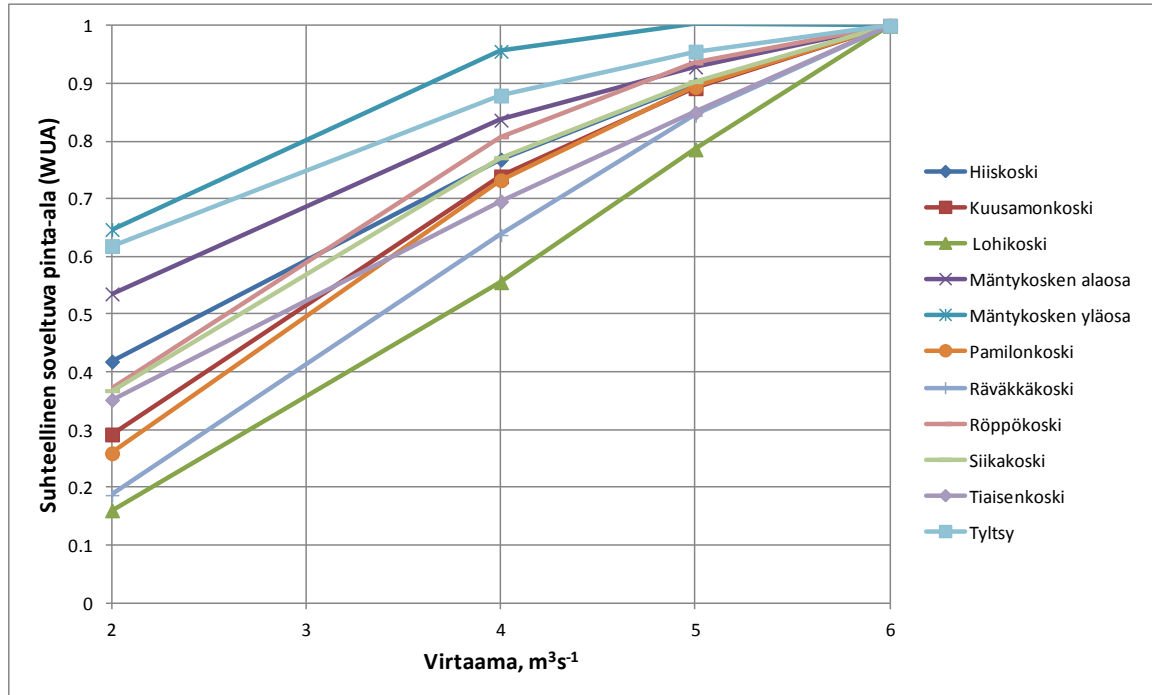
Kuva 14. Tennantin-menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat piirrettynä Ala-Koitajoen vuosien 1937-1954 vuosittaiseen keskivirtaamaan (\pm SD). Vihreä poikkiviiva on 30 % (Tennant: hyvä tilanne) ja sininen 60 % (erinomainen tilanne) keskivirtaamasta.

Wetted Perimeter

Ala-Koitajoesta ei ollut poikkileikkauksia saatavilla.

Elinympäristömallinnus

Ala-Koitajoen kaikissa kohteissa WUA pinta-ala lisääntyy virtaaman kasvaessa tarkastellulla virtaama-välillä (kuva 15).



Kuva 15. Taimenen poikasille soveltuvan elinympäristön pinta-ala eri virtaamilla Ala-Koitajoen koskikohteilla.

Yhteenveto, Ala-Koitajoki

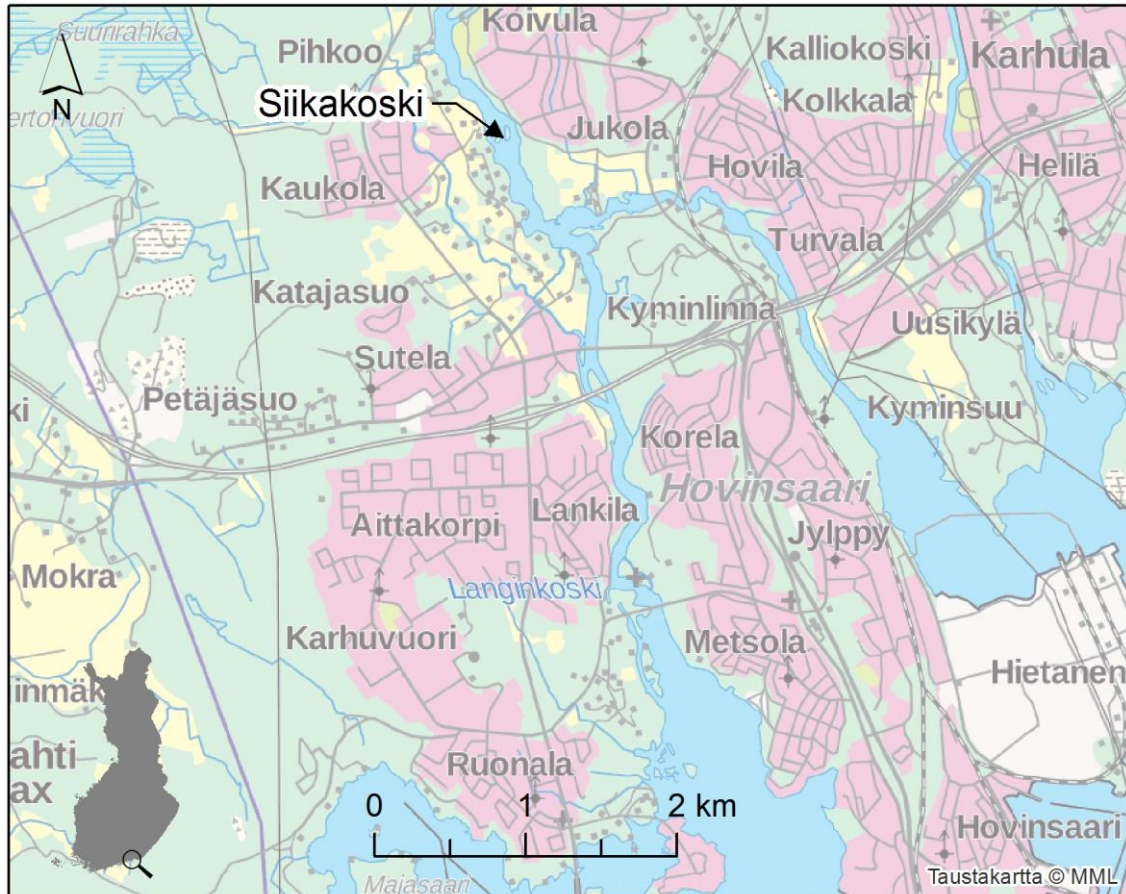
Ala-Koitajoella on vaikea vertailla menetelmiä, koska nykyvirtaama on niin paljon luonnontilaista pienempi, ettei mallinnusta voitu tehdä lähellä luonnontilaa olevilla virtaamilla. Molempien menetelmien tulokset kuitenkin osoittavat, että ympäristövirtaaman tulisi hyvän tilan saavuttaakseen olla huomattavasti nykyisiä virtaamia suuremmissa virtaamissa (taulukko 5). Tennantin menetelmällä laskettu minimivirtaamatilanne (6,9 m³/s), jolloin menetelmän mukaan suurin osa eliöstöstä säilyy hengissä, on hieman korkeampi kuin nykyinen maksimivirtaama (6 m³/s). Onkin mielenkiintoista seurata riittäkö nykyinen maksimivirtaama turvaamaan järvilohen luonnonkierron. Aiempi vallitseva 2 m³/s virtaama ei ollut riittävä järvilohelle.

Taulukko 5. Yhteenveto Ala-Koitajoelle eri menetelmin määritellyn ympäristövirtaamatarkastelun tuloksista.

Menetelmä	Kohde	Virtaama m ³ /s	Kuvaus
Tennant	Ala-Koitajoki	20,7-41,4	Hyvä - erinomainen tilanne (minimi 6,9)
Wetted Perimeter	N/A	-	-
Elinympäristömallinnus	9 koskea mallinnettua	yli 6	Mallinnus vain 6 m ³ /s virtaamaan saakka, optimi on suuremmissa arvoissa.

Kymijoki, Siikakoski

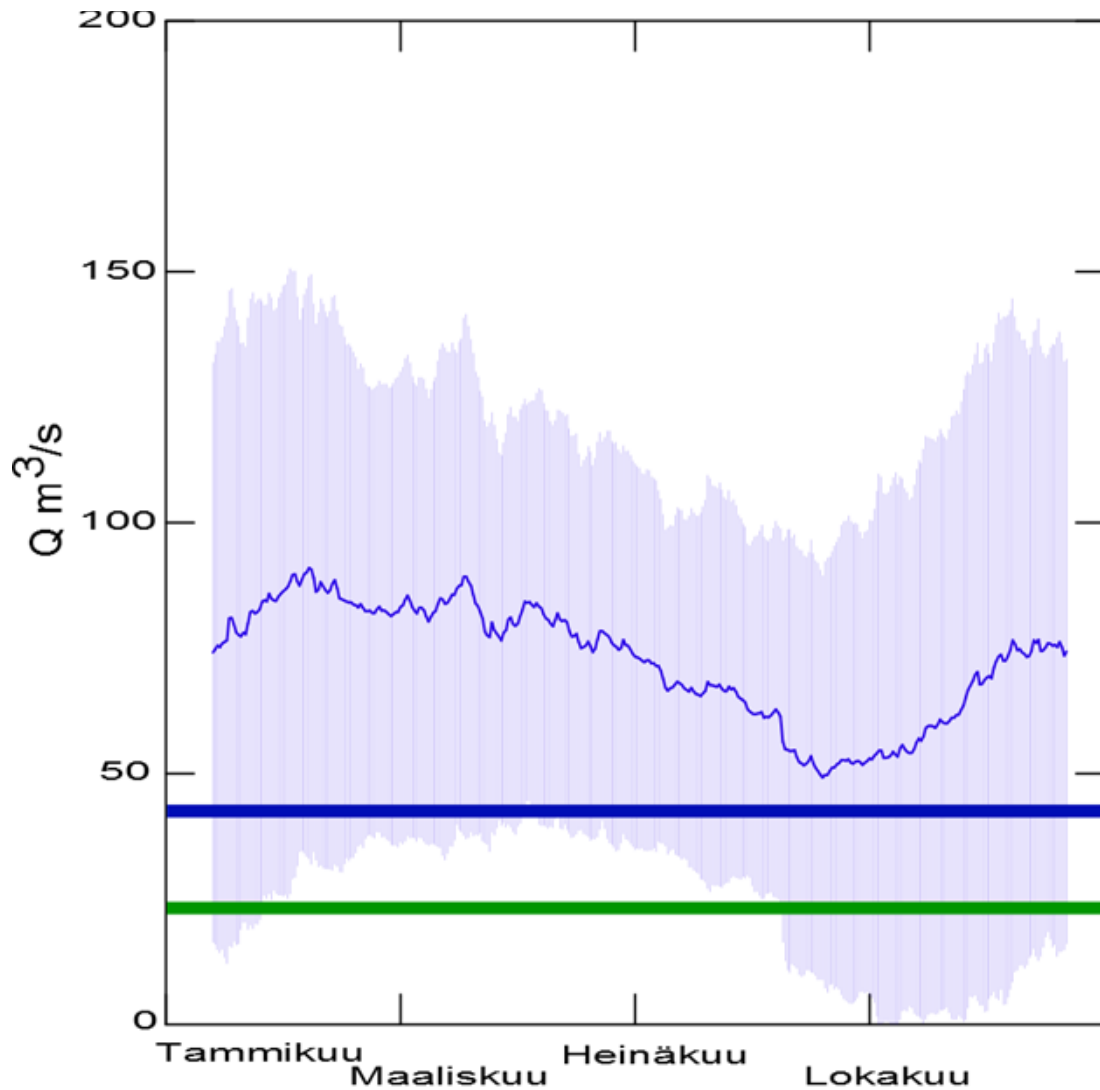
Kymijoki on aineiston toinen suurten jokien esimerkki. Siikakoski sijaitsee Kymijoen itäisessä haarassa (kuva 16). Siikakosken virtaama on säännöstelty, sen yläpuolella on Koivukosken voimalaitos ja myös Kymijoen läntisen ja itäisen haaran virtaamia säännöstellään Hirvi-
vuolteen padolla.



Kuva 16. Kymijoen alaosan kartta ja Siikakosken kohdealueen sijainti Itäisen haaran Langinkosken haarassa.

Tennant

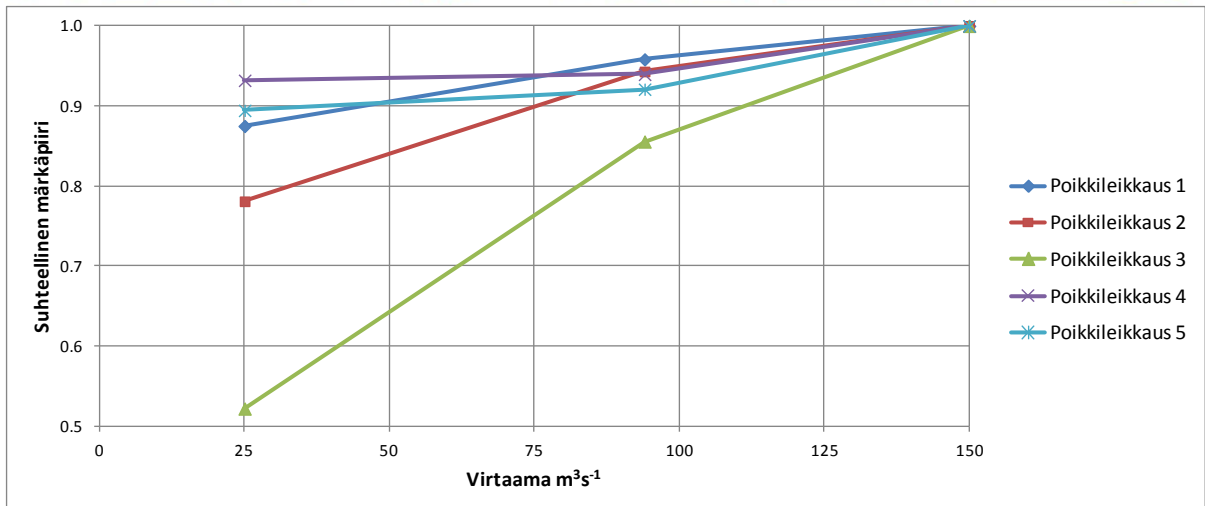
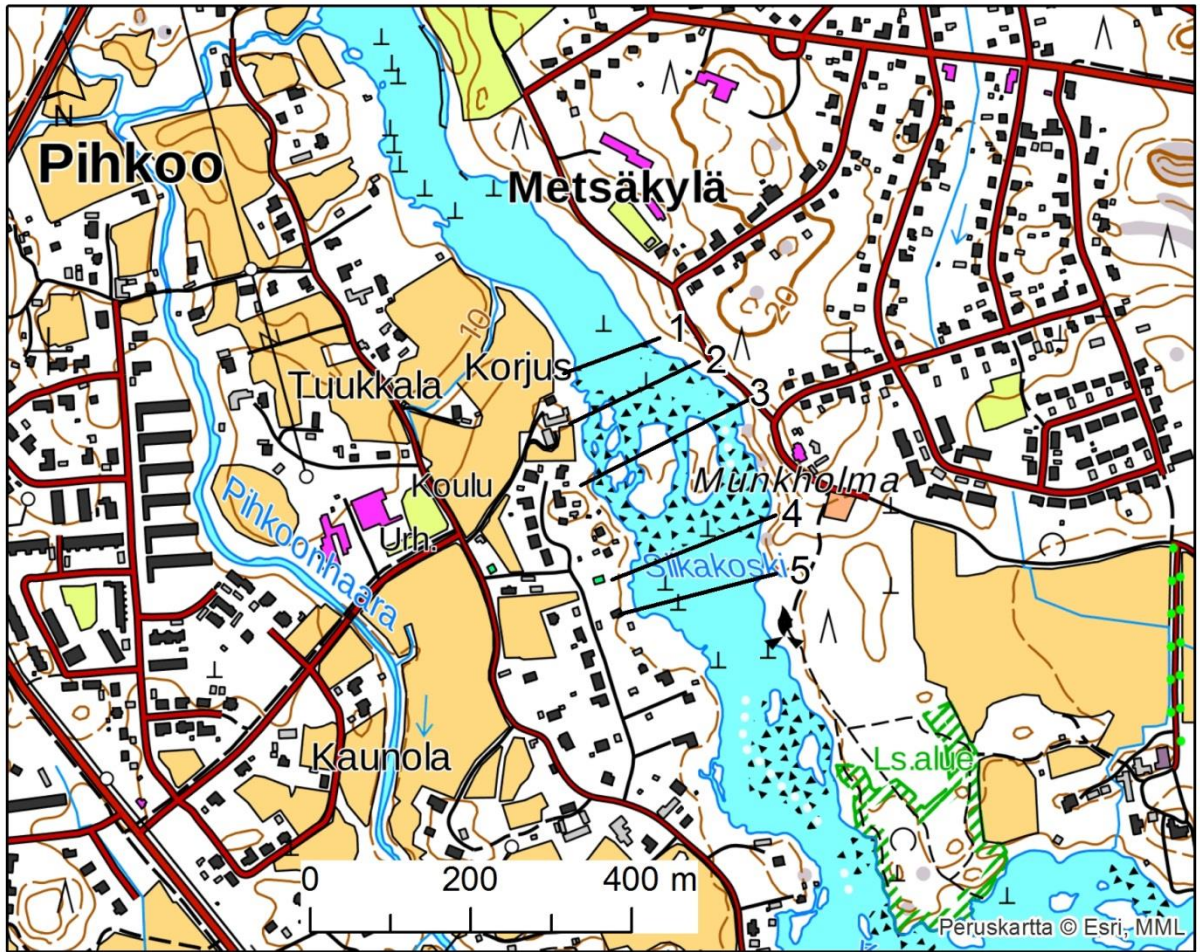
Siikakoskesta ei ollut käytettävissä säännöstelemätöntä virtaamaa joten virtaamatietona käytettiin toteutunutta Itäisen haaran Langinkosken haaran säännösteltyä keskivirtaamaa (1970-2015, kuva 17). Vuosittainen keskivirtaama Kymijoen itäisessä haarassa oli 72,4 m³/s (SD = 11.5), vuoden keskivirtaaman ollessa pienimmillään 49,2 m³/s ja suurimmillaan 91 m³/s. Tennantin menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat tarkastellulla jokiosuudella ovat 7,2 m³/s (huono tai minimi-tilanne), 21,7 m³/s (hyvä tilanne) ja 43,4 m³/s (erinomainen tilanne). Tulva- tai "flushing flow" -virtaamaksi saadaan 144,8 m³/s.



Kuva 17. Tennantin-menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat piirrettynä Kymijoen Siikakosken vuosien 1970-2015 vuosittaiseen virtaamaan (\pm SD). Vihreä poikkiviiva on 30 % (Tennant: hyvä tilanne) ja sininen 60 % (erinomainen tilanne) keskivirtaamasta.

Wetted Perimeter

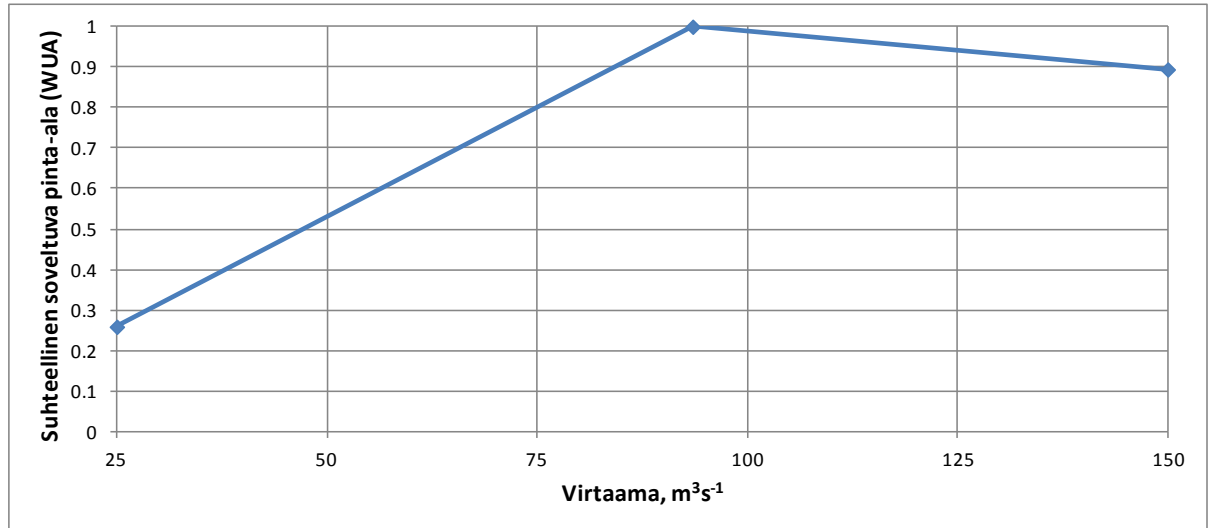
Siikakoskesta määritettiin märkäpiirin ja virtaaman välinen suhde viidessä eri kohtaa (kuva 18). Märkäpiiristä tietoja on vain kolmesta virtaamatilanteesta, jolloin tulkinta taitekohdan tarkasta sijainnista perustuen vain kolmeen pisteeseen on vaikeaa. Käyrien taitekohta sijaitsee tarkastelun perusteella virtaamavälillä 70 - 110 m³/s.



Kuva 18. Kymijoen Siikakosken poikkileikkausten sijainti kartalla (ylempi paneeli) ja märkäpiirien suhde virtaamaan (alempi paneeli).

Elinympäristömallinnus

Elinympäristömallinnuksen mukaan taimenenpoikasille soveltuvaa aluetta on Siikakoskella sitä enemmän mitä suurempi virtaama on aina noin 100 m^3/s virtaamaan saakka. Elinympäristömallinnus perustuu vain kolmeen virtaamatilanteeseen, joten on mahdollista että soveltuvan pinta-alan huippu on jo pienemmillä virtaamilla kuin kuvassa 19 esitetty. Tämän jälkeen soveltuvan ympäristön määrä alkaa vähentyä (kuva 19).



Kuva 19. Taimenen poikasille soveltuvan elinympäristön pinta-ala eri virtaamilla Kymijoen Siikakoskessa.

Yhteenveto, Kymijoki

Kymijoen Langinkosken haarassa Tennantin menetelmän mukainen ympäristövirtaama oli kertaluokkaa pienempi kuin muiden menetelmien määrittämä (taulukko 6). Todennäköinen syy tähän on säännöstelty virtaama jota jouduttiin käyttämään laskennassa. Wetted Perimeter menetelmällä saatiin hyvin samankaltainen tulos kun vertailukohtana olevalla elinympäristömallinnuksella, mutta menetelmien tulos oli tulkinnanvarainen koska ne perustvat vain kolmeen virtaamatilanteeseen.

Taulukko 6. Yhteenveto Kymijoen Langinkosken haaran Siikakoskelle eri menetelmin määritellyn ympäristövirtaamatarkastelun tuloksista.

Menetelmä	Kohde	Virtaama m ³ /s	Kuvaus
Tennant	Kymijoki, Langinkosken haara	21,7-43,4	Hyvä - erinomainen tilanne
Wetted Perimeter	Kymijoen Siikakoski	70-110	Taitekohdan tarkempi määrittely edellyttää tarkempaa käyrää
Elinympäristömallinnus	Kymijoen Siikakoski	(?>25)-100	Maksimi WUA tällä virtaamavälillä

Jokireitit järvien välissä

Kukkianvirta

Kukkianvirta sijaitsee Kokemäenjoen vesistöalueella Kukkiajärven ja Vuollekeskisen välissä. Vuollekeskinen laskee Vihajärveen, jonka luusuassa on pohjapato. Tämä pohjapato vaikuttaa merkittävästi Kukkiajärven veden pinnankorkeuteen. Kukkianvirrassa on kolme virtapaikkaa. Näistä ylin on tässä tarkastelun kohteena, sillä kahdelle alemmalle kohdalle on vaikea päästä koneellisin kunnostusvälinein. Kukkianvirtaa on perattu moneen kertaan. Työ on tehty pääosin räjäyttämällä. Irtoava maa on koottu väylän reunoille. Virtapaikkoja on myöhemmin kunnostettu, mutta väylä on edelleen keskeltä syvä ja suhteellisen jyrkkäreunainen. Joen keskelle on kunnostuksessa jätetty veneväylä.

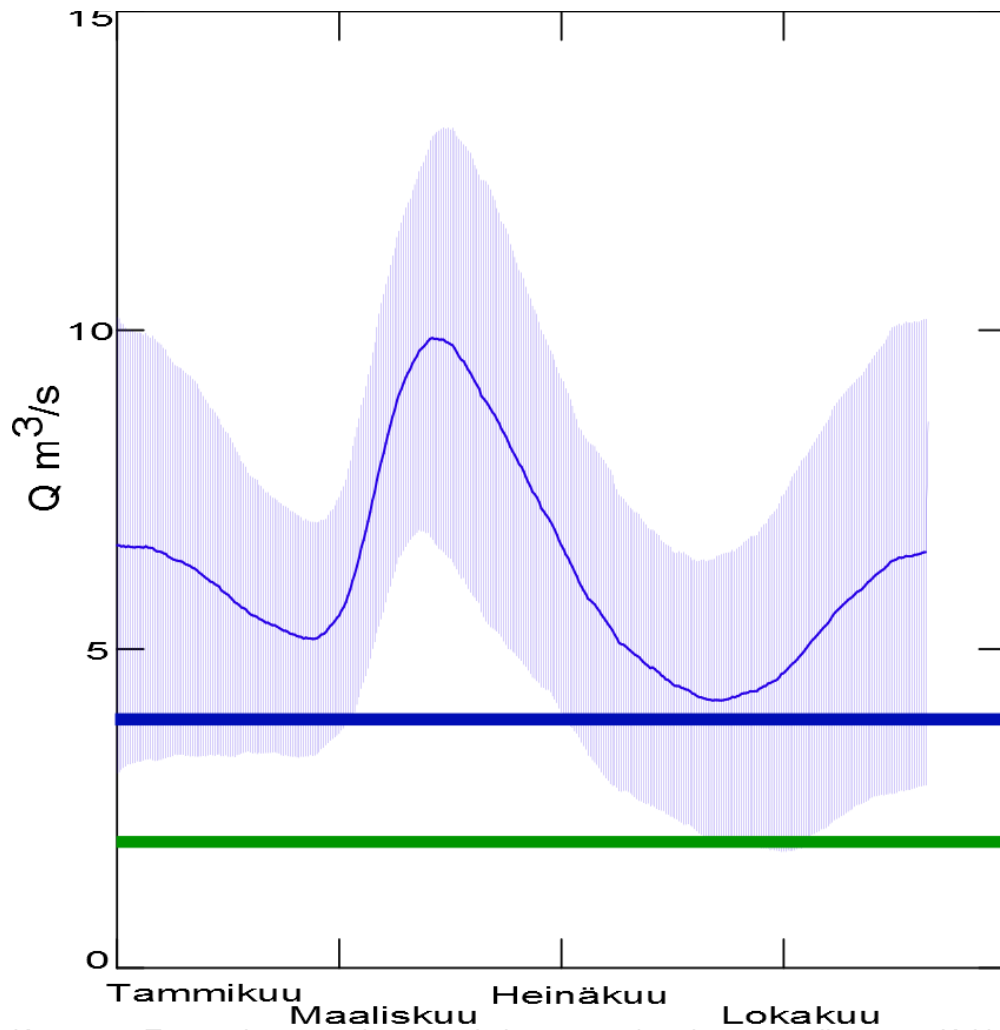


Kuva 20. Kukkianvirta Kukkiajärven ja Vuollekeskisen välissä.

Tennant

Kukkianvirta on lyhyt jokireitti kahden järven välillä. Kukkianvirran virtaamia on seurattu vuodesta 1911 lähtien. Keskivirtaamassa on nähtävissä selvä tulvahuippu keväällä. Tämän jälkeen keskivirtaama käy alimmillaan alkusyksyllä, nousee talveksi ja käy taas alempana ennen kevättulvaa (kuva 21).

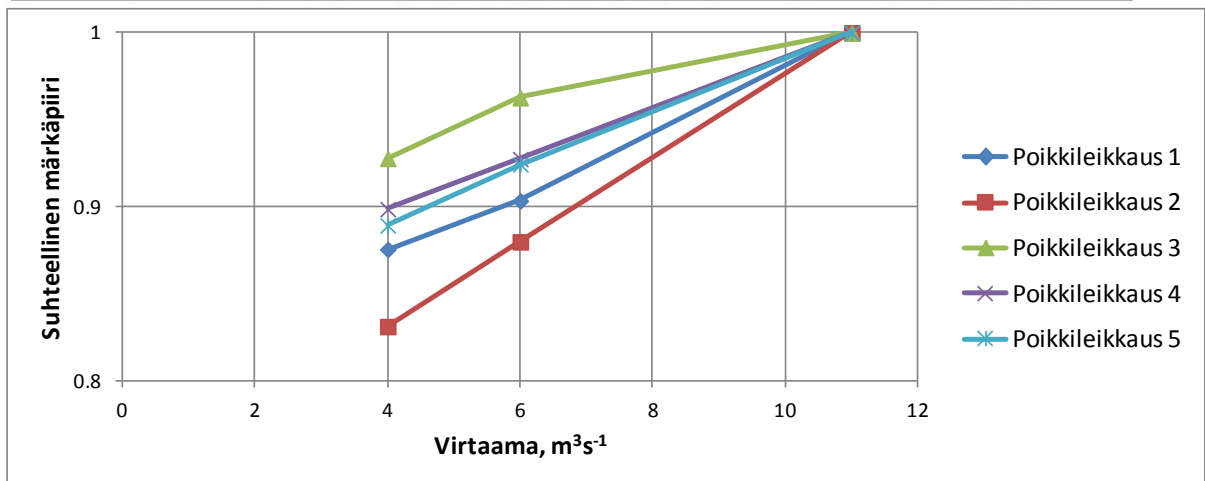
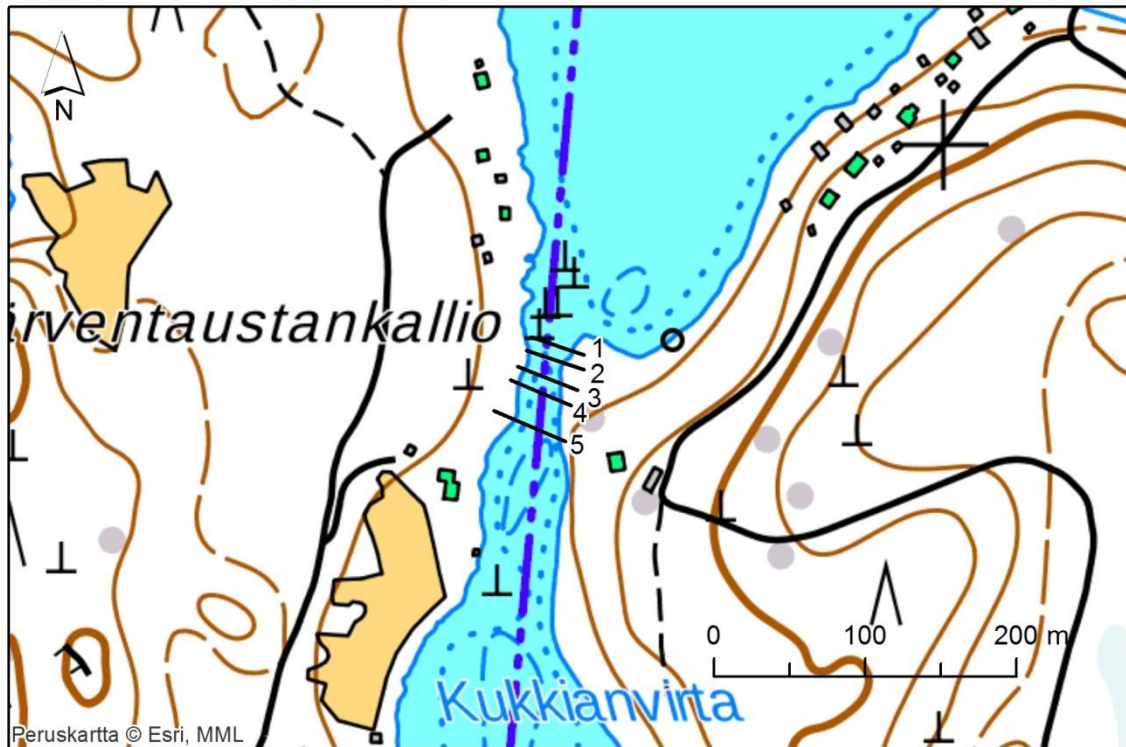
Tennantin menetelmän mukaan 1,9 m³/s virtaama (30 %) riittää hyvään tilaan ja 3,7 m³/s erinomaiseen tilaan (60 %, kuva 21). Vielä 0,6 m³/s virtaamalla pääosa eliöstöstä selviytyy (10 % minimi-tilanne) ja 12,5 kuutiota tarvitaan tulvavirtaamaksi (200%).



Kuva 21. Tennantin-menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat piirrettynä Kukkienvirran vuosien 1911-2016 vuosittaiseen keskivirtaamaan (\pm SD). Vihreä poikkiviiva on 30 % (Tennant: hyvä tilanne) ja sininen 60 % (erinomainen tilanne) keskivirtaamasta.

Wetted perimeter

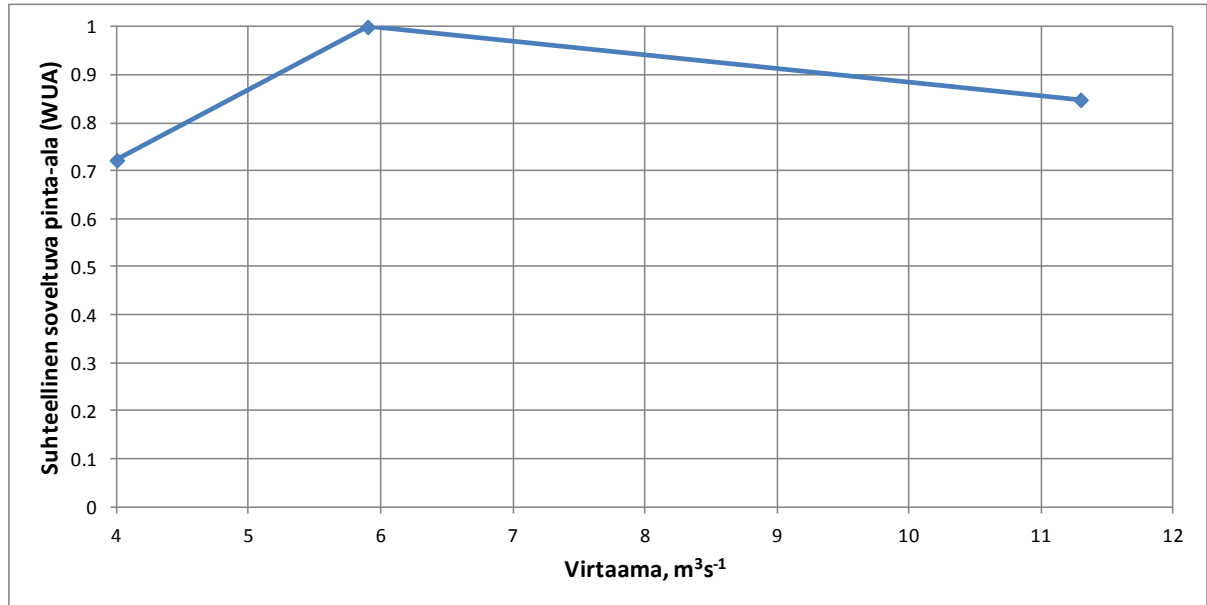
Kukkienvirran märkäpiirien pituuksissa ei voi havaita selvää taitekohtaa virtaaman lisääntyessä, joka voi ilmentää sitä että uoma on laajalti V-muotoinen (kuva 22). Ainoastaan yhdessä poikkileikkauksessa (Poikkari 3) märkäpiirin pituuden kasvu taittuu virtaaman lisääntyessä noin 6 m³/s virtaamalla.



Kuva 22. Poikkileikkausten sijainti Kukkienvirrassa (ylempi paneeli) sekä Kukkienvirran poikkileikkausten märkäpiirien suhde joen virtaamaan (alempi paneeli).

Elinympäristömallinnus

Kukkienvirrassa taimenen poikasille soveltuvan elinympäristön määrä on suurimmillaan 6-7 m³/s virtaamilla. Tämän jälkeen WUA pinta-ala alkaa hitaasti laskea tarkastelluilla virtaamilla (kuva 23).



Kuva 23. Taimenen poikasille soveltuvan elinympäristön pinta-ala eri virtaamilla Kukkienvirrassa.

Yhteenveto, Kukkienvirta

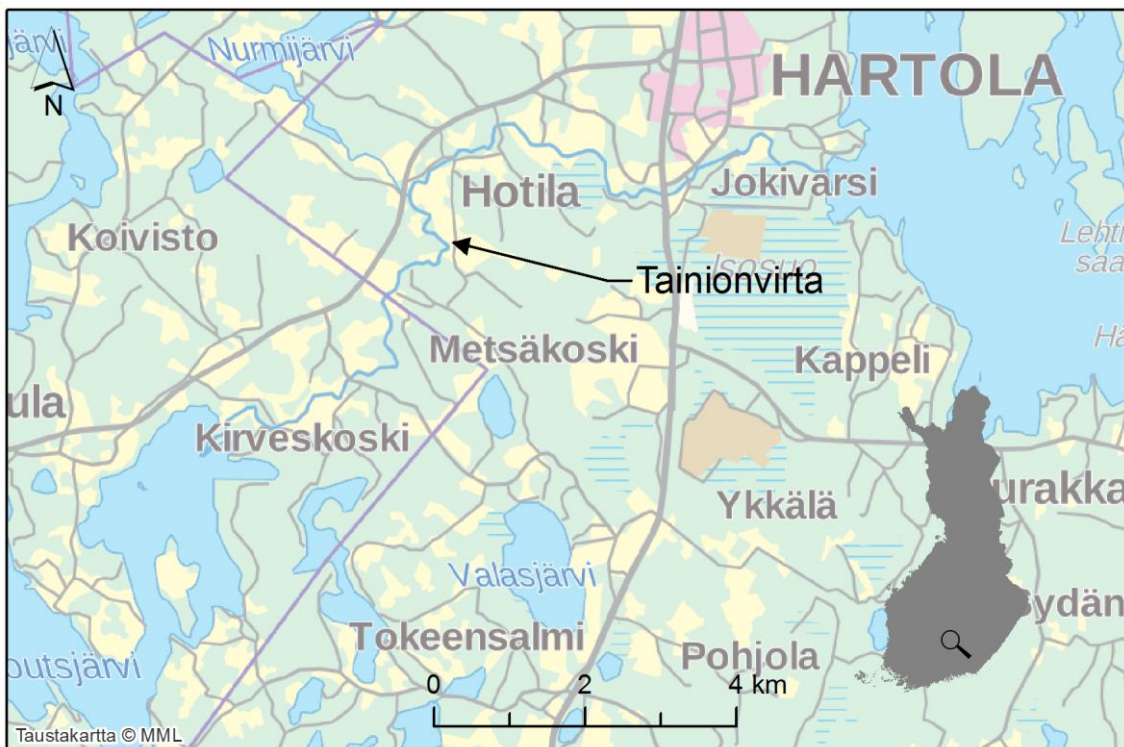
Kukkienvirrassa Tennantin menetelmän mukainen ympäristövirtaama oli kertaluokkaa pienempi kuin elinympäristömallinnuksen maksimi (taulukko 6). Wetted Perimeter menetelmän tulos oli pääosin suorita kasvavia käyriä eli uoman muoto on tulkittavissa v-muotoiseksi. Vain yhdessä käyrässä havaittiin taitekohta.

Taulukko 6. Yhteenveto Kukkienvirralla eri menetelmin määritellyn ympäristövirtaamatarkastelun tuloksista.

Menetelmä	Kohde	Virtaama m ³ /s	Kuvaus
Tennant Wetted Perimeter	Kukkienvirta	1,9-3,7	Hyvä - erinomainen tilanne
	Kukkienvirta	(n. 6)	Uoman muoto V-muotoinen
Elinympäristömallinnus	Kukkienvirta	5-7	Maksimi WUA tällä virtaamavälillä

Tainionvirta

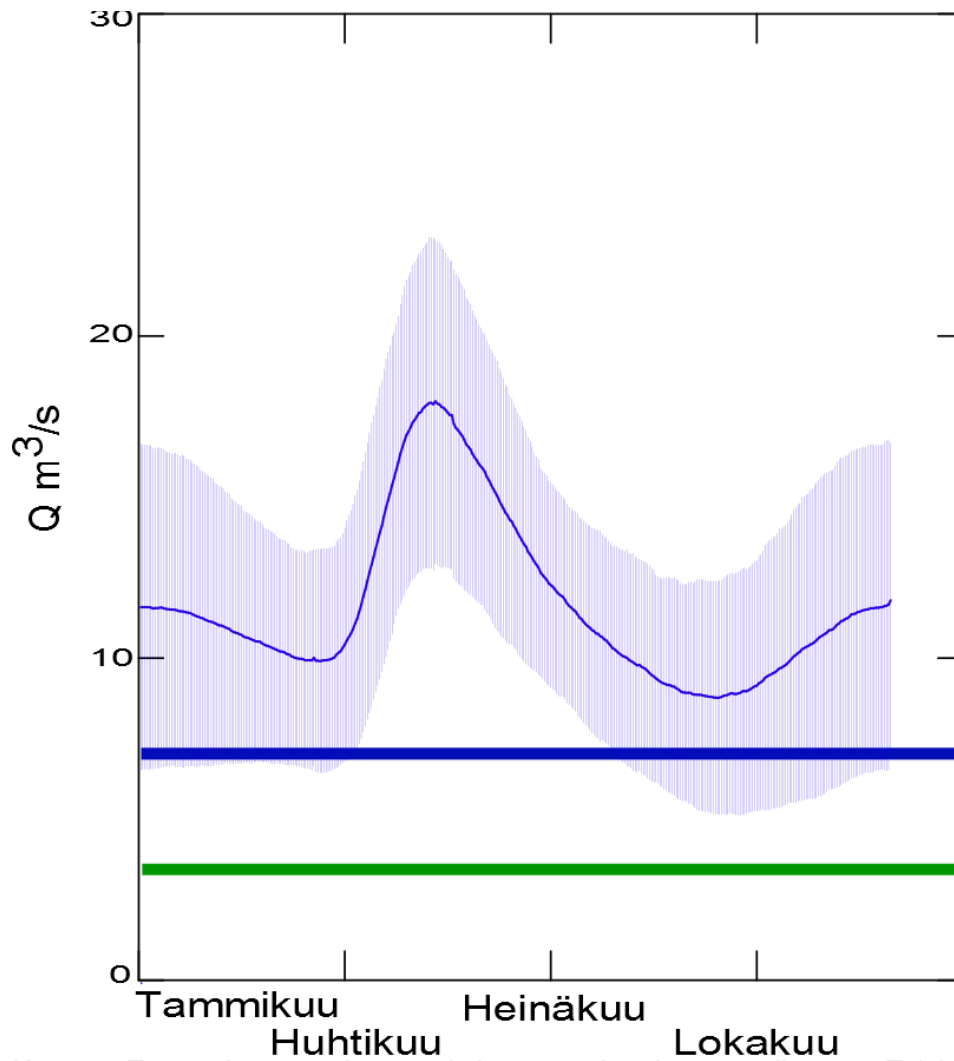
Tainionvirta on noin 20 km pitkä järvalueen jokireitti, joka Virtaa Hartolan Jääsjärvestä Sysmässä Päijänteeseen (kuva 24). Pudotusta koko matkalle tulee noin seitsemän metriä. Jokea on aikanaan perattu ja kunnostettu 1990- ja viimeksi 2010-luvulla. Tainionvirta on kalatiestrategian kärkikohteita. Joen alaosalla sijaitsevat Virtaan ja Nuoramoisten voimalaitokset, jotka estävät kalojen nousun Päijänteestä. Joki on suhteellisen hidaskvirtainen. Joesta viisi koskea, Vuoteenkoski, Vanhanmyllynkoski, Hotilankoski, Keijulankoski ja Kirveskoski, mallinnettiin elinympäristömallilla.



Kuva 24. Tainionvirta virtaa Jääsjärven ja Päijänteen välillä. Mallinnetut kosket on nimetty kartalla.

Tennant

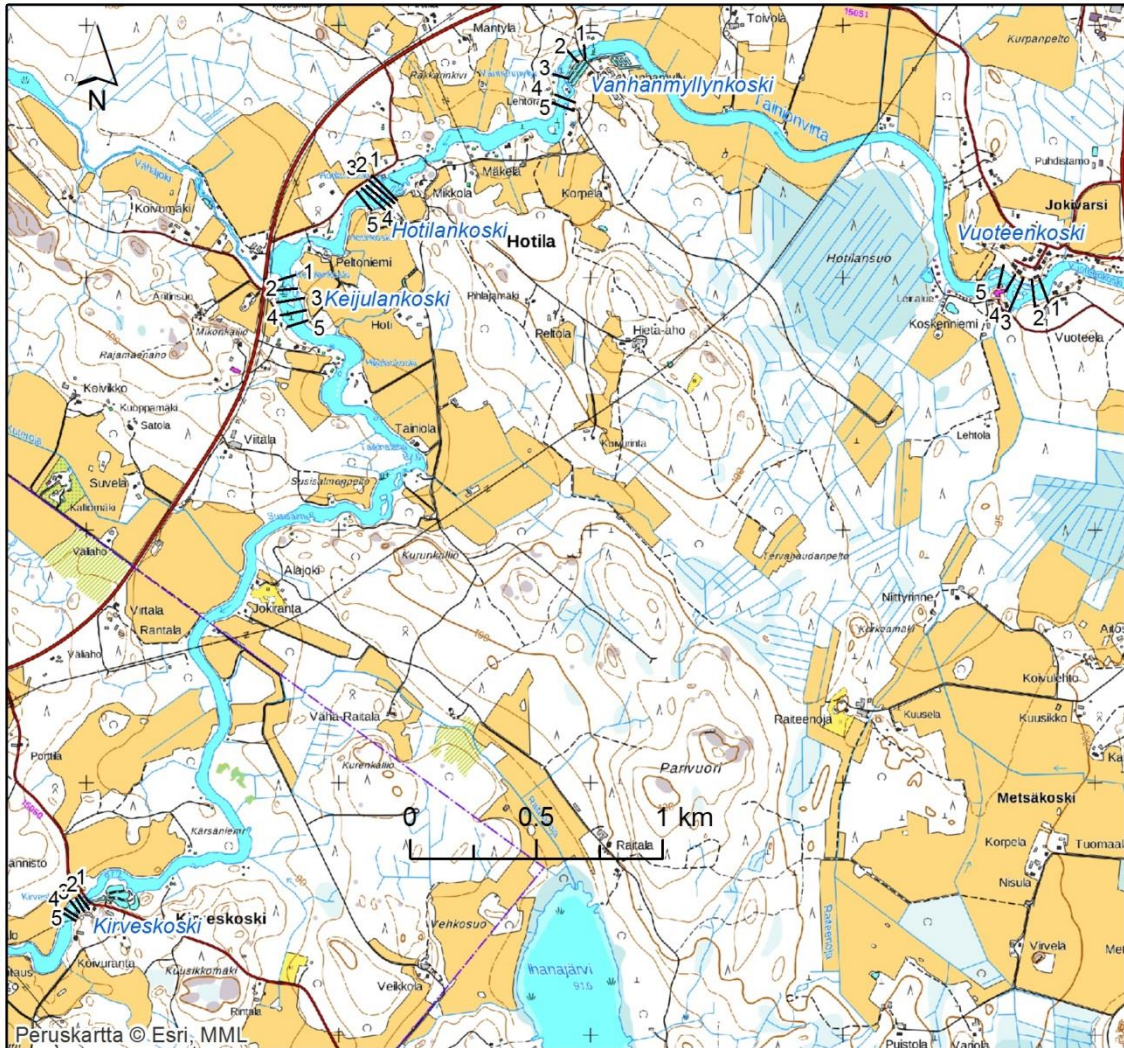
Vuosittainen keskivirtaama Tainionvirrassa (1950-2015) oli 11,6 m³/s (SD = 2,8), vuoden keskivirtaama oli pienimmillään 4,8 m³/s ja suurimmillaan 19,6 m³/s. Tennantin menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat tarkastellulla jokiosuudella ovat 1,3 m³/s (huono tai minimi-tilanne), 3,5 m³/s (hyvä tilanne) ja 7,0 m³/s (erinomainen tilanne) (kuva 25). Tulva- tai "flushing flow" -virtaamaksi saadaan 23,3 m³/s.



Kuva 25. Tennantin-menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat piirrettynä Tainionvirran vuosien 1950-2015 vuosittaiseen keskivirtaamaan (\pm SD). Vihreä poikkiviiva on 30 % (Tennant: hyvä tilanne) ja sininen 60 % (erinomainen tilanne) keskivirtaamasta.

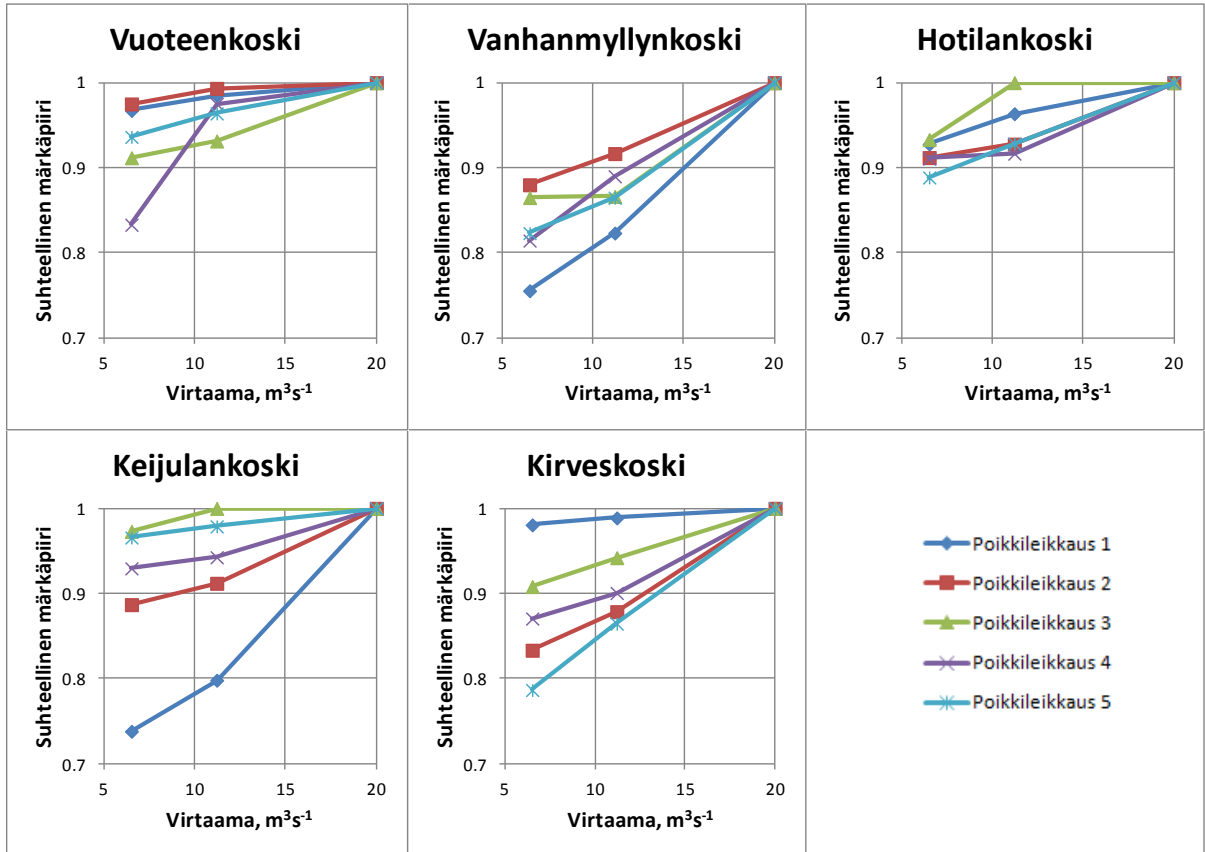
Wetted perimeter

Tainionvirran kustakin viidestä mallinnetusta koskesta määritettiin märkäpiirin ja virtaaman välinen suhde viidestä eri kohtaa (kuva 26).



Kuva 26. Tainionvirran poikkileikkausten sijainti viidessä eri koskessa: Vuoteenkoski, Vanhanmyllynkoski, Hotilankoski, Keijulankoski ja Kirveskoski.

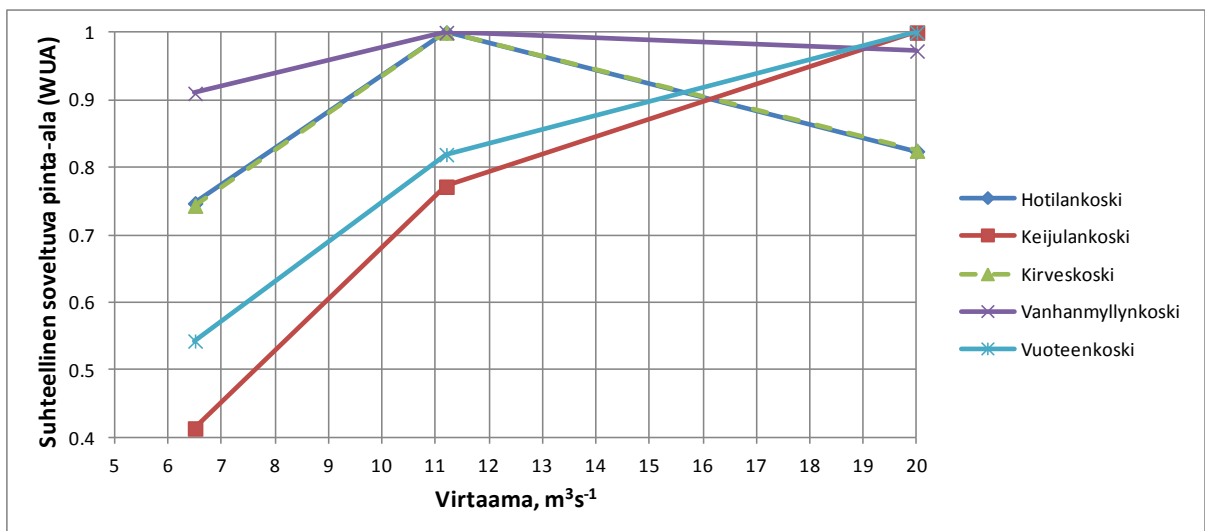
Tainionvirran poikkileikkausten märkäpiirin ja virtaaman välisissä käyrissä taitekohta sijaitsee 10-15 m³/s virtaamien välillä, pääsääntöisesti hieman yli 10 m³/s virtaamilla. Tulkinta ei kuitenkaan tässäkin tapauksessa ole selvä kaikkien käyrien osalta myös tarkasteltujen tilanteiden (3 virtaamatilannetta) vähäisyyden vuoksi (kuva 27).



Kuva 26. Tainionvirran koskien poikkileikkausten märkäpiirien suhde virtaamaan.

Elinympäristömallinnus

Elinympäristömallinnuksen mukaan taimenenpoikasille soveltuvan elinympäristön pinta-ala on kolmessa koskessa, Vanhanmyllynkoskessa, Hotilankoskessa ja Kirveskoskessa, noin 11-12 m^3/s virtaamilla. Tätä suuremmat ja pienemmät virtaamat pienentävät taimenille soveltuvan elinympäristön määrää. Sen sijaan Vuoteenkoskessa ja Keijulankoskessa soveltuva pinta-ala lisääntyy aina suurimpiin mallinnettuihin virtaamiin saakka (kuva 27). Ero johtuu koskien erilaisesta rakenteesta.



Kuva 27. Taimenen poikasille soveltuvan elinympäristön pinta-ala eri virtaamilla Tainionvirran koskilla.

Yhteenveto, Tainionvirta

Kun elinympäristömallinnusta käytetään vertailussa, Tennantin menetelmä Tainionvirran jokireitillä antaa muita menetelmiä selvästi pienemmän ympäristövirtaaman (taulukko 7). Wetted Perimeter -menetelmän ja mallinnuksen tulokset ovat suhteellisen vertailukelpoisempia. Tosin WP -menetelmässä on käyrien tulkinnassa epävarmuutta ja tulkinnanvaraa. Myös elinympäristömallinnuksessa tulokset vaihtelivat koskien välillä; toisissa koskissa oli selvä huippu WUA:n pinta-alassa, toisissa WUA kasvoi koko virtaamavälillä. Koskissa joiden uomassa virtaamalla on tilaa laajeta, WUA lisääntyy, kun taas uomaltaan "ahtaissa" koskissa pinnankorkeus alkaa suurilla virtaamilla rajoittaa soveltuvan elinympäristön pinta-alaa.

Taulukko 7. Yhteenveto Tainionvirralle eri menetelmin määritellyn ympäristövirtaamatarkastelun tuloksista.

Menetelmä	Kohde	Virtaama m ³ /s	Kuvaus
Tennant	Tainionvirta	3,5-7,0	Hyvä - erinomainen tilanne
Wetted Perimeter	Kaikki 5 mallinnettua koskea	10-15	Taitekohdan tarkempi määrittely edellyttää tarkempaa käyrää
Elinympäristömallinnus	Kaikki 5 mallinnettua koskea	11-12 (>20)	Kahdessa viidestä koskessa WUA lisääntyi vielä 20 m ³ /s virtaamalla

Kalkkistenkoski

Mallinnusalue sijaitsee Asikkalassa (kuva 28). Mallinnus käsittää Kalkkistenkosken Päijänteen ja Ruotsalaisen välissä Verkkosaarten yläpuolelta Koivusaaren alapuolelle. Kosken vasemmassa haarassa on 2-aukkoinen tasoluukuilla varustettu säännöstelypato. Padon ylä- ja alapuoli ovat kivettömiksi peratut. Varsinainen koski sijaitsee Mikonsaaren oikealla puolella ja on yläosaltaan reilut 100 metriä leveä ja alaosaltaan noin 50 metriä leveä. Varsinaisen kosken pituus on noin 150 metriä, mutta suurista virtaamista johtuen virtaus säilyy nopeana vielä satoja metrejä kosken alapuolellakin.

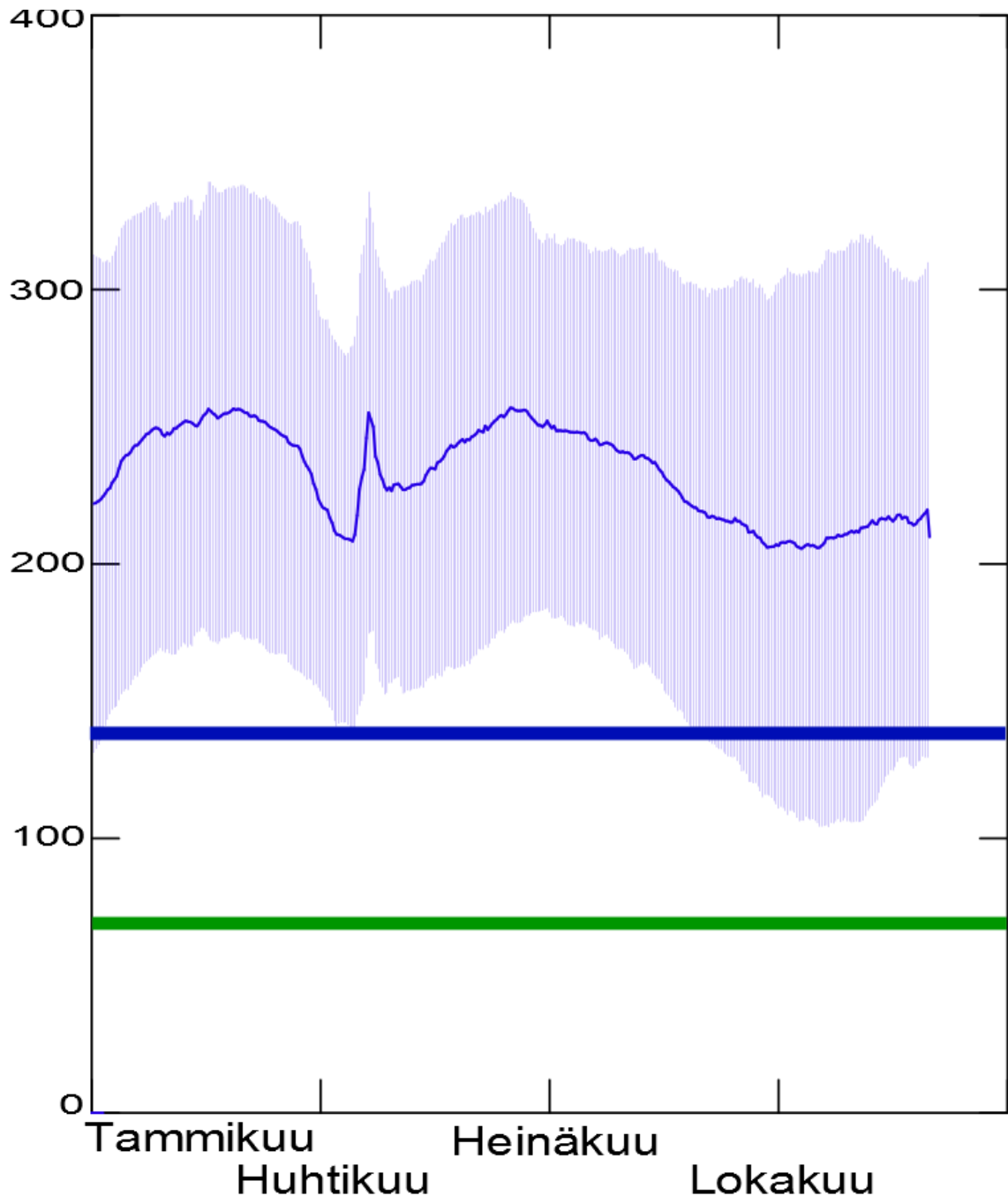


Kuva 28. Asikkalan Kalkkistenkoski Päijänteessä.

Tennant

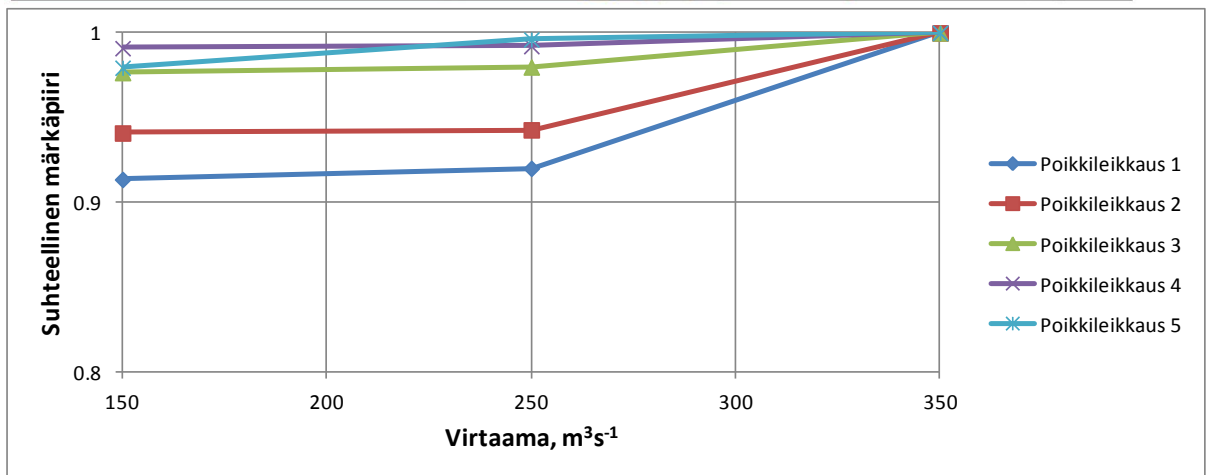
Kalkkistenkoski on virtajakso kahden järven välissä ja virtaaman vaihtelu on selkeästi erilainen verrattuna luonnontilaiseen jokeen (kuva 29). Vuosien välillä on runsaasti hajontaa eikä keskivirtaamassa ole havaittavissa tyypillistä vuodenaikojen mukaan vaihtuvaa ”jokivirtaamaa”. Kosken niskaa perattiin jo 1830-luvulla, ja Päijänteen ja Ruotsalaisen säännöstely vaikuttaa virtaamaan. Vuoden keskivirtaama (1970-2016) oli Kalkkistenkoskella 232,4 m³/s.

Tennantin menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat Kalkkistenkoskella ovat 23,2 m³/s (huono tai minimi-tilanne, 10%), 69,7 m³/s (hyvä tilanne, 30 %) ja 139,4 m³/s (erinomainen tilanne, 60 %) (kuva 29). ”Flushing flow” -virtaamaksi saadaan 464,7 m³/s.



Kuva 29. Tennantin-menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat piirrettynä Kalkkistenkosken vuosien 1970-2016 vuosittaiseen keskivirtaamaan (\pm SD). Vihreä poikkiviiva on 30 % (Tennant: hyvä tilanne) ja sininen 60 % (erinomainen tilanne) keskivirtaamasta.
Märkäpiiri

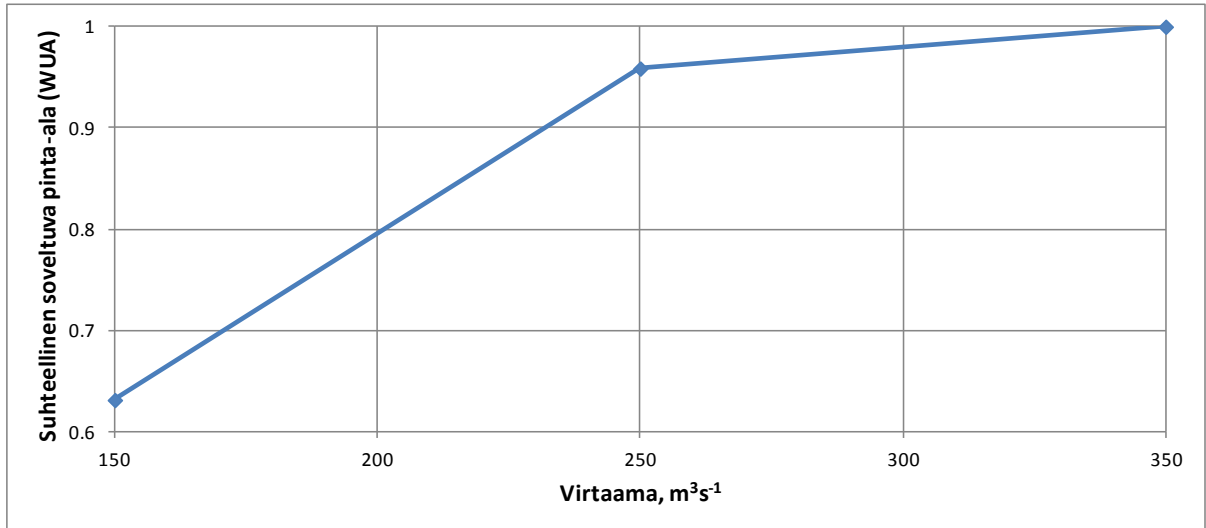
Kalkkistenkosken märkäpiirin pituudessa neljässä viidestä märkäpiiri kasvaa nopeasti erityisesti suurilla virtaamilla (kuva 30). Tämän mukaan virta siis levittäytyy yhä lajemmalle alalle virtaaman kasvaessa, eikä märkäpiireissä tapahdu tasoittumista (kuva 30). Ainoastaan yhdessä märkäpiirissä tapahtuu tasoittumista, taitekohdan sijoituessa yli 250 m³/s kuution virtaamaan.



Kuva 30. Kalkkistenkosken poikkileikkausten sijainti koskessa (ylempi paneeli) ja Kalkkistenkosken viiden mitatun poikkileikkauksen märkäpiirin suhde joen virtaamaan (alempi paneeli).

Elinympäristömallinnus

Kalkkistenkoskessa taimenille soveltuvan elinympäristön määrä kasvaa mallinnuksen mukaan 250 m³/s virtaamaan saakka ja pysyy tämän jälkeen lähes ennallaan virtaaman kasvaessa (kuva 31). On mahdollista että WUA nousee jo alhaisemmillä virtaamilla lähelle maksimia, mutta 150-250 m³/s väliltä ei ole mallinnuspisteitä (kuva 31).



Kuva 31. Taimenen poikasille soveltuvan elinympäristön pinta-ala eri virtaamilla Kalkkistenkoskessa koskilla.

Yhteenveto, Kalkkistenkoski

Tennantin menetelmä Kalkkistenkosken jokireitillä antoi jälleen elinympäristömallinnuksen tulokseen verrattuna suhteellisen alhaisen virtaamaan (taulukko 8). Wetted Perimeter -menetelmän käyrästä ei löydetty tasaantumiskohtaa eikä näin ollen myöskään lainkaan tulkintaa ympäristövirtaamaksi.

Taulukko 8. Yhteenveto Kalkkistenkoskelle eri menetelmin määritellyn ympäristövirtaamatarkastelun tuloksista.

Menetelmä	Kohde	Virtaama m ³ /s	Kuvaus
Tennant Wetted Perimeter	Kalkkistenkoski	69,7-139,4	Hyvä - erinomainen tilanne
	Kalkkistenkoski	N/A	Ei selkeää tulkintaa menetelmästä
Elinympäristömallinnus	Kalkkistenkoski	>150-250	WUA lisääntyy vain hieman 250 m ³ /s jälkeen

Ripatinkoski

Ripatinkoski sijaitsee Mäntyharjulla. Mallinnettava alue käsittää Ripatinkosken koskimaisemman osuuden, eli jokiuoman Vahvajärveltä Iso-Sämpiälle (kuva 32). Mallinnetun alueen pituus on noin 1,5 kilometriä. Jokiuomassa on nopeasti virtaavat kohdat maantiesillan alapuolella ja ennen Iso-Sämpiää (kuva 32). Nopeammin virtaavien kohtien välissä on leveämpi, mutta matalahko alue. Vahvajärven vedenpinnan korkeuteen vaikuttaa yläpuolella Kissakosken voimalaitoksen juoksutus. Purkautuminen Vahvajärvestä Ripatinkoskeen tapahtuu luonnollisesti.

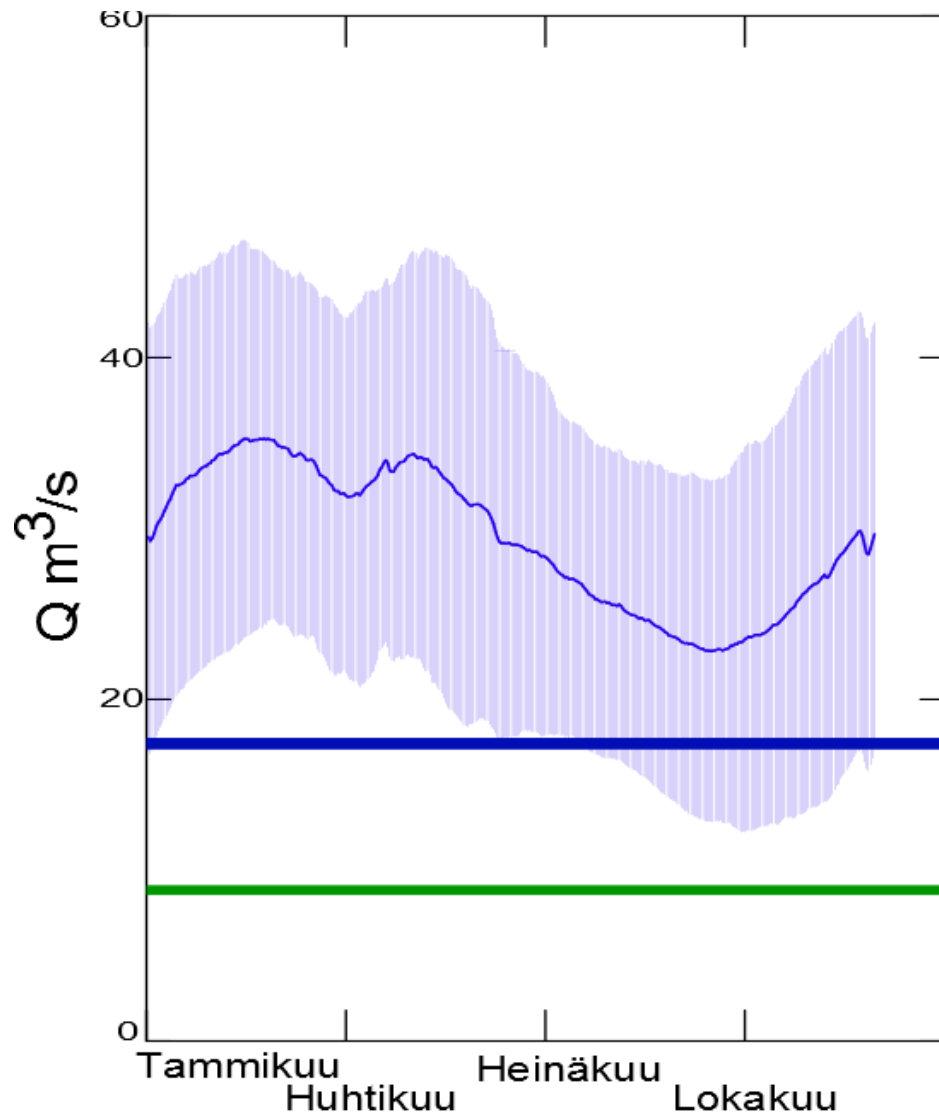


Kuva 32. Ripatinkoski Mäntyharjulla Iso-Sämpiä järven ja Vahvajärven välillä.

Tennant

Ripatinkoski on jokireitti kahden järven välillä. Virtaamaan vaikuttaa myös Kissakosken voimalaitoksen säännöstely Vahvajärven pinnanvaihtelun kautta. Virtaama on jokireitille tyypillisesti tasainen mutta vuosien välillä on suurta vaihtelua. Virtaama on alhaisimmillaan syksyllä. Vuoden keskivirtaama (1950-2015) oli 29,4 m³/s.

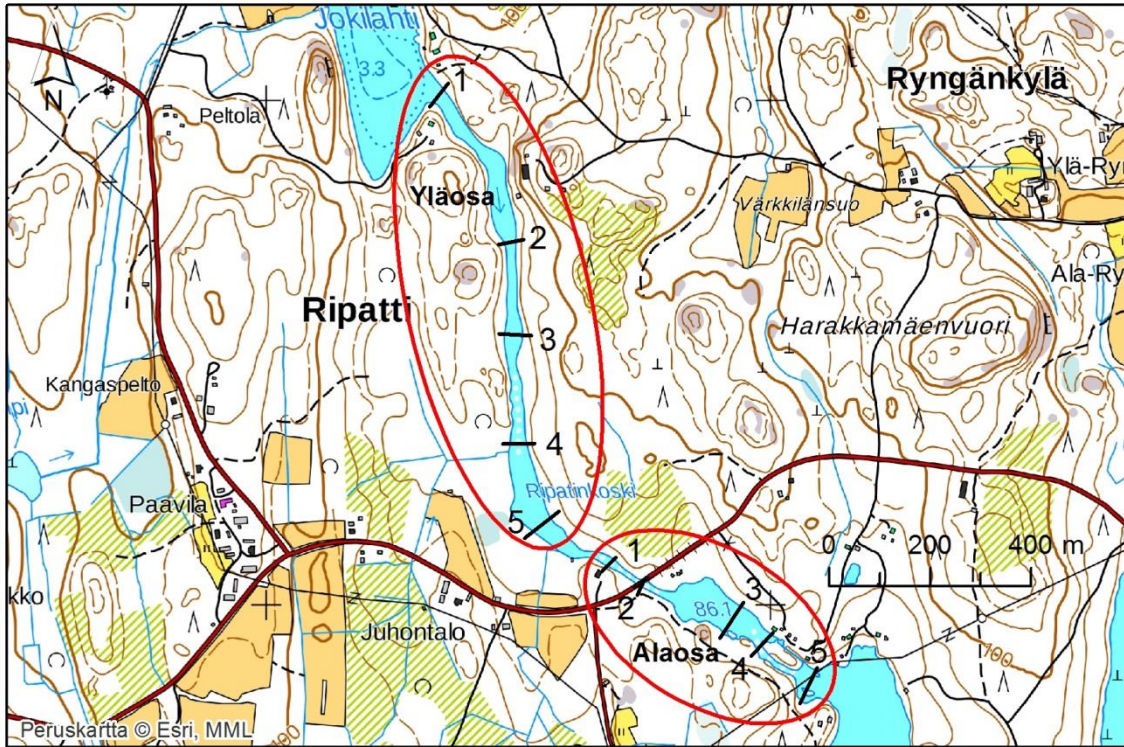
Virtaaman minimitalanne (10 %) on Tennantin menetelmän mukaisesti 2,9 m³/s. Hyvä tilanne säilyy vielä 8,8 m³/s virtaamalla (30 %) ja erinomainen 17,6 m³/s virtaamalla (60 %) (kuva 33). Puhdistavaksi tulvavirtaamaksi tarvitaan 58,8 m³/s (200 %).



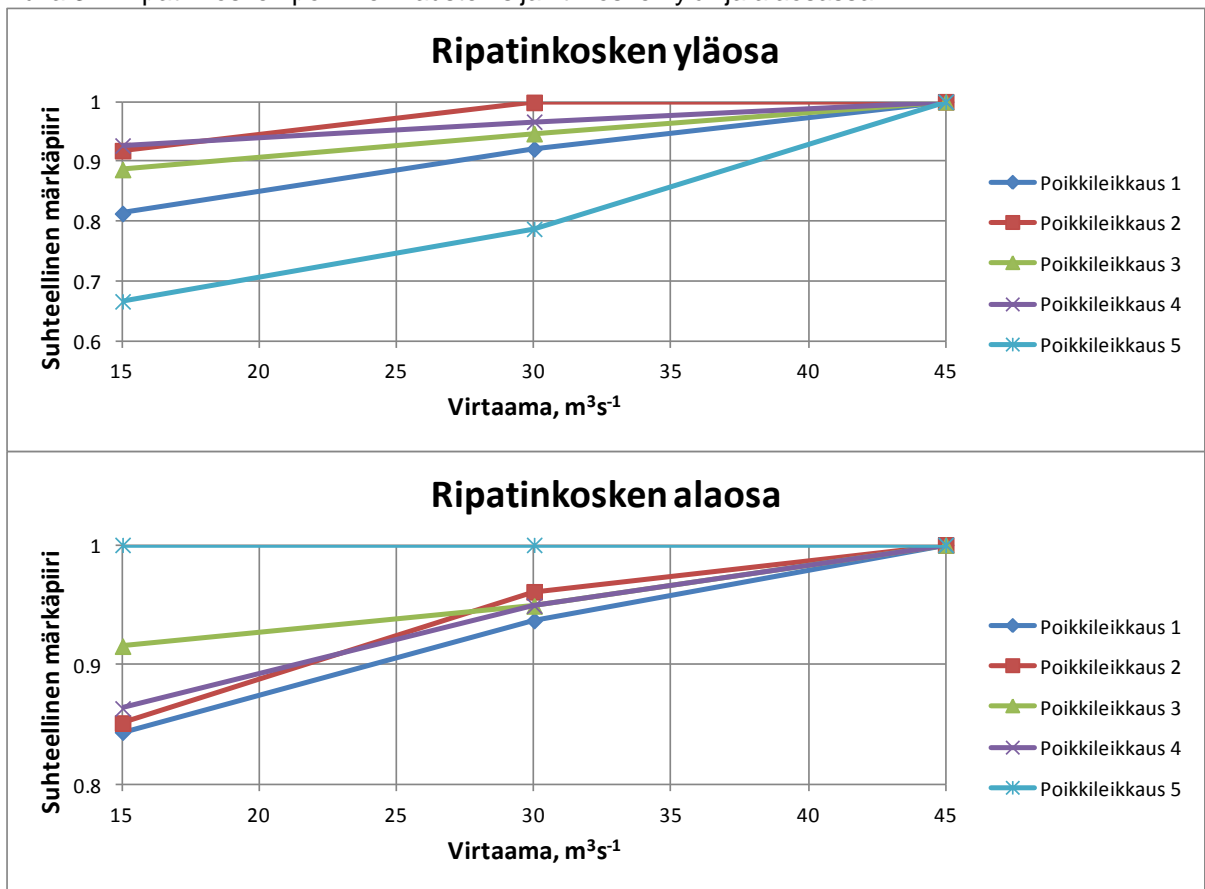
Kuva 33. Tennantin-menetelmän mukaiset ympäristövirtaamat piirrettynä Ripatinkosken vuosien 1950-2015 vuosittaiseen keskivirtaamaan (\pm SD). Vihreä poikkiviiva on 30 % (Tennant: hyvä tilanne) ja sininen 60 % (erinomainen tilanne) keskivirtaamasta.

Märkäpiiri

Sekä Ripatinkosken yläosasta että alaosasta laskettiin molemmista viisi poikkileikkausta (kuva 34) Ripatinkosken yläosassa märkäpiiri kasvaa tasaisesti virtaaman kasvaessa, eikä niissä ole havaittavissa selkeitä taitekohtia (kuva 35). Alaosassa voidaan havaita taitekohtaa 30 - 45 m³/s virtaamavälillä (Poikkileikkaus 2, kuva 35).



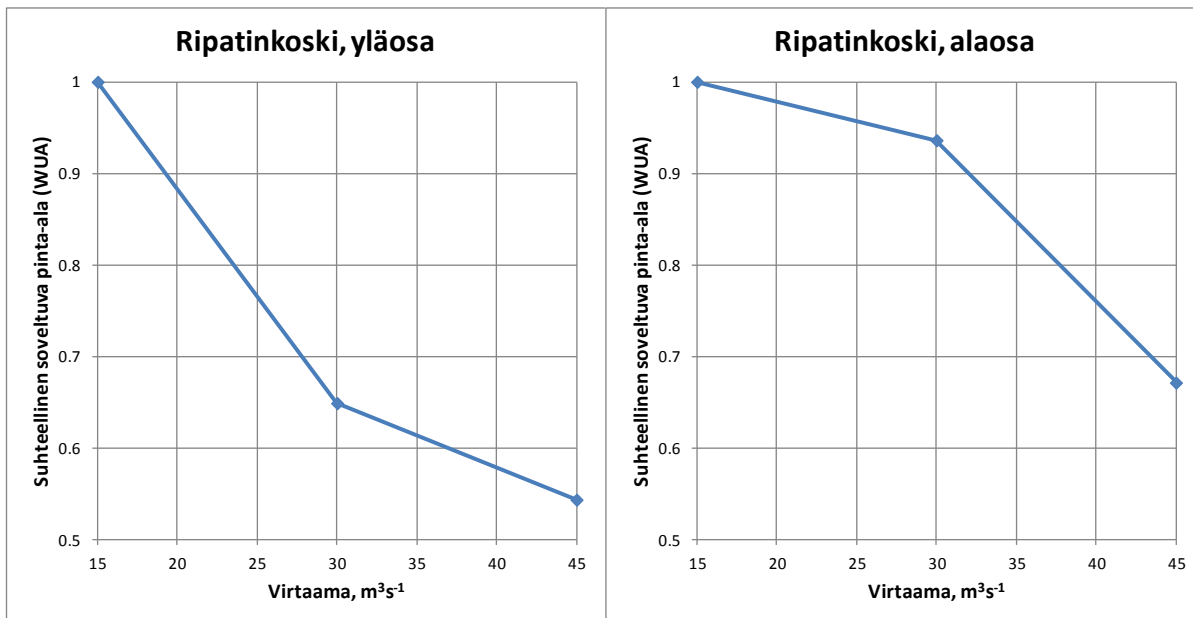
Kuva 34. Ripattinkosken poikkileikkausten sijainti kosken ylä- ja alaosassa.



Kuva 35. Ripattinkosken poikkileikkausten märkäpiirin suhde joen virtaamaan kosken ylä- ja alaosassa.

Elinympäristömallinnus

Taimenen poikasille soveltuvan elinympäristön pinta-ala sekä Ripatinkosken ala- että yläosassa pienenee virtaaman kasvaessa (kuva 36).



Kuva 36. Taimenen poikasille soveltuvan elinympäristön pinta-ala eri virtaamilla Ripatinkosken yläosassa ja alaosassa.

Yhteenveto, Ripatinkoski

Tennantin menetelmä Ripatinkoskella antoi elinympäristömallinnuksen tulokseen verrattuna vertailukelpoisen tilanteen (taulukko 9). Tämä johtuu siitä että elinympäristömallinnuksen mukaan WUA pienenee Ripatinkoskella kun virtaama kasvaa yli 15 m³/s. Tämä johtuu taas koskien rakenteesta: virtaaman kasvaessa veden syvyys kasvaa ja alkaa rajoittaa taimenille soveltuvan pinta-alan määrää. Wetted Perimeter -menetelmän käyristä ei Ripatinkoskella löydetty tasaantumiskohtaa eikä näin ollen myöskään lainkaan tulkintaa ympäristövirtaamaksi.

Taulukko 9. Yhteenveto Ripatinkoskelle eri menetelmin määritellyn ympäristövirtaamatarkastelun tuloksista.

Menetelmä	Kohde	Virtaama m ³ /s	Kuvaus
Tennant Wetted Perimeter	Ripatinkoski	8,8-17,6	Hyvä - erinomainen tilanne
	Ripatinkoski	N/A	Ei selkeää tulkintaa menetelmästä, V-muotoinen uoma?
Elinympäristömallinnus	Ripatinkoski	alle 15	WUA pienenee kun virtaama lisääntyy

4. BUILDING BLOCK –MENETELMÄLLÄ TOTEUTETUT KOHTEET

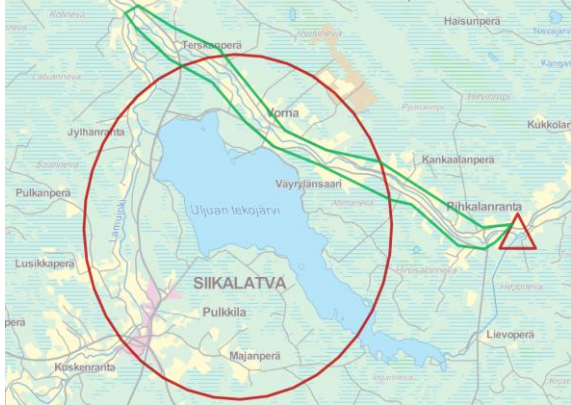
Buiding Block (BB) –menetelmällä on toteutettu edellä esitetyn liojen lisäksi kymmenen kohdetta aiemmassa SYKE:n toteuttamassa hankkeessa, josta on tarkemmin kerrottu hankkeen loppuraportissa ”Ympäristövirtaaman määrittäminen erityyppisissä jokivesistöissä” (Koljonen et al. 2016). Toteutetussa hankkeen tavoitteena oli kehittää alustavia kriteereitä ympäristövirtaaman määrittämiseksi erityyppisiä jokivesistöjä varten. Työssä kehitettiin asiantuntijapaneeliin perustuvaa ns. kevennettyä BB-menetelmää, jota voidaan soveltaa hyvin erilaisissa jokivesistöissä nopeasti ja kustannustehokkaasti. Samalla haluttiin tunnistaa, miten arviointi onnistuu lähtöaineistojen määrän ja laadun vaihdellessa.

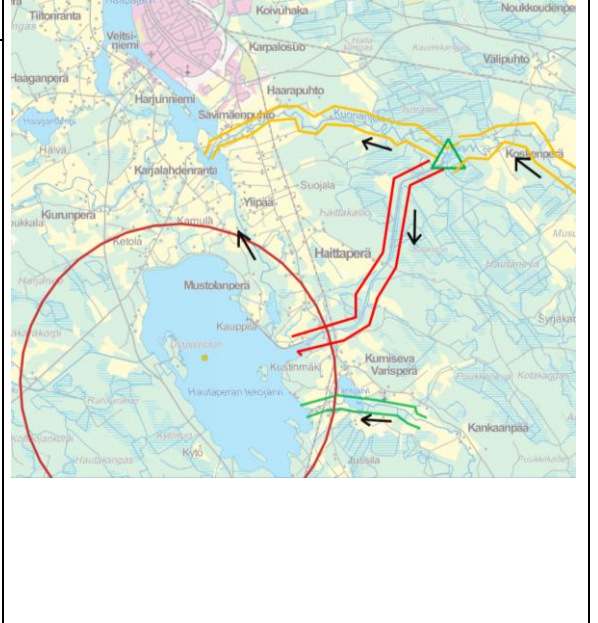


Yleisesti ottaen kevennetty BB-menetelmä työpajoihin sopii parhaiten vesistöihin, missä virtaamamuutosten vaikutukset ovat joko vähäisiä (voimakkaasti porrastetut ja rakennetut vedet) tai sitten tulosten tulkinta on hyvin selvää, kuten pienissä kuivissa uomissa, joissa vesimäärän lisääminen saa aikaan kaikille eliöryhmille positiivisen muutoksen. Työpajat osoittivat, että kattavilla lähtötiedoilla asiantuntijapaneeli pääsee helposti käsiksi kohteeseen ja pystyy määrittämään ekologian kannalta tarvittavia virtaamia hyvinkin erilaisissa kohteissa. Lähtötietojen puute hankaloittaa työpajatyöskentelyä ja työpajojen kautta havaittiin tarvittava lähtötietojen taso, jota ilman BB-menetelmällistä työpajaa ei ole kannattavaa järjestää.


BB-menetelmän avulla voidaan parhaassa tapauksessa löytää kohdelajin elinympäristömallin ja vallitsevien virtaamaolosuhteiden kannalta tärkeimmät ajankohdat (blockit / rakennuspäivät), joissa virtaaman merkitys lajille on suurin. Usein pienilläkin muutoksilla virtaamassa voidaan ratkaista lajin elinkierron kannalta merkittäviä haasteita. Tällaisia voivat olla kesäaikaan etenkin aikuisten nousukalojen houkutusvirtaaman määrä, talviaikaisen minimin merkitys soraikkojen vesityksessä ja pienpoikasten habitaatin pinta-alassa tai tulvan nousun nopeus (säännöstelykohteiden patoluukkujen aukaisunopeus).

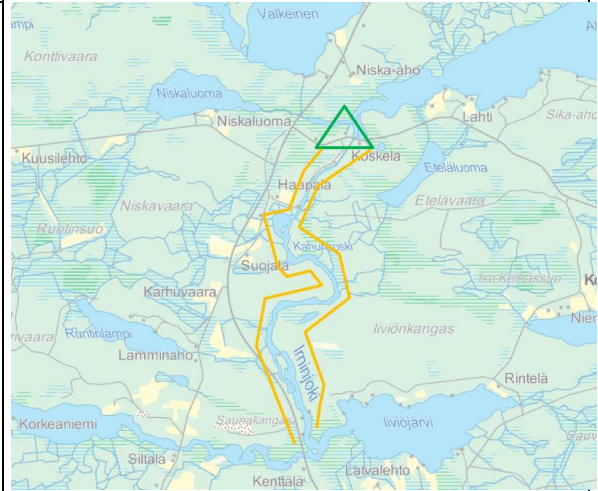
BB-työpajoissa käsitellyt kohteet edustavat laajasti erityyppisiä jokia ja erilaisia säännöstelykäytänteitä (taulukko 10).

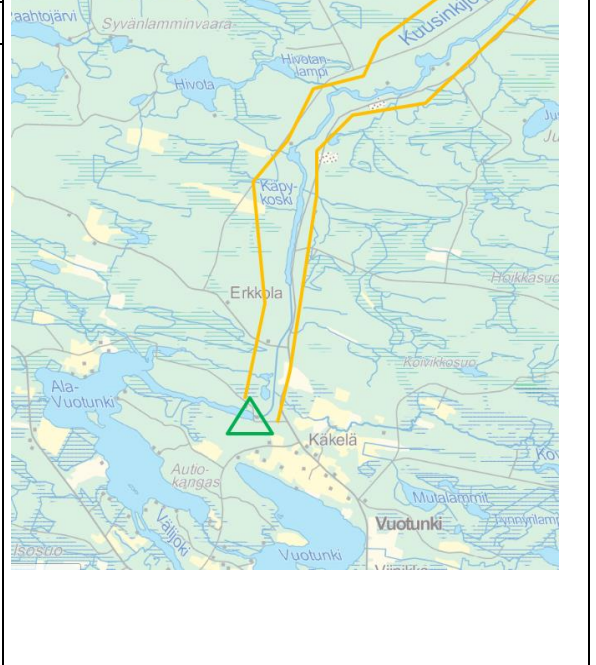
Taulukko 10. BB-työpajoissa käsitellyt kohteet ja kuvaukset.


<p>1. Siikajoki, Siikajoen vesistöalue (57)</p>	
<p>Luokka: Vähän rakennetut, säännöstelykapasiteettia</p>	
<p>Kuvaus: Uljuan tekoallas (ympyrä) ja Lämsänkosken säännöstelypato (kolmio) Siikajoessa (noin 110 km mereltä) muodostavat 18 km vähävetisen uoman (vihreällä rajattu). Tavoitteena Siikajoen ekologisen tilan parantaminen (vesitystä muuttamalla), jonka jälkeen arvioidaan vesivoimatuotannon tappio ja millaiseksi ero (ympäristövirtaama-vesivoima) muodostuu. Kohdelajeina alueella esiintyy nahkiainen, siika ja harjus. Yläosalla paikallisia taimenia ja rapuja, vuosittain nousevia meritaimenia.</p>	

<p>2. Kuonanjoki, Kalajoen vesistöalue (53)</p>	
<p>Luokka: Rakennetut joet, sivu-uoma</p>	
<p>Kuvaus: Kuonanjoki on Kalajoen vesistön latvoilla oleva pieni joki (keltaisella), osa vedestä ohjataan Hautaperän tekojärveen (ympyrä). Tekojärveen laskee myös alkuperäistä taimenkantaa ylläpitävä pohjavesivaikutteinen Lohijoki (vihreällä). Luonnonuoman osuus (kolmiosta vasemmalle) on ollut 70-luvun lopulta täysin kuivilla 2006 saakka (vain tulva-aikaiset ohjuoksutukset), pieni kesävirtaama kesäminimi 1.6.-31.8. Haittaperän säännöstelypadolta (kolmio) 100 l/s. Päätaivoite on vesimuodostuman hyvä ekologinen tila ekologisen virtaaman avulla. Kuonanjokeen on mahdollista kotiuttaa lohikalasto (erityisesti paikallinen taimen), mahdollisesti myös rapu.</p>	
<p>3. Paimionjoki Paimionjoen vesistöalue (27)</p>	
<p>Luokka: Pienet, vähän säännöstelykapasiteettia</p>	
<p>Kuvaus: Tilanne Askalan padon (punainen viiva) alapuolisessa uomassa (vihreällä rajattu) on erittäin vähävetinen. Askalan kuivan uoman pituus 473 m, pinta-alaa 8868 m², keskileveys 19,5 m. Paimionjoki oli aikoinaan elinvoimaiset lohi- ja meritaimenkannat. Askalan kuivauomassa noin 1 ha ja alapuolella 0,95 ha kutualuetta. Tavoitteena veden riittävyys, minimivirtaaman määrittäminen ja ympäristövirtaaman tarve</p>	
<p>4. Oulujoki, Montta-Merikoski, Oulunjoen vesistöalue (59)</p>	
<p>Luokka: Voimakkaasti porrastetut joet</p>	
<p>Kuvaus: Oulujoki kuuluu suuriin, voimakkaasti rakennettuihin virtavesiin, joka on allasmaisesti porrastettu. Montan voimalaitoksen (kolmio) putouskorkeus on 12 m ja teho on 43 MW. Oulujoen Montan MHQ on 486 m³/s ja MNQ 55 m³/s. Tarkasteluun otettiin Montan ja Merikosken (alin voimalaitos) välinen osuus (keltaisella). Käytännössä ympäristövirtaaman soveltaminen on erittäin hankalaa, sillä kohteen läpivirtaus määräytyy Oulujärven tulovirtaamaan, johon ei enää tällä kohtaa pysty vaikuttamaan.</p>	

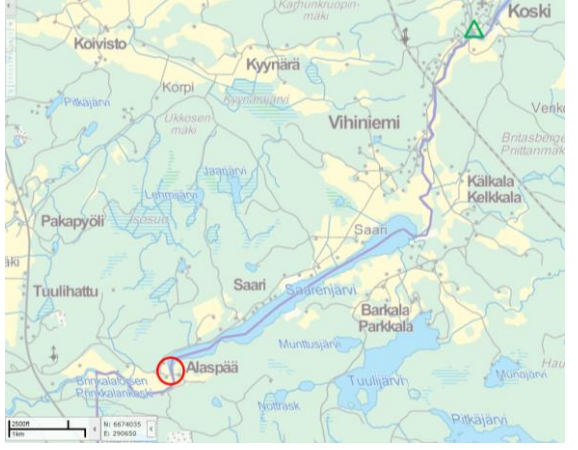
<p>5. Hupisaaret, Oulunjoen vesistöalue (59)</p>	
<p>Luokka: Kaupunkipurot, keinotekoiset uomat</p>	
<p>Kuvaus: Oulujoen alimman voimalaitoksen Merikosken (pun. ympyrä) alapuolella sijaitseva Hupisaarten puistoalue on Oulun kaupungin keskustan tuntumassa. Alueella risteilee yhteensä lähes kaksi kilometriä pieniä puroja (pinta-ala n. 1 ha), jotka saavat vetensä Oulujoesta Lasarettinväylän säännöstelypadon kautta (kolmio). Kalatie menee keltaisen ellipsin kohdalla. Lähtökohtana ympärivuotisen vesityksen ylläpitämiseksi on ympäristövirtaaman käyttöön otettu on huomioitava.</p>	

<p>6. Irnijärven luusua, Irninjoki, Iijoen vesistöalue (61)</p>	
<p>Luokka: Ilman vesivoimatuotantoa olevat padot</p>	
<p>Kuvaus: Irnijärven säännöstelypadon (kolmio) alapuolinen Irninjoki (korostettu keltaisella, Iijoen yläosaa) on jäänyt lähes vuosittain täysin kuivaksi keväällä, jolloin järviyhmää täytetään ja Iijoen kevättulvaa halutaan hillitä. Jokijakson kokonaispituus 6 km, josta 1,1 km koskijaksoa. Nollajuoksutuksen tarkoitus on ollut minimoida alapuolisten voimaloiden (5 kpl) ohijuoksutus, nostaa järviyhmän vedenpintaa mahdollisimman nopeasti ja vähentää alapuolisia tulvia. Padon alapuolelle on pieni velvoite taimenen ja siian istutukseen. Tavoitteena on joen ympärivuotisen vesityksen ylläpitäminen, jotta joen luontainen ekologia voi elpää.</p>	

7. Kuusinkijoki , Koutajoen vesistöalue (73)	
Luokka: Pienet, vähän säännöstelykapasiteettia	
<p>Kuvaus: Kuusinkijoki on erittäin merkittävä joki luontaisen taimenen lisääntymisen kannalta (erityisesti alaosalla). Joen pituus on noin 20 km (keltaisella, mutta joki jatkuu kuvan ulkopuolelle). Tässä kohteena erityisesti yläosa, josta mallinnustietoa ja voimalaitoksen (komio) vaikutus tulee esiin nopeasti (käyttökätkot ja nollavirtaamat). Joki on erinomaisessa tilassa, mutta on asetettu riskiin heiketä lyhytaikais-säännöstelyn ja käyttökätköjen vuoksi. Merkitys kalastusmatkailun kannalta erittäin suuri. Haasteena lyhytaikais-säännöstely. Tavoitteena Kuusingin taimenen ja harjuksen elinkiertojen turvaaminen. Ekologisen virtaaman toteuttaminen, jotta joen erinomainen tila säilyy.</p>	

8.Perhonjoki ,Perhonjoen vesistöalue (49)	
Luokka: Rakennetut joet, sivu-uoma	
<p>Kuvaus: Perhonjoen Kaitforsin voimalaitoksen lupaehtojen mukaisesti lyhytaikais-säännöstely on voimakasta. Perhonjoella merkittävänä tekijänä on yläpuolisen järviryhmän säännöstely, jossa tekijöinä mukana tulvasuojelu, vesivoima ja virkistyskäyttö. Kaitforsin kalatie (vihreä ellipsi) on rakennettu vuonna 2006. Kalatien toimivuuteen vaikuttaa löydettävyyys ja houkutusvirtaamien epäsuhta. Vaellusreitillä on vanha Perhonjoen luonnonuoma, jonka pituus on noin 3 km. Vanhan vähävetisen uoman virtaamavaihtelu on voimakasta, noin 0,4-200 m³/s riippuen ajankohdasta. Voimalaitokseen menevä vesi menee putkessa vanhan uoman ohi (lila nuoli). Kalaston ja ekosysteemin toimivuuden kannalta haasteena on voimakkaasti muuttunut</p>	<p>morfologia ja hydrologia koko voimalaitoksen alapuolisella jokiosuudella. Kalatien toimivuus liittyy suoraan vähävetisen uoman virtaamaan eli houkutusvirtaaman määrä on ratkaiseva tekijä. Kuivauoma toimii syksyisin nousureittinä.</p> 

9. Seinäjoki	Kartta:
Luokka: Kaupunkipurot, keinotekoiset uomat	
Kyrönjoen vesistöalue (42)	
<p>Kuvaus: Seinäjoen kaupungin keskustan läpi kulkeva vähävetinen Seinäjoki (keltaisella). Päävirtaus kulkee Seinäjoen eteläpuolella, Kyrkösjärven tekojärven (punaisella) kautta. Vanhan uoman kokonaispituus noin 10 km, uomassa 14 pohjapatoa. Vähävetiseen uomaan menevää vettä säädetään padolla (vihreä kolmio). Tekojärvestä vesi palaa putkessa Seinäjokeen voimalaitoksen kautta (kelt. kolmio ja pun. nuoli). Tarkoituksena on paikallisen lohikalaston elinkierron turvaaminen. Käytännön rajoitteet alueella ovat kuitenkin huomattavat. Virkistyskäyttö ja maisema-arvot myös erittäin tärkeät.</p>	

10. Kiskonjoki, Kiskonjoen vesistöalue (24)	
Luokka: Rakennetut joet, sivu-uoma	
<p>Kuvaus: Koskenkosken vesivoimalaitos (kolmio) sijaitsee Salossa Kiskonjoessa Kosken ruukin alueella. Ekologisen tilan luokittelussa vesistöalue on yleisesti hyvää huonommassa tilassa. Koskenkosken rakentaminen aloitettu 1600-luvulla, joten patoon ei liity kompensatiovelvoitteita. Säännöstelykapasiteetti on melko vähäinen, joten säännöstely seuraa hyvin läheisesti luontaista rytmää. Vuonna 2005 säännöstely on muuttunut huomattavasti paremmaksi säännöstelykäytäntöjen muuttuessa. Saarenjärven alapuolella on pohjapato (pun. ympyrä).</p>	<p>Kiskonjoen osalta erityiskiinnostuksen kohteena on taimen, alempana pääuoman osalta lohi ja direktiivilajeina simpukat. Keskusteluissa otettiin mukaan Kiskonjoen tilanne laajemmin, mutta lisääntymisalueena Koskenkosken vanha uoma on ekologisesti merkittävä.</p> 

Kevennetty BB-menetelmä keskittyi työpajoissa asiantuntija-arvioiden avulla määrittelemään kullekin kohteelle tärkeitä muuttujia. Näissä työpajoissa käsiteltiin myös muita muuttujia, kuin vaelluskalojen elinkiertoon liittyviä, eli tarkasteluun otettiin mukaan ekosysteemien toiminnan kannalta paikallisesti tärkeiksi koettuja muuttujia, kuten kevättulvan puhdistava vaikutus tai vesikasvien kannalta vedenpinnan tasojen vaihtelu. Muuttujiksi otettiin ekologista virtaamaa laajemmin huomioon myös käyttöön liittyvät paineet ja tarpeet. Näin ollen vesi-voiman tarpeiden lisäksi tarkasteltiin etenkin virkistyskäytön merkitystä, mutta kohteesta riippuen myös esim. veden otto nousi esiin. Useimmissa kohteissa lähtöaineiston puute hankaloitti keskustelua. Yleisistä puutteista kerättiin kohteittain myös listaa. Tämän listan avulla jatkossa menetelmän hyödyntäminen helpottuu ja haasteisiin pystytään paremmin varautumaan ennakolta.

Kohteissa havaittuja puutteita, epävarmuuksia ja rajoitteita:

- ei materiaalia eri virtaamista (kuvat, poikkileikkaukset, elinympäristöjen ja virtaaman suhde)
- ei poikkileikkauksia, joten eri virtaamaolojen merkityksen arvioiminen erittäin hankalaa
- uoman profiilitiedot puuttuvat
- lyhytaikaissäätömerkityksen merkitys jää joka tapauksessa suureksi – pitempien jaksosten keskiarvo ei kerro totuutta
- virtaama on nykyisellään vähentynyt pieneksi / voimalaitoksen tekniset ominaisuudet vaativat liian suuren minimivirtaaman toimiakseen eli toiminta jaksottaistuu
- perusvirtaaman määrittely puutteellista eli luonnontilasta muutos erittäin suuri
- ketjutus yläpuolisiin altaisiin asettaa käytännön rajoitteita; virtaama (ml. ympäristövirtaama) on hyvin riippuvainen koko joen tulovirtaamasta, jota ei mahdollisesti voida juurikaan säädellä

5. JOHTOPÄÄTÖKSET MENETELMIEN TOIMIVUUDESTA

Käytetyistä menetelmistä yksinkertainen hydrologinen menetelmä, Tennantin menetelmä, on varsinkin helppokäyttöinen. Ympäristövirtaaman laskemista varten tarvitaan ainoastaan vuoden keskivirtaama. Tulosten mukaan menetelmällä saatiin elinympäristömallinnukseen verrattuna toimivia tuloksia vain silloin kun käytettiin luonnontilaista jokivirtaamaa jossa virtaama vaihteli luontaisesti tulvajaksoineen. Lähes kaikissa muissa tilanteissa, mukaan lukien jokireittien kohteet, menetelmällä lasketut ympäristövirtaamat olivat muita arvioita alhaisempia. Poikkeuskohteena oli Ripatinkoski, jossa taimenen poikasten kannalta soveltuvaa elinympäristöä onkin suhteellisen pienillä virtaamilla, koska vedenpinnan nopea nousu kosken ”ahtauden” vuoksi pienentää taimenenpoikasille soveltuvaa pinta-alaa virtaaman lisäntyessä.

Wetted Perimeter -menetelmä on hydraulinen menetelmä jossa tarkastellaan poikkileikkauksen märkäpiirin muutosta suhteessa virtaaman muutokseen. Tulosten mukaan menetelmään liittyy runsaasti epävarmuutta, silloin kun märkäpiiri lasketaan harvalla pistevälillä. Tulkinnan helpottamiseksi tarkastelu on tehtävä tiheällä pistevälillä, jolloin märkäpiirissä tapahtuvat muutokset havaitaan selkeämmin. Myös toinen epävarmuus liittyy menetelmän tulkintaan; poikkileikkausten välillä on eroja ja riittävän yleiskuvan saamiseksi on tarkasteltava useita märkäpiirejä. Menetelmää voidaan soveltaa vain U-muotoisissa uomissa, V-muotoisissa uomissa menetelmä ei toimi.

Building Block -menetelmässä kootaan yhteen olemassa oleva taustatieto virtaamasta ja sen muutoksista sekä näiden vaikutuksista eliöstöön. Näiden tietojen perusteella rakennetaan kohteen ympäristövirtaama. Tämän työn kokemusten perusteella menetelmä ei toimi tilanteissa, jossa riittäviä taustatietoja kohteen virtaamien ja elinympäristöjen määrän suh-

teesta ei ole. Sen sijaan kun taustatiedot ovat hyvät ja kattavat kohdelajin osalta, menetelmää voidaan pitää tarkastelluista menetelmistä parhaana. Menetelmässä voidaan hyödyntää kaikki saatavissa oleva tieto ja myös huomioida ja hyödyntää eri vuodenaikojen luontaisesti vaihteleva virtaama. BB-menetelmään voidaan sisällyttää myös helposti muita muuttujia erilaisilla lähtötiedoilla. Samaan keskusteluun voidaan ottaa ekologisten ja lajikohtaisten muuttujien kanssa myös veden käyttöön kohdistuvia paineita, kuten vesivoiman ja virkistyskäytön tarpeet.

Elinympäristömallinnuksen perustana olevia maastotutkimuksiin perustuvia laji- ja osittain myös paikkakohtaisia preferenssiarvoja eli lajin suosiman elinympäristön fysikaalisia ominaisuuksia on tutkittu pääasiassa vain lohen ja taimenen eri ikäkausien ja vuodenaikojen osalta. Jos elinympäristömallinnusta sovelletaan muille eliöille, joudutaan turvautumaan asiantuntija-arvioihin lajin elinympäristövaatimuksista (ns. fuzzy logic malleja voidaan soveltaa tällaisissa tapauksissa).

Osassa tarkastelluissa kohteissa elinympäristömallinnuksen tulokset tuotettiin vain kolmella eri virtaamalla. Ympäristövirtaaman määrittystä varten virtaamatilanteita tulisi olla useampia kuin kolme, jotta voitaisiin luotettavammin tulkita millaisissa virtaamamäärissä soveltuvan elinympäristön määrässä tapahtuu selkeitä muutoksia (esim. virtaama, jolloin WUA kääntyy laskuun). Tulva- tai muista erityistilanteista puuttuu eliöiden elinympäristövaatimuksia koskeva tutkimuksellinen perustieto, jolloin näiden ehkä pullonkauloinkin olevien ajankohtien mallintaminen on erittäin haasteellista.

Tässä selvityksessä käytetyt menetelmät eivät pysty ilmentämään lyhytaikasäädön, eli nopeiden virtaamamuutosten, muutoksia eliöiden habitaateissa ja niiden merkitystä koko elinkierron toimivuuden kannalta. Kirjallisuuden perusteella lyhytaikaissäännöstelyn vaikutus on kuitenkin merkittävä niin, että ympäristövirtaaman määrittelyn kannalta sen merkitys on todennäköisesti suurempi kuin vuodenaikaiseen vaihteluun perustuvien virtaamatasojen kohdullisen vaihtelun merkitys (esim. Vehanen 1997, Vehanen ja Riihimäki 1999, Vehanen ym. 2000, Mäki-Petäys ym. 2000, Vehanen ym. 2003, Vehanen & Lahti 2003, Lloyd ym. 2004, Vehanen ym. 2005, Poff & Zimmerman 2010). Kohteissa, joissa lyhytaikaissäännöstely on voimakasta, tulisi ympäristövirtaaman näkökulmia (eliöiden ekologia, elinkiertojen luontainen toimivuus) lähestyä lyhytaikaissäännöstelyn merkityksen kautta pohtimalla voidaanko lyhytaikaissäännöstelyn vaikutuksiin puuttua aiheuttamatta merkittävää haittaa vesivoimantuotannolle.

6. SUOSITUS YMPÄRISTÖVIRTAAMIEN MÄÄRITTÄMISEEN

Tämän työn tulosten perusteella suosittelemme käyttämään Building Block -menetelmää ympäristövirtaaman määrittämiseksi Suomessa. Edellytyksenä on, että asiantuntijoilla on käytössään hyvät taustatiedot kohteen virtaamasta, sen vaihtelusta ja vaikutuksesta eliöstöön. Menetelmässä täytyy olla perustietoa uomasta ainakin eri virtaamatilanteiden poikkeikkausten osalta ja käytettävissä vähintään kuvamateriaalia erilaisten virtaamien ilmentämiseksi. Parhaassa tapauksessa asiantuntijoilla on käytössään elinympäristömallin tuloksia siitä, miten virtaamavaihtelu vaikuttaa kohde eliön tai eliöstön elinympäristön laatuun eri vuodenaikoina. Jos riittäviä taustatietoja ei ole, ei Building Block -menetelmästä juuri ole hyötyä.

Tennantin ja Wetted Perimeter -menetelmiä voidaan käyttää ympäristövirtaaman määrittämisen tukena joko yksin tai yhdessä. V-muotoisissa uomissa Wetted Perimeter menetelmää ei kannata käyttää. Tennantin menetelmää kannattaa Suomessa käyttää jokivesistöissä, jossa on käytössä luonnontilainen virtaama. Yksistään kummankaan menetelmän avulla ei ympäristövirtaamaa tule määrittää, vaan niitä kannattaa käyttää asiantuntijatyön tukena menetelmien rajoitteet tuntien.

Kirjallisuus:

- CDFW 2013. Standard Operating Procedure for the Wetted Perimeter Method in California. California Department of Fish and Wildlife Instream Flow Program Standard Operating Procedure DFG-IFP-004, 19 p. http://www.dfg.ca.gov/water/instream_flow.html
- King, J. M. & Louw, D. 1998. Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using the Building Block Methodology. *Aquatic Ecosystems Health and Restoration* 1:109-124.
- King, J., Tharme, R. & de Villiers, M. (Eds.) 2008. *Environmental Flow Assessments for Rivers: Manual for the Building Block Methodology*. Water Research Commission Report No TT 354/08, South Africa.
- Koljonen, S., Ahopelto, L., Hellsten S., Olin, S. & Keto, A. 2016. Ympäristövirtaaman määrittäminen erityyppisissä jokivesistöissä. Hankkeen loppuraportti, SYKE.
- Lloyd N., Quinn G., Thoms M., Arthington A., Gawne B., Humphries P., Walker K. (2004). Does Flow Modification Cause Geomorphological and Ecological Response in Rivers? A Literature Review from an Australian Perspective. Technical report 1/2004, CRC for Freshwater Ecology, Canberra. 51 pp.
- Poff, N.L. & Zimmerman, J.K.H. 2010. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology* 55. 194–205.
- Tennant, D.L. 1976. Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources. *Fisheries* 1, 6-10.
- Vehanen, T. 1997. Fish and fisheries in large regulated peaking-power river reservoirs in northern Finland, with special reference to the efficiency of brown trout and rainbow trout stocking. *Regulated Rivers: Research & Management* 13. 1-11.
- Vehanen, T. & Riihimäki, J. 1999. Integrating environmental characteristics and fisheries management in northern Finland river impoundments. *Environmental Management* 23. 551-558.
- Vehanen, T., Bjerke, P.L., Heggenes, J., Huusko, A. & Mäki-Petäys, A. 2000. Effect of fluctuating flow and temperature on cover type selection and behaviour by juvenile brown trout in artificial streams. *Journal of Fish Biology* 56. 923-937.
- Mäki-Petäys, A., Vehanen, T. & Muotka, T. 2000. Microhabitat use by age-0 brown trout and grayling: seasonal responses to streambed restoration under different flows. *Transactions of the American Fisheries Society* 129. 771-781.
- Vehanen, T.; Huusko, A.; Yrjänä, T.; Lahti, M.; Mäki-Petäys, A., 2003: Habitat preference by grayling (*Thymallus thymallus*) in an artificially modified, hydropeaking riverbed: a contribution to understand the effectiveness of habitat enhancement measures. *Journal of Applied Ichthyology* 19. 15-20.
- Vehanen, T. & Lahti, M. 2003 Movements and habitat use by pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)) in a hydropeaking reservoir. *Ecology of Freshwater Fish* 12. 203-215.
- Vehanen, T., Jurvelius, J. & Lahti, M. 2005. Habitat utilisation by fish community in a short-term regulated river reservoir. *Hydrobiologia* 545, 257–270.
- Alkuperäiset mallinnusraportit:**
- Lahti, M., Forsius, J. & Muotka, J. 2000. Tainionvirran elinympäristömallinnus. Elinympäristömallinnuksen tulokset. Fortum Power and Heat, Teknologia.
- Lahti, M., Forsius, J. & Heikkinen, A. 2001. Kalkkistenkosken elinympäristömallinnus. Fortum Power and Heat, Teknologia.
- Lahti, M., Kyykkä, L. & van der Meer, O. 2005. Kukkianvirran elinympäristömallinnus. Fortum Service Oy.
- Lahti, M., Forsius, J., Heikkinen, A. & Muotka, J. 2001. Ripatinkosken elinympäristömallinnus. Fortum Power and Heat, Teknologia.
- Lahti, M., Heikkinen, A, Forsius, J. & Muotka, J. 2001. Siikakosken elinympäristömallinnus. Elinympäristömallinnuksen tulokset. Fortum Power and Heat, Teknologia.
- Orell, P., Vehanen, T., Mäki-Petäys, A., Jaukkuri, M., Huusko, R., van der Meer, O., Huusko, A., Lahti, M., Erkinaro, J. & Sutela, T. 2016. . Kollaja -hankkeen vaikutukset lijoen vaeluskalakantojen elvyttämiseen. Lohen elinkierto, populaatiomallinnus ja ympäristövirtaama. Luonnonvara- ja biotaloudentutkimus 25/2016. Luonnonvarakeskus.
- Van der Meer, O. 2014. Kuusinkijoen säännöstelyn vaikutusten arviointi virtausmallinnuksella. Tmi Olli van der Meer 2014.

LIITE 2

(25 s.)

Kirjallisuuskatsaus virkistyskalastuksen rahassa mitattaviin hyötyihin

Janne Artell, Luonnonvarakeskus

Kalavirta hankkeen selvitys 5/2017

SISÄLLYS

1. Johdanto	92
2. Ympäristön arvottaminen	93
Ympäristötaloustieteen arvottamismenetelmät	93
Tulosten siirto	97
Hyödykkeen määrittelyminen – Ekosysteemipalvelukehikko vaelluskalakantojen palauttamisessa	97
Taustalla laajempi sosio-ekologinen järjestelmä	100
3. Vaelluskalakantojen arvottamistutkimukset	101
Aineiston hakumenetelmät	101
4. Yhteenveto	107
Kirjallisuus:	111

1. JOHDANTO

Virkistyskalastus rakennetuissa vesistöissä on esimerkki tilanteesta jossa päätöksentekijän haasteena on tasapainoilla vesistön osin toisensa poissulkevien käyttömuotojen ja toisaalta luonnonsuojelullisten tavoitteiden välillä. Vesivoimalla tuotettu energia tukee ilmastonmuutoksen hillitsemistä ja on äärimmäisen halpa tuotantotapa, kun taas patoamisesta seuraava vaelluskalojen luonnollisen kierron estyminen aiheuttaa haittaa virkistyskalastajille ja heikentää kalalajien selviytymiskykyä erilaisissa kriisitilanteissa.

Rakennettujen vesistöjen rakenteille on määritettävissä kustannus ja niiden tuottamat hyödyt on arvioitavissa rahamääräisesti markkinahintojen kautta. Virkistyskalastuksen ja vaelluskalojen olemassaolon arvoa ei kuitenkaan voi suoraan määrittää vertailukelpoisesti, ts. yhteismitallisesti. Ympäristötaloustieteen työkalupakkiin kuuluvilla arvottamismenetelmillä voidaan osaltaan arvioida näitä arvoja rahamääräisesti. Taloustieteen menetelmin tuotetut hyötyarviot voivat demokratisoida päätöksentekoa tuoden kuluttajien näkökulman mukaan päätöksentekoon, esimerkiksi osana kustannus-hyötyanalyysiä, jossa vesistön nykytilaa muokkaavan hankkeen tai politiikan vaikutuksia vertaillaan yhteismitallisesti rahassa.

Ympäristön arvottamismenetelmiä on käytetty suhteellisen vähän rakennettujen vesistöjen ympäristömyötäisemmän kehittämisen perusteena. Suurten Elwhan (putouskorkeus 33 metriä, teho 14.8 MW) ja Glines-kanjonin (putouskorkeus 64 metriä, teho 13.3 MW) patojen purkamisen taustalla arvotettiin ekosysteemipalveluja Yhdysvalloissa (Pope ym. 2016), mutta lopulliseen päätöksentekoon näiden patojen purkamispäätöksiin arvottamistuloksilla oli vähäinen merkitys (Gowan ym. 2006). Toisaalta pienempien patojen uudelleenluvittaminen on jäänyt kesken, kun lupia myöntävä organisaatio (FERC) on muuttanut näkemystään jokien tuottamien palvelujen omistusoikeudesta – kalatalouden haitat täytyy nykyään korvata täysmittaisesti. White Salmon –joella ja Clark Fork projektissa lupien uudelleenmyönnön vaikutukset kalatalouden menetettyihin hyötyihin arvioitiin niin suuriksi, ettei toiminnan jatkaminen ollut taloudellisesti kannattavaa. Erona suomalaiseen käytäntöön Yhdysvalloissa on vahva uhanalaisten lajien säädöksen (Endangered Species Act) toimeenpano ja vesistöissä olevien rakenteiden uudelleenluvittamisen jaksottainen tarkastelu. (Duffield 2011) Kalojen ja kalastamisen tuottaman käyttöarvon lisäksi vaelluskalakannat tuottavat käytöstä riippumattomia passiivisia hyötyjä. Näiden arvojen huomioonottaminen, joita ympäristön arvottamismenetelmillä voidaan myös arvioida, on ollut vähäistä päätöksentekoprosessissa. Duffieldin (2011) mukaan käytöstä riippumattomat arvot nostettiin esille 1970- ja 1980-luvulla mutta niitä pidettiin aluksi teknisesti vaikeina arvioida ja myöhemmin tuloksiltaan epäuskottavina - 2002 Lower Snake-joen patojen purkamiskeskustelussa käytöstä riippumattomien arvojen arviointia ei tehty poliittisen paineen vuoksi². Håkansson (2009) kuitenkin havaitsi Ruotsissa käytöstä riippumattomien arvojen muodostavan pääosan vaelluskalakan- tojen tilaa parantavien toimenpiteiden taloudellisesta hyödystä.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa avataan lukijalle ympäristön arvottamismenetelmien taustaa ja käsitteistöä, ja käydään läpi viimeaikaista kirjallisuutta vaelluskaloihin liittyvästä arvottamistutkimuksesta. Tavoitteena on luoda poikkileikkaus tämän hetkisestä tiedon tasosta, tietotarpeista ja arvottamistulosten siirtomahdollisuudesta Suomen olosuhteisiin.

² Loomis (2002) havaitsee patojen purkamisen tuottaman joen virkistyskäyttöhyödyn kasvun kattavan 54-86 % kustannuksista ilman kalastusarvoa – toimet suojelevat uhanalaisia kalakantoja. Loomis (2006) toteaa sekä Elwhan että Lower Snake-joen patojen käytöstä riippumattomien hyötyjen tutkimuksessa saatujen maksuhallukkuuksien kallistavan kustannus-hyöty analyysin patojen purkamisen kannalle. Toisaalta tutkimuksissa ei otettu kantaa korvaavan sähköntuotannon ulkoisvaikutuksiin. Muutoksen koon vuoksi myös tämä tulisi ottaa skenaarioihin mukaan, mikäli käytöstä riippumattomia arvoja arvotettaisiin. Vertailun vuoksi, Lower Snake-joen neljä voimalaa vastaavat teholtaan Suomen vesivoimakapasiteettia.

2. YMPÄRISTÖN ARVOTTAMINEN

Arvottamistyön keskiössä on arvojen määrittely, miten arvot muodostuvat ja mitä voimme mitata. Tässä osiossa kuvataan lyhyesti millä menetelmin ympäristötaloustieteessä voidaan arvioida vaelluskalakantojen palauttamisen hyötyjä taloudellisesti.

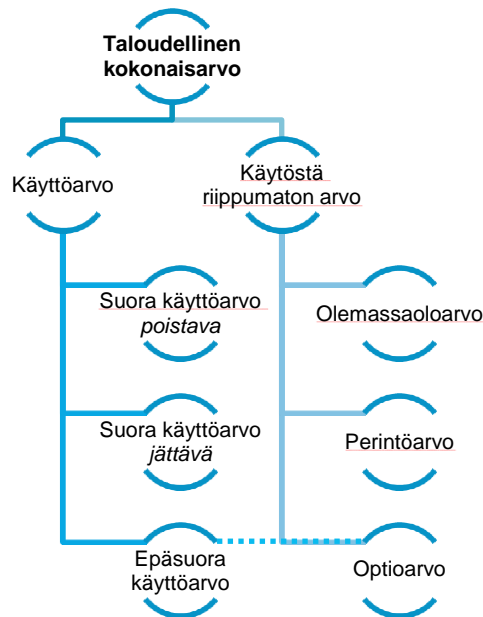
Ympäristötaloustieteen arvottamismenetelmät

Ympäristön tuottamien hyötyjen rahamääräistä arvottamista on harjoitettu ja kehitetty ympäristötaloustieteen tieteenhaaran alusta, 1900-luvun puolivälistä saakka (Pearce 2002). Hyötyjen rahamääräistä arvoa joudutaan arvioimaan etenkin tilanteissa, joissa hyödyt ovat markkinattomia – ihmisten vaihdantakäyttäytyminen ei ole siis luonut näille hyödyille yhteismitallista arvoa kustannusten kanssa. Rahamääräistäminen luo mahdollisuudet hankkeiden kustannus-hyöty analyysiin (eng. *cost-benefit analysis*, CBA) tai taloudellisen toiminnan tuottamien haittojen vahingonkorvausten arviointiin. Kustannus-hyötyanalyysissä hankkeen hyväksymiseen riittää, että hankkeen hyötyjä suostuisivat tarvittaessa maksamaan hankkeen häviäjille vähintään kustannusten verran rahaa. Yhteiskunnan (sisältäen kansalaiset ja yritykset) nettohyödyn lisäämisen kannalta ei ole välttämätöntä, että hyötyjä kuitenkin kompensoisivat häviäjiä täysin tai edes osittain (Bockstael & McConnell 2007).

Koska rahassa mitattu arvo on ihmiskeskeinen, eli sidonnainen elossa olevan sukupolven tällä hetkellä kokemiin ja ennakoituihin hyötyihin ja tulotasoon, ei taloudellista arvottamista ole suositeltavaa käyttää *ainoana* päätöksenteon arvoa kuvaavana tekijänä tapauksissa, joissa ihmisestä riippumattomat arvot ovat pääosassa ja yleinen ymmärryksen taso niistä on vähäistä – esimerkiksi eliölajien olemassaoloarvot tai alueet joilla ihminen ei ole läsnä hyötyjänä. Lisäksi, rahamääräisiä arvoja raportoidessa puhutaan usein käsitteestä keskimääräinen maksuhalukkuus. Tämä on usein myös se luku, joka jää julkisesti elämään; ”kalastajat ovat valmiita maksamaan X € vuodessa Lohijoen kalasaaliin kolminkertaistamisesta”. Kustannus-hyötyanalyysissä tulee ottaa huomioon, että keskiarvo ei välttämättä kuvaa maksuhalukkuuksien jakaumaa; jos kymmenestä kansalaisesta kaksi on valmis maksamaan lisähyödyistä 100 € ja kahdeksan hanketta vastustavaa kansalaista ei mitään, on kohtuutonta olettaa kaikkien haluavan maksaa keskimääräisen maksuhalukkuuden (20 €) mukaan hankkeesta. Tällöin esimerkiksi mediaanimaksuhalukkuuden (maksuhalukkuuksien keskimääräinen arvo) käyttö voi olla järkevää tai mieltä, voiko maksun siirtää hyötyjille esimerkiksi käyttömaksuina.

Rahamääräinen arvottaminen soveltuukin parhaiten tilanteisiin, joissa arvotettava markkintona hyödyke on lähellä ihmisen toimintaa ja kokemuspiiriä. Arvotetun hyödykkeen tarkka määrittely on ensiarvoisen tärkeää. Hyödykkeen, joka voi olla fyysinen (esimerkiksi kalastettu harjus) tai palvelu (esimerkiksi kalastuskokemus) tulee olla selkeästi rajattu, eikä arvoja tulisi laskea moneen kertaan päällekkäin. Myös hyödynsaajien sosioekonominen tai muu rakenne on otettava huomioon, jotta voidaan ymmärtää kuinka hyödyt jakautuvat.

Yleisesti ottaen rahamääräisiä arvoja lasketaan ympäristön *muutoksille* (esim. lohikalasaaliin parantuminen) sen sijaan, että määritettäisiin hyödykkeen *olemassaololle* (esim. lohikalakannan olemassaolo) rahallinen arvo. Ympäristötaloustieteessä puhutaan taloudellisesta kokonaisarvosta (total economic value, TEV), joka jakautuu käyttö- ja käytöstä riippumattomiin arvoihin (Ahtiainen ym. 2015). (kuva 1)



Kuva 1 Taloudellisen kokonaisarvon jakautuminen

Käyttöarvot perustuvat sananmukaisesti arvoitettavan hyödykkeen käyttöön. Suorat käyttöarvot jakautuvat poistaviin (eng. *extractive*, esim. kalastus) ja jättäviin (eng. *non-extractive*, esim. luonnon tarkkailu, valokuvaus) arvoihin. Pyydystä-ja-päästä kalastus saattaa kuulua molempiin arvoihin riippuen veteen palautetun kalan kohtalosta³. *Epäsuorat käyttöarvot* ovat esimerkiksi vaelluskaloista kertovien luontodokumenttien katselun tai lehtiartikkelien lukemisen tuottamia. Erityisesti suoria käyttöarvoja kyetään arvottamaan niin sanotuilla *paljastettujen preferenssien menetelmillä*. Nämä menetelmät hyödyntävät aiempaa arvoitettavan hyödykkeen lähellä tapahtunutta markkinakäyttäytymistä arvottamisen apuna. Markkinakäyttäytymisen historiaan sidottuina menetelminä paljastettujen preferenssien avulla voidaan arvottaa vain tapauksia, jotka ovat lähellä aiemmin tapahtuneita muutoksia.

Matkakustannusmenetelmässä arvioidaan esimerkiksi kalastuskäyntien kysyntää toteutuneiden matkakustannusten avulla. Muuttuvan lohikannan arvoa taas voidaan arvioida tarkastelemalla kalasaaliin muutoksen vaikutusta jokialueiden virkistyskäyntien määrään. Matkakustannusmenetelmässä on huomioitava, että kuluttajan preferenssit huomioonottava arvo ei määrity vain keskimääräiset matkakustannukset ja muut kulut huomioiden (esim. Robbins ja Lewis 2008). Matkakustannusmenetelmällä arvioidaan ns. kuluttajan ylijäämää, eli rahamäärää jonka kuluttajat keskimäärin joukkona olisivat olleet valmiita maksamaan tekemistään virkistysmatkoista, mutta eivät sitä joutuneet täysimääräisesti maksamaan. Kalastuksen arvon määrittäminen kertomalla keskimääräiset kustannukset kalastajien määrällä tuottaa siis aliarvion kalastusmatkojen kokonaisarvosta.

Robbins ja Lewis (2008) tutkivat 1999 puretun Edwards-padon jälkeistä aikaa. 160-vuotias pato oli 8 metriä korkea ja noin 300 leveä estäen kalojen nousun 30 kilometriä ylävirtaan. Seitsemän vuotta purkamisen jälkeen tehdyssä kyselyssä kalastajista (n = 593) 83 % koki purkamisen hyödylliseksi, 41 % koki vedenlaadun parantuneen enemmän kuin vähän, ja 45 % (21%) koki kalojen määrän ja lajirikkauden parantuneen paljon (hieman). Kennebec-joen ja sen estuaari-alueen kalastusmatkojen suurin kustannuserä oli opasmaksu ennen itse matkakustannuksia. Jokikalastukseen lähistön kalastajat käyttivät noin 27 €, alueen muut kalastajat 85 € ja ulkopuoliset kalastajat yli 100 € matkaa kohden. Tärkeimmät saaliskalalajit jokialueella olivat puronieriä, järvilohi ja taimen.
euromäärät korjattu vuoden 2016 keskvaihtokurssilla (1.11) ja USAn kuluttajahintaindeksin muutoksella 2005-2016 (1.23)

³ Arvioita vapautettujen kalojen kuolleisuudesta ja epänormaalista käyttäytymisestä vapauttamisen jälkeen on useita. Viimeaikaisista tutkimuksista Havn ym. (2015) raportoivat lohien (*Salmo salar*) 16 – 21 asteisessa norjalaisessa joessa kalastetun lohien osalta 91% selviytymisasteen.

Hedonisten hintojen menetelmässä taas voidaan arvioida lohijokien läheisten kiinteistöjen arvoa suhteessa muihin kiinteistöihin. Menetelmä perustuu ajatukseen, että markkinoilla olevan hyödykkeen (esimerkiksi kesämökki) hinta koostuu useista tekijöistä, joista arvotettava hyödyke on yksi. Tilastollinen tarkastelu vaatii, että arvotettavan hyödykkeen saataavuudessa tai laadussa on eroja tutkimusaineistossa.

Patojen purkamisesta johtuva patoaltaan menetys voi aiheuttaa vaikutusalueen asukkaissa merkittävää huolta asunnon hinnan laskusta ja virkistysarvojen menetyksestä (Wyrick ym. 2009). Suomessa esimerkiksi Paimionjoella vedenkorkeuden aleneminen vähentäisi merkittävästi noin 300 kesäasunnon virkistysarvoja (Elo 2004). Provencher ym. (2008) tarkastelevat tutkimuksessaan pienpadon purkamisen vaikutusta asuntojen hintoihin Wisconsinissa, Yhdysvalloissa. Tutkimuksessa huomioidaan, että patojärvien asuntojen omistajat kokevat olevansa rannanomistajia järvellä joen sijaan. Tutkijat eivät kuitenkaan havaitse *pienten* patojärvien tapauksessa suurta hintaeroa siinä rajoittuuko tontti vapaana virtaavaan jokeen vai patojärveen. Sen sijaan rannattomille kiinteistöille näköyhteys vapaana virtaavaan jokeen on arvokkaampi ominaisuus kuin näköyhteys pieneen patojärveen. Lewis ym. (2008) taas havaitsevat patojen läheisten kiinteistöjen olevan merkittävästi muita kiinteistöjä halvempia. Alavirralla tehdyn padon (Edwards) purkamisen jälkeen myös ylävirran seuraavien patojen hintoja laskeva vaikutus vähenee asuntomarkkinoilla rajusti 7.30 dollarista 1.80 dollariin kalliimmaksi kiinteistön hinnaksi per metri etäisyyttä patoon. Asuntojen keskihinnan ollessa 85 000 dollaria, vähenee negatiivinen hintavaikutus puolen kilometrin etäisyydellä neljästä yhteen prosenttiin asunnon hinnasta padon purkamisen jälkeen. Tutkijat arvelevat syyksi erityisesti kalastusmahdollisuuksien paranemista. Hintavaikutuksen suunta ja koko riippunevat tapauskohtaisesti vapaana virtaavan joen koosta ja muutoksen jälkeisistä maisema- ja virkistysvaikutuksista.

Käytöstä riippumattomat arvot voidaan jakaa useilla tavoilla. Tässä jaottelussa ne on jaettu ajallisesti nykyistä sukupolvea koskevaan taloudelliseen *olemassaoloarvoon* ja tulevia sukupolvia koskevaan *perintöarvoon*. Molemmissa arvotyypeissä voi olla altruistisia piirteitä – annetaan arvoa sille, että muut nykyisessä tai tulevaisuudessa sukupolvissa hyötyvät arvotettavasta hyödykkeestä. Arvoa syntyy myös tietoisuudesta, että arvotettava hyödyke on olemassa tai tietyssä tilassa. Esimerkkinä tällaisten arvojen maksuhalukkuudesta voidaan mainita hyväntekeväisyyskeräykset, joissa maksaja ei välttämättä koskaan koe tai näe lopullisia vaikutuksia. Tämä olemassaoloarvo ei kuitenkaan kuvaa esimerkiksi eliölajin merkitystä ekosysteemissä tai sen ihmisestä riippumatonta arvoa. Taloudellinen olemassaoloarvo on aina sidonnainen ihmisen tulotasoon ja mieltymyksiin. *Optioarvo* on sekoitus käyttöarvoja ja käytöstä riippumattomia arvoja. Optioarvoa syntyy nimensä mukaisesti siitä, että arvotettava hyödykettä on mahdollista käyttää, vaikka nykyisellään käyttöä ei olisi. Esimerkiksi korkeiden aika- ja matkakustannusten takana sijaitsevan suuren lohijoen kalastusmahdollisuudet voivat olla matkasta haaveilevalle arvokkaita sellaisenaan.

Markkinakäyttäytymiseen perustuvat arvottamismenetelmät eivät kykene mittaamaan käytöstä riippumattomia taloudellisia arvoja. Näitä arvoja pyritään mittaamaan niin sanotuilla *lausuttujen preferenssien menetelmillä*, jotka käytännössä perustuvat kyselytutkimuksiin⁴. Näissä kyselytutkimuksissa hyödynsaajia edustavalta joukolta selvitetään maksuhalukkuutta tai korvausvaadetta ympäristöön kohdistuvan muutoksen jouduttamiseksi tai estämiseksi. Kyselyssä luodaan siis kuvitteelliset markkinat arvotettavalle hyödykkeelle. Kuvitteellisten, tai *hypoteettisten markkinoiden* tulee olla mahdollisimman todenkaltaisia ja selkeästi selitettävissä, jotta vastaajat vastaisivat totuudenmukaisesti ja ymmärtäisivät mistä on kyse⁵. Erityisen tärkeää on muodostaa mahdollisimman uskottava maksuväline maksuhalukkuuskysymyksen, johon vastatessaan vastaaja ymmärtää hankkeen toteutuessa joutuvansa maksamaan ilmoittamansa summan.

⁴ Kyselytutkimukset mahdollistavat sekä taloudellisten että muiden henkilökohtaisten arvojen ilmaisun.

⁵ Hypoteettisten markkinoiden on syytetty tuottavan ylisuuria arvoja (Hausman 2012). Whitehead ym. (2016) huomioivat, että vertailevat empiiriset tutkimukset, joissa ei ole korjattu hypoteettista virhettä, ovat tuottaneet 1.35-3 kertaa suurempia maksuhalukkuusarvioita havaittuun käyttäytymiseen verrattuna. Ero todellisen ja ilmaistun maksuhalukkuuden välillä kutistuu kun vastaajalla on ollut käsitys oman vastauksensa todellisesta vaikutusmahdollisuudesta (consequentiality) ja vastaaja on ilmaissut olevansa varma maksuhalukkuudestaan.

Lausuttujen preferenssien menetelmäperheessä on kaksi pääsuuntausta, ehdollisen arvottamisen menetelmä ja valintakoemenetelmä. Ehdollisen arvottamisen menetelmässä vastaajille annetaan yksi – harvemmin useampi – tilannekuva muutoksesta arvotettavan hyödykkeen tilassa. Tästä tilannekuvasta esitetään maksuhaluuskysymys, jossa selvitetään kuinka paljon vastaaja olisi enimmillään valmis luopumaan muusta kulutuksestaan saadakseen tilannekuvan toteutumaan (tai estettyä). Esimerkkinä voisi olla kalatien rakentaminen vaelluskalojen nousuesteelle ja yläpuolisen kutualueen kunnostaminen, jota varten tarvittaisiin⁶ kansalaisten osallistumista kustannuksiin. Ehdollisen arvottamisen menetelmä soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa arvotettavana on yksittäisen toimenpiteen vaikutus hyötyihin. Valintakoemenetelmä taas jakaa arvotettavan hyödykkeen osiin, *attribuutteihin*, joista kullekin on määritelty erilaisia laadun tai määrän tasoja. Valintakoemenetelmä soveltuu erityisesti tilanteisiin, joissa hyödykkeen arvoon vaikuttavia toimenpiteitä voidaan säädellä ja halutaan tietää arvon muodostavien tekijöiden keskinäisistä eroista. Esimerkiksi arvotettaessa joessa virkistytymistä, voi arvoon vaikuttavia tekijöitä olla esimerkiksi:

- i) virtausnopeus
(uintiturvallisuus: suora käyttöarvo, jättävä)
- ii) maisema
(esteettinen elämys: suora käyttöarvo, jättävä ja epäsuora käyttöarvo)
- iii) vaelluskalojen määrä / luonnonkalansaaliin todennäköisyys
(virkistyskalastus: suora käyttöarvo, poistava ja jättävä, käytöstä riippumattomat arvot)
- iv) istukkaiden määrä / istukaskalansaaliin todennäköisyys
(virkistyskalastus: suora käyttöarvo, poistava ja jättävä)

Valintakoemenetelmässä luodaan useita tilannekuvia, joissa arvoa muodostavien attribuuttien laatu ja määrä vaihtelevat (yleensä) satunnaisesti. Kullekin tilannekuvalle arvotaan myös kustannus. Kansalaisten valitessa mieleistä vaihtoehtoaan useasta, yleensä neljästä kahdeksaan hypoteettisesta markkinatilanteesta, muodostuu tilastollinen kuva kunkin attribuutin taloudellisesta arvosta ja attribuuttien keskinäisestä tärkeydestä vastaajajoukossa. Paljastettujen ja lausuttujen preferenssien menetelmäperheitä on myös yhdistelty, joista paras esimerkki on ehdollisen käyttäytymisen menetelmä, jota usein sovelletaan rinnan matkakustannusmenetelmän kanssa. Ehdollisessa matkakustannusmenetelmässä pyydetään kyselyyn vastaavia henkilöitä arvioimaan kuinka paljon nykyistä useammin (harvemmin) he kävisivät virkistysalueella⁷, jos tapahtuisi tietty muutos arvotettavan hyödykkeen laadussa tai määrässä. Näin kysyttynä voidaan laajentaa matkakustannusmenetelmän soveltamista ympäristömuutoksiin, joista ei ole aiempaa kokemusta⁸.

Arvottamismenetelmiä on myös muita, kuten korvauskustannusperustaiset arvottamismenetelmät, mutta niillä ei pääsääntöisesti kyetä arvioimaan ympäristöhyödykkeen arvoa kuluttajan mieltymykset ja tulotaso huomioon ottaen – eli arvioimaan hyödykkeen kysyntää ja sen rakennetta. Pelkästään markkinatuotteiden kustannuksiin perustuvat arvottamismenetelmät (esimerkiksi lohien kauppahinnalla määritettävä kalastuksen arvo) jättävät suuren osan hyödyistä arvioimatta, koska kaupassa hinnanmuodostus tapahtuu muin perustein kuin arvomuodostus paikan päällä kalastamalla ja kaupan hinta peritään yhtä suurena kaikilta asiakailta⁹.

⁶ On huomioitavaa, että arvottamisen tilannekuva vaatii hyödykkeen omistajuuden selvittämisen. Tässä esimerkissä oletetaan, että nousuesteen omistajalle tulee korvata kalatiesta aiheutuvat kustannukset kokonaan tai osittain. Arvottamisen tilannekuvan on kuvattava todellista käytäntöä, ellei sitten arvioida omistajuuteen kohdistuvaa muutosta.

⁷ Ehdollisen matkakustannusmenetelmän erot hypoteettisen ja todellisen käyttäytymisen välillä ovat usein vähäisiä (Grijalva ym. 2002, Alberini ym. 2007, Whitehead ym. 2016). Vastausvarmuutta hyväksikäyttämällä voidaan vähentää ehdollisen vastauksen hypoteettista virhettä edelleen. Whitehead ym. (2016) havaitsivat, että käyttämällä vastausvarmuutta arvottamistulosten kalibrointiin, saatiin tarkempia ennusteita käyttäytymisestä.

⁸ Loomis (2002) käyttää ehdollista matkakustannusmenetelmää arvioidakseen virkistysarvojen muutosta neljän Washingtonin osavaltiossa sijaitsevan Lower Snake-joen padon (Lower Granite, 810 MW; Little Goose, 810 MW; Lower Monumental, 810 MW; Ice Harbor, 603 MW) mahdollisen purkamisen myötä. Tutkimuksessa kuitenkin jätetään ulos virkistyskalastusarvot, koska vesivoimaloiden poistoa perustellaan uhanalaisten kalalajien suojelulla.

⁹ Kaupan hintaa perustana käyttäen jää arvioimatta ns. kuluttajan ylijäämä, eli se summa rahaa, jonka lohta markkinahintaa enemmän arvostavat ihmiset säästävät maksaessaan markkinoiden määräämän hinnan.

Tulosten siirto

Tilanteissa, joissa arvottamistutkimuksen teko ei tule kyseeseen kustannusten tai aikataulun vuoksi, voidaan käyttää tulosten siirtoa. Tulosten siirrolla pyritään arvioimaan aiemmin arvioimattoman ympäristöhyödykkeen arvoa käyttämällä aiempia tutkimustuloksia toisilla alueilla. Tulosten siirtoon on useita menetelmiä, joista yksinkertaisin on poimia politiikan kohdelanteen kaltainen arvottamistutkimus ja siirtää arvot sellaisenaan uuteen tilanteeseen. Todellisuudessa tällainen arvojen siirto aiheuttaa tuntemattoman kokoluokan virheitä (ns. siirtovirhe) arvoissa. Kristofersson ja Navrud (2005) toteavatkin tulosten siirrossa olevan aina epätarkka arvottamisen väline. Koska tulosten siirtoa joudutaan kuitenkin tekemään, on kirjallisuudessa ehdotettu useita tapoja tulosten siirtoon.

Arvoja on suhteutettu muun muassa politiikan kohdealueen ja siirrettävän tutkimuksen populaatioiden tulotasojen avulla. Toisaalta yksittäisessä tutkimuksessa tuotettu arvofunktio – tilastollisesti saatu matemaattinen kaava, joka hajottaa arvoa muodostavat tekijät osiin ja määrittää niistä kullekin arvoa kasvattavan tai vähentävän osuuden – voi tuottaa paremman tuloksen kuin yksinkertainen rahamääräinen arvon siirto. Lisäksi voidaan käyttää meta-analyysiä, joka kokoaa useita arvottamistutkimuksia yhteen. Meta-analyysin avulla voidaan luoda laajempi kuva arvoa muodostavista tekijöistä ja vältetään yksittäisten arvottamistutkimusten mahdollisesta poikkeavuudesta syntyviä harha-arvioita.

Czajkowski ym. (2017) toteavat kansainvälisen yhdeksässä maassa tehdyn arvottamistutkimuksen perusteella, että yksinkertainen arvonsiirto suhteutettuna alkuperäisen tutkimuksen ja kohdealueen populaation tulotasoon¹⁰ voi tuottaa paremman arvion kuin arvofunktion avulla tehtävä siirto. Tällöinkin siirtovirhe on keskimäärin vähintään 44 %¹¹, kun yhdelle maalle siirrettävä arvo perustuu kahdeksan muun maan arvottamistuloksiin. Kun siirto tapahtuu yhdestä maasta toiseen, on keskimääräinen virhe kirjallisuudessa muuten esiintyviin siirtovirheisiin verrattuna maltillinen 71 %, vaihteluvälin ollessa virheissä välillä 1 - 460 %. Koska todellisuudessa siirtovirhettä ei voida havaita, on tuloksia siirrettäessä otettava huomioon siihen liittyvät suuret epävarmuustekijät. Kuitenkin, mitä useampia kulttuurillisesti ja tapauskohtaisesti läheisiä tutkimuksia on käytettävissä tulosten siirtoon esimerkiksi kirjallisuuskatsausten ja ympäristön arvottamistulosten kirjastojen¹² kautta, sitä todennäköisemmin tulosten siirto tuottaa todellisia arvoja lähellä olevia tuloksia.

Hyödykkeen määrittelemisen – Ekosysteemipalvelukehikko vaelluskalakantojen palauttamisessa

Vaelluskalakantojen arvottamisessa on tärkeää tunnistaa arvotettavat hyödykkeet ja estää päällekkäisten arvojen moninkertainen laskenta. Vaelluskalakantaa voidaan kuvata elävän luonnon tuottamana ekosysteemipalveluna joka tuottaa ihmiselle hyötyjä. Viisiportainen CICES-luokittelu (Common International Classification of Ecosystem Services, www.cices.eu), jota Euroopan Ympäristökeskus käyttää ympäristötilinpidossaan, on käytännöllinen apuväline arvotettavien hyödykkeiden tunnistamiseen ja moninkertaisen arvon laskennan välttämiseen – arvo lasketaan ns. loppupalveluille (eng. *final ecosystem services*), eli sellaisille ekosysteemipalveluille jotka ovat lähinnä ihmistä (Polizzi ym., 2015, Bateman ym. 2011).

Ekosysteemipalvelut jaotellaan CICES-luokittelussa kolmeen pääosastoon, niiden alaisiin lohkoihin, ryhmiin ja luokkiin. Luokkien sisältä voidaan tunnistaa arvotettavat hyödykkeet. Kuvassa 2 on tehty esimerkinomainen¹³ jaottelu vaelluskalakantojen tuottamista ekosys-

¹⁰ Tulotasoon suhteuttaminen tapahtuu olettamalla arvojen tulojoustoksi 1. Kulutuksen hintatason huomioonottava ostovoimapariteettikorjattu arvo tuottaa suuremman siirtovirheen.

¹¹ Virheen koko itseisarvona suhteessa mitattuun arvoon.

¹² Suurimpana EVRI - The Environmental Valuation Reference Inventory (www.evri.ca), johon on kerätty tuhansia arvottamistutkimusten tuloksia vuosikymmenten ajalta jaoteltuna aihealueittain, menetelmin, ja lukuisin taustatiedoin erityisesti tulosten siirtoa varten.

¹³ Vaelluskalakannat on irrotettu laajemmasta joki- ja meriekosysteemistä tässä yksinkertaisuuden vuoksi, eikä kalojen ravintokäytölle tai luontokäynneille ole tässä merkitty erillistä terveysvaikutusarvoa.

teemipalveluista ja tarkasteltu minkä tyyppisiä taloudellisia arvoja kukin loppupalvelu tuottaa. Harmaalla merkityt kohdat kuvan yläosassa kuvastavat ekosysteemipalveluja, joihin vaelluskalakannan ei tässä ole oletettu vaikuttavan.

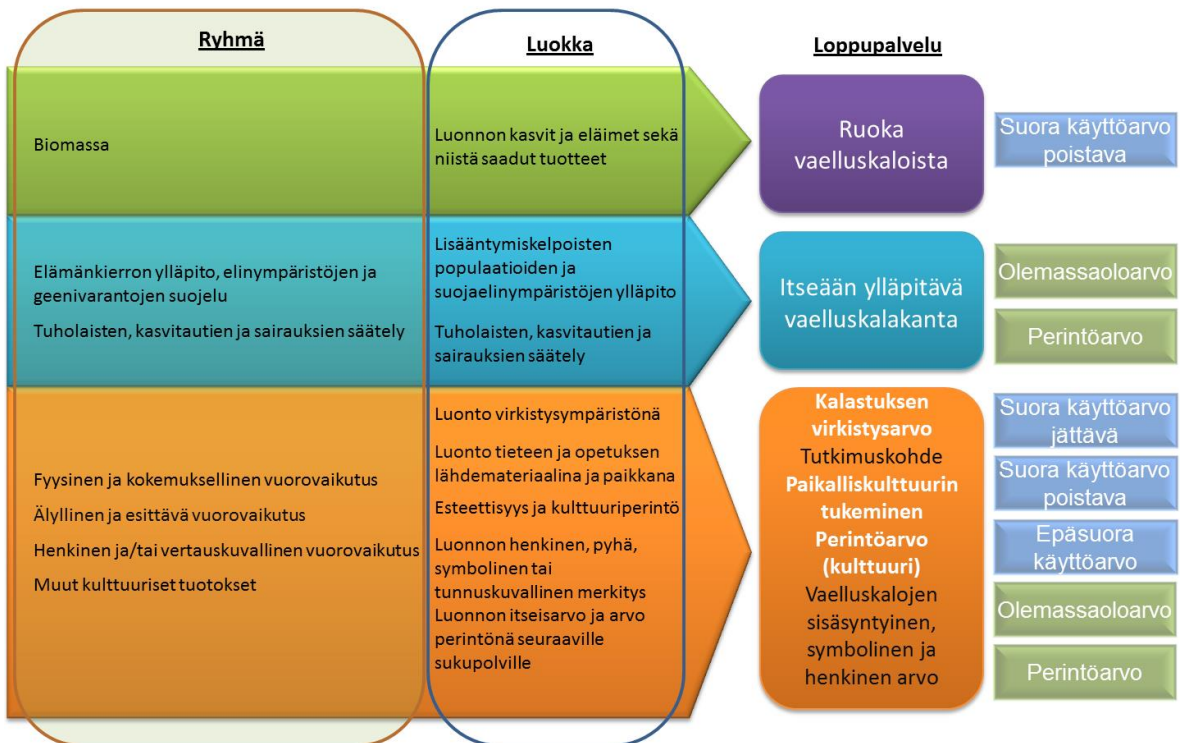
Vaelluskaloista saatavan ruoan arvo voidaan luokitella poistavaksi ja suoraksi käyttöarvoksi. Ruoaksi käytettynä kala ei palaa luontoon. Yleisesti ruoaksi saatavan kalan arvoa mitataan markkinahinnalla. Arvottamistutkimuksessa voidaan tutkimusaineiston sallien yrittää tilastollisin keinoin irrottaa saadun saaliin ruoka-arvo muista arvoista, mutta käytännössä virkistysarvoista puhdistettua kilohintaa itse kalastetulle kalalle on vaikeaa arvioida.

Itseään ylläpitävän vaelluskalakannan voidaan tulkita tuottavan käytöstä riippumattomia hyötyjä, eli tässä tapauksessa taloudellisesti mitattavassa olevaa olemassaoloarvoa ja perintöarvoa. Nämä arvot voivat olla yllättävän suuria suhteessa käyttöarvoihin – Loomis (2006) muist.

Kalastuksen kulttuuriset arvot, erityisesti virkistysarvot, ovat helpoiten ymmärrettävät vaelluskalakantojen tuottamat loppuhyödyt Suomessa. Kalastus tuottaa virkistysarvoja tapahtumana riippumatta saaliin saamisesta tai vapauttamisesta (Paulrud ja Laitila 2004 ja Laitila ja Paulrud 2008). Nämä tuottavat erityisesti suoria käyttöarvoja, jättäviä ja poistavia. Vaelluskalakannat tutkimuskohteena ja tiedon tuottajana tuottaa epäsuoria käyttöarvoja esimerkiksi tieteen tekijöille ja luonto-ohjelmien katsojille. Toisaalta vaelluskalakannat pitävät yllä paikalliskulttuuria ja palveluita suosituilla kalastusalueilla, joka tuottaa niin epäsuoria (hyöty ei tule suoraan vaelluskaloista) käyttöarvoja, kuin kalastuskulttuurin olemassaolo- ja perintöarvoja. Taloudellisten arvojen rajaaminen kuitenkin vaikeutuu eritellessä kalastuksen suorien virkistysarvojen lisäksi toimivien vaelluskalakantojen mahdollistamia kulttuuristen palvelujen hyötyjä.

Yleisesti kalakantojen taloudellisen arvottamisen tutkimuksissa ei oteta suoraan kantaa kalastuskulttuurin tuomiin hyötyihin (esimerkiksi paikallistuotteiden myynti, matkailupalvelujen kehittyneisyys tai kalastuskulttuurimaisema). Osa palveluista voidaan taloudellisesti arvottaa niiden markkina-arvon mukaisesti ja toisaalta vaelluskalakantojen muutosten vaikutuksia esimerkiksi kulttuurimaisemaan voi olla vaikeaa arvioida ja kuvailla kansalaisille. Itse kalastuskulttuurin olemassaoloarvon mittaamiseen pätevät samat säännöt kuin ekosysteemipalvelujen olemassaoloarvoihin; taloudelliset arvot kertovat (taloudellisen) niukkuuden pakottamien ja ihmisten mielikuvien ja mieltymysten muokkaamien valintojen vaihdantasuhteesta.

Osasto	Lohko	Ryhmä
Tuotantopalvelut	Ravitsemus Materiaalit Energia	Biomassa Juomavesi Biomassa Muu kuin juomavesi Biomassaan perustuvat energialähteet Mekaaninen energia
Säätely- ja ylläpitopalvelut	Jätteen sekä myrkyllisten ja muiden haitallisten aineiden säätely Virtausten säätely Fyysisten, kemiallisten ja biologisten olosuhteiden ylläpito	Eliöstön aikaansaama säätely Ekosysteemien aikaansaama säätely Massaliikunnot Nestevirtaukset Kaasujen virtaukset / ilmavirtaukset Elämäntuotannon ylläpito, elinympäristöjen ja geenivarantojen suojele Tuholaisten, kasvitautien ja sairauksien säätely Maaperän muodostuminen sekä rakenne ja koostumus Vesiolosuhteet Ilmaston säätely
Kulttuuripalvelut	Fyysinen ja älyllinen vuorovaikutus eliöstön kanssa ja eri ekosysteemeissä sekä maa- ja vesimaisemissa Henkinen, vertauskuvallinen ja muu vuorovaikutus eliöstön kanssa ja eri ekosysteemeissä sekä maa- ja vesimaisemissa	Fyysinen ja kokemuksellinen vuorovaikutus Älyllinen ja esittävä vuorovaikutus Henkinen ja/tai vertauskuvallinen vuorovaikutus Muut kulttuuriset tuotokset



Kuva 2 CICES-luokitteluesimerkki vaelluskalakantojen ekosysteemissä tuottamista hyödyistä loppupalveluihin ja niiden taloudellisen arvon määrittäviin osiin.

Taustalla laajempi sosio-ekologinen järjestelmä

McGinnis ja Ostrom (2014) käyttävät sosio-ekologista järjestelmää (social-ecological system, SES, McGinnis ja Ostrom, 2014) jäsentääkseen päätöksenteon eri tasoilla tapahtuvaa prosessia. Luokittelemalla ja jäsentämällä erilaisten ongelmien taustalla olevaa monimutkaista järjestelmää, voidaan arvioida miten erilaisilla toimilla voidaan vaikuttaa esimerkiksi ekosysteemipalvelujen saatavuuteen ja laatuun. SES jaottelee päätöksenteon kolmeen päätasoon: operationaaliseen (käytännön valinnat vaihtoehtojen joukosta yksilönä tai ryhmän edustajana), kollektiiviseen (sopivien vaihtoehtojen määrittely ryhmien edustajille) ja konstitutionaaliseen (kenet valtuutetaan kollektiivisen ja operationaalisen päätöksenteon piiriin). Itse päätöksenteon taustalle pyritään tunnistamaan järjestelmän (vaelluskalakantojen hoito) taustalla oleva virallinen ja epävirallinen hallintojärjestelmä (*governance system*), toimijat (*actors*, esimerkiksi kalastajat, hallinto, vesivoimayritykset), varantoyksiköt (*resource unit*, esimerkiksi vaelluskalat), varantoyksikköjä tuottava järjestelmä (*resource system*, esimerkiksi akvaattisen ekosysteemin tuotantopalvelut ja säätely- ja ylläpitopalvelut vaelluskalannoille), vuorovaikutus (*interaction*, esimerkiksi kalastustoiminta, vesivoimatuotanto, kalojen istutukset) ja tuotokset (*outcomes*, esimerkiksi virkistyskalastuksen hyödyt, vesivoimavaikutukset).

Arlinghaus ym. (2016) tutkivat makean veden kalastuksen SES-kehikkoa ja sen hoitoon liittyvää kirjallisuutta kattavasti. Kalatalous on malliesimerkki luonnonvarasta jonka hoito ja ylläpito vaativat ihmis- ja luontolähtöisen tutkimuksen yhdistämistä molemmat ulottuvuudet huomioonottavaan käytännön toimintaan. Heidän kehittämänsä kehikko soveltuisi monin osin myös rakennettujen vesien päätöksentekoa kuvaavan järjestelmän pohjalle, koska makean veden virkistyskalastusalueiden hoitoon liittyy samoja tekijöitä kuin vaelluskalakantojen palauttamiseen. Arlinghaus ym. (2016) muistuttavat virkistyskalastuksen vaikutuksista kalojen hyvinvointiin (esimerkiksi ravintoketjuvaikutukset, pyyntimenetelmät, vieraslajien ja tautien kulkeutuminen) ja toisaalta koko akvaattiseen ekosysteemiin. Osa virkistyskalastuksen mukana tuomista muutoksista voi olla pysyviä, hyvin hitaasti palautuvia (esimerkiksi taudit ja vieraslajit) tai muutoin haastavia muuttaa (suhtautuminen yli- ja salakalastukseen ja pyyntimenetelmiin). Virkistyskalastuksen hoitotyöllä voi olla vaikutuksia vaelluskalojen geeniperimään kalojen istutusten kautta. Näin tarkasteltuna vaelluskalakantojen palauttamisen arvottamistyössä tulisi ottaa myös kantaa virkistyskalastuksen lisääntymisen kerrannaisvaikutuksiin itse kalakantoihin ja toisaalta myös virkistysarvoihin.

SES-järjestelmän avulla voidaan luoda puitteet vaelluskalakantojen palauttamisen toimenpiteiden kustannus-hyöty analyysiä varten. Selvittämällä toimenpiteiden näkyvät ja piilossa olevat sosiaaliset, taloudelliset ja ympäristöön kohdistuvat vaikutukset ja vuorovaikutussuhteet voidaan luoda kattavia ja perusteltuja arvottamisskenaarioita lausuttujen preferenssien arvottamistutkimuksia varten, tai ymmärtää tarkemmin paljastettujen preferenssien arvottamistutkimuksen tuloksia ja merkittävyyttä koko järjestelmässä. Laajenuksena rakennettujen vesistöjen vaelluskalakantojen palauttamisen kustannus-hyötyanalyysissä tulisi ottaa huomioon muun muassa kalateiden ohivirtauksen korvaamiseksi tuotetun sähkön kustannukset ja esimerkiksi ilmasto vaikutusten taloudellinen arvo (tai arvonmenetys) (Johansson ja Kriström, 2011).

Täydellisen sosio-ekologisen järjestelmän kehikon muodostaminen voi olla monimutkaista ja työteliästä. Arvottamistyön taustalla olevien tekijöiden ymmärrys on kuitenkin tärkeää. Tehdessä niin sanottua primääriarvottamistutkimusta – tutkimusta joka koskee suoraan arvotettavaa kohdetta – on ymmärrettävä arvotettavan kohteen erityispiirteet ja taustat arvottamistyön pohjalle ja tulosten tulkintaan. Metatutkimus menetelmiä käytetään usein niin kutsuttuun tulosten siirtoon (eng. *benefit transfer*). Tulosten siirrossa käytetään yhtä tai useampaa aiempaa arvottamistulosta tutkimuksen kohteen arvon määrittämiseen. Tällöin on virhearvioiden vähentämiseksi ymmärrettävä lisäksi aiempien tutkimuskohteiden erityispiirteet ja tausta ja suhteuttaa ne arvotettavaan kohteeseen. Tässä kirjallisuuskatsauksessa pyritäänkin vaelluskaloihin liittyvän arvottamistutkimuksen lisäksi kuvaamaan tietoa myös itse arvottamiskohteen taustatekijöistä ja kontekstista.

3. VAELLUSKALAKANTOJEN ARVOTTAMISTUTKIMUKSET

Aineiston hakumenetelmät

Kirjallisuuskatsausta varten käytettiin olemassa olevaa arvottamiskirjallisuutta kokoavaa aineistoa (Anonyymi 2009, Navrud ym. 2007, Mattmann ym. 2016), Thomson Reutersin *Web of Knowledge* ja Googlen *Scholar* hakupalveluja (hakusanoina *valuation, river, fish, recreational fishing, willingness to pay, migratory*). Virkistyskalastuksen arvoja on selvitetty yleisellä tasolla useissa tutkimuksissa¹⁴. Tässä kirjallisuuskatsauksessa pyritään kuitenkin etsimään 2000-luvun ympäristötaloustieteen menetelmin tehtyjä arvottamistutkimuksia, jotka käsittelevät rakennettujen vesistöjen yhteydessä vaelluskalojen arvoa länsimaisella kulttuurialueella.

Klinglmayr ym. (2012) käyttävät vertaisarvioimattomassa tutkimuksessaan valintakoemennettelmää kahden Grazin kaupungin lähialueelle suunnitellun vesivoimalan ympäristövaikutusten arvottamiseen¹⁵. Tutkimus jakaa arvottamistyön kahteen osaan vesivoimaloiden sijainnin perusteella, urbaaniin vesivoimalaan Grazin kaupungin alueella ja Grazin pohjoiselle maaseudulle sijoittuvaan vesivoimalaan. Näin pyritään selvittämään onko vesivoimalan läheisyydellä vaikutusta siihen liitettäviin arvoihin. Kumpikin ehdotettu vesivoimala tulisi aiemmin rakennettujen voimaloiden väliin Mur-joella. Tutkimuksessa heijastui tutkimusalueen asukkaiden positiivinen suhtautuminen vesivoimaan – noin 16 % kyselyyn vastanneista asukkaista koki alueen vesivoiman lisäämisen jonkin verran tai erittäin huonoksi asiaksi. Tutkimuksessa havaittiin, että vesivoimalla tuotettu sähkö on Grazin lähialueen asukkaiden mielestä kannatettavaa ja patoamisen tuottamista uusista virkistysmahdollisuuksista (veneily, pyöräily) ollaan valmiita maksamaan. Yleisesti näitä hyötyjä ei kuitenkaan haluttu ympäristön kustannuksella – kansalaiset olisivat valmiita maksamaan vesipuidedirektiivin asettamien minimivaatimusten (kalatie) ylittävistä toimista¹⁶. Tutkimuksessa havaittiin lisäksi, että mieltymykset olivat tilastollisesti poikkeavat suhteessa siihen missä uusi vesivoimala sijaitti ja että mieltymykset erosivat vastaajien joukossa (ns. preferenssien heterogeenisyys). Tutkijat eivät osaa suoraan selittää miksi mieltymykset erosivat tilastollisesti toisistaan kaupungin ja maaseudun vesivoimalatapausten välillä. Kaupunkialueella jokea on jo kuitenkin aiemmin muokattu. Tulosten mukaan voimakas ympäristömuutos, eli vesivoimalaan rakennettava kalatie vesipuidedirektiivin minimivaatimusten mukaan verrattuna tilanteeseen, jossa ympäristön tilaan kohdistuvat haitat minimoitaisiin, tuotti keskimäärin toiveen noin 10 (15) euroa pienemmästä kuukausittaisesta sähkölaskusta Grazin kaupunkialueelle (maaseutualueelle) rakennettavan vesivoimalan osalta. Maksuhalukkuudessa oli kuitenkin vastaajien välillä suurta selittämätöntä vaihtelua.

Kataria (2009) tutkii valintakoemennettelmällä ruotsalaisten kotitalouksien maksuhalukkuutta vesivoimalla tuotetusta sähköstä neljän ympäristöhyödykkeen osalta; vaelluskalat¹⁷, linnut, pohjaeläimet ja jokialueen kasvillisuus ja eroosio. Tutkimuksessa käytetty maksuväline on, kuten Klinglmayr ym. (2012) tutkimuksessa, lisämaksu sähkölaskuun; tässä tapauksessa vuosittaiseen laskuun. Katarian (2009) arvottamisen kohde on yhden ympäristöä muuttavan toimenpiteen sijaan tuotekori, jonka ympäristöhyötyjen lopullista paikkaan kohdentumista

¹⁴ Esimerkiksi Pohjoismaissa Toivonen ym. (2004) - kyselyn kuvailu artikkelissa Roth ym. (2001) - selvittivät makean veden alueiden virkistyskalastuksen arvoa Islannissa, Norjassa, Ruotsissa, Suomessa ja Tanskassa niin kalastajien ja muiden kansalaisten osalta. Vesterinen ym. (2010) katsovat virkistyskalastusta Suomessa suhteessa alueelliseen vedenlaatuun. Parkkila (2005) on myös listannut lohen kalastuksen virkistysarvoihin liittyviä tutkimuksia vuosilta 1984 – 2002.

¹⁵ Graz-Puntigamin urbaanin vesivoimalan (17.7 MW, 9,65 metrin putouskorkeus) rakennus on alkanut tammikuussa 2017 (de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk_Graz-Puntigam 21.02.2017).

¹⁶ Analyysistä on pudotettu pois 5.7 % Grazin urbaanin alueen ja 2.4 % maaseutualueen vastaajista ns. protestivastaajina. Protestivastaajaksi oli määritetty henkilö, joka kyselyssä vastasi kaikkiin kuuteen esitettyyn valintakoetapaukseen "mikään ehdotettu vaihtoehto ei sovi" ja oli todennut kyselyssä olevansa a) Täysin uutta vesivoimarakentamista vastaan, b) Nykytilanne on jo tyydyttävä ja/tai c) en voi maksaa nykyistä enempää. Itse valintakoemennettelmän analyysi kertoo siis vain vesivoiman jollain tavalla hyväksyvien henkilöiden mieltymyksistä. Tässä tapauksessa vesivoimaa oli jo kuitenkin päätetty lisätä, jolloin tutkimustulosten avulla selvittää miten rakentamista haluttaisiin kehittää.

¹⁷ Kataria (2009) ei tarkkaan määrittele kala-attribuuttia vaelluskaloiksi, mutta vesivoimayhtiöiden toimenpiteet virtavesissä kuvataan vaelluskaloja hyödyttäväksi, esimerkiksi kutualueiden kunnostamisen, kalateiden rakentamisen ja voimaloiden turbiinivalintojen kautta.

kuluttaja ei voi tietää varmuudella. Näin ollen tutkimus mittaa pääosin käytöstä riippumattomia arvoja hyvin yleisellä tasolla. Valintakoemenetelmä antaa kuitenkin mahdollisuuden vertailla kuluttajien mieltymyksiä eri hyötyattribuuttien välillä. Tutkimuksen mukaan kuluttajat olivat yleisesti halukkaita valitsemaan ympäristömyötäväisempiä ratkaisuja vesivoimatuotannossa. Vaelluskalakantojen kasvun maksuhalukkuus on tässä tutkimuksessa mallinnettu lineaarisena. Tämä oletus tarkoittaa, että kalakannan kasvun rajahyöty kuluttajalle ei muutu kalakannan kasvaessa - kuluttaja hyöttyy siis yhtä paljon yhden kalan lisäämisestä kalakantaan nykytilassa, kuin tilanteessa jossa kalakanta olisi nykyistä 20 % suurempi. Tutkimuksessa nykyistä kalakantaa prosenttiyksiköllä suurempi kanta tuottaisi noin 16 Ruotsin kruunun maksuhalukkuuden. Tämän luvun vertaaminen muihin tutkimuksen hyötyattribuutteihin ja niiden kategorisoiviin tasoihin ei ole yksiselitteistä. Yksi vertailumenetelmä on katsoa kuinka monta prosenttiyksikköä kalakannan tulisi kasvaa, jotta maksuhalukkuus kasvusta vastaisi toisen maksuhalukkuutta toisen hyötyattribuutin kategorisesta muutoksesta. Tällä tavoin tarkasteltuna maksuhalukkuus vesivoimayhtiöiden lintujen elinympäristöjen parantamistoimenpiteistä vastaa noin maksuhalukkuutta 6 prosenttiyksikköä nykyistä suuremmasta kalakannasta. Näin tarkasteltuna selkeästi nykyistä suurempi pohjaeläinten lajirikkaus vastaisi noin 18 prosenttiyksikköä nykyistä suurempaa kalakantaa arvoltaan. Suurimman arvon kyselyn vastaajat antoivat muutokselle kapeasta leveään ranta-alueeseen selkeästi vähennestä hieman vähenneseen kasvulajistoon ja biomassan kasvuun. Tämä muutos vastasi maksuhalukkuudeltaan noin 26 prosenttiyksikön kalakantojen kasvua.

	Electricity-supplier 1	Electricity-supplier 2	Electricity-supplier 3
Fish	15 % more fish	25% more fish	No measures
Measures to improve conditions for bird species	Yes	No	No
Species richness for the benthic invertebrates	1. High	3. Considerably reduced	3. Considerably reduced
Erosion and vegetation	2. Broad beach with somewhat reduced amount of plant species and biomass growth	1. Broad beach with high amount of plant species and biomass growth	3. Narrow beach with significant reduced amount of plant species and biomass growth. Lack of distinct zone areas
Recurrent annual additional cost for the household	----- + 375 Kr	----- + 600 Kr	----- 0 Kr

Kuva 3 Esimerkki kuluttajalle esitetystä valintatilanteesta (Kataria 2009). Kunkin attribuutin taso esitettiin satunnaistettuna ja erilaisia valintatilanteita esitettiin vastaajalle neljä kappaletta.

Håkansson (2009) käyttää ehdollisen arvottamisen menetelmää Ruotsissa luonnonlohikannan tilan parantamisen kustannus-hyötyanalyysiin rakennetussa vesistöissä. Håkanssonin tutkimus ottaa huomioon niin käyttö- kuin käytöstä riippumattomat arvot Uumajan- ja Vindeln-joilla. Koko Uumajanjoen virtaama on säätelyn alaista ja luonnonlohen suurin vaelluseste on Stornorrforssin vesivoimala. Vesivoimalan ohittavan uoman alhainen houkutusvirtaus on osasy siihen, että vain noin 30 % lohista (n. 3000 kpl) nousee padon yläpuolisille vesialueille kutemaan. Arvottamisskenaariossa Stornorrforssin voimalaan (590 MW, 75 m putouskorkeus) rakennettaisiin kalatie. Biologisen mallinnuksen perusteella selvitettiin maksuhalukkuutta viidelle erilaiselle lohikannan muutokselle; kyselyvuoden aikana lohia nousisi 1000 (33 %), 3000 (100 %), tai 6000 (200 %) kappaletta nykyistä enemmän vuosittain, 5 tai 10 vuoden päästä lohia nousisi 6000 enemmän vuosittain. Jokainen vastaaja näki vain yhden arvottamisskenaarion ja häneltä kysyttiin avointa (rajoittamatonta) maksuhalukkuutta kertaluonteisena maksuna toimenpiteen toteuttamisesta. Kyselyn tulokset paljastivat ruotsalaisten olevan huolissaan eritoten luonnonlohen säilymisestä (käytöstä riippumaton arvo), vähemmän lohien määrästä. Vastaajien käyntikertojen määrä joella on etäisen sijainnin

vuoksi hyvin vähäinen. Eri skenaarioiden väliset erot maksuhalukkuudessa olivat pieniä¹⁸. Tästä syystä Håkansson tarkastelee kustannus-hyötyanalyysissä ainoastaan tuhannen nousuloheen vuosittaisen lisäämisen skenaariota (4000 nousulohta 100 gigawattitunnin sähköhäviöllä vuosittain). Kalatien rakentamisen ja sopivan virtaaman ylläpidon kustannusten arviointi on vaikeaa koska turbiinien ohii juoksetutun veden kustannus riippuu sähkön hinnan kehityksestä ja säätekijöistä¹⁹. Kustannusten epävarmuuden vuoksi kalatien rakentamisen hyöty vaihtelee kahden miljardin Ruotsin kruunun nettokustannuksista 400 miljoonan kruunun nettohyötyihin. Suurimmat kustannukset syntyvät luonnollisesti sähkön hinnan säilyessä korkeana ja ohijuoksetusten jatkuessa pidempään. Håkanssonin johtopäätös on kustannusten olevan todennäköisesti hyötyjä suurempi. Hän huomioi myös, että suurin osa hyödyistä muodostuu käytöstä riippumattomista arvoista – rajoittamalla tarkastelu kalastajien virkistyskäytön arvoon valtaosa hyödyistä olisi jäänyt toteamatta. Kysely paljasti myös ruotsalaisten selkeästi suosivan luonnollista vaelluskalojen kiertoa verrattuna mekaanisiin ratkaisuihin; esimerkiksi lohien autokuljetukseen ylävirran alueelle – kansalaiset siis välittivät myös miten vaelluskalojen ylösvaellusta helpotetaan. Voimalan omistama Vattenfall rakensi vuonna 2010 kalatien padon yhteyteen ja tukee kalakantoja istutuksilla (80 000 lohta, 20 000 meritaimenta ja 20 000 harjusta)²⁰. Vuonna 2016 kalatien läpi kulki noin 6400 (230) luonnonlohta (taimenta), 2700 (30) istutettua lohta (taimenta)²¹.

Paulrud ja Laitila (2004) yhdistävät valintakoemenetelmän ehdollisen käyttäytymisen menetelmään arvottaessaan Pohjois-Ruotsissa sijaitsevan Kaitum-joen harjuksen ja taimenen virkistyskalastusta. Valintakokeessa selvitetään kalastajien saalismieltymykset hypoteettiselle²² kalastusmatkalle. Kalastajille tarjotaan kahta erilaista vaihtoehtoa, jossa attribuutteina on päivittäinen harjus- ja taimensaalis jaettuna kukin kolmeen eri kokoluokkaan (alle 30 cm, 30-40 cm ja yli 40 cm), taimenen ja harjuksen sallittu päivittäinen nostomäärä ja nykyiseen lupamaksuun (750 kruunua) tuleva mahdollinen lisämaksu. Kalastajan valittua toisen vaihtoehtoista tutkijat pyytävät kalastajaa kertomaan kuinka hänen valintansa mukainen kalastusrajoitusten ja saalismäärien yhdistelmä vaikuttaisi tuleviin kalastuskertoihin Kaitum-joella. Paulrud ja Laitila käyttävät vastaavan tyyppistä yhdistelmämallia myös myöhemmissä arvotamistutkimuksissaan (Laitila ja Paulrud 2008 ja Paulrud ja Laitila 2013). Yhdistelmän etuna on hypoteettisen kalastusskenaarioiden yhdistäminen todelliseen kalastuskäyttäytymiseen. Koska jokaiselta vastaajalta kysytään neljä erilaista valintatilannetta, saadaan menetelmällä katettua arvonmuutoksia laajasti kalastusmahdollisuuksien muutoksista. Valintakokeessa ei havaita merkittävää eroa kalastuslupan maksuhalukkuudessa taimenen ja harjuksen välillä. Kalojen koolla, oli kyseessä harjus tai taimen, on väliä – tutkijoiden mukaan suhteessa 18:3:1, eli kun yhden yli 40 cm kalan saaliista ollaan valmiita maksamaan päivässä 330 kruunua enemmän²³, yhden alle 30 cm (30-40 cm) kalan lisäarvo on noin 18 (3) kertaa pienempi. Tutkijat arvioivat kalastajien viettävän arviolta kymmenen tuhatta kalastuspäivää Kaitum-joella nykyisellä pyydystä- ja päästä-kalastusta tukevalla luvituksella (yhden kalan saa nostaa päivässä kumpaakin lajia). Odotettu kalansaalis on tutkijoiden mukaan suuri – noin 15 harjusta tai taimenta, joista yksi yli 40 cm kokoinen. Mikäli joella olisi ylikalastusta ja kalansaalis rajoittuisi kolmeen alle 30 cm harjuksen tai taimenen päivässä, vähentyisi kalastuspäivien määrä noin tuhannella, tuottaen kahden vuoden aikana keskimäärin 10 miljoonaa kruunua nykyistä pienemmän maksuhalukkuuden. Suhteellisen pieni pudotus kalastuspäivissä viittaa tutkijoiden mukaan kalastusmatkojen tuottamiin muihin hyötyihin, kuten luontokokemukseen. Jos Kaitum-joelta ei saisi nostaa lainkaan kalaa, kasvaisivat pyydystä- ja päästä kalastuksen odotetut saaliit noin 30 kalaan päivältä. Päivää kohti voisi tutkijoiden mukaan odottaa lähes neljää yli 40 cm kokoista harjusta ja yhtä taimenta. Tästä seuraisi tulosten mukaan yli tuhat käyntipäivää lisää ja keskimäärin noin 15 miljoonaa kruu-

¹⁸ Yllättävää tuloksissa on se, että saman vuoden aikana tapahtuvista kalaston muutoksista vastaajat ovat toisistaan riippumatta olleet valmiita maksamaan jonkin verran *vähemmän* suuremmasta määrästä kalatietä nousseita lohia.

¹⁹ Lisäksi kustannus-hyötyanalyysissä käytetyllä diskonttokorolla – raha-arvot yli ajan nykyarvoistavalla korolla – voi olla merkitystä. Korkealla diskonttokorolla projektin alussa tapahtuvat kustannukset korostuvat suhteessa myöhemmin ajassa realisoituihin hyötyihin. Koron avulla on siis mahdollista vaikuttaa analyysin johtopäätöksiin. Yleisesti yhteiskunnallista merkittävyyttä sisältävälle projektille annettu diskonttokorko on markkinakorkoa (ts. investoinnin tuotto-odotusta) alempi. Tässä tutkimuksessa koron valinnalla ei ole kuitenkaan suurta merkitystä tuloksiin.

²⁰ <http://powerplants.vattenfall.com/stornorrfors> 21.02.2017

²¹ <http://fiskevatten.vattenfall.se/fiskvandring-i-stornorrfors> 21.02.2017

²² Hypoteettinen kalastusmatka perustuu taustaselvityksen keskimääräiseen kalastusmatkaan – kesto neljä päivää ja kustannukset 3000 kruunua.

²³ On kuitenkin huomattava, että maksuhalukkuuksien 95 prosentin luottamusväli on suurehko. Esimerkiksi maksuhalukkuus yli 40 cm kalasta on 95 prosentin todennäköisyydellä välillä 187 - 480 kruunua, 30-40 cm kalasta 57 - 160 kruunua ja alle 30 cm kalasta 3 - 30 kruunua.

nua nykyistä suurempi maksuhalukkuus luvista kahdessa vuodessa. Kalastajat eivät ole herkkiä muutoksille nostettujen kalojen luvallisessa lukumäärässä, tärkeintä on saada kalaa. Tulos tukee pyydystä-ja-päästä kalastamista suosivaa kalastuslupajärjestelmää.

Laitila ja Paulrud (2008) käyttävät jälleen valintakoemenetelmän ja ehdollisen käyttäytymisen yhdistelmämenetelmää arvottaessaan Storsjö-Kapellin alueella olevan säätelypadon purkamisen hyötyjä kalastajille. Storsjö-järvellä ja sen läheisillä 50 pienellä järvellä ja joki-alueella kalastettiin tutkimuksen aikana noin 2000 päivänä vuodessa. Järvi on pieni osa Ljungan-joen vesivoimaloiden säätövara. Paikallistalouden kehittäminen luonto- ja erityisesti kalastusmatkailun suhteen on tutkijoiden mukaan nostanut säätelypadon purkamisen yhdeksi alueen kehitysvaihtoehdoksi. Tutkimuksessa on valikoitu otokseen kalastajia Storsjön alueelta ja Jämtlannin vastaavilta läheisiltä kalastusalueilta vertailuryhmän luomiseksi. Valintakoemenetelmän arvotettavat attributit vastaavat Paulrud ja Laitila (2004) tutkimusta, mutta lisäksi kalastajilta kysytään arvoa sille, onko pato purettu. Laitila ja Paulrud (2008) havaitsivat maksuhalukkuuden saaliiksi saadusta kalasta olevan 75-80 prosenttia suurempi padon ollessa purettu. Tutkimuksen mukaan saaliin arvo siis kasvaa kalastusympäristön muuttuessa luonnollisemmaksi. Pienistä, alle 30 cm kokoisten harjusten tai taimenien suuremmasta saaliista ei kuitenkaan havaita merkittävää maksuhalukkuutta. Padon purkamisen myötä arvioitun kalansaaliin kasvun myötä kasvava kalastuspäivien määrä on melko suuri – ilman muutoksia nykyisiin kalojen nostorajoitukseen kalastuspäivien määrä kasvaa kahdesta tuhannesta noin viidellä sadalla päivällä, ja pyydystä-ja-päästä kalastusta tukevan yhden harjuksen tai taimenen päivärajituksen ollessa voimassa kalastuspäivien määrä nousee arviolta 850 päivällä. Padon poiston hyödyt ovat tutkijoiden mukaan ensimmäisessä tapauksessa noin 1-1.2 ja jälkimmäisessä tapauksessa 1.6-2.2 miljoonaa kruunua vuosittain. Kalojen nostamisen kieltäminen vaikuttaisi pato poistettuna ja pyydystä-ja-päästä kalastuksen kalakuolleisuudesta huolimatta voimakkaan myönteisesti kalansaaliiseen. Tällöin kalastuspäivien määrän arvioitaisiin olevan yli 3500, mikä tuottaisi noin 2.5-4.5 miljoonan kruunun maksuhalukkuuden vuosittain. Maksuhalukkuusarvioihin vaikuttaa Laitilan ja Paulrudin tapa esittää vastaajalle valintakoe – vastaajille ei tarjottu kustannuksetonta vaihtoehtoa valintatilanteissa. Kuinka paljon tutkimustavan valinnan vaikutus on arvioihin, on vaikeaa sanoa. Paulrud ja Laitila (2013) hyödyntävät kolmannen kerran yhdistelmämenetelmäänsä arvioidessaan Etelä-Ruotsin Em- ja Mörrum-jokien virkistyskalastuksen muutoksen mahdollisia hyötyjä. Em-joki on tunnettu erityisesti suurista meritaimenista ja Mörrum puolestaan suurista lohista, vaikka molempia kalalajeja joet tarjoavatkin. Paulrud ja Laitila (2013) yhdistävät valintakoemenetelmän²⁴ tuloksia ehdollisen käyttäytymisen menetelmään. Tutkijat pyytävät alueen kalastajia valitsemaan kahdesta vaihtoehdoisesta kalastuspaikasta mieluisamman. Kalastuspaikkoja kuvaillaan etäisyyden, lupakustannusten ja tarkemmin lohi- ja taimensaaliiden todennäköisyyden ja koon avulla. Erittäin suuret taimenet ja lohet ovat tulosten mukaan selkeästi arvokkaimpia saaliita niiden harvinaisuuden vuoksi. Suhteessa saatuihin määriin ja arvoon pienemmät kalat ovat arvokkaampia – kotiinvietävien kalojen lukumäärän nosto lisää maksuhalukkuutta lupahinnassa noin 300 SEK (vuoden 2008 hinnoilla). Tämän jälkeen vastaajalta kysytään mieluisamman vaihtoehdon lupahinnoilla ja saalismäärillä todennäköisten käyntikertojen määrä seuraavalla kalastuskaudella vastaajan käymällä joella (kuva 4) kuten aiemmassa Paulrud ja Laitila (2004) tutkimuksessa.

Tutkijat mallintavat tämän tiedon avulla ehdollisen matkakustannusmenetelmän mallin, jonka avulla he arvioivat virkistyskalastuksen kasvun arvoa Em-joen mahdollisille kehittämis-toimenpiteille. Nykytilassa Em-joella (kuva 5) lohet ja taimenet pääsevät jokiosuuksilla A-E kolmen voimalan ohi kalateiden avulla. Alasvaellusta ei kuitenkaan tueta. Paulrud ja Laitila (2013) arvioivat kolmen voimalan alasvaellusreittien parantamisen maksavan neljän miljoonaa kruunua kertamaksuna ja vuosittain kolmen sataa tuhatta kruunu menetettyinä sähkötuoloina. Tästä seuraisi biologisen mallinnuksen mukaan noin 59 prosentin parannus saalis-määriin. Toinen vaihtoehto olisi lisätä kalatiet myös kahteen ylempään voimalaan ja helpottaa alasvaellusta kaikilla voimalaitoksilla. Tästä seuraisi 9,8 miljoonan kruunun kertakustannukset ja 1,3 miljoonan vuosikustannukset. Odotettu saalismäärä kasvaisi 77 prosenttia. Kalastajien matkustuskäyttäytyminen ei havaita olevan kovin herkkä saalismäärien kasvulle.

²⁴ Paulrudin ja Laitilan kaikissa kolmessa tutkimuksessa on valintakoemallinnuksessa on käytetty tilastollista perusmallia (multinomial logit), eikä ole tiedossa onko mallinnustapa täysin soveltuva aineistoille. Maksuhalukkuusarviot voivat olla herkkiä valitulle mallinnustavalle.

Mikään skenaarioista, edes saalismäärän merkittävä kasvu ei tuota kustannuksia suurempia vuosittaisia hyötyjä – toimenpiteiden kertaluontoisia kustannuksia Paulrud ja Laitila (2013) eivät ole nettonykyarvoistaneet laskelmiinsa. Halvimmassa, vain alasvaellusta hyödyttävässä skenaariossa kalastushyötyjen vuosittainen kasvu on noin 2/3 kasvaneista vuosikustannuksista. On kuitenkin huomioitava, että tutkimuksen kalastajat eivät vastaa tyyppillistä virkistyskalastajaa. Valtaosa tutkimuksen kalastajista on yli 60-vuotiaita, viettävät kalastuspaikassa useita vuorokausia, kalastavat useammin kuin muut virkistyskalastajat ja matkustavat paikalle keskimäärin 300 kilometrin päästä. Tutkimusaineiston käsitellessä vain alueella 2007 kalastaneita henkilöitä jää myös arviotta potentiaalisten kalastajien määrä, joita joelle saattaisi tulla saalisvarmuuden parantuessa. Näin ollen kalastuksen hyödyt ovat todennäköisesti aliarvioita tutkimuksessa.

CHOICE QUESTION X:

Suppose that in addition to those streams that you know about, the following two sites also exist. The minimum size of allowable fish to bring home from the sites is 50 cm (approximately 2 kg).

ALTERNATIVE	A	B
Accessibility (distance from car-road)	1500 m	250 m
Bag-limit (max. number brought home per day)	max 1 fish	max 0 fish
Congestion (number of unknown anglers on-site)	30 persons	10 persons
Distance (one-way from home)	50 km	300 km
Fee per day	600 SEK	1500 SEK
Expected number of bagged Salmon per day		
Less than 2 kg	3 fish per day	3 fish per day
2 – 5 kg	1 fish per day	1 fish per day
5 – 10 kg	0 fish per day	0 fish per day
Over 10 kg	0 fish per day	1 fish per day
Expected number of bagged Sea Trout per day		
Less than 2 kg	1 fish per day	0 fish per day
2 – 5 kg	1 fish per day	0 fish per day
Over 5 kg	0 fish per day	1 fish per day

Which of the two alternatives would you prefer for a fishing trip?

- I would prefer alternative A
 I would prefer alternative B

Suppose that the alternative that you stated above actually exists. How many days would you have visited the site during 2009 (mark zero for no visits)? _____ days.

Suppose that the site you prefer above is the Em River except that the distance and the accessibility is as you experience it in real life. How many days would you then have visited the Em river during 2009 (mark zero for no visits)? _____ days.

Fig. 1. CE-question

Kuva 4 Esimerkki Paulrudin ja Laitilan (2013) yhdistetystä valintakokeesta ja ehdollisen käyttäytymisen kysymyksestä

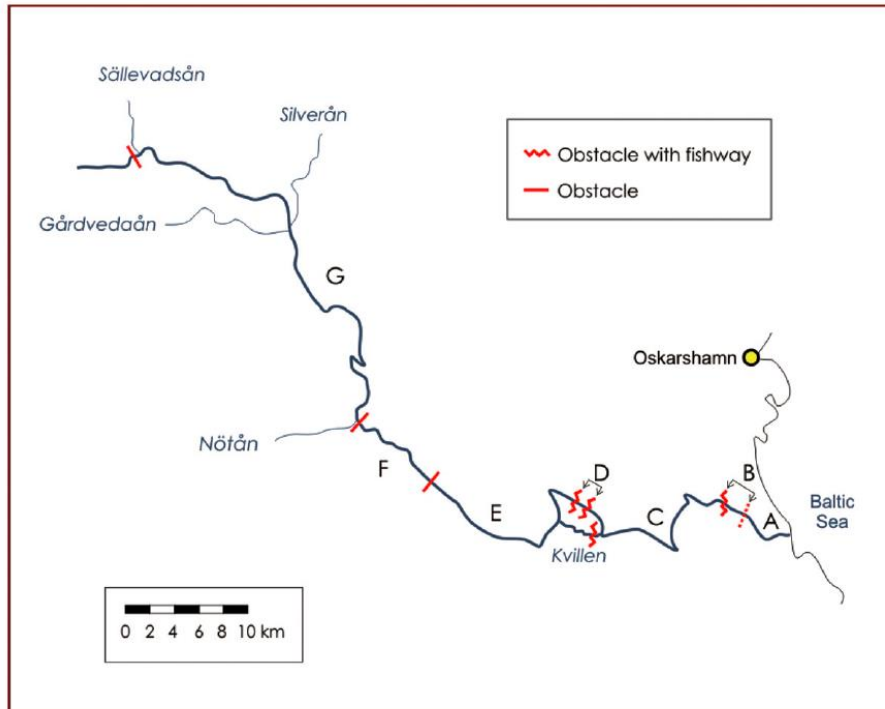


Fig. 2. The lower Em River with seven sections (A–G), where the five lower sections (A–E) are currently accessible to anadromous fish species
Source: Leonardsson (2010).

Kuva 5 Em-joen vaellusesteiden tila 2010, kuva julkaisusta Leonardsson 2010 (siteeraus Paulrud ja Laitila 2013).

Kotchen ym. (2006) tarkastelevat kahden vesivoimalan, Tippyn (20.1 MW) ja Hodenpylin (17 MW), uudelleenluvituksen ehtojen kustannuksia ja hyötyjä muutoksen jälkeen Michiganissa. Uusissa tuotantoluissa voimaloiden virtaamaehdot määrättiin aiemmasta sähkön kysyntähuippuja seuraavasta tuotantomallista joen luonnollisen virtaaman mukaiseen tuotantoon. FERC perusteli muutosta kalakantojen habitaattien parantamisella. Chinook-lohen nousu kasvoi noin 100 000 yksilöstä lähes 370 000 yksilöön vuodessa. Tutkijat käyttivät kalakantojen paranemisen virkistysarvojen arvioimiseen aiemmassa Michiganissa tehdyssä matkakustannusmallissa saatuihin saalisarvoihin. Lisäksi kustannus-hyötyanalyysiin otettiin mukaan korvaavan sähköntuotannon kustannukset ja taloudelliset vaikutukset ilmansaasteiden terveysvaikutuksista ja kasvihuonekaasupäästöistä. Sähkön kulutushuippujen aikana uusien lupaehtojen myötä tarvitaan lisää, ja vastaavasti muuna aikana vähemmän sähköntuotantoa fossiilisilla polttoaineilla. Koska huippukysynnän aikana käytetään maakaasua ja polttoöljyä käyttäviä voimaloita ja perusvoima saadaan hiilivoimasta, saadaan yllättävä tulos, että vesivoimatuotannon ajallisen tasaamisen nettovaikutus on ilmanlaatua parantava samalla kun kasvihuonekaasupäästöt vähenevät. Kotchen ym. (2006) laskelmien mukaan joen luonnollista virtaamaa seuraavan vesivoiman tuotannon korvaavat kustannukset fossiilisilla polttoaineilla on vuosittain noin 311 tuhatta dollaria²⁵, siinä missä päästövähennysten hyödyt ovat 95 prosentin todennäköisyydellä välillä 68 – 247 tuhatta dollaria. Virkistyskalastuksen toteutuneet hyödyt arvioidaan keskimäärin 738 tuhannen dollarin arvoisiksi²⁶. Näin ollen virtaaman muutoksen yhteiskunnallisten hyötyjen nettovaikutus on hyvin suurella todennäköisyydellä positiivinen.

Parkkila (2005) selvitti Simojoen lohenkalastuksen arvoa pro gradu-työssään käyttämällä ehdollisen arvottamisen menetelmää. Simojoella vuonna 2003 kalastaneista vapakalastajista koostuvalle vastaajajoukolle esitettiin hypoteettinen tilanne²⁷, jossa kalastusviranomaiset rajoittaisivat lohen kalastusta Itämerellä, ja lohen keskimääräinen saalismäärä joella kasvai-

²⁵ 95 prosentin luottamusväli on 219 – 402 tuhatta dollaria.

²⁶ 95 prosentin luottamusväli on 302 – 1069 tuhatta dollaria.

²⁷ Arvottamistilanteen saattoi kyselyssä käsittää olevan ainakin epäsuorasti yhteydessä lohikantojen elvytysohjelmaan, itse tilanteen kuvailussa ohjelmaa ei kuitenkaan mainittu.

si kaksinkertaiseksi. Valtaosa kalastajista ilmoitti kalastavansa lohta huonolla menestyksellä; lohisaalista sai vain joka neljäs kalastajista, ja kokonaan saaliitta jäi kaksi kolmasosaa kalastajista. Tästä huolimatta Simojoelle tullaan erityisesti lohen vuoksi ja kalastajien maksuhalukkuudeksi arvioitiin keskimäärin noin 50 euroa kalastuskaudessa – maksuhaluttomia oli noin 10 prosenttia vastaajajoukosta, joka tuottaisi vuosittain noin 30 tuhannen euron maksuhalukkuuden Simojoen 2500 kalastajan joukossa.

4. YHTEENVETO

Tässä kirjallisuuskatsauksessa on tarkasteltu viimeaikaista vaelluskaloihin ja vesivoimantuotantoon liittyvää kansainvälistä arvottamiskirjallisuutta. Taulukko 1 kerää katsauksessa tarkasteltujen tutkimusten päätuloksia yhteen. Ruotsissa tehtyjen tutkimusten mukaan kalastajat eivät ole kovin herkkiä kalojen nostomäärien rajoittamiselle. Pyydystä-ja-päästä ohjeistuksella voidaan siis osaltaan suojella kalakantoja samalla ylläpitäen virkistyskalastusta. Pelkillä kalastuksen virkistysarvoilla ei voida perustella suuria muutoksia vesivoimantuotannossa. On kuitenkin viitteitä siitä, että vaelluskalakantojen tuottamien käytöstä riippumattomien hyötyjen taloudellinen arvo voi kallistaa vaellusesteiden poistamisen tai ongelmien tehokkaan lieventämisen hyödyt kustannuksia suuremmiksi myös silloin kun maksuhalukkuuden mahdollinen hypoteettinen virhe otetaan huomioon.

Vaelluskalakantojen tilaa parantavien toimenpiteiden tuottamien taloudellisten hyötyjen kirjallisuudessa on esimerkkejä erilaisista toimenpiteistä (kalateiden rakentaminen, kutualueiden parantaminen, joen virtaaman muuttaminen luonnollisemmaksi, pienten ja suurten patojen purkaminen). Tutkimukset ovat kuitenkin yksittäisiä luonteeltaan. Ruotsissa tehdyt tutkimukset ovat mielenkiintoinen vertailukohta Suomeen, joskin tutkimusten tulosten siirto suomalaisiin tapauksiin ei silti ole yksinkertaista – arvostukset voivat muuttua ajan mukana ja kalastajapopulaatioiden samankaltaisuudesta ei ole tietoa.

Isännättömien vesirakenteiden purkamisen hyötyjä ei ole tarkasteltu viimeaikaisessa kirjallisuudessa. Syitä voi olla useita; rakenteita ei ole välttämättä tunnistettu, yksittäisen rakenteen purkamisen hyödyt eivät välttämättä ole riittävän suuret, että niitä varten kannattaisi tehdä laajaa arvottamistutkimusta, ja vesivoimantuotannon, ilmasto vaikutusten ja luontoarvojen keskinäinen tasapainottaminen voi olla mielenkiintoisempaa tutkimusrahoittajien näkökulmasta.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan sanoa, että vaelluskalakantojen parantaminen tuottaa todennäköisesti merkittäviä taloudellisesti mitattavia hyötyjä. Nykyisellä tiedolla on kuitenkin hankalaa arvioida, miten suomalaiset kalastajat reagoisivat erilaisiin kalastusrajoituksiin ja -maksuihin ja uusiin kalastusmahdollisuuksiin verrattuna muihin tutkimusmaihin. Toivosen ym. (2004) vuosituhannen vaihteessa tehdyn kyselyn mukaan suomalaiset ja ruotsalaiset olivat melko lähellä toisiaan virkistyskalastuskäyttäjien suhteen. Käytöstä riippumattomien arvojen eroamisen suhteen tiedämme vähemmän.

Taulukko 1. Kirjallisuuskatsauksen tutkimusten perustietoja ja arvottamistuloksia

Tutkimus ja julkaisu-vuosi	Aineiston vuosi ja koko	Tutkimusalue ja -populaatio	Arvotettu hyödyke	Tutkimusmenetelmä	Arvo
Klinglmayr ym. 2012*	2011, 211 ja 213 vastaajaa kyselyn kahteen versioon (vastausprosentit 22 ja 22)	Grazin kaupungin ja lähialueen väestö (Itävalta)	Grazin läpivirtaavaan Murjokeen suunniteltujen kahden vesivoimalan, yksi urbaanilla alueella (16 MW), toinen maaseudulla (11 MW), markkinattomat arvot. Arvotettavat attribuutit (tasot): 1. Vesivoimasähköä saatavilla kotitalouksille: lukumäärä (5 000, 10 000 tai 15 000 kotitaloutta) 2. Luonto ja maisema: voimakas vaikutus (vain vesipuitedirektiivin vaatima pakollinen kalaporras), pieni vaikutus (korkeamman ympäristöstandardin mukainen toiminta maisemoinnin ja vaelluskalojen kulun helpottamisen suhteen, määrittäminen ei tarkka) 3. Virkistysmahdollisuudet: luo uusia virkistysmahdollisuuksia (kyllä, ei)	CE	Keskimääräinen maksuhalukkuus (muutos kuukausittaisessa sähkölaskussa): Urbaani alue: +0,25 € / 1 000 kotitaloutta vesivoiman piirissä -9,81€ voimakkaasta luonto- ja maisemavaiikutuksesta +4,20€ uusista virkistysmahdollisuuksista Maaseutu: +0,42 € / 1 000 kotitaloutta vesivoiman piirissä -15,43€ voimakkaasta luonto- ja maisemavaiikutuksesta +4,21€ uusista virkistysmahdollisuuksista (vuoden 2011 euroissa)
Kataria 2009	2006, 638 vastaajaa (vastausprosentti 43)	Ruotsin 18-75-vuotias väestö.	Vesivoimaloiden haitallisten ympäristövaikutusten vähentäminen vesiensuojelun puitedirektiivin tavoitteen mukaisesti rakennettujen vesistöjen hyvän ekologisen tilan saavuttamiseksi. Arvotettavat attribuutit (tasot): 1. Kalakannan kasvu (0%, 15%, 25%) 2. Linnustolla paremmat elinolosuhteet (kyllä, ei) 3. Pohjaeläinten lajirikkaus (korkea, kohtalainen, selvästi heikentynyt) 4. Joen reunan kasvillisuus ja eroosio (leveä ranta-alue lajirikkaalla kasvillisuudella ja suurella biomassan kasvulla, leveä ranta-alue hieman vähenneellä kasvillisuudella ja biomassan kasvulla, kapea ranta-alue selvästi vähenneellä kasvillisuudella ja biomassan kasvulla)	CE	Keskimääräinen maksuhalukkuus (muutos vuosittaisessa sähkölaskussa): +15.7 SEK Kalakannan kasvusta prosenttisyksiköllä +97.3 SEK Linnuston paremmista elinoloista +229.0 SEK Pohjaeläinten kohtalaisesta lajirikkaudesta +277.7 SEK Pohjaeläinten korkeasta lajirikkaudesta +413.4 SEK leveä ranta-alue, hieman vähennetty kasvusto ja biomassan kasvu +371.2 SEK kapea ranta-alue, selvästi vähennetty kasvillisuus ja biomassan kasvu (vuoden 2006 Ruotsin kruunuissa)

Håkansson 2009	2004, noin 703 vastaajaa (perustuen 59 vastausprosenttiin ja 1192 lähetettyyn kyselyyn)	Ruotsin yli 18-vuotias väestö.	Stornorrforssin vesivoimalaan (590 MW) suunnitellun kalatien hyödyt. Lähtötilanteessa lohia nousee n. 3000 kpl/vuosi. Arvottamisessa viisi erillistä skenaariota: 1. Lohia nousee 1000 kpl/vuosi enemmän heti 2. Lohia nousee 3000 kpl/vuosi enemmän heti 3. Lohia nousee 6000 kpl/vuosi enemmän heti 4. Lohia nousee 6000 kpl/vuosi enemmän viiden vuoden kuluessa 5. Lohia nousee 6000 kpl/vuosi enemmän kymmenen vuoden kuluessa	CV	Keskimääräinen maksuhalukkuus Pohjois-Ruotsissa (Etelä-Ruotsissa): 1. +50 SEK (+57 SEK) 2. +49 SEK (+45 SEK) 3. +35 SEK (+33 SEK) 4. +44 SEK (+32 SEK) 5. +52 SEK (+25 SEK) Keskimäärin +51 SEK (+43 SEK) (vuoden 2004 Ruotsin kruunuissa)
Paulrud ja Laitila 2004	2001 ja 2002, arviolta 143 vastaajaa. Kysely lähetettiin 206 joella vuosien 2000-2002 väliillä tavatulle kalastajalle.	Kaitumjoen alueella vuosina 2000-2002 kalastaneet henkilöt	Vaihtoehtoisten hypoteettisten kalastuspaikkojen valintakoe. Valitun kalastuspaikan säännöt ja saalis rinnastetaan Kaitumjoen tulevan vuoden käytikertoihin. Valintakokeen attributit: 1. Odotettu harjussaalis päivässä <30 cm (0, 7, 15) 30 - 40 cm (0, 4, 8) >40 cm (0, 1, 3) 2. Odotettu taimensaalis päivässä <30 cm (0, 7, 15) 30 - 40 cm (0, 4, 8) >40 cm (0, 1, 3) 3. Päivittäinen nostorajoitus harjukselle (0, 1, 3) 4. Päivittäinen nostorajoitus taimenelle (0, 1, 3) 5. Kalastusluvan lisämaksu per päivä (0, 200, 400) vuoden 2000 kalastajille (0, 400, 800) vuosien 2001 ja 2002 kalastajille	CE/CB	Keskimääräinen maksuhalukkuus saaliista: Harjus tai taimen/päivä 1. <30 cm SEK 16.81 2. 30-40 cm SEK 109.39 3. > 40 cm SEK 333.36 (vuosien 2000-2002 Ruotsin kruunuissa)
Paulrud ja Laitila 2008	2004, 137 vastaajaa Jämtlannin alueelta ja 63 vastaajaa Storsjön alueelta. Vastausprosentit 60 ja 72.	Jämtlannin ja Storsjön alueella kalastaneet henkilöt. Jämtlannin otos alueen kalastuslupien osoitteistosta, Storsjön otos	Vaihtoehtoisten hypoteettisten kalastuspaikkojen valintakoe. Valitun kalastuspaikan säännöt ja saalis rinnastetaan tulevan vuoden kalastuskertoihin tutkimusalueella. Valintakokeen attributit: 1. Odotettu harjussaalis päivässä <30 cm (0, 5, 10) 30 - 40 cm (0, 2, 4) >40 cm (0, 1, 2) 2. Odotettu	CE/CB	Keskimääräinen maksuhalukkuus saaliista: Harjus tai taimen/päivä kun pato on olemassa 1. 30-40 cm 41.1 SEK 2. > 40 cm 69.1 SEK • Harjus tai taimen/päivä kun pato on purettu 1. 30-40 cm 72.7 SEK

		kalastuskylän vierailijoista.	<p>taimensaalis päivässä <30 cm (0, 5, 10) 30 - 40 cm (0, 2, 4) >40 cm (0, 1, 2)</p> <p>3. Päivittäinen nostorajoitus harjukselle ja taimenelle (0, 1, 3)</p> <p>4. Pato (nykytila, purettu)</p> <p>5. Kalastusluvan lisämaksu per päivä (100, 300, 500)</p>		<p>2. > 40 cm 123.5 SEK</p> <p>(vuoden 2004 Ruotsin kruunuissa)</p>
Paulrud ja Laitila 2013	2008, arviolta 192 vastaajaa Em-joella, ja 248 Mörrum-joella. Vastausprosentit 73 ja 60, kuitenkin saavuttamattomia kalastajia ilmeisesti useita, ei mainittu tutkimuksessa	Em- ja Mörrum-jokien alueelta vuonna 2007 kalastusluvan ostaneet henkilöt	<p>Vaihtoehtoisten hypoteettisten kalastuspaikkojen valintakoe. Valitun kalastuspaikan säännöt ja saalis rinnastetaan Em- tai Mörrum-joen (vastaajan taustan mukaan) tulevan vuoden käytikertoihin. Valintakokeen attribuutit:</p> <p>1. Saavutettavuus, metriä autotieltä (250, 750, 1500 m)</p> <p>2. Kotiinvietävien kalojen lukumäärä/päivä (enintään 0, 1, 2 kalaa sallittu)</p> <p>3. Ruuhkaisuus, muita kalastajia alueella (0, 10, 30 kpl)</p> <p>4. Matka kotoa yhteen suuntaan (50, 300, 900 km)</p> <p>5. Päiväluvan hinta (300, 600, 1200 SEK)</p> <p>6. Odotettu lohisaalis päivässä <2 kg (0, 1, 3) 2–5 kg (0, 1, 2) 5–10 kg (0, 1, 2) >10 kg (0, 1, 2)</p> <p>7. Odotettu taimensaalis päivässä <2 kg (0, 1, 3) 2–5 kg (0, 1, 2) > 5 kg (0, 1, 2)</p>	CE/CB	<p>Keskimääräinen maksuhalukkuus saalista: Lohi/päivä</p> <p>1. <2 kg 189.19 SEK</p> <p>2. 2–5 kg 285.04 SEK</p> <p>3. 5–10 kg 335.81 SEK</p> <p>4. >10 kg 503.82 SEK</p> <p>Taimen/päivä</p> <p>1. <2 kg 91.71 SEK</p> <p>2. 2–5 kg 140.81 SEK</p> <p>3. >5 kg 485.91 SEK</p> <p>(vuoden 2008 Ruotsin kruunuissa)</p>
Parkkila 2005	2003, 277 vastaajaa. Vastausprosentti 28.	Simojoen vapa-kalastajat vuonna 2003.	<p>Simojoen lohisaaliin kaksinkertaistuminen Itämerellä tehtävien kalastusrajoitteiden avulla. Keskimääräinen lohisaalis oli vastaajien keskuudessa 0,3 kalastajaa kohden.</p>	CV	<p>Keskimääräinen maksuhalukkuus lohisaaliin kaksinkertaistamisesta: 47.80 € - 53.84€ kalastuskautessa</p>

KIRJALLISUUS:

- Ahtiainen, H., Artell, J., Pouta, E., Lankia, T. 2015. Valuation of ecosystem services. Raportissa *Towards a sustainable and genuinely green economy. The value and social significance of ecosystem services in Finland (TEEB for Finland): Synthesis and roadmap*. Koonneet Jäppinen, J-P. ja Heliölä, J. The Finnish Environment 1/2015.
- Alberini, A., Zanatta, V., Rosato, P. 2007. Combining actual and contingent behavior to estimate the value of sports fishing in the Lagoon of Venice. *Ecological Economics* 61: 530-541.
DOI: 10.1016/j.ecolecon.2006.05.003
- Anonyymi. 2009. Data analysis to support the development of a Baltic Sea salmon action plan. Riista- ja Kalatalouden Tutkimuskeskus. European Commission.
https://ec.europa.eu/fisheries/documentation/studies/study_baltic_sea_salmon_action_plan_en
- Arlinghaus, R., Alós, J., Beardmore, B., Daedlow, K., Fujitani, M., Hühn, D., Haider, W., Hunt, L.M., Johnson, B.M., Johnston, F., Klefoth, T., Matsumura, S., Monk, C., Pagel, T., Post, J.R., Rapp, T., Riepe, C., Ward, H., Wolter, C. 2016. Understanding and Managing Freshwater Recreational Fisheries as Complex Adaptive Social-Ecological Systems. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 25: 1-41.
DOI:10.1080/23308249.2016.1209160
- Bateman, I.J., Mace, G.M., Fezzi, C., Atkinson, G., Turner, K. 2011. Economic Analysis for Ecosystem Service Assessments. *Environmental and Resource Economics* 48: 177-218.
DOI: 10.1007/s10640-010-9418-x
- Bockstael, N., & McConnell K. Environmental and Resource Valuation with Revealed Preferences – A Theoretical Guide to Empirical Models. Kirja sarjassa: The economics of non-market goods and resources, volume 7 (sarjan editori Ian Bateman). Springer. 374 sivua.
- Czajkowski, M., Ahtiainen, H., Artell, J., Meyerhoff, J. 2017. Choosing a functional form for an international benefit transfer: Evidence from a nine-country valuation experiment. *Ecological Economics* 134: 104-113.
DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.01.005
- Duffield, J.W. 2011. The political economy of hydropower and fish in the Western US. Luku 8. Kirjassa *Modern cost-benefit analysis of hydropower conflicts*, toim. Johansson, P-E. ja Kriström, B. Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, Iso-Britannia. ISBN 978 1 84980 880 4.
- Elo, P. 2004. Paimionjoen säännöstelyn kehittäminen, Somero, Koski TI.Lounais-Suomen ympäristökeskuksen monistesarja 4/2004. 31 sivua. ISBN 951-614-027-0 (PDF)
- Grijalva, T.C., Berrens, R.P., Bohara, A.K., Shaw, W.D. 2002. Testing the validity of contingent behavior trip responses. *American Journal of Agricultural Economics* 84: 401-414.
- Hausman, J. 2012. Contingent valuation: From dubious to hopeless. *Journal of Economic Perspectives* 26: 43-56.
DOI: 10.1257/jep.26.4.43
- Havn, T. B., Uglem, I., Solem, Ø., Cooke, S. J., Whoriskey, F. G. and Thorstad, E. B. 2015. The effect of catch-and-release angling at high water temperatures on behaviour and survival of Atlantic salmon *Salmo salar* during spawning migration. *Journal of Fish Biology* 87: 342–359.
DOI: 10.1111/jfb.12722
- Håkansson, C. 2009. Costs and benefits of improving wild salmon passage in a regulated river. *Journal of Environmental Planning and Management* 52: 345-363.
DOI: 10.1080/09640560802703249
- Johansson, P. & Kriström, B. 2011. A blueprint for a cost-benefit analysis of a water use conflict – hydroelectricity versus other uses. Kirjassa *Modern Cost-Benefit Analysis of Hydropower Conflicts* (toim. Johansson, P. & Kriström, B.). Edward Elgar Publishing.
- Klingmayr, A., Bliem, M., Brouwer, R. 2012. Public preferences for urban and rural hydropower projects in Styria using a choice experiment. Institute for Advanced Studies, IHS Kärnten Working Paper 01/2012.
http://www.carinthia.ihs.ac.at/HydroVal/files/working_paper.pdf

- Kristofersson, D. ja Navrud, S. 2005. Validity Tests of Benefit Transfer – Are We Performing the Wrong Tests? *Environmental and Resource Economics* 30: 279-286.
DOI: 10.1007/s10640-004-2303-8
- Kotchen, M., Moore, M., Lupi, F., Rutherford, E. 2006. Environmental constraints on hydro-power: An ex post benefit-cost analysis of dam relicensing in Michigan. *Land Economics* 82: 384-403.
DOI: 10.3368/le.82.3.384
- Laitila, T. ja Paulrud, A. 2008. Anglers' valuation of water regulation dam removal for the restoration of angling conditions at Storsjö-Kapell. *Tourism Economics* 14: 283-296.
DOI: 10.5367/000000008784460436
- Leonardsson, K. 2010 Environmental restoration in hydropower regulated rivers – where, when, and how can ecological improvements be expected? Preliminary Report from Work Package 4, in the research program 'Cost-benefit analysis of river regulation: the case of Emån and Ljusnan', Department of Wildlife, Fish, and Environmental Studies, Swedish University of Agricultural Sciences. (siteeraus Paulrud ja Laitila 2013)
- Lewis, L., Bohlen, C., Wilson, S. 2008. Dams, dam removal, and river restoration: A hedonic property value analysis. *Contemporary Economic Policy* 26: 175-186.
DOI: 10.1111/j.1465-7287.2008.00100.x
- Loomis, J. 2002. Quantifying recreation use values from removing dams and restoring free-flowing rivers: A contingent behavior travel cost demand model for the Lower Snake River. *Water Resources Research* 38: 2-1—2-8.
DOI: 10.1029/2000WR000136
- Loomis, J. 2006. Importance of including use and passive use values of river and lake restoration. *Journal of Contemporary Water Research & Education* 134: 4-8.
DOI: 10.1111/j.1936-704X.2006.mp134001002.x
- Mattmann, M., Logar, I., Brouwer, R. 2016 Hydropower externalities: A meta-analysis. *Energy Economics* 57: 66-77.
DOI: 10.1016/j.eneco.2016.04.016
- McGinnis, M.D. & E. Ostrom. 2014. Social-ecological system framework: Initial changes and continuing challenges. *Journal of Ecology and Society* 19:Art.30 1-12.
DOI: 10.5751/ES-06387-190230
- Navrud, S., Soutukorva, Å., Söderqvist, T., Traedal, Y. 2007. Nordic Environmental Valuation Database: Slutrapport till Nordiska Ministerrådets miljö- och ekonomigrupp. TemaNord 518, 41 s. København: Nordisk ministerråd. Aineisto Luonnonvarakeskuksessa (Janne Artell).
- Paulrud, A., Laitila, T. 2013. A cost-benefit analysis of restoring the Em River in Sweden: valuation of angling site characteristics and visitation frequency. *Applied Economics* 45: 2255-2266.
DOI: 10.1080/00036846.2012.659348
- Paulrud, A., Laitila, T. 2004. Valuation of Management Policies for Sport-Fishing on Sweden's Kaitum River. *Journal of Environmental Planning and Management* 47: 863-879.
DOI: 10.1080/0964056042000284875
- Parkkila, K. 2005. Simojoen lohen saalismäärän lisääntymisen taloudellinen arviointi contingent valuation-menetelmällä. Pro gradu, marraskuu 2005. Helsingin Yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, taloustieteen laitos, ympäristöekonomia.
<https://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/talou/pg/parkkila/> (tarkistettu 10.03.2017)
- Pearce, D. 2002. An Intellectual History of Environmental Economics. *Annual Review of Energy and the Environment* 27:57-81.
DOI: 10.1146/annurev.energy.27.122001.083429
- Polizzi, C., Simonetto, M., Barausse, A., Chaniotou, N., Känkänen, R., Keränen, S., Manzardo, A., Mustajärvi, K., Palmeri, L., Scipioni, A. 2015. Is ecosystem restoration worth the effort? The rehabilitation of a Finnish river affects recreational ecosystem services. *Ecosystem Services* 14: 158-169.
DOI: 10.1016/j.ecoser.2015.01.001
- Provencher, B., Sarakinos, H., Meyer, T. 2008. Does small dam removal affect local property values? An empirical analysis. *Contemporary Economic Policy* 26: 187-197.
DOI: 10.1111/j.1465-7287.2008.00107.x
- Robbins, J.L., Lewis, L.Y. 2008. Demolish it and they will come: Estimating the economic impacts of restoring a recreational fishery. *Journal of the American Water Resources Association*

ciation 44: 1488-1499.

DOI: 10.1111/j.1752-1688.2008.00253.x

Roth, E., Toivonen, A.-L., Navrud, S., Bengtsson, B., Gudbergsson, G., Tuunainen, P., Appelblad, H., Weissglas, G. 2001 Methodological, conceptual and sampling practices in surveying recreational fisheries in the Nordic countries – experiences of a valuation survey.

Fisheries Management and Ecology 8: 355-367.

DOI: 10.1111/j.1365-2400.2001.00264.x

Toivonen, A.-L., Roth E., Navrud, S., Gudbergsson, G., Appelblad, H., Bengtsson, B., Tuunainen, P. 2004. The economic value of recreational fisheries in Nordic countries. Fisheries Management and Ecology 11: 1-14.

DOI:10.1046/j.1365-2400.2003.00376.x

Vesterinen, J., Pouta, E., Huhtala, A., Neuvonen, M. 2010. Impacts of changes in water quality on recreation behavior and benefits in Finland. Journal of Environmental Management 91: 984-994.

DOI:10.1016/j.jenvman.2009.12.005

Whitehead, J.C., Weddell, M.S., Groothuis, P.A. 2016. Mitigating hypothetical bias in stated preference data: Evidence from sports tourism. Economic Inquiry 54: 605-611.

DOI:10.1111/ecin.12253

Wyrick, J.R., Rischman, B.A., Burke, C.A., McGee, C., Williams, C. 2009. Using hydraulic modeling to address social impacts of small dam removals in southern New Jersey. Journal of Environmental Management 90: S270-S278. DOI:10.1016/j.jenvman.2008.07.027

LIITE 3

(25 s.)

Lohen luontaisen elinkierron palauttamisen kustannustehokkuus ja yhteiskunnallinen kannattavuus: Kymijoen mallitarkastelu

Artti Juutinen, Atso Romakkaniemi, Pekka Jounela, Aki Mäki-Petäys, Jaakko Erkinaro, Panu Orell

Luonnonvarakeskus

Kalavirta hankkeen selvitys 5/2017

SISÄLLYS

1. Johdanto	115
2. Bio-ekonominen malli	115
Mallin yleisrakenne ja sisältö	115
Kalapopulaatiomalli	116
Kalastus	116
Muut kustannukset	117
3. Tulokset.....	118
Perusskenaariot	118
Virtaamien muutosskenaariot	119
Herkkyystarkastelut.....	121
4. Yhteenveto	122
Kirjallisuus:	123

1. JOHDANTO

Vaelluskalojen luontaisen elinkierron palauttamiseen rakennettuun jokeen liittyy monia näkökohtia. Vaellusmahdollisuuden palauttaminen vaellusesteiden ohi, kuten kalateiden rakentaminen, on tietysti yksi keskeinen seikka. Tämän ohella on kuitenkin otettava huomioon, että elinkierron palauttaminen voi edellyttää tuki-istutuksia, kalastuksen sääntelyä ja/tai joen virtaamien muuttamista. Näistä toimenpiteistä aiheutuu sekä kustannuksia että hyötyjä. Esimerkiksi veden juoksuttaminen kalaportaisiin vähentää vesivoimatuotantoa eli aiheuttaa kustannuksia, mutta pitkässä juoksussa kalakantojen kohentuminen lisää kalastuksesta saatavia hyötyjä.

Miten voimme kokonaisvaltaisesti tarkastella vaelluskalojen elinkierron turvaamiseksi tehtävien toimenpiteiden hyötyjä ja kustannuksia? Miten voimme määrittää, mitkä toimenpiteet turvaavat nousukalojen elinkierron tehokkaasti, pienin mahdollisin kustannuksin? Missä määrin toimenpiteet ovat toisiaan korvaavia tai täydentäviä? Näihin kysymyksiin haemme vastaustauksia numeerisen optimointimallin avulla. Tarkastelun esimerkkinä on Kymijoki.

2. BIO-EKONOMINEN MALLI

Mallin yleisrakenne ja sisältö

Kymijoen numeerinen optimointimalli sisältää kuvauksen ns. itäisen haaran lohien osalta

- lohien vaelluskierrosta ja lisääntymisdynamiikasta
- lohien kalastuksesta vaelluskierron eri vaiheissa
- kalastuksen tuotoista (ammattikalastuksen saalistuotto ja virkistyskalastuksen virkistysarvo)
- lohien vaellustappioista Korkeakosken ja Koivukosken alimpien patojen yhteydessä
- lohien vaellustappioiden vähentämiseksi skenaarioitujen toimenpiteiden kustannuksista ja hyödyistä

Mallissa lohet nousevat mereltä jokeen kutemaan ja smoltit vaeltavat mereen kasvamaan. Korkeakosken voimalaitoksen yhteyteen on äskettäin rakennettu kalaportaat kalojen nousua edistämään. Aikaisemmin lohia on noussut jokeen jossain määrin Koivukosken tulvapadon kautta ylijouksutuksen aikaan ja Koivukosken kalaportaan kautta. Lohen luontainen elinkierro ei ole kuitenkaan palautunut tasolle, johon joen voimalaitosten yläpuoliset kutualueet antaisivat mahdollisuuden. Mallissa ei oteta huomioon lohien nykyistä, lähinnä velvoiteistutuksien myötä muodostunutta kalakantaa, vaan tarkastellaan ainoastaan nykytilanteen jälkeisen muodostunutta, uutta kalakantaa, kun pyritään kohti lohien luontaista elinkiertoa. Vastaavasti mallissa ei oteta huomioon olemassa olevien kalaportaiden rakentamis- ja ylläpito-kustannuksia mukaan lukien kalaportaisiin ohjattu veden määrä ja tästä aiheutuvat energian tuotannon tulon menetykset. Energian tuotannon menetyksestä aiheutuvat kustannukset otetaan kuitenkin huomioon laskelmissa, joissa joen virtaamia muutetaan nykyisestä.

Malliin voidaan asettaa erilaisia tavoitteita, mutta viime kädessä tavoitteena on maksimoida lohista ja sen luonnonkierron palauttamisesta aiheutuvia rahamääräisiä nettohyötyjä. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi mallissa optimoidaan ammattikalastuksen saalismäärää ja siitä saatavia tuloja. Merellä ja rannikolla tapahtuva ammattikalastus vaikuttaa luonnollisesti siihen, paljonko lohia nousee jokeen ja paljonko niitä voidaan kalastaa virkistystarkoitukseen voimalaitosten ala- ja yläpuolella. Virkistyskalastuksesta saatava hyöty riippuu positiivisesti nousukalojen määrästä. Lisäksi mallissa optimoidaan lohien ylisiirtojen ja tuki-istutusten määrää sekä joen virtaamia. Virtaamaa voidaan muuttaa Koivukosken ja Korkeakosken haarojen välillä. Lisäksi voidaan muuttaa Korkeakosken virtaamaa kalaportaisissa tai houkutusvirtaamaa, joka saadaan aikaan vesipumppujen avulla. Koivukosken osalta voidaan optimoida virtaamaa voimalaitoksen ja säännöstelypadon ylijouksutuksen välillä.

Kalapopulaatiomalli

Lohen vuotuinen vaelluskierto ja lisääntymisdynamiikka kuvataan yksinkertaisella populaatiomallilla, jossa seurataan kunakin vuonna syntyvää kalamäärää läpi elinkaaren ja vaellusvaiheiden. Lohen elinkaarta on yksinkertaistettu todellisuudesta siten, että mallissa kalat lähtevät mereltä nousuvaellukselle kolmen vuoden ikäisinä. Vastaavasti ne ovat tuolloin ammatti- ja virkistyskalastuksen kohteena. Populaatiodynamiikan ja kalastuksen osalta malli nojautuu Kansainvälisessä merentutkimusneuvostossa käytettyyn Itämeren lohimalliin (mm. Michielsens 2008, ICES 2015), sitä yksinkertaistaen ja Kymijoen lohikannalle parametriarvoiltaan sovittaen samalla tavoin kuin Mäki-Petäys ym. (2013). Poikastuotanto kuvataan emokannan koon ja syntyvän poikastuotannon välisenä epälineaarisenä yhteytenä eli ns. emokanta-rekryytti -suhteena. Tämä on toteutettu skaalaamalla Tornionjoelle estimoitua emokanta-rekryyttisuhdetta (ICES 2015) siten, että tuotantopotentiaalia kuvaava parametriarvo rajoittaa maksimituotannon vastaamaan Kymijoelle (itäiset haarat sekä niiden yläpuolinen alue Anjalankoskelle saakka) arvioitua poikastuotantopotentiaalia (noin 175 000 vaeluspoikasta; HELCOM 2011, Pautamo ja Vanninen 2012). Kudulle nousevista lohista on oletettu naaraiksi 61 %, niiden keskipainoksi 8 kg, ja edelleen niiden keskimääräiseksi mätimääräksi 1350 jyvää/kg. Nämä oletukset pohjautuvat Tornionjoella kerättyihin aineistoihin (Romakkaniemi, julkaisematon). Nousukatkat hakeutuvat mallissa Korkeakosken ja Koivukosken haaroihin niiden virtaaminen suhteessa (Antti-Poika 2006). Käytännössä lohet nousevat Kymijokeen pääosin elo-syyskuussa.

Lisäksi populaatiomallissa otetaan huomioon vaelluskierron eri vaiheissa muodostuvat hävikit, jotka vähentävät kalamääriä ja siten populaation kasvua. Hävikkiä aiheuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi yksivuotiaina istutettavien lohenpoikasten luontainen kuolleisuus ennen vaelluspoikaseksi kehittymistä (77 %), vaelluspoikasten alasvaelluksen tappiot sekä rakentamattomilla jokiosuuksilla (5 %) että voimalaitosten läpi (15 %) vaeltaessaan, sekä luontainen kokonaiskuolleisuus merivaelluksen aikana (91,5 %). Lisäksi mallissa otetaan huomioon se, että kaikki nousuun pyrkivät kalat eivät onnistu nousemaan kalaportaiden (tai säännöstelypadon) kautta joen yläosalla. Mallin perusoletuksena on asiantuntija-arvioiden pohjalta, että 50 % nousukaloista (joen alaosalla tapahtuvan virkistyskalastuksen jälkeen) joen molemmissa haaroissa (Koivukoski, Korkeakoski) onnistuu pääsemään yläosalle. Kymijoen lohien nousun onnistumisesta itäisten haarojen patojen yli on olemassa vain vähän empiiristä aineistoa, mutta kyseiset luvut vastaavat kirjallisuudessa esitettyjä tietoja (Noonan ym. 2012). Mallissa kutemaan pyrkiviä lohia voidaan siirtää alaosalta padon yli yläosalle, mikä edesauttaa lohen luontaisen elinkierron palautumista. Ylisiirto on kalalle rasittava kokemus eivätkä kaikki kalat selviydy siitä elävänä. Ylisiirtojen hävikiksi oletetaan 30 % (Nieminen 2017).

Kalastus

Mallissa tarkastellaan sekä ammatti- että virkistyskalastuksen hyötyjä. Ammattikalastuksen nettohyöty lasketaan kertomalla saalismäärä lohen tuottajahinnalla. Käytännössä tämä yliarvioi jossain määrin ammattikalastuksen hyötyä, koska saalismäärän lisäyksestä aiheutuisi myös lisäkustannuksia. Voidaan kuitenkin ajatella, että nykyisellä kalastuspanoksella saataisiin lohen luontaisen elinkierron palautumisen myötä entistä enemmän saalista, joten lisäkustannukset olisivat vähäiset. Ammattikalastuksen saalismäärän optimoinnin sijaan mallissa voidaan käyttää kiinteää kalastuskuolevuutta eli ammattikalastuksen saalismäärä on vakio-osuus merellä olevasta kalamäärästä. Kalastetuksi osuudeksi oletetaan 35 %, minkä arvioidaan vastaavan karkeasti viime vuosien tilannetta Suomenlahden lohien kalastuksessa. Lohen tuottajahinta on mallissa 5 €/kg, mikä vastaa Kaakkois-Suomen ja Uudenmaan alueen lohen keskimääräistä tuottajahintaa vuosina 2014-2016 (Luonnonvarakeskus 2017).

Virkistyskalastuksen hyödyt lasketaan mallissa Vindeljokea koskevasta arvottamistutkimuksesta (Håkansson 2008, 2009) eli käytetään ns. "tulosten siirto" menetelmää, koska ei ole saatavilla Kymijokea koskevia arvottamistuloksia. Ruotsalaista tutkimusta mukailien virkistyskalastuksen hyötyjen oletetaan riippuvan nousukalojen määrästä eikä esimerkiksi saa-

lismäärästä. Kyseisessä tutkimuksessa kysyttiin kalastajien maksuhalukkuutta (CV) skenaariossa, jossa nousukalojen määrä muuttui lähtötilanteen 3000 lohesta 9000 loheen. Keskimääräiseksi maksuhalukkuudeksi saatiin 131 SEK vuonna 2004. Tämä vastaa nykyrahassa 17,72 euroa.²⁸ Tutkimuksen tuloksiin perustuen johdetaan siis arvostusfunktio Kymijoen virkistyskalastukselle, jossa kalastusvuorokausikohtainen arvo riippuu nousukalojen määrästä. Menetelmässä oletetaan, että Vindeljokea koskeva maksuhalukkuus vastaa Kymijoen maksuhalukkuutta. Vindeljoen tuloksesta ei voi kuitenkaan estimoida virkistyskalastuksen arvostusfunktiota ilman lisäoletuksia, koska maksuhalukkuutta ei ole tiedossa eri kalamäärille. Arvostusfunktio johdetaan olettamalla, että nettokysyntäkäyrä on lineaarinen ja että sen arvo on nolla, kun nousukalojen määrä on 10 000 lohta.²⁹ Määrä vastaa kutakuinkin Kymijoen nykyistä saavutettavissa olevaa luontaisesta lisääntymisestä maksimissaan syntyvää lohimäärää (ilman merikalastusta mutta luvussa 2.1 mainitut muut kuolleisuudet huomioon ottaen).

Virkistyskalastuksen kokonaisarvo lasketaan kertomalla kalastajakohtainen virkistysarvo kalastusvuorokausien määrällä. Kalastus-vrk:ien määrän arviointia varten estimoidaan funktiot joen ala- ja yläosalle, joissa kalastus-vrk:t riippuvat nousukalojen määrästä. Tämän riippuvuussuhteen määrittämisessä käytetään Simo- ja Byskejoelta 1990-luvulta lähtien kerättyjä tilastoja kalastuksen määrästä sekä Kymijoen alaosalle kahtena ajankohtana (1990-luvun alku ja nykytilanne) arvioituja kalastus-vrk:ien kokonaismääriä. Näille aikasarjoille on saatavissa mallipohjaiset arviot vuosittain jokiin nousseita lohimäärästä (ICES 2015; Olli van der Mer, kirjallinen tiedonanto). Sekä kalastajamäärät että kalastusvuorokausimäärät on jaettu kunkin joen lohenkalastusalueen kokonaispinta-alalla, jotta jokien eri koko voidaan ottaa huomioon. Riippuvuussuhteen määrittämisessä käytetään lisäksi jokikohtaisina suhteen selittäjinä joen lähialueilla (150 km säteellä) asuvaa väestömäärää sekä venekalastuksen arvioitua osuutta kalastuksessa. Riippuvuussuhde mallinnetaan³⁰ monikerros persep-troni algoritmilla (engl. multilayer perceptron algorithm, MLP, Rumelhart ym. 1986). MLP mallin parametrit optimoidaan kymmenkertaisella ristiin-validoinnilla (Kohavi 1995) minimoimalla satunnaisesti valitun kalastus-vrk testiosajoukon ja tätä vastaavan mallin kalastus-vrk ennusteen keskineliövirheen neliöjuurta (engl. root mean square error, rmse).

Virkistyskalastuksen oletetaan optimointimallissa pyydystävän 10 % jokeen nousevista lohista, mikä vastaa keskimääräistä nykyistä kalastuskuolevuutta arvioituna Suomen ja Ruotsin luonnonlohikannoilla (ICES 2015).

Muut kustannukset

Ylisiirtojen yksikkökustannukset ovat $Cs=100 + 0,001 \cdot S^2$, missä S kuvaa ylisiirrettyjen kalojen määrää. Näin lasketut ylisiirron yksikkökustannukset ovat samaa tasoa, kuin mitä on esitetty kirjallisuudessa (Nieminen 2017). Tuki-istutuksissa käytetään 1-vuotiaita jokipoi-kasia, jotka istutetaan joen yläosalle (kotiutusistutus). Toimenpide maksaa 0,7 € per jokipoi-kanen.

Joen virtaamien muutokset aiheuttavat menetyksiä sähköntuotannossa. Yksikkökustannuk-set ovat suuremmat Korkeakosken haarassa kuin Koivukosken haarassa, koska Korkea-

²⁸ Valuuttakurssi 9,1243 ja kuluttajahintaindeksi 1,234.

²⁹ Kymijoen nettokysyntäkäyrää muodostettaessa otetaan huomioon Vindeljoen ja Kymijoen kokoluokka seuraavasti. Vindeljoella nykyinen maksimimäärä on noin 20 000 lohta, joten suhteellisesti sen maksuhalukkuutta (17,72 euroa/kalastaja) vastaava kalamäärän muutos Kymijoella on 1500 (3000/20 000*10 000) lohesta 4500 (9000/20 000*10 000) loheen. Siten voidaan muodostaa kaksi yhtälöä $a-b \cdot X=0$ ja $\int_{1,5}^{4,5} (a-bx)dx = 17,72$. Yhtälöiden ratkai-susta saadaan Kymijoen nettokysyntäkäyrä, joka on muotoa $D=7,534014 - 0,430515 \cdot X$, missä X on nousukalojen määrä (1000 kalaa). Virkistyskalastuk-sen arvo per kalastaja lasketaan nettokysyntäkäyrän integraalin avulla. Koska nettokysyntäkäyrän arviointiin liittyy monia epävarmuuksia, lasketaan tulosten herkkyytarkasteluja varten vaihtoehto, jossa lohen maksimimääränä Vindel- ja Kymijoella käytetään 38 200 lohta ja 17 500 lohta. Luvut kuvaavat lohen maksimimäärää tilanteessa, jossa kyseiset joet olisivat rakentamattomia.

³⁰ Tämän ei-parametrisen mallinnuksen tulokset approksimoidaan bioekonomista mallia varten funktiosovitteilla. Kalastusvuorokausien funktio joen alaosalle on muotoa $Ka=(59784,46 \cdot Xa)/(14244,92+Xa)$ ja yläosalle $Ky=8002,449+1,619078 \cdot Xy$, missä Xa ja Xy kuvaavat kalamääriä ala- ja yläosalla vastaavasti. Alaosan osalta laskelmissa otetaan huomioon lähtötilanteen kalamäärät ja kalastusvuorokaudet ja vähennetään tästä aiheutuva hyöty virkistyskalastuksen kokonaishyödystä.

koskella padon pudotuskorkeus on suurempi kuin Koivukoskella (Laine 2006). Sähköntuotannon tehokkuuden ohella kustannukset riippuvat virtaaman muutoksen suuruudesta (m^3/s) ja muutetun virtaaman ajallisesta kestosta. Sähköntuotannon arvo on mallissa 33 €/MWh, mikä vastaa Nordpoolin sähkön hinnan keskiarvoa elo-lokakuussa vuosina 2014-2016 (Nordpool 2017). Sähköntuotannon vähentymisestä ei oleteta aiheutuvan kustannussäästöjä. Korkeakoskella kalaportaisiin pumpataan houkutusvirtaamaa sähköpumpulla ($0,5 \text{ m}^3/\text{s}$). Sähköpumpun hankintahinta on 20 000 euroa ja lisäksi pumppauksesta aiheutuu kustannuksia sähkön kulutuksen kautta. Laskelmissa käytettävä diskonttokorko on 3%.

3. TULOKSET

Perusskenaariot

Lohen luontaisen elinkierron palauttamistoimien vaikutuksia tarkastellaan aluksi neljän perusskenaarion avulla (Taulukko 1). Skenaarioissa A ja B optimoinnin tavoitteena on minimoida palauttamistoimien kustannuksia sillä rajoitteella, että lohen luonnollinen elinkierto saavutetaan. Eli skenaarioissa A ja B maksimoidaan palauttamistoimien kustannustehokkuutta. Skenaariossa A optimoitavana päätösmuuttujana on tuki-istutus ja skenaariossa B ylisiirto ja tuki-istutus. Ammattikalastuksen osalta skenaarioissa A ja B käytetään kiinteää kalastuskuolevuutta (35 %). Skenaariossa C tuki-istutusten ja ylisiirtojen ohella optimoidaan (säädellessään) ammattikalastuksen saalismäärää. Optimoinnin tavoitteena on maksimoida nettohyötyjä: ammattikalastuksen tulot miinus palauttamistoimien kustannukset. Skenaario D on muuten samanlainen kuin skenaario B, paitsi että optimoitavaan nettohyötyyn laskeetaan myös virkistyskalastuksen hyödyt. Skenaariossa D maksimoidaan siis palauttamistoimien yhteiskunnallista kannattavuutta.

Tuloksista nähdään, että lohen luontaisen elinkierron palauttaminen on yhteiskunnallisesti kannattavaa. Ylisiirtojen ja tuki-istutusten yhdistelmä on taloudellisesti parempi vaihtoehto kuin pelkkä tuki-istutusten käyttö. Skenaarioissa A ja B tuki-istutuksia tehdään vain aikajakson alussa viiden vuoden ajan. Skenaariossa B lohia siirretään padon yli noin 200 yksilöä vuodessa kolmen vuoden ajan ja tämän jälkeen noin 100 yksilöä viiden vuoden ajan. Skenaariossa C saavutetaan edelleen lisähyötyjä ammattikalastuksen säätelyn avulla. Optimaalista on rajoittaa ammattikalastusta alkuvuosina, jolloin voidaan vähentää ylisiirtoja ja tuki-istutuksia vastaavasti. Ylisiirtoja tehdään vain kolmena ensimmäisenä vuonna. Skenaariossa D tehdään enemmän palauttamistoimia kuin skenaariossa C, erityisesti ylisiirtoja tehdään vaihtelevasti koko tarkastelujakson ajan, koska tämä lisää virkistyskalastuksesta saatavaa hyötyä. Samasta syystä rajoitetaan voimakkaammin ammattikalalastusta. Skenaariossa D ammattikalastuksen saalismäärä on pitkän ajan tasapainossa alhaisemmalla tasolla kuin A-C skenaarioissa ja vastaavasti virkistyskalastuksen saalismäärä on korkeammalla tasolla. Skenaarioiden nettohyödyt eivät poikkea toisistaan kovinkaan paljon, koska nettohyödyn arvo määräytyy pääosin virkistyskalastuksen hyötyjen kautta. Virkistyskalastuksen hyödyn arvo on korkea kaikissa skenaarioissa lohen luontaisen elinkierron palautumisen myötä.

Taulukko 1. Perusskenaarioiden kustannusten ja hyötyjen nykyarvot 50 vuoden aikavälillä (miljoonaa euroa).

	SKENAARIOT			
	A	B	C	D
Kustannukset yhteensä	1,84	1,77	1,13	1,65
Ylisiirrot	0,00	0,13	0,09	0,24
Tuki-istutukset	1,84	1,63	1,04	1,41
Hyödyt yhteensä	21,93	21,92	21,44	23,57
Kaupallinen merikalastus	2,96	2,95	2,44	1,82
Virkistyskalastus	18,97	18,97	19,00	21,75
Nettohyödyt	20,09	20,15	20,31	21,92
Vaelluspoikaset, kpl*	132158	132158	132158	146405
Ammattikalastuksen saalis, kpl*	3175	3175	3175	2271
Virkistyskalastuksen saalis alaosalla, kpl*	590	590	590	778
Virkistyskalastuksen saalis yläosalla, kpl*	244	244	244	335

A = Palautetaan lohien luontainen elinkierto kustannuksia minimoiden tuki-istutusten avulla.

B = Palautetaan lohien luontainen elinkierto kustannuksia minimoiden tuki-istutusten ja ylisiirtojen avulla.

C = Palautetaan lohien luontainen elinkierto maksimoiden ammattikalastuksen ja tukitoimien nettohyötyjä tuki-istutusten, ylisiirtojen ja ammattikalastuksen sääntelyn avulla.

D = Palautetaan lohien luontainen elinkierto maksimoiden ammattikalastuksen, virkistyskalastuksen ja tukitoimien nettohyötyjä tuki-istutusten, ylisiirtojen ja ammattikalastuksen sääntelyn avulla.

* Luvut kuvaavat pitkän aikavälin tasapainoa

Virtaamien muutoskenaariot

Seuraavaksi tarkastellaan joen virtaamien muutosten vaikutuksia kolmen skenaarion avulla. Skenaariorissa E lisätään Koivukosken virtaamaa 10 m³/s ja vähennetään Korkeakosken virtaamaa vastaavasti 58 päivän ajan elo-lokakuussa, jolloin lohet pääasiassa nousevat. Virtaaman lisäys ylijuoikutetaan säännöstelypadon kautta lohien nousun edistämiseksi. Säännöstelypadon uoma on kuiva ilman ylijuoikutusta. Asiantuntija-arvioiden mukaan säännöstelypadon uomaan tarvitaan noin 10 m³/s vettä, jotta kalojen nousumahdollisuudet ovat hyvät. Tilastojen mukaan Korkeakoskella on viimeisen 17 vuoden aikana ylijuoikutettu vettä elo-lokakuussa keskimäärin 34 päivän aikana ja tyypillisesti ylijuoikutus on ollut enemmän kuin 10 m³/s (Suomen ympäristökeskus 2017). Siten ylijuoikutusta voidaan lisätä elo-lokakuussa 58 päivänä. Skenaariorissa F Koivukosken säännöstelypadon ylijuoikutusta lisätään kuten skenaariorissa E, mutta samalla vähennetään Koivukosken voimalaitoksen virtaamaa. Korkeakosken virtaama säilyy siis alkuperäisellä tasolla. Skenaariorissa E ja F oletetaan, että ylijuoikutuksen avulla kalojen nousu Koivukosken haarassa tehostuu 50 %:sta 75 %:iin. Skenaariorissa G lisätään Korkeakosken kalaportaiden houkutusvirtaamaa yhden lisäpumpun avulla. Tämän oletetaan tehostavan kalojen nousua Korkeakoskella 50 %:sta 75 %:iin.

Taulukko 2. Virtaamien muutoskenaarioiden kustannusten ja hyötyjen nykyarvot 50 vuoden aikavälillä (miljoonaa euroa).

	SKENAARIOT			
	E	F	G	D
Kustannukset yhteensä	2,79	1,91	1,80	1,65
Ylisiirrot	0,22	0,23	0,22	0,24
Tuki-istutukset	1,47	1,47	1,52	1,41
Sähkö	1,10	0,22	0,04	
Pumpun hankinta			0,02	
Hyödyt yhteensä	25,72	25,49	27,29	23,57
Kaupallinen merikalastus	2,08	2,06	2,22	1,82
Virkistyskalastus	23,64	23,43	25,07	21,75
Nettohyödyt	22,93	23,58	25,49	21,92
Vaelluspoikaset, kpl*	155881	154965	161539	146405
Ammattikalastuksen saalis, kpl*	2632	2600	2825	2271
Virkistyskalastuksen saalis alaosalla, kpl*	807	804	826	778
Virkistyskalastuksen saalis yläosalla, kpl*	411	403	468	335

E = Palautetaan lohen luontainen elinkierto maksimoiden ammattikalastuksen, virkistyskalastuksen ja tukitoimien nettohyötyjä tuki-istutusten, ylisiirtojen ja ammattikalastuksen sääntelyn avulla. Lisätään Koivukosken säännöstelypadon ylijuuksutusta (10 m³/s) elokuussa 58 päivänä siten, että Korkeakosken virtaama vähentyy vastaavasti. Oletetaan, että muutoksen myötä 75 % Koivukosken nousukaloista pääsee yläosalle aiemman 50 % sijaan.

F = Palautetaan lohen luontainen elinkierto maksimoiden ammattikalastuksen, virkistyskalastuksen ja tukitoimien nettohyötyjä tuki-istutusten, ylisiirtojen ja ammattikalastuksen sääntelyn avulla. Lisätään Koivukosken säännöstelypadon ylijuuksutusta (10 m³/s) elokuussa 58 päivänä siten, että Koivukosken voimalaitoksen virtaama vähentyy vastaavasti. Oletetaan, että muutoksen myötä 75 % Koivukosken nousukaloista pääsee yläosalle aiemman 50 % sijaan.

G = Palautetaan lohen luontainen elinkierto maksimoiden ammattikalastuksen, virkistyskalastuksen ja tukitoimien nettohyötyjä tuki-istutusten, ylisiirtojen ja ammattikalastuksen sääntelyn avulla. Lisätään Korkeakosken kalaportaiden houkutusvirtaamaa elo-lokakuussa yhden lisäpumpun avulla ja oletetaan, että nousukaloista 75 % pääsee kalaportaiden kautta yläosalle aiemman 50% sijaan.

D = Palautetaan lohen luontainen elinkierto maksimoiden ammattikalastuksen, virkistyskalastuksen ja tukitoimien nettohyötyjä tuki-istutusten, ylisiirtojen ja ammattikalastuksen sääntelyn avulla (sama kuin Taulukon 1 D-skenaario).

* Luvut kuvaavat pitkän aikavälin tasapainoa

Tuloksista nähdään, että nettohyödyt kasvavat virtaamien muutoksen myötä sähköntuotannon kustannuksien kasvusta huolimatta (Taulukko 2). Korkeakosken virtaamaa ei ole järkevää vähentää vaan hyödyllisempää on vähentää Koivukosken voimalaitoksen virtaamaa, kun ylijuuksutusta lisätään Koivukosken säännöstelypadolla. Skenaario E johtaa hieman suurempiin virkistyskalastuksen hyötyihin kuin skenaario F, vaikka nousutehokkuudet ovat samat, koska virtaaman muutoksen myötä entistä suurempi osa kaloista hakeutuu Koivukosken haaraan. Tällöin kaloja pääsee enemmän yläosalle, koska nousun onnistuminen Koivukosken kautta on arvioitu tässä tapauksessa paremmaksi kuin Korkeakosken kautta. Nettohyödyt ovat suurimmat skenaariossa G. Kaikissa virtaaman muutoskenaarioissa E-G lisätään tuki-istutuksia perusskenaarioon D nähden, mikä johtuu kalojen nousun tehostumisesta ja virkistyskalastuksen hyötyjen kasvusta. Nousun tehostumisen myötä pitkän aikavälin tasapainossa luonnon vaelluspoikasten tuotanto ja kalasaaliit ovat virtaaman muutoskenaarioissa suurempia kuin perusskenaarioissa.

Virtaamien muutosskenaarioiden tulokset riippuvat olennaisesti siitä, miten kalojen nousun onnistuminen alaosalta yläosalle paranee. Ei ole käytettävissä mitattua tietoa virtaaman muutoksien vaikutuksesta nousun onnistumiseen ja tulokset ovat lähes täysin riippuvaisia tähän tehtyistä oletuksista. Lisälaskelmien avulla voidaan kuitenkin arvioida, että esimerkiksi skenaariossa G nettohyödyt kasvavat skenaarioon D nähden, mikäli nousun onnistumisprosentti on Koivukosken haarassa suurempi tai yhtä suuri kuin 53 %. Ylijuoksetusten lisäämisen kustannusten kattamiseksi tarvitaan siis vain noin kolmen prosenttiyksikön tehostuminen kalojen nousussa. Vastaavasti skenaariossa F nettohyödyt kasvavat kun nousun onnistumisprosentti kasvaa vajaan yhden prosenttiyksikön Korkeakosken haarassa.

Herkkyystarkastelut

Edellä nähtiin, että virkistyskalastuksen hyödyt ovat keskeisellä sijalla lohen luontaisen elinkierron palauttamisen vaikutuksia tarkasteltaessa. Virkistyskalastuksen hyötyjen arviointiin liittyy kuitenkin monia epävarmuuksia, joten on syytä tehdä vaihtoehtoisia laskelmia tulosten tulkinnan tueksi. Virkistyskalastuksen hyötyjen arviointiin vaikuttaa etenkin kaksi seikkaa. Yhtäältä on arvioitava, missä määrin nettokysyntäkäyrän nollakohtaan liittyvä oletus vaikuttaa tuloksiin. Toisaalta on arvioitava, missä määrin arvostuksen taso, joka määräytyy kalastajakohtaisen maksuhalukkuuden ja kalastajamäärän tulona, vaikuttaa tuloksiin. Herkkyystarkastelua varten muodostettiin kolme skenaariota perusskenaarion D pohjalta. Skenaariossa H virkistyskalastuksen nettokysyntäkäyrän nollakohtaksi oletetaan 17 500 kalaa minä vuoksi virkistyskalastuksen kysyntä on perusskenaariota D suurempi (ks. alaviite 2). Skenaariossa I perusskenaarion mukaista virkistyskalastuksen arvoa vähennetään 50 % ja skenaariossa J 90 %.

Taulukko 3. Herkkyysskenaarioiden kustannusten ja hyötyjen nykyarvot 50 vuoden aikavälillä (miljoonaa euroa).

	SKENAARIOT			
	H	I	J	D
Kustannukset yhteensä	7,73	1,37	0,59	1,65
Ylisiirrot	0,29	0,16	0,12	0,24
Tuki-istutukset	7,44	1,21	0,47	1,41
Hyödyt yhteensä	60,30	12,57	4,01	23,57
Kaupallinen merikalastus	0,00	2,10	2,29	1,82
Virkistyskalastus	60,30	10,46	1,71	21,75
Nettohyödyt	52,58	11,19	3,41	21,92
Vaelluspoikaset, kpl*	245564	141462	132254	146405
Merikalastuksen saalis, kpl*	0	2743	3181	2271
Virkistyskalastuksen saalis alaosalla, kpl*	1713	697	591	778
Virkistyskalastuksen saalis yläosalla, kpl*	724	299	251	335

H = Palautetaan lohen luontainen elinkierto maksimoiden ammattikalastuksen, virkistyskalastuksen ja tukitoimien nettohyötyjä tuki-istutusten, ylisiirtojen ja ammattikalastuksen sääntelyn avulla. Virkistyskalastuksen kysyntäkäyrän nollakohtaksi oletetaan 17 500 kalaa.
 I = Palautetaan lohen luontainen elinkierto maksimoiden ammattikalastuksen, virkistyskalastuksen ja tukitoimien nettohyötyjä tuki-istutusten, ylisiirtojen ja ammattikalastuksen sääntelyn avulla. Skenaarion D mukaan laskettuja virkistyskalastuksen hyötyjä pienennetään 50 %,

J = Palautetaan lohen luontainen elinkierto maksimoiden ammattikalastuksen, virkistyskalastuksen ja tukitoimien nettohyötyjä tuki-istutusten, ylisiirtojen ja ammattikalastuksen sääntelyn avulla. Skenaarion D mukaan laskettuja virkistyskalastuksen hyötyjä pienennetään 90 %,

D = Palautetaan lohen luontainen elinkierto maksimoiden ammattikalastuksen, virkistyskalastuksen ja tukitoimien nettohyötyjä tuki-istutusten, ylisiirtojen ja ammattikalastuksen sääntelyn avulla, * Luvut kuvaavat pitkän aikavälin tasapainoa

Virkistyskalastuksen kysynnän lisäys muuttaa tuloksia olennaisesti skenaariossa H verrattuna perusskenaarioon D. Kaiken kaikkiaan nettohyödyt ovat yli kaksinkertaiset. Kaupallista kalastusta ei ole lainkaan, vaan kaikki kalat kalastetaan joella virkistäytymistarkoituksessa. Lisäksi tuki-istutuksia tehdään koko tarkastelujakson ajan. Luonnon vaelluspoikasmäärä pitkän ajan tasapainossa vastaa lähestulkoon joen maksimituotantoa.

Virkistyskalastuksen arvon pienentymisen myötä ylisiirrot ja tuki-istutukset pienentyvät vastaavasti skenaarioissa I ja J. Tästä johtuen luonnon vaelluspoikasmäärä myös vähenee. Lisäksi ammattikalastuksen saalismäärä kasvaa ja virkistyskalastuksen saalismäärä vähenee eli kalastuksen hyödyt kohdistuvat aiempaa enemmän ammattikalastukseen. Nettohyödyt ovat kuitenkin edelleen positiiviset ja siten lohien palauttaminen kannattavaa, vaikka virkistyskalastuksen hyödyt olisivat ainoastaan 10 % alkuperäisestä arviosta.

4. YHTEENVETO

Korkeakosken rakennutetut kalaportaat antavat hyvän lähtökohdan lohien luontaisen elinkierron palauttamiselle Kymijokeen yhteiskunnallisesti kannattavasti. Lohien palauttamiseksi tarvitaan tuki-istutuksia noin viiden ensimmäisen vuoden aikana. Tehokkainta olisi tehdä tuki-istutusten ohella ylisiirtoja alkuvuosina. Ammattikalastuksen säätely tarkastelujakson alkuvuosina on myös tehokas toimenpide, mikäli se on käytännössä toteutettavissa. Säätelyn myötä voitaisiin vähentää ylisiirtoja ja tuki-istutuksia. Palauttamistoimet ovat siis jossain määrin toisiaan korvaavia edellyttäen, että tuki-istutuksia on riittävästi lohien luonnollisen elinkierron palautumiseksi.

Palauttamistoimilla ei kuitenkaan ole kannattavaa eikä ole mahdollistakaan ottaa Kymijoen koko laskennallista tuotantopotentiaalia käyttöön. Tämä johtuu monista hävikkiä aiheuttavista tekijöistä, mutta etenkin kalojen nousun onnistumisesta kalaportaissa ja säännöstelypadolla; nousuesteiden olemassaolo joka tapauksessa hieman pienentää lohikannan kokoa verrattuna rakentamattoman joen tilanteeseen (Mäki-Petäys ym. 2013). Tulokset tukevat sitä näkemystä, että nousun onnistumista voisi olla kannattavaa pyrkiä edistämään virtaamamuutosten avulla kalojen parhaimpaan nousu-aikaan elo-lokakuussa ohjaamalla Koivukosken voimalaitokselta vettä säännöstelypadon ylijouksutuksiin. Korkeakoskella puolestaan voitaisiin pyrkiä lisäämään pumppaamalla houkutusvirtaamaa, mikäli tämä on mahdollista nykyisten rakenteiden puitteissa. Kyseiset toimenpiteet ovat yhteiskunnallisesti perusteltuja, jos niiden myötä lohien nousumahdollisuudet kohentuvat Koivukosken haarassa kolme ja Korkeakosken haarassa yhden prosenttiyksikön. Päätelmän tueksi tarvitaan kuitenkin vielä empiiristä aineistoa lohien nousun onnistumisesta Kymijoen kalaportaissa.

Analyysin tulokset riippuvat virkistyskalastuksen kysynnästä ja arvosta. Mitä suurempi virkistyskalastuksen kysyntä tai arvo sitä enemmän kannattaa toteuttaa lohien palauttamistoimia ja rajoittaa ammattikalastusta, joiden myötä virkistyskalastuksen hyödyt kasvavat. Kymijoen virkistyskalastuksen arvosta ei ole olemassa tutkimuksia, joten tuloksia on pidettävä lähinnä suuntaa-antavana. Tietopohjaa voitaisiin kohentaa toteuttamalla arvottamistutkimus Kymijoen kalastuksesta.

Edellä tarkasteltiin lohien palauttamista Kymijoelle, mutta vastaavia laskelmia voitaisiin tehdä myös muille rakennetuille joille (esim. Nieminen 2017). Edellytyksenä on, että tarkastelun kohteena olevan kalalajin elinkierto kyseisellä joella tunnetaan riittävän tarkasti. Ongelmaksi voi muodostua se, että kalan nousun onnistumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä ei ole tutkittu. Puute korostuu etenkin useita voimaloita sisältävillä joilla. Lisäksi tarvittaisiin tutkimuksia lohien palauttamisen markkinattomien hyötyjen arvosta, kuten virkistyskalastuksesta.

Kirjallisuus:

- Antti-Poika, V-P. 2006. Virtaamasäännöstelyn vaikutus Kymijoen lohipopulaatioon. Pro Gradu. Helsingin yliopisto, Biotieteiden laitos, Helsinki.
- HELCOM 2011. Salmon and Sea Trout Populations and Rivers in the Baltic Sea – HELCOM assessment of salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*) populations and habitats in rivers flowing to the Baltic Sea. Balt. Sea Environ. Proc, No. 126A, 79 pp.
- Håkansson, C. 2008. A new valuation question: Analysis of and insights from interval open-ended data in contingent valuation. *Env. Res. Econ.* 39: 175-188.
- Håkansson, C. 2009. Costs and benefits of improving wild salmon passage in a regulated river. *J. Env. Plan. Manage.* 52: 345-363.
- ICES. 2015. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST), 23-31 March 2015, Rostock, Germany. ICES CM 2015\ACOM:08. 362 pp.
- Kohavi, R. 1995: A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. Proceedings of the fourteenth international joint conference on artificial intelligence. s. 1137–1143. Morgan Kaufmann. San Mateo.
- Laine, A. 2006. Kymijoen vaelluskalojen nousureittien avaamisen kustannusten ja hyötyjen arviointi. Pro Gradu, Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos, Helsinki.
- Michielsens, C.G.J., McAllister, M.K., Kuikka, S., Mäntyniemi, S., Romakkaniemi, A., Pakarinen, T., Karlsson, L., Uusitalo, L. 2008. Combining multiple Bayesian data analyses in a sequential framework for quantitative fisheries stock assessment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65: 962–974.
- Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P., Erkinaro, J. 2013. Kymijoen lohikannan elvyttäminen – populaatiomallinnus tuki- ja säätelytoimien vaikutuksesta. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. RKTL:n työraportteja 5/2013.
- Nieminen, E. 2017. Bioeconomic and game theoretic applications of optimal Baltic Sea fisheries management. Towards a holistic approach. Academic Dissertation. University of Helsinki, Department of Economics and Management, Publications Nr. 65, Environmental and Resource Economics, Helsinki.
- Noonan, M., Grant, J., Jackson, C. 2012. A quantitative assessment of fish passage efficiency. *Fish and Fisheries* 13: 450–464.
- Pautamo, J., Vanninen, V. (toim.) 2009: Vaelluskalat Kymijoen voimavaraksi, Kymijoen kalataloudellinen kehittämissuunnitelma.
- Rumelhart, David E., Geoffrey E. Hinton, and R. J. Williams. Learning Internal Representations by Error Propagation. David E. Rumelhart, James L. McClelland, and the PDP research group. (editors), *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*, Volume 1: Foundations. MIT Press, 1986.

LIITE 4

(7 s.)

Kalavirta sidosryhmätyöpajan ohjelma (9.5.2017) ja muistio

Kello	Aihe + toiminta
12:00	KAHVI + Avaus, Tervetuloa
12:15	Odotuskeskustelu + nimikierrros
12:35	<p>Vesistökohtaisen KalaVirta-vision laadinta, Markku Maunula alustaa</p> <p>Parikeskustelu:</p> <p>Mitä ajatuksia herätti? Puuttuuko prosessista jotain?</p> <p>Purku yhteisesti keskustellen</p>
13:05	<p>Haittojen kompensatio, Antti Belinski alustaa</p> <p>4 ryhmää, sidosryhmät sekoitettuna (aiheesta 1 2 ryhmää):</p> <ol style="list-style-type: none">1. Voidaanko vesivoimatuotannon haittoja kompensoida siirtämällä velvoite saman vesistön eri kohtaan, jossa vaelluskalaston elinmahdollisuudet ovat suotuisat?<ul style="list-style-type: none">- korvaavat habitaatit samassa vesistössä• <p>Mitä hyvää ja mitä hankalaa toimenpide-ehdotuksessa on?</p> <p>Mitä nykyinen lainsäädäntöä mahdollistaa ja mitä muutostarpeita?</p> <ol style="list-style-type: none">2. Voidaanko vesivoimatuotannon haittoja kompensoida siirtämällä velvoite eri joelle, jossa vaelluskalaston elinmahdollisuudet ovat suotuisat?<ul style="list-style-type: none">•- korvaavat habitaatit muualla, haitan kompensatio lajille tai populaatiolle <p>Mitä hyvää ja mitä hankalaa toimenpide-ehdotuksessa on?</p> <p>Mitä nykyinen lainsäädäntöä mahdollistaa ja mitä muutostarpeita?</p> <ol style="list-style-type: none">3. Miten edistetään vaelluskalojen elinvoimaisuutta siten, että otetaan huomion virkistyskalastuspaine?

	<p>- Virkistyskalastuskompensaatio (kalastusoikeuden siirto toiseen kohteeseen, kalastettavan lajin istutus samaan kohteeseen (esim. kirjolohi))</p> <p>Mitä hyvää ja mitä hankalaa toimenpide-ehdotuksessa on?</p> <p>Mitä nykyinen lainsäädäntöä mahdollistaa ja mitä muutostarpeita?</p> <p>Purku yhteisesti keskustellen kysymys kerrallaan</p>
14:05	Tauko
14:15	<p>Sopeutuvat toimintamallit ja priorisointi vaelluskalojen elvyttämisessä, Teppo Vehanen alustaa</p> <p>Jako ryhmiin 4 kpl, ryhmät keskustelevat rinnakkain:</p> <p>Aihe1 Sopeutuvat toimintamallit vaelluskalojen elvyttämisessä</p> <p>Minkälaiset sopeutuvat/joustavat toimintamallit mahdollistaisivat vaiheittaisen etenemisen kohti <u>yhteisesti hyväksytyjä</u> ratkaisuja?</p> <p>Perusteluja, miksi olisi hyvä.</p> <p>Aihe 2</p> <p>Jokien priorisointitarve Vaelluskalaston elinvoimaisuuden kannalta osa kohteista on selkeästi arvokkaampia kuin toiset. Osassa kohteissa populaation häviäminen on erittäin lähellä. Osa vesivoimakoh-teista on tärkeämpiä valtakunnalliselle sähköntuotannolle kuin toiset.</p> <p>Ptäisikö kohteita priorisoida vaelluskalojen kannalta tärkeisiin kohteisiin sekä vesivoiman kannalta tärkeisiin kohteisiin?</p> <p>Mitä hyvää ja mitä huonoa priorisoinnissa olisi?</p> <p>Mihin priorisoinnin tulisi vaikuttaa?</p> <p>Purku molemmista aiheista, yhteisesti keskustellen</p>
15:30	<p>Vuosikellojen yhteensovittaminen, Saija Koljonen alustaa</p> <p>Parikeskustelu:</p> <p>Mitä ajatuksia herätti? Puuttuuko prosessista jotain?</p> <p>Purku yhteisesti keskustellen</p>
15:55	Jatkotoimenpiteet ja kiitos
16:00	Lopetus

Kalavirta- hankkeen sidosryhmätyöpaja. muistio

SYKE Tervapääsky ti 9.5.2017 klo 12-16, työpajan ohjaajana Pia Rotko (SYKE)

Alustuksissa pyrittiin avaamaan neljää erilaista toimenpide-ehdotusta tai mallia siitä, kuinka vaelluskalojen tilaa pystyttäisiin nykyistä paremmin turvaamaan erilaisilla toimenpiteillä. Keskusteluissa toimenpiteistä jaettiin valmiina ryhmille kysymyksiä, joista keskusteltiin vielä kaikkien osallistujien kesken. Tässä muistiossa on pyritty yhdistämään eri osapuolten näkökulmia yhteisten otsikoiden alle.

Vesistökohtainen suunnittelu

Alustus: Markku Maunula SYKE

Keskustelu vesistökohtaisesta suunnittelusta ja kokonaiskuvan ymmärtämisestä ennen yksittäisiä toimenpiteitä. Käyttöpaineiden ymmärtäminen ja erilaiset haasteet valuma-alueelta merikalastukseen saakka.

Kokonaiskuvan luonti koettiin yleisesti tärkeänä lähtökohtana

- Vesivoimateollisuuden on vaikea viestiä kokonaiskuvasta ilman leimautumista, joten kokonaisuuden kannalta sillä on merkitystä, kuka näistä aiheista viestii ja miten. Keskustelu on kuitenkin polarisoitunutta.
- Kalateiden lisäksi pitäisi pystyä puhumaan yleisesti kustannustehokkaista ratkaisuista.
- Painetta kansalaisviestintään, joka on aiheesta hyvin ohutta ja teknistä.
- Eri käyttäjäryhmien tarpeet (myös ryhmien sisällä, esim. kalastajat) otettava huomioon, voivat olla hyvinkin erilaisia.
- Keskustelussa jäi vielä avoimeksi, mikä on vesien omistajien (kalatalouskeskus, kalastajaliitto, osakaskunnat) rooli prosessissa. Omistajien aktiivinen rooli olisi tärkeä.
- Nykyiset vesienhoitosuunnitelmat, tulvariskien hallintasuunnitelmat ja tulevat kalatalousalueiden hoito- ja käyttösuunnitelmat olisivat varmasti oikea paikka ottaa huomioon myös ympäristövirtaaman tarpeet. Jatkossa etenkin vesienhoitosuunnitelmien ja kalatalousalueen suunnitelmien laadinnassa tulisi kommunikoida aihepiiristä, koska näiden yhdistelmällä kokonaisvaltainen ratkaisu on mahdollinen.
- Keskustelussa on hyvä tuoda esiin seikkoja, joilla helposti saadaan muutosta aikaan esim. pienillä kunnostustoimenpiteillä.
- Realiteetti kuitenkin on, että vesivoima on laillisesti ja luvanmukaisesti olemassa, kyse on veden käytön joustavoittamisesta. Vesitaselaskelmien käyttö veden riittävyyden laskennassa auttaisi sitoutumisessa erilaisiin ratkaisuihin.

Haittojen kompensatio

Alustus: Antti Belinskij UEF

Keskustelu vesiluvissa määrättyjen kalataloustoimenpiteiden toteuttamisesta yksittäisen hankkeen vaikutusalueen ulkopuolella sekä toimenpiteiden rahoituksesta ja tarpeeksi laajasta eri osapuolten huomioon ottamisesta. Lisäksi keskusteluaiheena nykyisen vesilain muutostarpeet.

Yleisperiaatteena se, että kompensointitoimia tarvittaisiin mahdollisimman vähän

- Edellyttää nykyistä joustavampia mahdollisuuksia tarkistaa vanhoja lupia.
- Tässä tarkoituksessa tulisi pohtia erityisesti vesilain säännöksiä kalatalousmääräysten muuttamisesta ja lisäämisestä.
- Lisäksi tulisi pystyä ottamaan lupamääräyksissä ympäristövirtaamanäkökulma ja muut kalataloudelliset tekijät huomioon kokonaisuuksina.
- Monissa tapauksissa vaelluskalakannan elvyttämistä voitaisiin tukea pelkällä veden luovuttamisella esim. luonnonuomaan.
- Tärkeää olisi pystyä toimimaan erityisesti vanhojen hankkeiden kanssa, sillä uusia voimalaitoshankkeita on näköpiirissä hyvin vähän.

Kompensointi

- Kompensointi on verraten laaja käsite, kaipaa selvennystä. Yleisesti on käytetty termiä kompensaatio, kun on kyse velvoiteistutuksista tai muista haitta-alueilla tehtävistä toimenpiteistä.
- Jatkumo vaikutusten ehkäisystä kompensointiin pidettävä esillä, haittojen välttäminen ja ehkäisy pidettävä aina kuitenkin etusijalla.
- Kalatalousmaksun käyttöä samoin kuin kalatalousmääräyksiin liittyviä säännöksiä voisi olla mahdollista joustavoittaa vesilaissa.

Tulee kiinnittää huomiota sekä yleisiin että yksityisiin etuihin. Yleisiä etuja ovat esimerkiksi vaelluskalakantojen elinvoimaisuus ja ympäristön monimuotoisuus, yksityisiä taas esimerkiksi haitankärsijöiden kalastusmahdollisuudet ja muut paikalliset intressit. Siltä osin kuin kysymys on yleisille eduille kohdistuvien haittojen minimoinnista, voidaan ajatella kompensointia joustavammin samalla tai jopa toisella joella.

Esiintyi myös kriittisiä äänenpainoja kompensointia ajatellen juuri yksityisten etujen huomiointiin ottamisen näkökulmasta. Tulisi pohtia avoimesti, mitä intressejä priorisoidaan. Kompensointiin liittyvät näkemykset ovat viranomaistahoilla eriävät, kompensaatiomekanismeja tulisi tarkastella ensin yleisellä tasolla kokonaisuutena (eri aihepiirien kompensoinnit) ja yhtenäistettävä viranomaisten linja.

Kalatalousmaksun käyttöä voisi mahdollisesti joustavoittaa ja sitä on jo nykyisellään pyritty monimuotoisesti tekemäänkin eri tavoin, mutta ongelmina ovat siihen liittyvän käyttösuunnitelman laatimisen jäykkyys ja myös se, että maksut kiertävät valtion budjetin kautta, mikä tarkoittaa aikarajoituksia niiden käytölle (maakuntahallintomalli voi tuoda tähän asetelmaan muutoksia). Kalatalousmaksun käyttö on pitkälti kalatalousviranomaisen käsissä – tulee kuitenkin löytyä yhteys maksua suorittaneen hankkeen vaikutusten hillintään.

Esimerkkeinä kompensaatioista, jotka ovat olleet käytännössä esillä, keskusteltiin Helsingin Viikinmäen puhdistamon haittojen kompensointimahdollisuudesta Vantaanjoella sekä ajatuksista Kemijoen kalatalousmaksujen keräämisestä koko alueelta useiden vuosien ajalta (mahdollistaisi kalatien rahoittamisen). Esimerkkinä voisi olla myös isännättömän padon purkaminen toisella vesistöalueella, joka kompensoisi habitaattia täysin toisessa vesistössä.

Useita kysymyksiä heräsi kompensaatiosta;

- Jos haittaa paikassa A kompensoidaan paikassa B, niin pääseekö B-paikan ongelman aiheuttajat kuin koira veräjästä?
- Yleinen etu vs. yksityinen etu: Miten huolehditaan, että yksityinen etu toteutuu. Jos oletetaan, että yhtiö kompensoi haitan alueella X täysimääräisesti, niin onko sillä halua enää maksaa ylimääräistä alueella Y?
- Ajallinen ulottuvuus: voimalaitos on rakennettu kauan sitten eikä kalatietä ole vaa-dittu/rakennettu. Periytykö ”synti” seuraavalle omistajalle, vaikkei ole hänen syynsä?
- Onko edes toivottavaa muuttaa lainsäädäntöä tähän suuntaan, löytyykö win-win tilanteita?
- Voidaanko kompensaatio viedä naapurimaahan, jos siellä on paras mahdollisuus habitaattien tai lajiston kannalta?

Kompensaatioajatusta toisessa vesistössä pidettiin keskusteluissa myös pelottavana ajatuksena. Keinotekoisilla/rakennetuilla habitaateilla ei voida korvata luonnonalaisten habitaattien menetyksiä. On tärkeää huomata ero sillä, että kompensoidaan menetetty luontoarvo muualla tai kalataloudellisen haitta toisaalla, sillä kalaveden tuotto on rahallisesti arvokkaampi asia kuin esim. jonkin yksittäisen eliölajin suojeleminen.

EKOenergia-ympäristömerkin kriteereitä on tarkoitus tarkistaa. EKOenergiasta kerättyä rahastoa voidaan hyödyntää erityyppisissä virtavesiä hyödyttävissä hankkeissa myös muualla, ei pelkästään ko. vesistössä, jossa voimalaitos sijaitsee. Jos lakia muutetaan, niin mikä on sertifiointijärjestelmä ja lain suhde?

Kompensoivien toimenpiteiden rahoitus

Lähtökohtaisesti kompensoivien toimenpiteiden hakija vastaa kustannuksista. Kun on kysymys vesivoimalaitoksen aiheuttamista haitoista ja velvoitteista, ko. laitoksen omistaja vastaa kustannuksista. Tällöin voi seurauksena olla myös kalatalousmaksun pienentäminen, koska haitat ovat pienemmät. Velvoitteita voitaisiin vähentää, jos voimalaitos kompensoi muualla. Jos toimenpiteistä on muutakin hyötyä esim. yleistä hyötyä vaelluskalojen elinvoimaisuudelle, virkistyskalastukselle ja matkailulle voivat myös hyödynsaajat, kunta ja valtio osallistua kustannuksiin.

Tulisiko esimerkiksi kalatalousmaksuja pystyä käyttämään yksittäisen hankkeen vaikutus- aluetta laajemmalla alueella?

Tätä ehdotusta kannatettiin kuitenkin siten, että osa maksuista kohdennetaan niin, että voidaan osoittaa siitä olevan hyötyä myös haitasta kärsiville tahoille. Maksu tulisi kuitenkin kohdentaa samalle vesistöalueelle, mutta esim. latvavesistön kutualueiden parantamiseen, mistä on hyötyä myös itse pääuomassa. Esim. Kyrönjoen vesistöalueella on yli 70 turvetuotantoaluetta ja kalatalousmaksu kohdennetaan yksittäistä turvetuotantoaluetta laajemmalle alueelle.

Tulisiko kalataloustoimenpiteiden rahoituspohjaa pystyä laajentamaan?

Kalataloustoimenpiteille on jo nyt mahdollista saada rahoitusta eri lähteistä, kuten ympäristösertifoidut sähkötuotteet (esim. EKOenergia), eu-rahoitus, erilaiset rahastot, valtion kärkihanke- ja muu rahoitus. Laajentamista voitaisiin harkita esim. tuulisähkön tapaan. Myös ei käytössä olevien isännättömien patojen ja muiden esteiden poistamisen rahoittamisen laajentaminen on tarpeen. Tästä tarvittaisiin mahdollisesti erillinen ohjelma hanke.

Sopeutuvat toimintamallit ja priorisointi

Alustus: Teppo Vehanen Luke

Keskustelu sopeutuvista / joustavista toimintamallit mahdollistaisivat vaiheittaisen etenemisen kohti yhteisesti hyväksytyjä ratkaisuja.

Sopeutuvuus tai joustavuus pitää sisällään yhteiskunnallisen muutokset eli toimijat voivat muuttua, tietyt toimet (lupaviranomainen) kuitenkin ovat jatkossakin prosessissa mukana. Toimintamallien sisäistäminen käytäntöön vaihtelee huomattavasti ja yleisesti alueellisesti on käytössä erilaisia toimintamalleja. Sopeutuva toimintamalleja on jo käytössä esim. Pohjois-Suomessa, jossa kalatalousvelvoitteita on kirjoitettu joustaviksi. Esimerkkinä sopeutuvasta mallista on Inarinjärven kalatalousalue, jossa siian istutuksille olemassa raja-arvo, jonka perusteella muutetaan istutuksia. Velvoitteen arvo voidaan määrätä kiinteäksi (esim. on istutettava tietty määrä jotain), mutta esim. kalojen lajia tai istutusikää voidaan muuttaa. Näissä tapauksissa muutoksista päätetään yhdessä (viranomainen, toiminnanharjoittaja ja haitankärsijä).

Käytännössä siis mahdollisuudet ja työkalut joustavaan sopeuttamiseen ovat olemassa, mutta missä määrin niitä noudatetaan? Sopeuttaminen ja tulosten tarkastelu määräajoin on myös resurssikysymys, tosin toimien tuloksellisuuden kannalta seuranta ja uudelleen arviointi voisi olla usein hyvin kustannustehokasta. Usein erilaiset näkemykset eivät perustu toteutettuun seurantaan ja sen antamiin tuloksiin.

Pidettiin erittäin tärkeänä ylläpitää vuoropuhelua kaikkien asian ympärillä olevien kanssa. Lopputavoite silmällä pitäen pitää vain määrittää, kuka tekee mitä ja missä vaiheessa. Voidaan olettaa, että lopputulos on ennustettavampi, nopeampi ja hyväksytympi, kun edetään sopeuttamalla toimia verrattuna oikeusprosessiin. Kaikkien osapuolten sitoutuminen yhteisen päämäärän taakse antaa todennäköisesti paremman tuloksen. Erilaisissa kohteissa kaivataan jatkossakin erilaisia toimintatapoja ja ne voivat lopputuloksineen erota huomattavasti toisistaan.

Pitäisikö kohteita priorisoida vaelluskalojen kannalta tärkeisiin kohteisiin sekä vesivoiman kannalta tärkeisiin kohteisiin?

Kalatiestrategiassa ja kärkihankkeissa on priorisointi tehty ja kohdennettu pääasiassa suuriin lohijokiin. Erilaisia priorisointitarpeita on useita, esiin nousivat esimerkkinä meritaimenjoet, joista useiden kannat ovat erittäin uhanalaisia. On tärkeää miettiä mitä priorisoidaan ja mihin se vaikuttaa (esim. vain valtion rahallinen osallistuminen vai eroja toiminnanharjoittajiin kohdistuvissa vaatimuksissa). Priorisoinnin kriteereissä tulee ottaa vesivoiman ohella myös muut tekijät huomioon, esim. museoviraston näkemykset liittyen arvokkaisiin historiallisiin rakenteisiin ja yleiset luontoarvot (Natura2000 alueet). Etelä-Suomen vesistöillä on myös huomattava priorisointiin vaikuttava tekijä liittyen virkistyskalastukseen ja matkailuun, koska näillä alueilla kalastuspaine on huomattavan suuri.

Priorisointiin vaikuttaa myös kuntien halukkuus osallistua hankkeisiin. Kunnilla on muitakin intressejä kuin vaelluskalakysymys esim. asukkaiden ulkoilu- ja virkistysmahdollisuuksien paraneminen ja matkailun edistäminen.

Tällä hetkellä kalojen uhanalaisuuden vuoksi priorisointi on monimuotoisuuden säilyttämisessä. Virkistyskalastus ei ole siis käytetty prioriteetti, mutta useissa kohteissa saaliiksi joutuu myös uhanalaisia lajeja. Virkistyskalastuksen huomiotta jättämisessä on kyseessä ajallinen ongelma – jos suojelupäätökset tehdään nyt vain suojelu- ja kustannustehokkuuskriteerillä, tulee elinvoimaisemman kannan realisoituessa kysymykseen virkistyskalastuksen sijoittuminen sillä hetkellä oikealle alueelle. Virkistyskalastushyötyjä ei siis tulisi unohtaa tässä vaiheessa priorisoinnissa, mutta kalastusta tulisi rajoittaa näillä alueilla kunnes populaatio kestää kalastuspaineen.

Vesivoiman priorisointiin vaikuttaa se, että energian tuotannon kannalta vesivoimalla on suuri merkitys uusiutuvana ja päästöttömänä energiana. Merkitys on sekä alueellinen että valtakunnallinen. Pienemmälläkin voimalaitoksilla sähkön tuotannon arvo on merkittävä, kun verrataan muihin uusiutuviin energiamuotoihin. Arvo riippuu säätelykapasiteetista ja –tarpeesta. Toisaalta vesivoiman kannalta tärkeillä joilla (isot voimakkaasti porrastetut joet) voi olla mahdollisesti myös paremmat resurssit kalataloudellisten haittojen minimointiin.

Priorisoinnin plussat ja miinukset

- + kustannustehokkuus, parempi mahdollisuus yhteen sovittaa tavoitteet
- + yhteinen ja laaja rahoitus hankkeille on helpompi järjestää
- + kustannustehokkuus antaa eri toimijoille huomattavasti lisää halukkuutta osallistua hankkeisiin
- + kantojen suojelun tärkeys
- + mahdollisuus merilohen ammattikalastuksen edistämiseen
- + yleisten (kansalliset, lajit, populaatiot) etujen toteutuminen

- mahd. eriarvoisuus eri alueiden ja haitankärsijöiden välillä
- yksityisten etujen suoja
- kalastusrajoitukset priorisoiduilla alueilla (joiden kanssa kuitenkin pitkälti opittu jo elämään)

Vaelluskalojen ja vesivoimatuotannon vuosikellot

Alustus: Saija Koljonen SYKE

Keskustelu mahdollisuudesta yhteen sovittaa vaelluskalojen elinkierron eri vaiheiden virtaamatarpeet ja vesivoimatuotannon erilaiset virtaamatarpeet. Varsinaisen ympäristövirtaaman käsitteen soveltaminen ja hyödyntäminen vaelluskalojen elinkierron turvaajana.

Järvien ja jokien säännöstelystä johtuva vastakkainasettelu voi kärjistyä ilmastonmuutoksen seurauksena.

Yhteensovittamisen kannalta on vaikeaa laskea oikeita vesimääriä, sillä joka kohteessa tulee paljon tapauskohtaisia kysymyksiä. Kohteissa tarvitaan myös pohjaksi mallinnustietoa kohdelajista ja sen elinympäristövaatimuksista ja pohjatietojen määrä vaihtelee huomattavasti.

Mikä olisi menetysten suhde, jos vuosikelloajattelun sijaan laskettaisiin luontaiseen uomaan vettä? Luontaisen uoman vesitys olisi kustannustehokkain kunnostustoimi, sillä uomat ovat usein habitaatteina valmiita ja pienillä toimilla olisivat poikastuotantoon sopivaa elinympäristöä. Tällöin virtaama voisi mahdollisesti noudattaa luontaista virtaamavaihtelua.

Tulvasuojelu vaikuttaa usein asiaan, maanviljelijöille ei haluta aiheuttaa kevättulvia ja siten vettä ei voida varastoida riittävästi ympäristövirtaamia varten.

Onko muutosten tekeminen juoksutusikäntöihin helpompaa ja voimantaluuden/suomalaisen sähköntuotantojärjestelmän kannalta vähemmän haitallista sellaisissa vesistöissä, joissa ei ole lyhytaikaissäätömahdollisuutta?

Yleisemmin esim. TEM tukee pienvesivoimalaitosten uusimista ja tähän tukeen voidaan sisällyttää myös vaelluskalan kulun parantamisen toimia. Laitosten uusimisen yhteydessä voi syntyä myös winwin tilanteita. Esim. Harjavallan vesivoiman modernisoinnin seurauksena pystytään nyt hyödyntämään pienempiä virtaamia eikä laitoksella ole tarvetta harjoittaa ns. katkokäyttöä ja myös alivirtaamat alapuolisessa koskessa ovat vaelluskalan kannalta paremmat.

Jatkossa mennään ehkä enemmän perusmarkkinahintaiseen sähköön esim. lämminvestivaarajien käytön ja uuden teknologia myötä, jolloin nopea sähkönsäätö saattaisi menettää merkitystään. Keskusteltiin myös pienistä läpivirtaamavoimaloista ja olisiko sieltä helpompi (halvempi) luovuttaa vettä ekologiseksi virtaamaksi, mutta tätä ei vesivoiman näkökulmasta voi yleistää.

Työpajaan osallistuneiden odotuksia ja ajatuksia ennen keskustelua:

- Uusi aihepiiri, mutta odottavat tunnelmat
- Samaa asiaa kynnetään
- Asioiden kirkastumista
- Avointa vuorovaikutusta
- Odotukset korkealla, koska paikalla loistava porukka

Kommentteja työpajan jälkeen:

- Työpaja oli odotuksia parempi
- Avoin keskustelu laajassa sidosryhmässä oli erittäin hyvä
- Uutta tietoa
- Hyvä ja asiantunteva osallistujaporukka
- Fokusoimista tarvitaan
- Routa sulaa

LÄHTEITÄ JA TAUSTA-AINEISTOJA

- Liite 1** Ympäristövirtaaman määrittelyn menetelmät – tapaustutkimukset Suomessa
- Liite 2** Kirjallisuuskatsaus virkistyskalastuksen rahassa mitattaviin hyötyihin
- Liite 3** Lohen luontaisen elinkierron palauttamisen kustannustehokkuus ja yhteiskunnallinen kannattavuus: Kymijoen mallitarkastelu
- Liite 4** Sidosryhmätyöpajan ohjelma ja muistio

Ahtiainen, H., Artell, J., Pouta, E., Lankia, T. 2015. Valuation of ecosystem services. Raportissa Towards a sustainable and genuinely green economy. The value and social significance of ecosystem services in Finland (TEEB for Finland): Synthesis and roadmap. Koonneet Jäppinen, J-P. ja Heliölä, J. The Finnish Environment 1/2015.

Czajkowski, M., Ahtiainen, H., Artell, J., Meyerhoff, J. 2017. Choosing a functional form for an international benefit transfer: Evidence from a nine-country valuation experiment. Ecological Economics 134: 104-113. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.01.005

Duffield, J.W. 2011. The political economy of hydropower and fish in the Western US. Luku 8. Kirjassa Modern cost-benefit analysis of hydropower conflicts, toim. Johansson, P-E. ja Kriström, B. Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, Iso-Britannia. ISBN 978 1 84980 880 4.

Dubrovin, T., Isid, D., Kumpumäki, M., Mustajoki, J., Jakkila, J., Marttunen, M. 2017. Kehittämissuositukset Pirkanmaan keskeisten järvien säännöstelyille. Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 26/2017.

Ekroos, A. 2008. Vesivoiman käyttöoikeuden päätyminen – ongelmia ja mahdollisia ratkaisuja. Edilex 2008/18. Edita Publishing Oy 2008. Saatavilla <https://www.edilex.fi/artikkelit/5511.pdf> (tarkistettu 1.3.2017).

HE 17/1994 vp: Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi vesilain muuttamisesta.

HE 277/2009 vp: Hallituksen esitys Eduskunnalle vesilainsäädännön uudistamiseksi.

Hepola, M. 2005. Oikeusvoimaopin transformaatio. Siviiliproessioikeudellisen oikeusvoimaopin muuttuminen ja siirtyminen hallinto- ja ympäristöoikeuteen ympäristöluvan pysyvyyden kannalta. Helsinki 2005.

Hepola, M. 2007. Kalatalousvelvoite muutoksen tuulissa. Teoksessa Vesi, ympäristö ja oikeus: Juhlakirja Pekka Kainlaurille. Vaasan Hallinto-oikeus, Vaasa 2007.

Hollo, E. J. 2014. Vesioikeus. Porvoo 2014.

Håkansson, C. 2009. Costs and benefits of improving wild salmon passage in a regulated river. Journal of Environmental Planning and Management 52: 345-363. DOI: 10.1080/09640560802703249

Håkansson, C. 2008. A new valuation question: Analysis of and insights from interval open-ended data in contingent valuation. Env. Res. Econ. 39: 175-188.

Kalatiestrategia: Valtioneuvoston päätös 8.3.2012. Kansallinen kalatiestrategia.

Karjalainen, T.P., Rytkönen, A.-M., Marttunen, M., Mäki-Petäys, A., Autti, O. 2011. Monitoivoitearviointi lijojen vaelluskalakantojen palauttamisen tukena. Suomen ympäristö 11/2011.

Koljonen, S., Ahopelto, L., Hellsten, S., Olin, S., Keto, A. 2016. Ympäristövirtaaman määrittäminen erityyppisissä jokivesistöissä. Hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskus.

Marttunen, M., Hellsten, S., Kerätär, K., Tarvainen, A., Visuri, M., Ahola, M., Huttunen, M., Suomalainen, M., Ulvi, T., Vehviläinen, B., Vántänen, A., Päiväniemi, J., Kurkela, R. 2004a. Kemijärven säännöstelyn kehittäminen: yhteenveto ja suositukset / Rovaniemi: Lapin ympäristökeskus. - 236 s. : kuv. + taul. ISBN 952-11-1796-6; 952-11-1797-4 (pdf) (Suomen ympäristö, ISSN 1238-7312 ; 718) (Luonto ja luonnonvarat)

Marttunen, M., Nieminen, H., Keto, A., Suomalainen, M., Tarvainen, A., Moilanen, S., Järvinen, E., A. 2004b Helsinki : Suomen ympäristökeskus, Pirkanmaan keskeisten järvien säännöstelyjen kehittäminen: yhteenveto ja suositukset - 192 s. : kuv. + taul. ISBN 952-11-1664-1; 952-11-1665-X (pdf), URN:ISBN:952111665X nid. (Suomen ympäristö, ISSN 1238-7312 ; 689) (Luonto ja luonnonvarat)

Marttunen, M., Järvinen, E., A. 1999. Päijänteen säännöstelyn kehittäminen: yhteenveto ja suositukset / Helsinki: Suomen ympäristökeskus- 168 s. : kuv. + taul. ISBN 952-11-0602-6, (Suomen ympäristö, ISSN 1238-7312; 357) (Luonto ja luonnonvarat)
Martinmäki, K., Marttunen, M., Ulvi, T., Visuri, M., Dufva, M., Sammalkorpi, I., Ahtiainen, H., Lemmelä, E., Auvinen, H., Partanen-Hertell, M., Lehto, A., Väisänen, T., Mustajoki, J., Ihme, R. (2010). Uusia menetelmiä järven kunnostushankkeen suunnitteluun. Suomen ympäristö 19/2010.

Marttunen M., Mustajoki J., Verta O.-M., Hämäläinen R.P. 2008. Monitavoitearviointi vuorovaikutteisessa ympäristösuunnittelussa – Menetelmä ja sen soveltamisesimerkkejä vesistöjen käytössä ja hoidossa. Suomen ympäristö 11/2008, pp. 71.

Mustajoki J., Marttunen M., Hokkanen J. 2015. Monitavoitearviointin ja ongelmien jäsentelymenetelmien hyödyntäminen ympäristövaikutusten arvioinneissa. IMPERIA Projektiraportti, Suomen ympäristökeskus, pp. 97.
<https://www.jyu.fi/bioenv/osastot/ymp/imperia/tuotokset/Monitavoitearviointinjaongelmienjäsentelymenetelmienhydyntminenympristvaikutustenarvioinneissa.pdf>

Mäki-Petäys, A., van der Meer, O., Romakkaniemi, A., Orell, P., Erkinaro, J. 2013. Kymijoen lohikannan elvyttäminen – populaatiomallinnus tuki- ja säätelytoimien vaikutuksesta. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. RKTL:n työraportteja 5/2013.

Nieminen, E. 2017. Bioeconomic and game theoretic applications of optimal Baltic Sea fisheries management. Towards a holistic approach. Academic Dissertation. University of Helsinki, Department of Economics and Management, Publications Nr. 65, Environmental and Resource Economics, Helsinki.

Parkkila, K. 2005. Simojen lohien saalismäärän lisääntymisen taloudellinen arviointi contingent valuation-menetelmällä. Pro gradu, marraskuu 2005. Helsingin Yliopisto, maatalous- metsätieteellinen tiedekunta, taloustieteen laitos, ympäristöekonomia.
<https://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/talou/pg/parkkila/>

Pearce, D. 2002. An Intellectual History of Environmental Economics. Annual Review of Energy and the Environment 27:57-81. DOI: 10.1146/annurev.energy.27.122001.083429

Pietilä, J. 1973. Vesioikeus. Vammala 1973.

Pokka, H. 1991. Rakennettujen vesistöjen jälkivalvontajärjestelmät. Vammala 1991.

Rotko, P., Marttunen, M., Vehanen, T., Orell, P., Saura, A., Koivurinta, M., Vanninen, V., Pakarinen, T., Kaukoranta, M. 2015. Kymijoen kalatalouden kehittämisen monitavoitearviointi vaelluskalakantojen elvyttämiseksi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus, 32/2015.

Rytkönen, A.-M., Marttunen, M., Kurkela, A., Karjalainen, N., Alaraudanjoki, T. 2014. Kemi-joen tulvariskien hallinnan suunnittelun monitavoitearviointi – Toimenpiteiden arvioinnin

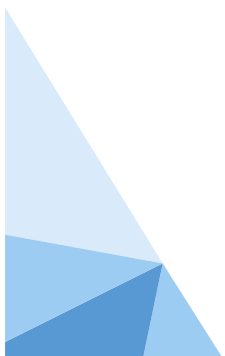
toteutus ja tulokset. Hankkeen loppuraportti, Suomen ympäristökeskus ja Lapin ELY-keskus. – Hankkeessa toteutetun monitavoitearvioinnin kuvaus.

Toivonen, A.-L., Roth E., Navrud, S., Gudbergsson, G., Appelblad, H., Bengtsson, B., Tuunainen, P. 2004. The economic value of recreational fisheries in Nordic countries. *Fisheries Management and Ecology* 11: 1-14. DOI:10.1046/j.1365-2400.2003.00376.x

Väisänen, S., Ahopelto, L. 2016. Vesivarojen arvo Suomessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23/2016.

Whitehead, J.C., Weddell, M.S., Grootuis, P.A. 2016. Mitigating hypothetical bias in stated preference data: Evidence from sports tourism. *Economic Inquiry* 54: 605-611. DOI:10.1111/ecin.12253

Wyrick, J.R., Rischman, B.A., Burke, C.A., McGee, C., Williams, C. 2009. Using hydraulic modeling to address social impacts of small dam removals in southern New Jersey. *Journal of Environmental Management* 90: S270-S278. DOI:10.1016/j.jenvman.2008.07.027





ITÄ-SUOMEN
YLIOPISTO



S Y K E



LUONNONVARAKESKUS

VALTIONEUVOSTON
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA

tietokayttoon.fi

ISSN 2342-6799 (pdf)
ISBN 978-952-287-461-0 (pdf)

