

26.1.2024

Vesivoiman biodiversiteettivaikutukset

GAIA CONSULTING OY



CONFIDENTIAL

Sisällysluettelo

1	Johdanto	2
1.1	Työn tarkoitus ja rajaus.....	2
1.2	Käytetyt menetelmät	3
1.3	Lyhyesti vesivoimasta	3
2	Vesivoiman paineet ja vaikutukset virtavesien ja säännöstelyjen järvien biodiversiteettiin	5
2.1	Fyysisestä esteestä aiheutuvat vaikutukset virtavesissä.....	9
2.2	Veden virtaaman säätelystä johtuvat vaikutukset virtavesissä	11
2.3	Aineksen kulkeutumisen muutoksista aiheutuvat vaikutukset virtavesissä.....	13
2.4	Vedenkorkeuden vuodenaikaisvaihtelun muutoksista aiheutuvat vaikutukset säännöstelyjärvissä.....	14
3	Vaikutusten seuranta	16
3.1	Vesipuidedirektiivi ohjaa biodiversiteettityötä vesistöissä.....	17
3.2	Pintavesien ekologisen tilaluokituksen seurantamenetelmät ja indikaattorit.....	18
3.3	Tilaluokituksen menetelmien soveltuvuus vesivoiman vaikutusten seurantaan ...	19
3.4	Muut mahdolliset seurantamenetelmät	22
3.5	Menetelmät vesivoiman biodiversiteettivaikutusten merkittävyyden arviointiin	24
4	Vaikutusten hallinta ja lieventämistoimenpiteet.....	25
4.1	Mahdollisia toimenpiteitä virtavesissä	26
4.2	Mahdollisia toimenpiteitä säännöstellyissä järvissä	28
5	Johtopäätökset.....	29
6	Lähdeluettelo.....	31

1 Johdanto

Energia-alan tavoitteena on olla luontoposiitiivinen vuoteen 2035 mennessä. Energiateollisuus ry julkaisi tavoitteen saavuttamiseksi biodiversiteettitiekartan kesällä 2022.¹ Tiekartassa asetetaan askelmerkit ja tavoitteet koko energia-alan siirtymälle kokonaisvaikutuksiltaan luontoposiitiiviseen energiajärjestelmään.

Biodiversiteettitiekartassa on tunnistettu, että vesivoimalla on tärkeä rooli energia-alan kokonaiskestävyyden saavuttamisessa. Koska vesivoima on uusiutuvan energian muoto, jolla on hyvät säättöominaisuudet, sillä on merkittävä rooli yhteiskunnan vihreässä siirtymässä, sillä se mahdollistaa osaltaan tuuli- ja aurinkoenergian osuuden lisäämisen. Myös kansallisessa ilmasto- ja energiastrategiassa vesivoiman on todettu olevan tärkein sääriippuvaisten uusiutuvien energiamuotojen kasvun mahdollistaja.²

Biodiversiteettitiekartassa on todettu, että vesivoimalla on merkittäviä biodiversiteettivaikutuksia erityisesti virtavesissä ja säännöstellyissä järvissä. Patojen rakentaminen on muuttanut elinympäristöjä ja estänyt lajien liikkumisen, ja toiminnan aikainen veden säännöstely ja virtaamamuutokset vaikuttavat laajasti ekosysteemeihin sekä padon ylä- että alapuolella.

Tiekartassa energia-ala sitoutuu sidosryhmien kanssa yhteisesti määriteltävään kestävään vesivoimantuotantoon huomioiden vesivoiman toimintaedellytykset ja vesistöjen luontotyyppien luontoarvot kokonaisuutena. Lisäksi ala haluaa panostaa ekosysteemeihin, eliöstön kuluun ja istutettujen kalojen elinvoimaisuuteen liittyvään tutkimus- ja kehitystyöhön parhaiden ratkaisujen löytymiseksi. Muita mainittuja toimenpiteitä ja sitoumuksia biodiversiteetin edistämiseksi ovat vaelluskalojen eteen tehtävä työ ja toimenpiteet, säännöstelyn kehittäminen, ympäristövirtaaman käyttöönotto soveltuviissa kohteissa sekä estevaikutusten vähentäminen käytöstä poistettuja tai tarpeettomia rakenteita poistamalla.

Jotta toimiala voi täyttää tiekartassa tehdyt sitoumukset ja asettaa relevantteja ja vaikuttavia tavoitteita vesistöjen biodiversiteetin edistämiseksi, on tarpeen pystyä seuraamaan vesivoiman vaikutuksia vesistöissä, arvioida luotettavasti niiden merkittävyyttä elinympäristöihin ja lajeihin sekä seurata toteutettujen toimenpiteiden vaikuttavuutta.

1.1 Työn tarkoitus ja rajaus

Tämän työn tavoitteena oli tarkastella Suomessa tuotetun vesivoiman suoria ja epäsuoria biodiversiteettivaikutuksia vesistöissä. Tarkastelun kohteena olivat erityisesti biodiversiteettitiekartassa tunnistetut, keskeisimmät vesivoiman vaikutustavat vesistöjen biodiversiteettiin, jotka ovat patojen luomat esteet sekä käytön aikaiset veden määrän ja virtaaman muutokset,

¹ Energiateollisuus ry, 2022

² Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022

mukaan lukien veden säännöstely. Tarkastelu kattoi kaikki padoista ja veden säännöstelystä aiheutuvat paineet ja vaikutukset latvavesistä suistoon huomioiden vaikutukset patoaltaissa, eli padon yläpuolelle muodostuvissa varastoaltaissa sekä säännöstelyjärvissä, eli veden varastointiin ja säännöstelyyn valjastetuissa luonnollisissa järvissä.

Myös tekojärviä eli keinotekoisesti kaivamalla tai patoamalla muodostettuja järviä käytetään veden säännöstelyyn, mutta niiden biodiversiteettivaikutukset rajattiin tarkastelun ulkopuolelle. Mahdollisten tekojärvien perustamisvaikutukset rajattiin myös tarkastelun ulkopuolelle, samoin kuin muut kuin patoamiseen perustuvat vesivoimamuodot, kuten pumppuvoimalat.

On huomattava, että tässä tarkastelussa käsiteltiin vesivoiman tuotantoa ja sen vaikutuksia biodiversiteettiin yleisesti Suomessa. Kullakin vesivoimalalla on omat ominaispiirteensä sekä paikkaan ja sen ekologiaan sidonnaiset biodiversiteettivaikutuksensa eikä tässä työssä tehty arvioita yksittäisten vesivoimalaitosten tasolla.

1.2 Käytetyt menetelmät

Selvitys perustuu kirjallisuuskatsaukseen, jolla koostettiin tietoa avoimesti saatavilla olevista lähteistä ja tutkimuksista. Työssä tutkimustulosten ja ympäristöselvitysten pohjalta tunnistetut vaikutukset kuvattiin vaikutuspoluiksi, joiden avulla pyrittiin hahmottamaan vesivoiman vaikutusmekanismeja biodiversiteettiin. Kirjallisuuskatsauksen avulla muodostettua kokonaiskuvaa vesivoiman virtavesiin aiheuttamista vaikutuksista syvennettiin ja validoitiin kohdenne-tuilla asiantuntijahaastatteluilla. Haastateltuja tahoja olivat ELY-keskus, Suomen ympäristö-keskus sekä Luonnonvarakeskus. Haastateltuja asiantuntijoita oli yhteensä 7. He edustivat monialaisesti vesivoiman ympäristövaikutuksiin, limnologiaan ja vesistöseurantaan ja -tutkimukseen liittyvää erityisosaamista.

Työssä selvitettiin myös menetelmiä vesivoiman tunnistettujen biodiversiteettivaikutusten merkittävyyden arviointiin sekä vaikutusten seurantaan ja mittarointiin vesistöissä. EU:n vesiputedirektiiviin perustuva pintavesien ekologinen tilaluokittelu on tällä hetkellä voimakkaimmin vesistöissä tapahtuvaa biodiversiteettityötä ohjaava mittaristo, joten sen soveltuvuutta vesivoiman vaikutusten merkittävyyden arviointiin selvitettiin vertaamalla tilaluokittelussa käytettäviä luokittelutekijöitä ja niiden tilaa seuraavia indikaattoreita ja muuttujia kirjallisuuskatsauksen ja asiantuntijahaastattelujen pohjalta muodostettuihin vaikutuspolkuihin.

Työn aikana koottiin kirjallisuuden ja asiantuntijahaastattelujen pohjalta lista vesivoiman biodiversiteettivaikutusten lieventämiseen soveltuvista toimenpiteistä, joita arvioitiin lieventämishierarkian periaatteiden mukaan.

1.3 Lyhyesti vesivoimasta

Vesivoima on uusiutuvan energian muoto, jossa veden virtausta ja vedenpinnan korkeuseroja hyödynnetään energianlähteenä. Vesivoimalaitoksen läpi virtaava vesi pyörittää laitoksen

turbiinia ja edelleen generaattoria, joka muuntaa virtaavan veden voiman sähköksi³. Vesivoimalaitos koostuu ylavesialtaan ja alavesipinnan yhdistävistä veden tuloputkista, koneistoluu-kuista sekä turbiinista ja generaattorista. Koska vesivoiman energian lähde on veden liike ja pudotuskorkeus, pystytään energiaa varastoimaan ja vapauttamaan säännöstelemällä veden määrää ylavesistössä lisäämällä ja vähentämällä veden virtaamaa padoilla. Lisäksi vesivoimalaitoksia voidaan pysäyttää ja käynnistää energiantarpeen mukaan monia muita energiantuotantomuotoja nopeammin ja helpommin.

Suomessa monet vesivoimalat sijaitsevat joissa, jolloin voimalaitoksen padon yläpuolinen jokialue muodostaa patoaltaan. Usein vesivoimajärjestelmiin kuuluu myös säännösteltyjä järviä, joiden vedenpintaa säännösteellään vesivoiman tarpeiden mukaan joko voimaloiden padoilla tai erillisillä säännöstelypadoilla. Yhdessä vesistössä voi olla yksi tai useita patoja sekä vesivoiman että muun veden säännöstelyn tarpeisiin.⁴ Veden säännöstely voi palvella vesivoiman tuotannon lisäksi tulvien ehkäisyä tai sillä voidaan edistää vesiliikennettä, vedenhankintaa, vesistön virkistyskäyttöä, kalanviljelyä, maankuivatusta tai vesiensuojelua. Yleensä säännöstely toteuttaa useita tavoitteita yhtä aikaa. Veden varastoiminen ja virtaaman säätely vesivoimalaitosten padoilla mahdollistaa energian varastoimisen, mikä ansiosta vesivoiman tuotanto pystytään mukauttamaan nopeasti sähkön tarpeeseen.

Suomessa vesivoimaloita on yli 200 ympäri maata, joista suurimmat sijaitsevat Pohjois- ja Kaakkois-Suomen isoissa joissa. Suurin osa Suomen vesivoimaloista on tässä työssä tarkasteltavia, patoamiseen perustuvia joki- tai allasvoimalaitoksia, sillä Suomessa ei ole soveltuvia olosuhteita aalto- ja vuorovesienergiantuotantoon⁵. Arviolta puolet veden virtaamasta Suomessa on valjastettu vesivoimaksi, ja kapasiteetin lisäysmahdollisuudet rajautuvat lähinnä olemassa olevien vesivoimalaitosten kehittämiseen, sillä suurten perustamiskustannusten ja ympäristökysymysten vuoksi uusien voimaloiden rakentamismahdollisuudet ovat rajalliset.⁶ Energianlähteenä vesivoima on vähäpäästöinen ja käyttökustannuksiltaan edullinen uusiutuvan energian muoto, jonka tuotannon kustannukset syntyvät pääosin vesivoimalan rakentamisesta.

Vesivoiman rooli Suomen energiantuotannossa on merkittävä. Noin 15-20 % kotimaisesta sähköstä tuotetaan vesivoimalla⁷, ja noin 35 % Suomen uusiutuvasta sähköstä on peräisin vesivoimasta.⁸ Vesivoiman etuna on sen säädeltävyys, jonka myötä se on tärkein niin sanotun säätöenergian lähde.⁹ Säättövoima tasaa energian kulutushuippuja siten, että jakeluverkon jännite pysyy vakaana ja sähköntuotantoa voidaan säädellä päivä-, viikko- ja vuositasolla¹⁰.

³ Fortum, 2023.

⁴ vesi.fi, n.d.

⁵ Motiva, 2022

⁶ Energiateollisuus ry, 2023

⁷ ELY-keskus, 2023.

⁸ Energiateollisuus ry, 2023

⁹ Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022

¹⁰ Vesivoiman luonto, n.d.

2 Vesivoiman paineet ja vaikutukset virtavesien ja säännösteltyjen järvien biodiversiteettiin

Luontokadon taustalla vaikuttavat yhteiskuntien arvoihin, kulttuuriin ja toimintatapoihin liittyvät rakenteet ja haasteet, joita kutsutaan juurisyiksi. Juurisyitä ovat:

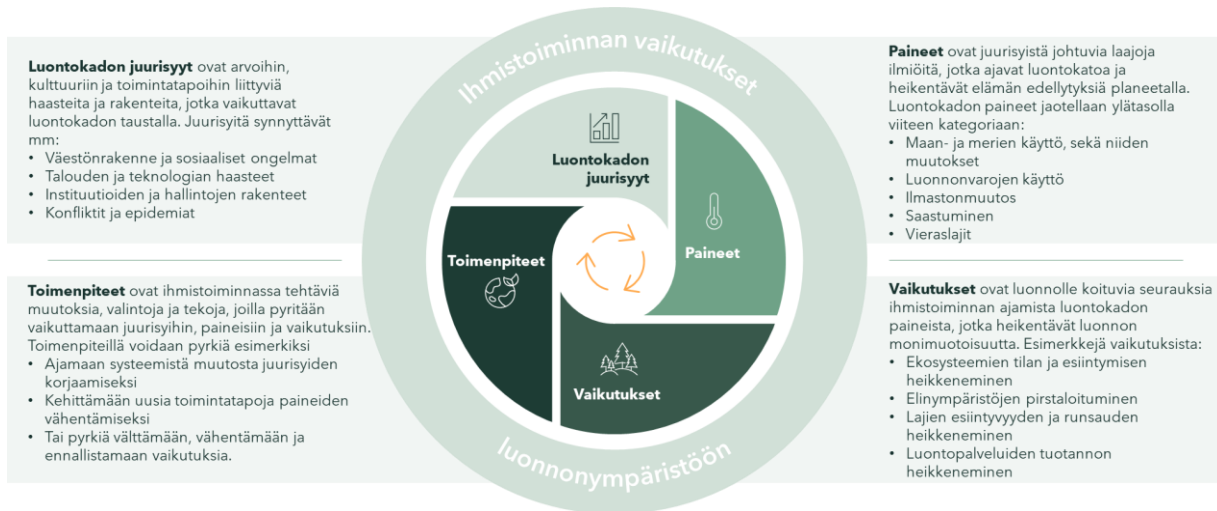
- Väestörakenne ja sosiaaliset ongelmat, kuten väestönkasvu sekä sukupuolten ja etnisyksien välinen tasa-arvo.
- Talouden ja teknologian haasteet, kuten resurssien riittävyys ja saastuminen.
- Instituutioiden ja hallintojen rakenteet, kuten varallisuuden jakautumisen ja koulutus.
- Konfliktit ja epidemiat, kuten sodat, muuttoliikkeet ja tartuntatautiepidemiat.¹¹

Juurisyit synnyttävät luontokatoa edistäviä paineita, jotka ovat laajoja ilmiöitä ja muutostrendejä. Luontokadon juurisyit heikentävät elämän edellytyksiä planeetalla ja luovat luontokatoa aiheuttavia vaikutuksia. Luontokadon paineet ryhmitellään yleensä viiteen kategoriaan: Maan- ja merien käyttö sekä niiden muutokset, luonnonvarojen, käyttö, ilmastonmuutos, saastuminen ja vieraslajit.¹²

Vesivoimasta aiheutuvat merkittävimmät luontokatoa ajavat paineet ovat maan- ja merien käyttö sekä luonnonvarojen käyttö, joista suurin osa vaikutuksista biodiversiteettiin saa alkunsa. Vesivoiman kannalta keskeisin luonnonvara on vesi, joka ei kulu toiminnassa, mutta jonka saatavuuteen muille toimijoille ja eliöille toiminta vaikuttaa. Maankäytön osalta vesivoiman fyysiset rakenteet vievät tilaa, minkä lisäksi vesivoima hyödyntää järvien ja jokien pintalaa mm. veden säännöstelyvarastona.

¹¹ IPBES, 2019

¹² UNEP, 2023



Kuva 1. Luontokadon takana ovat erilaiset yhteiskuntien rakenteisiin liittyvät juurisyyt, jotka aiheuttavat luontokatoa ajavia paineita. Paineet synnyttävät luonnossa havaittavia vaikutuksia, joita voidaan hallita ja lieventää toimenpiteillä.

Kaikki yhteiskunnat ovat riippuvaisia makeasta vedestä, joten asutus ja ihmistoiminta on keskittynyt voimakkaasti vesistöjen ääreen. Ihmistoiminnasta kohdistuu vesiin monenlaisia paineita ja vaikutuksia, jotka kumuloituvat ympäristöön pitkällä aikavälillä. Eri lähteistä peräisin olevat paineet muodostavat yhdessä moninaisen joukon vaikutuksia lukuisissa eri ekosysteemeissä. Ekosysteemeissä muutokset voivat vaihdella suuresti riippuen lajistosta, ilmastosta sekä alueen geologiasta ja historiasta. Yksittäisestä lähteestä peräisin olevia vaikutuksia on haastavaa erottaa ja mitata irrallaan kokonaisuudesta, ja moninaisten yhteisvaikutusten huomioiminen on vaikeaa pitkien ja monimutkaisten vaikutusketjujen vuoksi.¹³ Vesistöjen tilaa kuvaava data on Suomessakin verrattain laajasta seurannasta huolimatta usein ajallisesti ja paikallisesti rajoittunutta ja pirstaleista, mikä entisestään vaikeuttaa johtopäätösten tekemistä.

Pohjoisen pallonpuoliskon virtavesistä jopa 77 % on valjastettu vesivoiman, maatalouden kastelujärjestelmien ja muun veden virtauksen säännöstelyn käyttöön.¹⁴ Eryteisesti suuret virtavedet ovat voimakkaasti muunneltuja. Vapaita, kookkaita jokijärjestelmiä on jäljellä enää kaikkien pohjoisimmilla alueilla. Tämän seurauksena jokiympäristöt ovat pirstaloituneet ja virtavesiin sopeutuneet elinympäristöt ja lajit ovat taantuneet.¹⁵

Tässä työssä tarkasteltiin vesivoiman keskeisimpiä biodiversiteettivaikutuksia virtavesissä ja säännöstellyissä järvissä niitä synnyttävien paineiden kautta. Vesivoiman tarpeisiin valjastettu maa- ja vesialueiden käyttö sekä luonnonvarojen käyttö välittyy säännöstelypadon tai voimalaitoksen ja niiden käytön kautta muutoksiksi ympäristössä ja eliöstössä. Vaikutuksia tarkasteltiin kolmella tasolla: Fysikaalisissa ja kemiallisissa muutoksissa tarkasteltiin ympäristössä tapahtuvia abioottisia eli elottomien olosuhteiden muutoksia. Nämä aiheuttavat vaikutuksia

¹³ Gritzetti ym., 2017

¹⁴ Gritzetti ym., 2017

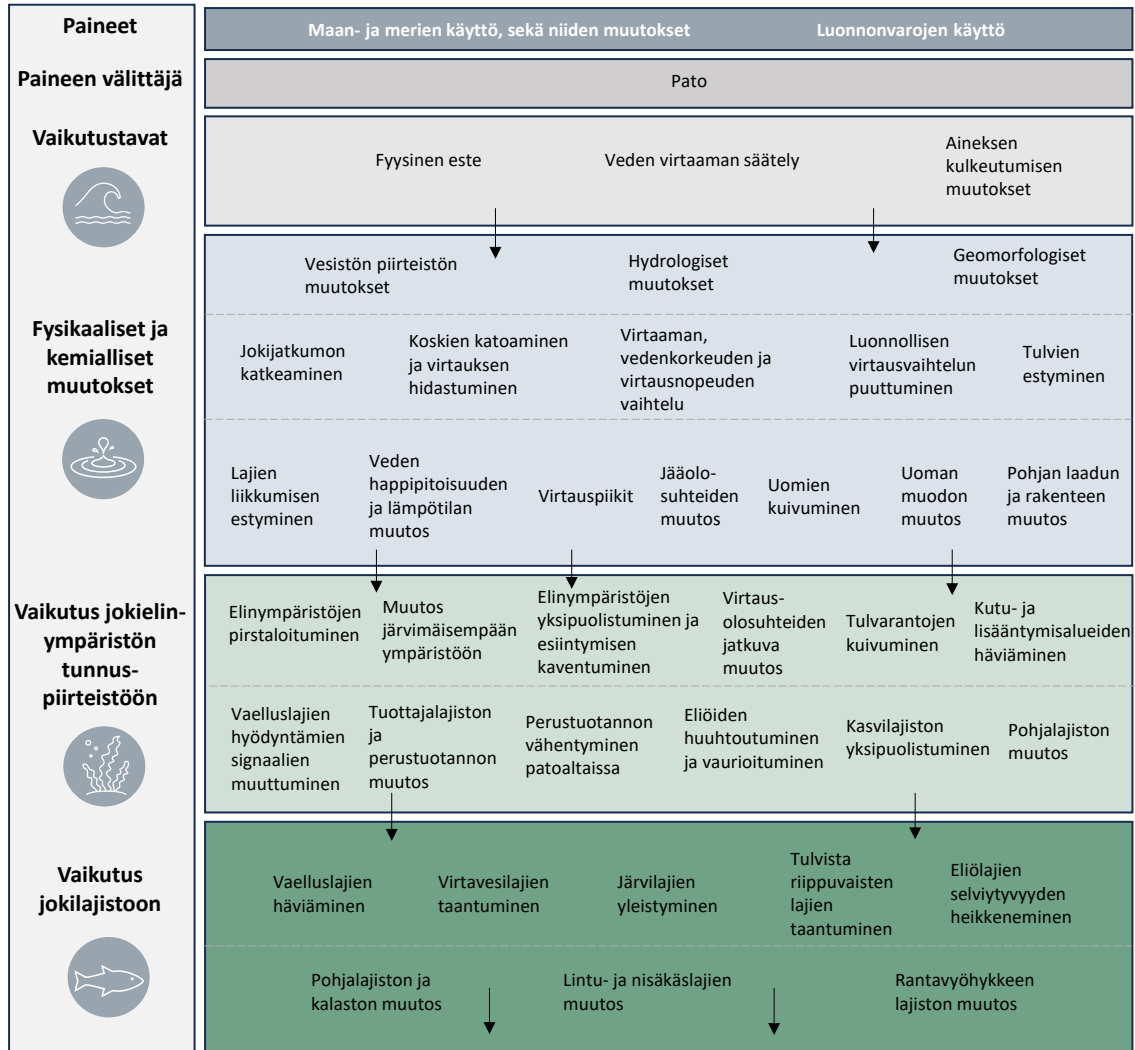
¹⁵ Dynesius ja Nilsson, 1994

toisella tarkastelutasolla, joki- ja järvielin ympäristöjen tunnuspiirteistöissä muuttaen ekosysteemejä ja niiden esiintymistä. Kolmannella tasolla tarkasteltiin vaikutuksia joki- ja järvilajiin, jossa tapahtuu muutoksia elottomien ja elollisten ympäristötekijöiden muuttuessa. Raja elinympäristö- ja laji vaikutusten välillä ei ole aina selkeä, sillä tietyt lajit voivat olla elinympäristöä muodostavia tai niillä voi olla erittäin keskeinen rooli elinympäristöjen säilymisessä. Jäottelu on näin ollen tarkoitettu havainnollistavaksi eikä sitä tule tulkita jyrkkäräjaisesti.

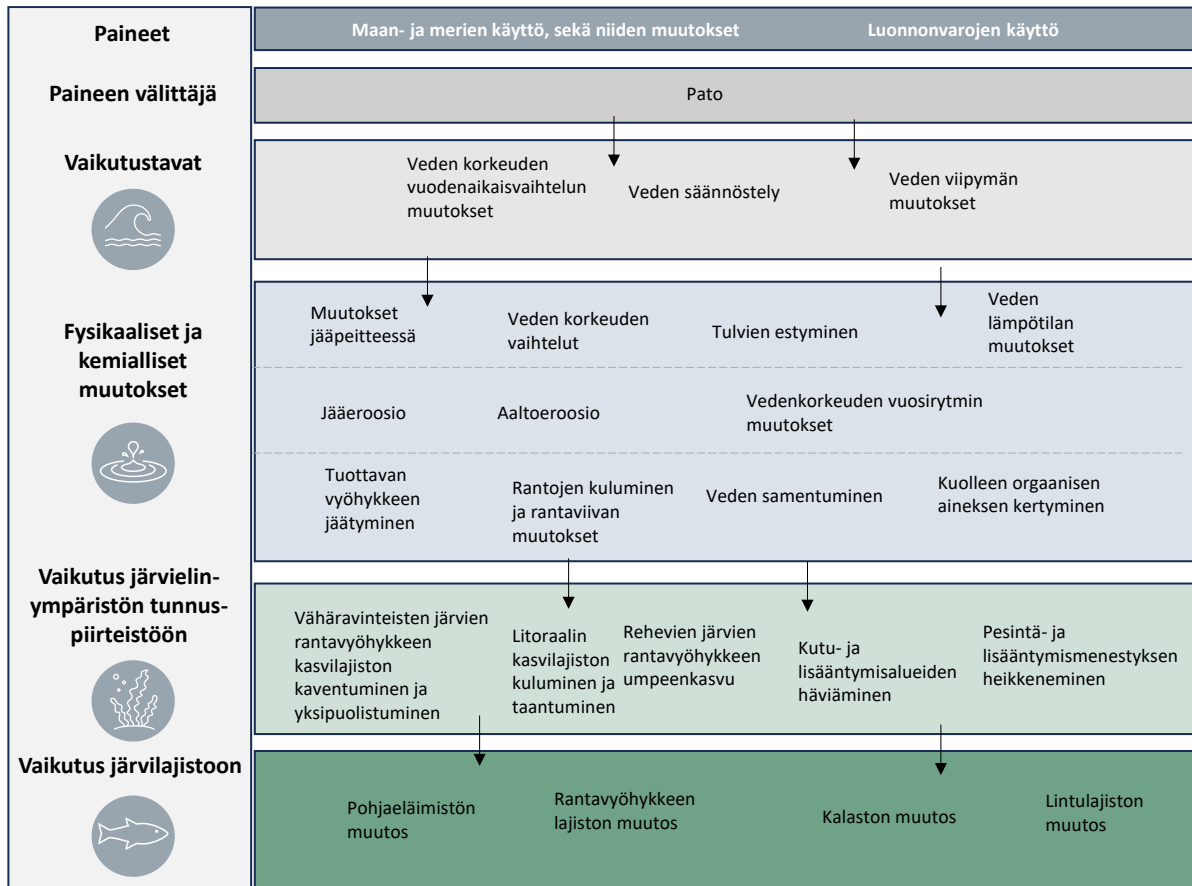
Keskeisimpiä vesivoimalaitosten ja patojen vaikutustapoja virtavesiin ovat 1) voimalan tai padon aiheuttama fyysinen este, 2) veden virtaaman säätely sekä 3) aineksen kulkeutumisen muutokset. Vaikutustavoista lähteviä erilaisia vaikutusreittejä tunnistettiin 5 kappaletta ja ne liittyvät vesistön piirteistöön muutokseen, jokijatkumon katkeamiseen, luonnollisen virtausvaihtelun muutokseen, virtauspiikkeihin ja uoman muodon muutokseen.

Säännöstellyissä järvissä keskeisimpiä vaikutustapoja ovat 1) veden korkeuden vuodenaikavaihtelun muutokset, 2) veden säännöstely ja 3) veden viipymän muutokset. Vaikutustavoista lähteviä erilaisia vaikutusreittejä tunnistettiin 3 kappaletta ja ne liittyvät rantojen eroosioon ja jäätyksen muutokseen, tulvahuippujen lieventymiseen sekä veden lämpötilan ja sameuden muutokseen.

Yhteenvedot vaikutusreiteistä on esitetty kuvissa 2 ja 3 ja tarkemmat kuvaukset tunnistetuista vaikutuksista ja keskeisimmistä vaikutusreiteistä on esitetty luvuissa 2.1–2.4. Kuvatut vaikutusreitit ovat esimerkkejä, ja ne kuvaavat yleisimpiä vesivoiman vaikutustapoja biodiversiteettiin Suomen olosuhteissa. Kaikki vaikutukset eivät ole lineaarisia. Melkein kaikkien muutosten takana on useita vaikutusmekanismeja ja takaisinsyötteitä, jotka ovat riippuvaisia paikallisista luonnonolosuhteista, lajistosta ja säästä.



Kuva 2. Yhteenveto vesivoiman biodiversiteettipaineista, -vaikutustavoista ja -vaikutuksista virtavesissä.



Kuva 3 Vesivoiman paineet, vaikutustavat sekä vaikutukset säännöstellyissä järvissä.

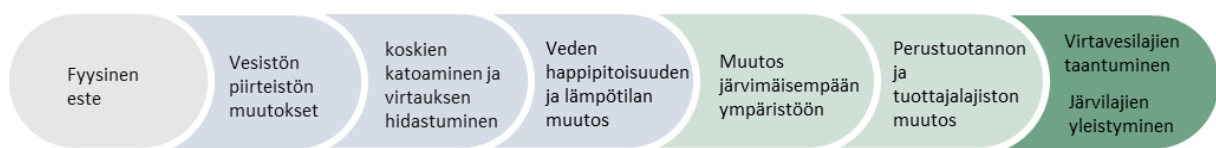
2.1 Fyysisestä esteestä aiheutuvat vaikutukset virtavesissä

Vesivoimalaitoksen aiheuttama fyysinen este katkaisee jokiympäristön aiheuttaen muutoksen joen korkeusprofiiliin. Tällöin padon yläpuolella vedenpinta nousee ja alueita jää veden alle. Vesistön piirteistö muuttuu luonnollisesta, koskien ja hitaan virtauksen vuorottelusta porrasmaiseksi, kun virtaus hidastuu ja vesi nousee peittäen koskipaikat. Virtauksen hidastuessa elinympäristöt muuttuvat järvimäisemmiksi alaiden syventyessä ja veden lämpötilakerrosteisuuden lisääntyessä. Olosuhteiden muutos vaikuttaa ekosysteemien perustuotantoon ja tuottajalajistoon. Patoaltaat ovat yleisesti ottaen lajiköyhempiä, ja niiden perustuotanto on alhaisempaa kuin luonnollisessa jokiympäristössä, sillä patoaltaissa olosuhteet, kuten vaihteleva veden pinnan korkeus, ovat epäsuotuisat tuottajille. Pohjaeläimistö ja vesikasvit katoavat vyöhykkeeltä, jossa vedenkorkeuden vaihtelu vuoroin paljastaa ja peittää eliöt, ja ainoastaan kasviplanktonit ja niitä hyödyntävät eläinplanktonit sietävät jatkuvaa muutosta liikkuessaan

vapaasti vesipatsaassa.¹⁶ Muualla virtaveteen sopeutuneet lajit vaihtuvat järvissä viihtyvään lajistoon, minkä lisäksi lajisto yksipuolistuu.

Padon tai voimalan alapuolella koskien ja virtapaikkojen virtauksen jaksotus muuttuu, kun vettä varastoidaan yläjuoksulle, mikä aiheuttaa koskilajien taantumista.

Patoamisen seurauksena erityisesti joentörmän kasvillisuus köyhtyy. Padotuissa joissa on sekä alhaisempi peittävyys että lajitiheys joentörmän kasvillisuudessa kuin vapaissa joissa.¹⁷ Ero vapaiden ja padottujen jokien rantakasvillisuudessa on kaikkein jyrkin heti padon rakentamisen jälkeen, ja lajisto runsastuu ensimmäisen 30 vuoden aikana padon rakentamisesta. Lajimäärä ja runsaus alkaa kuitenkin uudelleen taantua noin 30 vuoden jälkeen rakentamisesta, päätyen 70-vuoden kohdalla suunnilleen samalle tasolle kuin vastaperustetuilla padoilla. Heikentyminen lajirunsaudessa johtuu oletettavasti rannan sedimentin eroosiosta.¹⁸



Kuva 4. Virtavesien allastuminen patoamisen seurauksena hidastaa virtaamaa, pienentää joen korkeusvaihteluja ja peittää alleen koskia. Allastunut jokiympäristö muuttuu fyysisiltä piirteiltään järvimäisemmäksi, mistä seuraa myös elinympäristöjen ja lajiston muutos virtavesilajeista järvilajeihin.

Vesivoimalaitos erottaa latvedet joen alajuoksusta katkaisten jokijatkumon ja estäen lajien liikkumisen padon ohi. Elinympäristöjen kytkeytyneisyys katoaa, mikä estää sekä vaelluslajien luontaisen liikkumisen että muiden paikallisten populaatioiden välisen yksilöiden ja geenien vaihdon pirstaloiden elinympäristöjä. Jokiympäristöissä eliöiden kyky levittäytyä uusille alueille tai uudelleen kolonisoida vanhoja alueita on erittäin tärkeää, sillä jokiympäristöt ovat jatkuvassa muutoksessa, ja lajit ovat sopeutuneet vaihteleviin olosuhteisiin. Tunnetuimpien esimerkkien, kuten kalojen, lisäksi monet vesihyönteiset ja kasvien siemenet kulkeutuvat veden mukana uusille alueille. Ekologisen kytkeytyneisyyden puuttuessa populaatiot ovat alttiimpia ympäristössä tapahtuville häiriöille, kuten taudeille, lajien väliselle kilpailulle ja epäedullisille sää- ja virtausoloille.¹⁹

Padon elinympäristöjä pirstova vaikutus ulottuu myös jokitörmän kasvillisuuteen. Vapaana virtaavissa joissa rannan kasvillisuus muuttuu vähitellen yläjuoksulta alajuoksulle, mutta padotuissa joissa on selvä raja kasvillisuudessa säännöstelypadon tai voimalaitoksen kohdalla. Eriyisesti lajit, joiden siemenet kelluvat huonosti, eivät pysty ylittämään patoa, mutta myös muiden lajien leviäminen vaikeutuu.²⁰

¹⁶ Jansson, 2006

¹⁷ Jansson ym., 2000

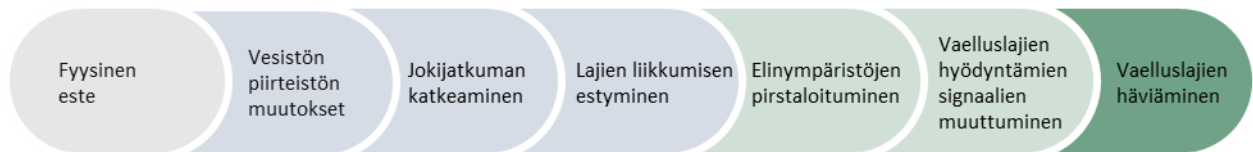
¹⁸ Nilsson ym., 1997

¹⁹ Nilsson ym., 2005

²⁰ Jansson, 2006

Patoallasketjussa jokijatkumo on muuttunut siten, ettei eliöille sopivia elinympäristöjä välttämättä ole enää löydettävissä, vaikka este pystyttäisiinkin ohittamaan. Erityisesti patoaltaat ovat usein haasteellisia elinympäristöjä kasvillisuudelle tai soveltuvat elinympäristöt ovat täytetty, mikä rajoittaa kasvillisuuden lisääntymistä rakennetuissa ja padotuissa virtavesissä.

Vaelluslajit tunnistavat oikean reitin virtauksesta ja voimakas virtaus käynnistää vaelluskäyttämisen saaden eläimet hakeutumaan virtausta kohti. Padot häiritsevät vaelluslajien käyttämiä signaaleja ja silloinkin kun voimalaitoksen yhteyteen on rakennettu kalatie tai ohitusuoma, on turbiinien läpi tuleva virtaus usein voimakkaampi ja houkuttelee kaloja väärälle reitille.²¹



Kuva 5. Padon muodostama fyysinen este katkaisee jokiympäristön, estäen lajien liikkumisen alajuoksulta latvavesille, tai toisin päin. Yhteyden katkeaminen johtaa elinympäristöjen pirstaloitumiseen, mikä estää populaatioiden välisen yksilön- ja geenienvaihdon sekä estää vaelluslajien luontaisen elinkierron toteutumista, ja haittaa niiden hyödyntämien signaalien toimivuutta myös paikoissa, joissa patoja on ohitettu.

2.2 Veden virtaaman säätelystä johtuvat vaikutukset virtavesissä

Padotussa joessa veden virtaama muuttuu luonnollisesta sääolojen ja ilmaston määrästä vaihtelusta, kun vettä varastoidaan säännöstelyjärviin ja patoaltaisiin ja vapautetaan tarpeen mukaan. Veden virtaamassa ekologisten olosuhteiden kannalta keskeisimmät muuttujat ovat virtaaman määrä, nopeus, kesto, ajoitus ja muutosnopeus. Nämä muuttujat määrittelevät moninaisten mekanismien kautta fyysikaaliset, kemialliset ja biologiset olosuhteet, jotka säätelevät ja ylläpitävät biodiversiteettiä ja ekosysteemipalvelujen tuotantoa vesistöissä.²²

Alueilla, joissa suuri osa vedestä varastoituu talvisin lumeen, kuten Suomessa, luonnollinen vuodenaikainen vaihtelu virtaamassa on huomattava. Talvella virtaus on vähäistä, ja keväällä lumien sulaessa joet tulvivat.²³ Säännöstelyssä joessa virtaamavaihtelut vuodenaikojen välillä muuttuvat ja erityisesti tulvahuiput lieventyvät padotuissa järjestelmissä. Keväällä ja syysateiden aikaan vettä varastoidaan säännöstelyjärviin ja patoaltaisiin, joista sitä vapautetaan vuoden mittaa energiantarpeen mukaan. Erityisesti talvella veden pinnan vaihtelut saattavat aiheuttaa voimakasta eroosiota, mikäli esimerkiksi patoaltaaseen muodostunut jääkansi nousee ja laskee vedenkorkeuden vaihtelun mukana. Vesivoiman käyttö saattaa aiheuttaa myös jään paksuuntumista, jolloin jopa metrien paksuiset jäämassat voimalaitoksen läheisyydessä

²¹ Goodwin ym., 2014

²² Poff ym., 1997

²³ Arheimer ym., 2017

kuluttavat rantoja ja pohjia. Kesällä luonnollista vedenpinnan ja virtaaman laskua ei välttämättä tapahdu. Kesäaikaan veden pinnan korkeuden pitäminen tasaisena edistää myös virkistyskäyttöä, ja on yleensä ranta-asukkaiden toiveena.

Ilmastonmuutos ja patoaminen muuttavat jokien virtaaman vuodenaikaisvaihtelua samalla tavalla, pienentämällä eroa lumisen ja lumettoman kauden välillä. Ruotsin joista tehtyjen mallinnusten perusteella patoamisesta syntyvä vaikutus vuodenaikaisvaihtelussa on suurempi, kuin ilmastonmuutoksesta aiheutuva muutos. Tulos korostaa patojen merkittävyyttä jokien virtaaman säännöstelyssä, mutta osoittaa myös mahdollisuuden torjua ilmastonmuutoksesta aiheutuvaa muutosta hyödyntämällä patoverkoston luonnollisten virtausvaihteluiden, kuten vuodenaikaisten tulvien, ylläpidossa.²⁴ Myös Suomessa tehdyissä tutkimuksissa patoamisesta johtuvat muutokset jokien vuodenaikaisvaihtelussa havaittiin suuremmiksi kuin ilmastonmuutoksesta aiheutuvat muutokset.²⁵

Tulvat ovat tärkeitä jokiympäristöjen muovaajia, jotka kuljettavat ja kasaavat suuria määriä ainesta muokaten jokiuoman muotoa ja pohjien ja rantojen koostumusta. Tulvat synnyttävät monia elinympäristöjä erityisesti rannoille, jonne ne kasaavat hajoavaa orgaanista ainesta ja sedimenttiä muodostaen otollisia kasvualustoja ja tulvasanteita.

Tulvat myös edesauttavat suistojen muodostumista. Suistomosaiikit ovat arvokkaita lintujen pesintä ja levähdyspaikkoja, esimerkkeinä Kokemäenjoen, Kyröjoen ja Oulujoen suistot.²⁶ Lisäksi tulviminen vähentää kiintoaineksen kertymistä kivikoihin ja soraikoille mahdollistaen kiville pohjille kiinnittyvien lajien esiintymisen ja kutupaikoksi sopivien soraikkojen säilymisen. Monet eliöt ovat riippuvaisia tulvista ja esimerkiksi kalat, kuten hauki hyödyntävät kevättulvia noustessaan kutemaan pienvesistöihin.

Mallintamalla patoamisesta ja virtaaman säätelystä syntyviä muutoksia verrattuna luonnolliseen virtaamaan, havaittiin, että pienetkin muutokset historialliseen virtaamaan aiheuttivat muutoksia virtavesien kasvilajistossa. Luonnollisissa, virtaukseltaan vaihtelevissa järjestelmissä kasvilajisto oli kaikkein monimuotoisinta, ja lajisto yksipuolistui nopeasti, jos virtaaman vaihtelu homogenisoitui. Kaikkein merkittävin muutos havaittiin tulvien loppumisesta. Mallinnusten perusteella sekä tulvien että kuivuusjaksojen poistuminen heikensivät monimuotoisuutta enemmän kuin tulvien lisääntyminen.²⁷



Kuva 6. Veden virtaaman säätely muuttaa jokien luonnollista vuodenaikaista virtausvaihtelua ja lieventää tulvahuipuja. Vuodenaikaisvaihtelun muutokset virtaamassa vaikuttavat erityisesti vesikasvillisuuteen, jonka muuttuessa

²⁴ Arheimer ym., 2017

²⁵ Ashraf ym., 2016

²⁶ Natura-karttapalvelu, 2018

²⁷ Tonkin ym., 2018

niiden luomaa suojaa elinympäristönään käyttävät kalat ja selkärangattomat muuttuvat. Tulvien estyminen muuttaa niistä riippuvaisia elinympäristöjä, ja vaikuttaa elollisen ja elottoman kiintoainekulkeutumiseen joessa.

Vesivoimalaitoksilla säädellään veden virtaamaa energian tuotantotarpeen mukaan. Tuulisina päivinä, jolloin tuotetaan paljon tuulivoimaa, vesivoiman tuotantoa vähennetään. Vastaavasti kylminä talvipäivinä, kun sähkönkulutus lisääntyy, vesivoiman tuotantoa lisätään. Muutokset sähkön tarpeessa voivat olla nopeita, ja tämä johtaa lyhytaikaisiin virtaaman muutoksiin ja virtauspiikkeihin.

Suomessa virtauspiikit ovat yleisiä ja voimakkaita.²⁸ Voimakas äkillinen virtaaman lisääntyminen vaikuttaa eliöiden, erityisesti kalojen, käyttäytymiseen ja saattaa vahingoittaa erityisesti mätää ja nuoria kaloja lisäten niiden kuolleisuutta ja muuttaen niiden käyttäytymistä heikentäen lajien lisääntymismenestystä.²⁹ Nopeat vaihtelut virtaamassa muuttavat olosuhteita erityisesti voimalaitosten lähellä ja kaventavat eliöille sopivia esiintymisalueita.

Erityisesti vaellusaikaan nopeat virtauksen muutokset voivat häiritä kalojen nousua. Vesivoimalan ollessa käynnissä virtaama on voimakas, jolloin kalat pyrkivät ylävirtaan. Jos voimala suljetaan tai virtaamaa lasketaan äkillisesti, kaloja houkutteleva virtaus heikkenee. Tällöin kalat saattavat lopettaa vaeltamisen ja päätyä pitkiäkin matkoja takaisin alavirtaan, mikä hidastaa ja haittaa vaeltamista ja lisääntymisalueille pääsyä.³⁰



Kuva 7. Suuret, nopeat muutokset veden virtaamassa ja erityisesti voimakkaat virtauspiikit tai kuivuusjaksot aiheuttavat stressiä eliöille ja kaventavat niiden esiintymiseen sopivia alueita. Voimakas virtaus voi huuhtoa eliöitä mukanaan ja vahingoittaa niitä, ja voimakkaat virtaukset tai kuivuus pakottavat ne siirtymään uusille alueille.

2.3 Aineksen kulkeutumisen muutoksista aiheutuvat vaikutukset virtavesissä

Pato estää kiinteän aineksen kulkeutumisen yläjuoksulta alajuoksulle ja kasaa kiintoainesta patoaltaisiin ja muihin jokeen syntyviin altaisiin. Tulvien lieventyminen ja koskien katoaminen vähentää entisestään aineksen kulkeutumista, ja virtaaman hidastuminen ja joen profiilin muutos muuttavat jokiuoman muotoa. Luonnontilainen joki meanderoi eli mutkittelee, haaroo ja muuttaa uomaansa ajan saatossa. Suomessa tyypillisimmät moreeni- ja savimaiden joet ovat uomiltaan kohtalaisen hitaasti muuttuvia, mutta myös Suomessa virtapaikkojen ja

²⁸ Ashraf ym., 2018

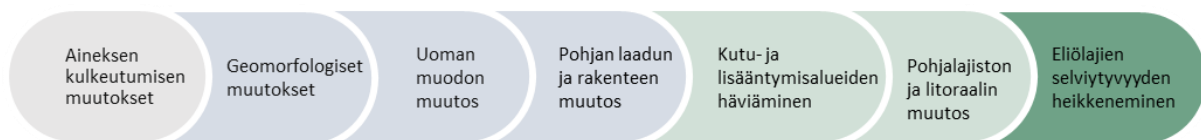
²⁹ Saltveit ym., 2001

³⁰ Taylor ja Cooke, 2012

suvantojen vuorottelu muodostaa biodiversiteetille tärkeitä mikrohabitaatteja.³¹ Padottu joki ohjataan yleensä kulkemaan mahdollisimman suoraan, ja rantojen rakentaminen lukitsee uoman paikoilleen. Joen morfologian yksinkertaistuminen vähentää mahdollisten elinympäristöjen määrää ja monimuotoisuutta.³²

Kun kiintoaineksen kulkeutuminen padon yli estyy, ainesta kasautuu erityisesti patoaltaisiin. Virtauksen hidastuminen ja pudotuskorkeuden vähentyminen entisissä koskipaikoissa liettää pohjia muuttaen pohjan laatua ja hävittäen kutosoraikkoja ja poikasalueita padon yläjuoksulla.

Padon alajuoksulla sedimentin ja orgaanisen aineksen kulkeutumisen vähentyminen voi johtaa eroosioon ja kasvualustojen köyhtymiseen, kun yläjuoksulta huuhtoutuva aines ei korvaa virtauksen huuhtomaa aineista. Globaalisti jokien kuljettamalla sedimentillä ja orgaanisella aineksella on huomattava merkitys jopa meriekosysteemeihin ja sitä kautta ravinteiden ja hiilen kiertoon planeetalla, kun maalta huuhtoutuvat mineraalit ja ravinteet ruokkivat rannikoiden ekosysteemejä.³³ Myös Suomessa padot ja voimalaitokset vähentävät aineksen kulkeutumista mereen, mutta sen merkitys ekosysteemeille on Itämeren rehevässä järjestelmässä pienempi.



Kuva 8. Pato estää kiintoaineen kulkeutumisen ja muuttaa aineksen kasautumista ja kulkeutumista.

2.4 Vedenkorkeuden vuodenaikaisvaihtelun muutoksista aiheutuvat vaikutukset säännöstelyjärjvissä

Vesivoimalaitosten käytön optimoimiseksi ja energian tuotannon oikea-aikaiseksi kohdentamiseksi on tarpeen varastoida vettä ja vapauttaa sitä energiankysynnän kasvaessa. Suomessa varastoina käytetään useimmiten luonnonjärviä, joissa veden säännöstely aiheuttaa monia muutoksia mm. luontilaisessa vuodenaikaisessa vedenkorkeuden vaihtelussa. Syksyisin järviin kerätään mahdollisimman paljon vettä, jotta sitä olisi käytettävissä talviaikaan, energian kysynnän ollessa suurinta. Tällöin veden pinta nousee luonnontilaista korkeammalle, mikä peittää alleen ranta-alueita ja vaikuttaa litoraalin kasvillisuuteen.³⁴

³¹ Hanski, 2000

³² Amanambu ym., 2024

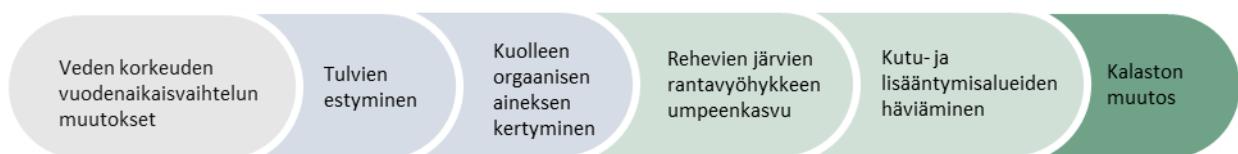
³³ El Aoula ym., 2021

³⁴ Hellsten 2002

Keskitalvella vettä käytetään runsaasti, jolloin veden pinta laskee huomattavasti. Säännöstelyissä järvissä vedenpinnan korkeuden vaihtelut voivat olla jopa 6–7 m, millä on huomattava vaikutus ekosysteemien esiintymiseen valon määrän, veden lämpötilan muutoksen sekä kuivumisen ja veden alle jäämisen vaihtelun myötä. Suomessa erityisen suuri vaikutus litoraalin pohjaeläimistöön ja kasvillisuuteen on talviaikaisella jäätymisstressillä, joka seuraa veden pinnan laskusta talviaikaan.³⁵

Keväällä lumien sulaessa syntyisi luontaisesti kevättulva, mutta säännöstelyissä vesistöissä tulvavesi kerätään talteen säännöstelyjärviin ja patoaltaisiin korvaamaan talven aikana menetettyä vesivarastoa. Tulvahuippuja pyritään lieventämään myös tulvavahinkojen vähentämiseksi. Veden pinnan nousu on tasaisempaa ja jatkuu pidempään kuin luonnollisessa tulvassa. Tällöin tulvan puhdistava vaikutus ei pääse siivoamaan kertynyttä kuollutta ainesta rannoilta, haudaten kaloille sopivia kutualueita ja tukahduttaen rantakasvillisuutta toisilla paikoilla ja edistäen rantojen ruovikoitumista ja umpeenkasvua toisaalla. Keväisen tulvaveden kerääminen järviin myös häiritsee joidenkin lintulajien pesintää peittämällä pesäpaikat veden alle veden pinnan nousun jatkuessa pesinnän jo alettua.³⁶

Erityisesti virkistyskäytön edistämiseksi veden pinta pidetään kesällä korkealla, kun se luonnostaan laskisi loppukesää kohden, mikä esimerkiksi vähentää kalanpoikasille sopivia, lämpimiä ja suojaisia rantavesiä heikentäen näin poikastuotantoa ja muuttaen kalalajistoa.³⁷



Kuva 9 Veden säännöstely vesivoiman tarpeisiin muuttaa vedenkorkeuden vuodenaikaisvaihtelua ja esimerkiksi madaltaa kevättulvien huippuja ja tiputtaa vedenkorkeuden talvisin suuren sähkön kysynnän aikaan. Tulvien heikentyminen johtaa mm. orgaanisen aineksen kertymiseen rannoille, mikä tukahduttaa rantavyöhykkeen kasveja ja hautaa alleen kutu- ja poikastuotantoalueita.

Veden lyhytaikaisäännöstely eli nopeat muutokset juoksutuksessa energiantuotannon vaihtelun mukaan, aiheuttaa erityisesti rantojen kulumista. Voimakkainta eroosio on, mikäli veden pinta nousee ja laskee pysyvän jääkannen muodostuttua talvella. Tällöin liikkuva vedenpinta nostaa ja laskee mukanaan jäämassaa, joka hioo voimakkaasti rantoja kuluttaen kasvillisuutta ja irrottaen rannasta kiintoainesta. Talviaikainen vedenpinnan vaihtelu aiheuttaa myös jäätymisstressiä litoraalin lajistolle, mikäli kasvillisuus vuoroin paljastuu ja jää taas veden alle. Avoimen veden aikaan erityisesti korkea vedenpinnan taso altistaa rantoja aaltoeroosiolle.³⁸

³⁵ Palomäki ja Koskenniemi, 1993

³⁶ Ahola ym., 2003

³⁷ Aroviita ja Hämäläinen, 2008

³⁸ Carmignani ja Roy, 2017

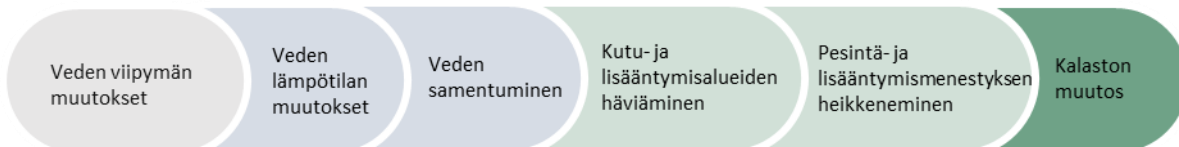


Kuva 10 Vedenpinnan nosto ja lasku sähkön kysynnän mukaan aiheuttaa erityisesti jäiseen aikaan rantojen kulumista ja vaurioittaa rannan eliöstöä.

Veden viipymä järvestä on oleellinen tekijä järven olosuhteiden kannalta. Tämä vaikuttaa järven veden kirkkauteen ja kykyyn sietää ravinnekuormitusta. Järvissä, joissa on pitkä veden viipymä eli vesi vaihtuu ja virtaa hitaasti, on usein kirkkaampi vesi, sillä kiintoaineksella ja muilla partikkeleilla on aikaa laskeutua pohjalle. Hyvä näkösyvyys myös mahdollistaa uposlehtisten vesikasvien esiintymisen, mikä entisestään suodattaa ja kirkastaa vettä. Hidas veden vaihtuvuus kuitenkin altistaa järviä mm. rehevöitymiselle, sillä vähäinen veden poistuma ja hidaskvirtaus edistävät ravinteiden kertymistä järveen sekä lisää riskiä happikadon muodostumiselle pohjille, mikäli veden vaihtuvuus on heikkoa.

Veden säännöstely saattaa muuttaa veden viipymää järvestä. Säännösteltyjen järvien viipymä on yleensä luonnontilaisia järviä lyhyempi.³⁹ Viipymän lyhentäminen muuttaa erityisesti järven veden lämpötilaa ja voi vaikuttaa veden kerrostuneisuuteen ja veden vaihtuvuuteen pinnan ja pohjan välillä. Säännöstellyissä järvissä usein esim. matalien rantojen lämpimät, kalojen poikastuotantoon sopivat alueet puuttuvat, mikä heikentää kalojen poikastuotantoa.

Rantojen lisääntynyt eroosio yhdessä lyhentyneen viipymän kanssa aiheuttavat veden samentumista, mikä heikentää uposlehtisten vesikasvien esiintymistä.



Kuva 11. Veden viipymän muutokset aiheuttavat muutoksia veden lämpötilassa ja sameudessa, jotka ovat olennaisia tekijöitä esimerkiksi kalojen poikasille soveltuvien elinympäristöjen muodostumiselle.

3 Vaikutusten seuranta

Vesistöjen tilan seuranta on monilla tavoin haasteellisempaa kuin terresteisten ympäristöjen tilan ja niissä tapahtuvan muutoksen seuranta. Vesistöihin kohdistuu suoria paineita esimerkiksi vesivoimasta tai pistekuormituslähteistä, joilla on sekä suoria että epäsuoria vaikutuksia biodiversiteettiin. Näiden lisäksi vesistöihin kohdistuu laajasti epäsuoria paineita maalla tapahtuvista toiminnoista mm. hajakuormituksen, ilmalaskeuman ja lukuisten valuntaan,

³⁹ Fergus ym., 2020.

sadantaan ja maankäyttöön vaikuttavien toimintojen kautta.⁴⁰ Kaikilla näillä paineilla on suoria ja epäsuoria vaikutuksia biodiversiteettiin vesistöissä ja monilla paineilla on yhteisvaikutuksia, tai esimerkiksi haitallisten aineiden kumuloitumisesta johtuvia pitkäaikaisvaikutuksia. Yksittäisestä lähteestä peräisin olevaa vaikutusta voi olla hankala erottaa historiallisesta kuormituksesta ja muista lähteistä tulevasta vaikutuksesta.

Suomessa vesien tilaa seurataan sekä viranomaisten toimesta osana kansallista ympäristötiedon keruuta että yksittäisissä hankkeissa, kuten luvanvaraisten toimintojen velvoitetarkkailujen yhteydessä.

3.1 Vesipuidedirektiivi ohjaa biodiversiteettityötä vesistöissä

EU:n vesipuidedirektiivi (VPD) määrittelee kansainväliset, jäsenmaita sitovat tavoitteet vesienhoidolle, velvoittaen EU:n jäsenmaita saattamaan kaikki vesimuodostumat vähintään hyvään tilaan, määrävuoteen 2027 mennessä⁴¹. EU-tuomioistuimen Weser-päätöksen⁴² ja KHO:n Finnulp-päätöksen⁴³ jälkeen VPD:n tavoitteiden tulkinta on muuttunut laintulkinnassa ohjaavasta sitovaksi. Tämä tarkoittaa, ettei luvanvaraiselle toiminnalle tule myöntää ympäristölupaa, mikäli toiminta vaarantaa hyvän tilan tavoitteen saavuttamisen tai säilyttämisen vesistöissä. Tämän takia VPD ja sen tilatavoitteet ovat merkittävien biodiversiteettityötä ohjaava sääntelytekijä vesiympäristössä.

Pintavesien ekologinen tilaluokitus on ympäristöviranomaisten kehittämä ja ylläpitämä järjestelmä vesistöjen tilan arvioimiseen EU:n vesipuidedirektiivin mukaisesti.⁴⁴ Siinä kaikki vesistöt on jaoteltu vesimuodostumiin, joille määritellään kootun ympäristötiedon ja asiantuntija-arvion perusteella tilaluokka viisiasteisella portaikolla huonosta erinomaiseen. Tila-arvio perustuu laajaan ympäristömuuttujien kriteeristöön, joka on kehitetty vertaamaan vesimuodostumia luonnontilaisiin vesistöihin hydrologis-morfologisilla, fysikaalis-kemiallisilla ja biologisilla muuttujilla. Kriteereiksi valitut luokittelutekijät asettavat raja-arvot sille, kuinka merkittävä muutos vesimuodostumassa on tapahtunut ihmistoiminnan seurauksena verrattuna kullekin vesimuodostumatyypille määritelyyn luonnontilaan.

Poikkeuksia hyvän tilan tavoitteeseen voidaan myöntää voimakkaasti muutetuille tai keinotekoisille vesimuodostumille, jollaisia vesivoiman käytössä olevat vesimuodostumat usein ovat. Voimakkaasti muutetun vesistön status voidaan myöntää, mikäli vesimuodostuma ei voi saavuttaa hyvää tilaa johtuen hydrologismorfologisesta muuttuneisuudesta, esim.

⁴⁰ HELCOM, n.d.

⁴¹ *Poikkeuksena voimakkaasti muutetut vesimuodostumat, joille tavoitteet määrätään tapauskohtaisesti.*

⁴² *Päätös VPD:n laillisesta sitovuudesta heikentämiskiellon osalta ympäristölupia myönnettäessä.*

Paloniitty, 2016

⁴³ *Päätöksessä KHO kumosi myönnetyn ympäristöluvan VPD:n perusteella.*

KHO, 2019

⁴⁴ ymparisto.fi, 2022

patorakenteista, joilla on suuri taloudellinen tai yhteiskunnallinen merkitys, jota ei voida saavuttaa muilla, merkittävästi paremmilla keinoilla.

Voimakkaasti muutettujen vesimuodostumien tila arvioidaan samoilla kriteereillä, kuin muidenkin vesimuodostumien, mutta niille asetetaan tapauskohtaisesti tilatavoite, joka katsotaan parhaaksi saavutettavissa olevaksi, aiheuttamatta merkittävää haittaa vesistön tärkeälle käyttömuodolle. Paras saavutettavissa oleva tila arvioidaan asiantuntijatyönä kullekin vesimuodostumalle ja se on mukautettu vesimuodostuman käyttötarpeiden mukaan, sillä voimakkaasti muutettujen vesimuodostumien ei katsota voivan saavuttaa luonnonmukaisille vesistöille asetettuja tavoitteita.

Koska vesipuidedirektiivin tavoitteet ovat laillisesti sitovia kaikille toimijoille, tavoitteiden saavuttamista seuraavan pintavesien ekologisen tilaluokituksen kriteerit ja indikaattorit vesien tilalle ovat muodostuneet pääasialliseksi menetelmäksi vesistöjen tilan seurantaan ja arvottamiseen. Esimerkiksi ympäristöluvituksessa viranomaiset nojaavat tilaluokitukseen hankkeiden vaikutusten merkittävyttä arvioitaessa. Näin ollen yritysten biodiversiteettityö on tarpeen linjata tilaluokituksen menetelmien ja indikaattorien kanssa. Seuraavassa luvussa on tarkastelu pintavesien ekologisen tilaluokituksen ympäristön tilaa kuvaavien indikaattorien ja muuttujien soveltuvuutta vesivoiman biodiversiteettivaikutusten tarkasteluun.

3.2 Pintavesien ekologisen tilaluokituksen seurantamenetelmät ja indikaattorit

Pintavesien ekologisen tilaluokituksen perustana on ympäristömuuttujat, jotka ilmentävät ihmistoiminnan seurauksena vesistöissä tapahtuvia muutoksia. Muuttujat on ryhmitelty hierarkkisesti ensin hydrologis-morfologisiin, fysikaalis-kemiallisiin ja biologisiin muuttujiin. Näiden alla muuttujat on ryhmitelty luokittelutekijöihin, kuten kasviplankton, fysikaalis-kemialliset olosuhteet ja esteettömyys. Kunkin luokittelutekijän alla on yksi tai useampi ympäristön tilaa kuvaava muuttuja (kuvat 12 ja 13).

Osasta muuttujista on muodostettu indikaattoreita, jotka yhdistävät useampia muuttujia yhdeksi lukuarvoksi. Näitä ovat esimerkiksi kalaindeksi ja syvännepohjaeläinindeksi. Vesipuidedirektiivi velvoittaa saattamaan kaikki luokittelutekijät ja sitä kautta vesimuodostumat vähintään hyvään tilaan. Voimakkaasti muutettujen vesimuodostumien osalta tavoite on asetettu parhaaseen saavutettavissa olevaan tilaan, joka määritellään vesimuodostumakohtaisesti.



Kuva 12. Pintavesien ekologisen tilaluokituksen muuttujat virtavesissä.



Kuva 13. Pintavesien ekologisen tilaluokituksen muuttujat järvissä.

3.3 Tilaluokituksen menetelmien soveltuvuus vesivoiman vaikutusten seurantaan

Pintavesien ekologinen tilaluokitus on vakiintunut vesiensuojelun onnistumista mittaavaksi työkaluksi, jonka mukaiset tilatavoitteet velvoittavat osaltaan myös vesivoimatoimijoita. Tilaluokitus on kehitetty valtakunnallisen tason seurantaan ja sen muuttujat on valittu

ilmentämään mahdollisimman laajasti ihmistoiminnan vaikutuksesta vesistöissä tapahtuvia muutoksia, ja niiden on sovelluttava luonnonominaisuuksiltaan ja paineiltaan erilaisten vesistöjen tilan seurantaan mahdollisimman kattavasti.⁴⁵

Pääosa biologisista ja fysikaalis-kemiallisista muuttujista painottuu rehevöitymisen vaikutusten seurantaan ja hydrologis-morfologiset muuttujat painottavat vesivoiman ja muiden vesirakenteiden vaikutuksia.⁴⁶ Mikäli tilaluokitusta käytetään vesivoiman biodiversiteettitavoitteiden asetantaan tai seurantaan, on tärkeää ymmärtää miltä osin luokittelussa käytettävät muuttujat mittaavat vesivoiman vaikutuksia, ja mihin muuttujiin toimialalla on mahdollisuuksia vaikuttaa.

Virtavesissä koskikalasto ja pohjaeläimet reagoivat herkästi hydrologis-morfologisiin paineisiin, ja indikoivat vesivoiman vaikutuksesta tapahtuvia muutoksia veden virtaamassa ja vesistön piirteistössä. Tilaluokituksessa käytettävään jokikalaindeksiin ja pohjaeläinindeksiin valitut seurattavat lajit ja muuttujat ilmentävät parhaiten rehevöitymisen vaikutuksia, mutta indeksi huomioi esim. lohikalajien poikasten määrän ja kalalajistossa tapahtuvat muutokset, jotka molemmat indikoivat myös virtauksessa tapahtuvia muutoksia herkästi.⁴⁷ Indeksiin kuuluva särkikalajien lisääntyminen on hyvä merkki rehevyyden lisääntymisestä, mutta myös vesivoimasta aiheutuva allastuminen ja järvimäisyyden lisääntyminen edesauttaa särkikalajien osuuden kasvua vesistöissä. Jokikalaindeksi sopii kohtalaisesti vesivoiman vaikutusten seurantaan, mutta siinä käytettävät menetelmät soveltuvat huonosti patoaltaissa käytettäviksi.⁴⁸

Virtavesien kasvillisuus on herkkä vesivoiman vaikutuksille, kuten muutoksille veden virtauksessa, mutta vesikasvillisuuden indikaattorit ovat edelleen kehitteillä. Tällä hetkellä käytössä oleva päällysläiviä kuvaava piileväindikaattori on erittäin resilientti hydrologis-morfologisille muutoksille eikä reagoi vesivoiman aiheuttamiin paineisiin.

Järvissä veden säännöstelystä aiheutuville muutoksille herkkiä muuttujia ovat vesikasvit ja rantavyöhykkeen pohjaeläimet, jotka reagoivat voimakkaasti mm. vedenkorkeuden vaihteluihin. Erityisesti talviaikainen vedenkorkeuden vaihtelu ilmentyy litoraalin lajistossa. Näitä indikaattoreita voidaan hyödyntää vesivoiman vaikutusten seurantaan.⁴⁹

Järvissä kalat reagoivat moniin säännöstelystä aiheutuviin muutoksiin, jolloin niiden biomassat, lukumäärät ja lajikoostumus voivat kuvata myös vesivoiman vaikutuksia, mutta tilaluokituksessa käytetty järvikalaindeksi seuraa erityisesti muutoksia järvien ulapalla tavattavissa kalalajeissa, kun taas järvien säännöstely vaikuttaa voimakkaimmin rantojen kalalajistoon, kuten kivisimpuihin, mutuihin ja kivenuoliaisiin. Näin ollen järvikalaindeksi ei sovellu vesivoiman vaikutusten seurantaan.⁵⁰

⁴⁵ Aroviita ym., 2019

⁴⁶ Vuori ym., 2006

⁴⁷ Vehanen ym., 2006

⁴⁸ Luke, 2023

⁴⁹ Keto ym., 2008

⁵⁰ Keto ym., 2008

Järvissä samoin kuin virtavesissä piileväindeksi ei ole herkkä vedenpinnan korkeusvaihteluille tai veden viipymän muutoksille. Myöskään järvien syvänteiden pohjaeläinindeksi ei reagoi vesivoiman vaikutuksiin.

Koska tilaluokituksen fysikaalis-kemialliset indikaattorit soveltuvat parhaiten rehevöitymisen vaikutusten seurantaan⁵¹ eikä vesivoimalla ole merkittävää vaikutusta kokonaisravinnepitoisuuksiin vesistöissä⁵², eivät ne sovellu sellaisenaan vesivoiman vaikutusten seurantaan. Järvissä vesivoimalla voi olla vaikutusta veden sameuteen, mm. veden viipymän muutosten, rantojen eroosion ja tulvien vähenemisen kautta, mutta vesivoiman vaikutusta on vaikeaa erottaa rehevöitymisestä ja maalta tulevasta kiintoainekuormituksesta johtuvasta samentumisesta.

Parhaiten vesivoiman vaikutusta seuraavat hydrologis-morfologiset muuttujat, jotka mittaavat suoraan vesivoimasta johtuvia veden virtaaman ja korkeuden muutoksia, allastuneisuutta ja estevaikutuksia. Hydrologis-morfologisista muuttujista ei kuitenkaan voi suoraviivaisesti johtaa biodiversiteettivaikutuksia eikä pelkästään niiden avulla pysty todentamaan esim. toimenpiteiden vaikutuksia ekosysteemeihin ja lajistoon.

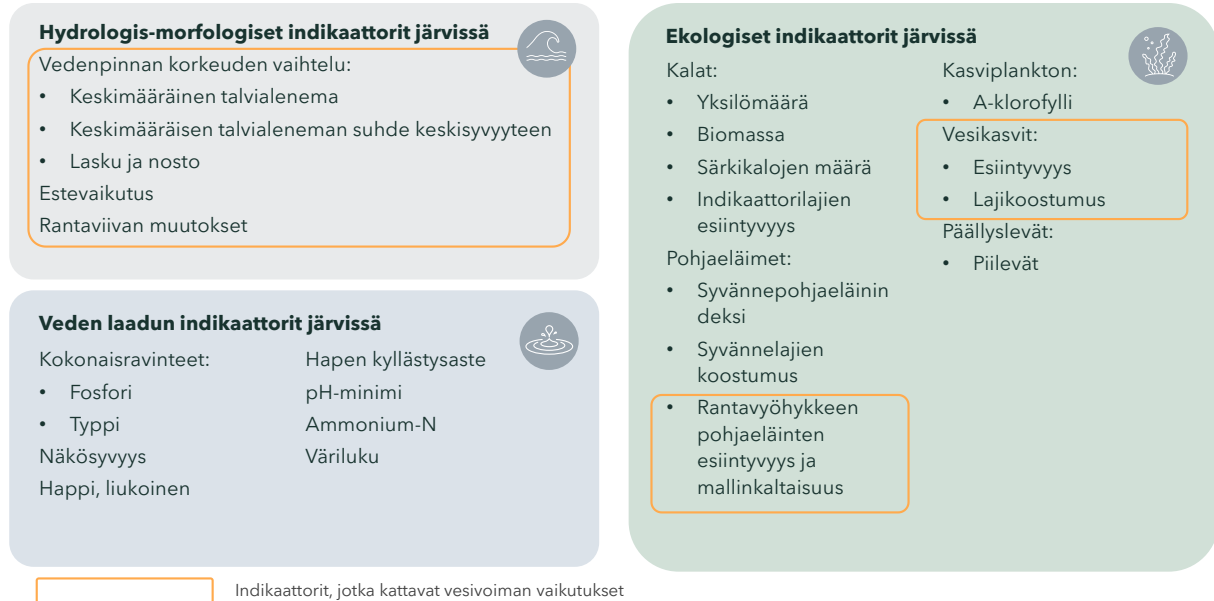
Biologisista muuttujista vesistön ulkopuolelle, kuten kosteikkoihin, rannoille ja tulvavyöhykkeille sekä lintuihin kohdistuviin vaikutuksiin ei ole mittareita tilaluokituksen menetelmissä. Fysikaalis-kemialliset muuttujat eivät myöskään kata kaikkia vesivoiman vaikutuksia, kuten aineiden kulkeutumiseen ja jäätymiseen liittyviä muutoksia. Näihin kohdistuvia tavoitteita tai toimenpiteitä ei siis voida seurata tilaluokituksen menetelmillä.



Kuva 14. Pintavesien ekologisen tilaluokituksen muuttujat virtavesissä, jotka mittaavat vesivoiman vaikutuksia.

⁵¹ Vuori ym., 2006

⁵² Česonienė ym., 2021



Kuva 15. Pintavesien ekologisen tilaluokituksen muuttujat järvissä, jotka mittaavat vesivoiman vaikutuksia.

3.4 Muut mahdolliset seurantamenetelmät

Vesivoiman vaikutusten seurantaan on käytössä maailmanlaajuisesti erittäin suuri joukko erilaisia muuttujia ja menetelmiä. Laajassa kokoomatutkimuksessa tunnistettiin yli 3 000 erilaista ympäristömuuttujaa yli sadasta artikkelista, joilla vesivoiman ympäristövaikutuksia oli mitattu tai seurattu.⁵³ Tutkimuksessa luokiteltiin 12 vesivoiman biodiversiteettivaikutuksia mittaavaa muuttujakategoriaa:

- Lajien runsaus ja tiheys
- lajien esiintyminen
- liikkumiskäyttäytyminen
- levittäytymisen muutokset
- lajien demografia
- lajien selviytyvyys ja lisääntymismenestys
- ekologisten tyyppiluokkien esiintyminen
- geneettinen vuorovaikutus
- elinympäristöjen esiintyminen
- yksilöiden molekyylikoostumus

⁵³ Parish ym., 2019

- yksilöhistorian tunnuspiirteet
- eliöyhteisöjen elinvoimaisuus.

Käytössä olevien muuttujien monimuotoisuus ilmentää mahdollisten vaikutusten laajaa kirjoa, ja toisaalta yhtenäisten seurantakäytäntöjen puutetta. Suurin osa muuttujakategorioista mittaa vesivoiman välillisiä tai epäsuoria vaikutuksia ja muuttujiin vaikuttavat monet muutkin muutokset ja tekijät ympäristössä. Suoria vaikutuksia mittaavia muuttujia ovat esimerkiksi tiettyjen herkkien lajien esiintyminen, vaelluslajien esiintyminen ja käyttäytyminen ja ekosysteemien kytkeytyneisyys.

Monissa tutkimuksissa esiin nousevia muuttujia ovat kalat, pohjaeläimet ja vesikasvit. Liettuassa tutkittiin vesivoiman virtausvaihtelun vaikutuksia paikallisiin kalapopulaatioihin padon ylä- ja alapuolella. Yläpuolella virtausolot olivat melko normaalit, alapuolella virtausvaihtelut olivat voimakkaita. Tutkimuksessa testatut Liettuan ja Tanskan jokikalaindeksit sekä eläinten kotoperäisyysindeksi⁵⁴ osoittivat virtausvaihtelulla olevan heikentäviä vaikutuksia lajiston koostumukseen ja yksilömääriin.⁵⁵

Kanadassa tehdyissä tutkimuksissa kalojen tai selkärangattomien biomassassa ei havaittu merkittäviä eroja, kun verrattiin jokea, jossa oli luonnollinen virtaama ja jokea, jossa oli voimakas virtauksen vaihtelu. Sen sijaan tiettyjen herkkien indikaattorilajien esiintymisessä havaittiin merkittävä ero.⁵⁶ Myös Espanjassa tehdyissä tutkimuksissa havaittiin merkittäviä eroja virtausvaihtelun vaikutuksissa eri kalalajeihin.⁵⁷

Tunnistamalla vaikutuksille herkät kala- ja pohjaeläinlajit, voidaan kehittää paremmin vesivoiman virtausvaikutuksia mittaavia kala- ja pohjaeläinindikaattoreita. Suomessa soveltuvia lajeja ovat jokien virtapaikkojen herkät lajit⁵⁸ sekä järvien rantojen kalalajit.⁵⁹

Makrofyytit (vesikasvit ja monivuotiset levät) ovat herkkiä veden virtauksessa, pohjanlaadussa ja valo-olosuhteissa tapahtuville muutoksille. Makrofytytyhteisöjen koostumuksessa tapahtuvat muutokset kuvaavat hyvin ihmispaineista aiheutuvia muutoksia vesistöissä ja soveltuvat siksi hyvin indikoimaan vesivoiman aiheuttamia muutoksia vesistöissä.⁶⁰ Eri makrofytytilajien esiintyvyyttä tai kasviyhteisöjen lajikoostumusta ja ekologisten ominaisuuksien esiintyvyyttä voidaan käyttää seuraamaan muutoksia virtavesien hydrologiassa.⁶¹

Ympäristö-DNA:n eli eDNA:n mittausmenetelmät ovat yleistyneet, ja niitä on käytetty esim. jokihelmisimpukoiden tilan seurantaan ja suojelutyöhön. Myös Luke on tehnyt selvitystä

⁵⁴ *Lithuanian fish index (LFI), Danish Stream Fauna Index (DSFI), and Fauna Autochthonous index (FAI)*

Cesonienė ym., 2021

⁵⁵ Cesoniene ym., 2021,

⁵⁶ Smokorowski ym., 2011

⁵⁷ Benejam ym., 2014

⁵⁸ Vehanen ym., 2006

⁵⁹ Keto ym., 2008

⁶⁰ Vukov ym., 2022

⁶¹ Papastergiadou ym., 2015

eDNA:n soveltuvuudesta patoaltaiden biodiversiteetin seurantaan. Selvityksen mukaan eDNA:lla on potentiaalia edulliseen lajistokoostumuksen seurantaan, joka soveltuu potentiaalisesti hyvin vesivoiman biodiversiteettivaikutusten seurantaan.⁶²

3.5 Menetelmät vesivoiman biodiversiteettivaikutusten merkittävyyden arviointiin

Jotta vesivoimatoimiala voisi asettaa luonnon monimuotoisuuden kannalta oleellisia ja toimialan vaikutusta kuvaavia tavoitteita biodiversiteetin edistämiseksi vesistöissä, tulee vesivoiman biodiversiteettivaikutusten merkittävyys pystyä arvioimaan luotettavalla ja vertailukelpoisella tavalla. Lisäksi vaikutusta ja siinä tapahtuvia muutoksia tulee pystyä seuraamaan tavoitteiden toteutumisen todentamiseksi.

Vesipuitedirektiivin tilatavoitteissa ekologista muuttuneisuutta mitataan sekä järvissä että joissa neljän eliöryhmän kautta: kalat, pohjaeläimet, vesikasvit ja päällyslievät. Vesivoimalla on tunnistettuja vaikutuksia erityisesti kaloihin, pohjaeläimiin ja vesikasveihin. Nämä eliöryhmät kuvaavat laajasti vesistöjen tilaa, ja niitä käytetään kansainvälisten vesiensuojelutavoitteiden mittareina. Pintavesien ekologisessa tilaluokittelussa näiden seuraamiseen käytettävät muutajat ilmentävät vesivoiman vaikutuksia vain osittain. Vaikutukset maaekosysteemeihin, koskeikkoihin ja lintuihin jäävät tilaluokituksen muuttujien ulkopuolelle.

Vaikutuspolkutarkastelussa esiin nousseista vaikutuksista keskeisimpiä kalojen, pohjaeläinten ja vesikasvien kannalta olivat:

- vesistön piirteistön muuttuminen
- jokijatkumon katkeaminen
- luonnollisen virtausvaihtelun muutokset
- virtauspiikit ja virtauksen puuttuminen
- uoman muodon muutokset
- rantojen eroosioon ja jäätymisen muutokset
- tulvahuippujen lieventyminen
- veden lämpötilan ja sameuden muutokset

Näiden vaikutusten merkittävyyttä voidaan arvioida ja seurata **vesivoiman toimintaa ja käyttöä mittaavilla muuttujilla**, kuten:

- veden virtaaman
 - määrä, nopeus, kesto, ajoitus, muutosnopeus

⁶² Luonnonvarakeskus, 2023.

- järvien veden pinnan korkeuden ja viipymän vaihtelut
- sekä **ekologisilla muuttujilla**, kuten:

- herkkien kala- ja pohjaeläinlajien esiintyminen
- kalojen ja pohjaeläinten lajikoostumus
- vesikasviyhteisöjen ja tyyppiominaisuuksien esiintyminen

Nämä vesivoiman toimintaa ja käyttöä mittaavat sekä ekologiset muuttujat antavat todennäköisesti kattavan kuvan vesivoiman biodiversiteettivaikutuksista ja biodiversiteetissä tapahtuvista muutoksista. Yhdistämällä tällä tavoin vesivoiman suorien, fysikaalis-kemiallisten ja hydrologis-morfologisten vaikutusten seuranta ympäristön tilan seurantaan, voidaan arvioida vesivoiman vaikutusten merkittävyyttä ja vaikutuksissa tapahtuvia muutoksia.

Valmiita, Suomen olosuhteisiin kehitettyjä raja-arvoja ja indikaattoreita juuri vesivoiman vaikutusten seurantaan ei ole nykyisellään saatavilla. Sen sijaan ohjeistuksia erilaisten vesistö-kunnostustoimenpiteiden vaikuttavuuden seurantaan on laadittu.⁶³

4 Vaikutusten hallinta ja lieventämistoimenpiteet

Vesivoiman biodiversiteettivaikutusten vähentämiseen ja lieventämiseen on kehitetty erilaisia mahdollisia toimenpiteitä. Toimenpiteiden vaikuttavuus ja toteutettavuus vaihtelevat tapauskohtaisesti, ja riippuen siitä mihin kohtaan vaikutusreittiä toimenpide kohdistuu.

Toimenpiteitä valittaessa on suositeltavaa noudattaa lieventämishierarkiaa⁶⁴. Lieventämishierarkian mukaisesti toimenpiteitä tulee priorisoida niiden vaikuttavuuden mukaan siten, että:

- 1) pyritään välttämään haitallisten vaikutusten syntyminen
- 2) pyritään vähentämään vaikutuksia
- 3) pyritään ennallistamaan ja hoitamaan jo syntyneitä vaikutuksia
- 4) kompensoidaan vaikutukset, joita ei voida muilla toimenpiteillä välttää.

Vesistöissä tapahtuvia kunnostustoimenpiteitä suunniteltaessa tulee huomioida koko vesijärjestelmä kokonaisuutena. Esimerkiksi vaelluskaloihin kohdistuvat toimenpiteet eivät välttämättä ole toimivia tai tehokkaita, mikäli jokijärjestelmässä on useita patoja ja toimenpiteet kohdistuvat näistä vain yhteen. Toimenpiteiden tehokkuus on siis riippuvaista niiden oikeasta

⁶³ Koljonen ym., 2020

⁶⁴ Arlidge ym., 2018

sijoittelusta ja ratkaisun soveltuvuuden varmistamisesta tapauskohtaisesti, huomioiden myös muut vesistön paineet ja ominaisuudet.

4.1 Mahdollisia toimenpiteitä virtavesissä

Virtavesissä merkittävimmät välttämistoimenpiteet kohdistuvat suoraan vesivoiman vaikutustapoihin, ja poistavat näin koko vaikutustavasta seuraavan vaikutusreitit ja kaikki siihen liittyvät vaikutukset.

Välttämistoimenpiteitä ovat:

- 1) Patojen purku ja pohjapatojen madaltaminen, jolla poistetaan padon synnyttämä estevaikutusta ja palautetaan ekosysteemien väliset yhteydet sekä aineksen kulkeutuminen.
- 2) Padon käyttö tulovirtaaman mukaan, jolla poistetaan virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelusta syntyvät vaikutukset ja normalisoidaan jokiprofiilia vähentäen allastuneisuutta.

Vesivoima on monissa tapauksissa yhteiskunnallisesti tärkeä ympäristön käyttömuoto, jota ei voida lakkauttaa tai purkaa. Siksi välttämistoimenpiteet eivät aina ole yhteensovitettavissa vesivoiman tuotannon kanssa, jolloin tulisi harkita toimenpiteitä, jotka vähentävät biodiversiteettivaikutuksia. Vähentämistoimenpiteet kohdistuvat erityisesti fysikaalisiin ja kemiallisiin muutoksiin, joita vesivoimasta aiheutuu ja pyrkivät vähentämään niistä koituvia biodiversiteettivaikutuksia.

Vähentämistoimenpiteitä ovat:

- 1) Virtaaman säätelyn toimenpiteet, kuten riittävän virtaaman säilyttäminen uomissa ja koskipaikoissa myös matalan sähköntarpeen aikaan. Riittävän houkutusjuoksuksen käyttäminen vaelluskalojen ohjaamiseksi padon ohi kalateille tai ohitusuomiin. Lyhytaikaisten virtausvaihteluiden lieventäminen siten, ettei padon käytöstä synny voimakkaita piikkejä virtaamassa.
- 2) Kalojen ja muiden eliöiden vaellusyhteyden palauttamistoimenpiteet, kuten kalateiden, kalahissien ja kiinnittävien ohitusmenetelmien, kuten kalasydämen käyttöönotto sekä alasvaellusrakenteiden ja ohitusuomien rakentaminen. Perinteiset kalatiet hyödyttävät yleensä vain voimakkaasti uivia lohikaloja. Ohitusuomat voivat oikein toteutettuina toimia elinympäristöinä ja mahdollistaa myös pienempien eläinten ja kasvien siementen liikkumisen padon ohi.

Vaikutusten välttämisen ja vähentämisen ohella elinympäristöjen tilaa voidaan tukea ennallistamis- ja hoitotoimenpiteillä. Ennallistamis- ja hoitotoimenpiteet eivät poista tai vähennä vesivoimasta aiheutuvia vaikutustapoja tai fysikaalisia muutoksia ympäristössä, vaan niillä tuetaan muutoksien vuoksi heikentyneiden elinympäristöjen esiintymistä ja toimintaa.

Ennallistamis- ja hoitotoimenpiteitä ovat:

- 1) Virtahabitaatin lisääminen ja virta-alueiden kunnostukset, kuten virtavesiekosysteemien muodostumisen tukeminen ohitusuomissa, kutu- ja poikasaluiden kunnostukset ja kivi- ja jäänteiden uomien kunnostaminen ja vesittäminen.

- 2) Rantavyöhykkeen tilan parantaminen esimerkiksi muotoilemalla rantaa uudelleen, mikäli eroosio tai rantojen muokkaus on pengertänyt niitä kasvillisuudelle soveltumattomiksi. Rantojen suojaustoimenpiteet eroosiota vastaan sekä kasvillisuuden lisääminen maa-aineksen sitomiseksi ja elinympäristöjen vahvistamiseksi.

Sellaiset vaikutukset, joita ei pystytä hankealueella välttämään, vähentämään tai ennallistamaan, voidaan kompensoida keinotekoisesti tukemalla ekosysteemejä esim. vaelluslajien siirtoistutuksilla, tai kunnostamalla vastaavia elinympäristöjä toisaalla. Kompensaatiota tulee käyttää viimeisenä keinona sellaisiin vaikutuksiin, jotka eivät ole lieventämishierarkiassa ylemmillä tasoilla olevilla toimenpiteillä poistettavissa, vähennettävissä tai hoidettavissa, johtuen esimerkiksi alueen käyttöpaineesta. Kompensaatiotoimenpiteet voivat kohdistua esimerkiksi yksittäisiin lajeihin tai ekosysteemien osiin, jolloin niillä paikataan ekosysteemin toiminnassa ja palveluissa ihmisen toiminnasta seuranneita häiriöitä. Ekologiseksi kompensaatioksi katsotaan myös toimenpiteet, joilla kunnostetaan arvoiltaan ja ominaisuuksiltaan riittävän vastaavia elinympäristöjä jossain toisessa sijainnissa.

Kompensaatiotoimenpiteitä ovat:

- 1) Luonnonvaraisten kalojen ja muiden eliöiden siirrot ja istutukset uhanalaisten kantojen suojelemiseksi.
- 2) Vastaavien elinympäristöjen kunnostaminen ja ennallistaminen toisaalla. Ekologisen kompensaation kansalliset ohjeistukset asettavat kriteerit virallisille kompensaatiotoimenpiteille, joita on hyvä noudattaa mahdollisuuksien mukaan myös vapaaehtoisissa kompensaatiotoimissa.⁶⁵

Kalastonhoitotoimenpiteinä vesivoimaloille määrätään usein kalojen siirto- ja istutusvelvollisuuksia. Ympäristöluvista velvoitettuja toimenpiteitä ei voida katsoa kompensaatioksi ja viljeltyjen kalojen istutukset ovat yleensä virkistyskäyttöä ja kalastusta palvelevia toimia, eivät luonnonsuojelutoimia. Suurten jokien yhteydessä ekologinen kompensaatio muissa vastaavissa kohteissa ei ole toistaiseksi saavuttanut laajaa hyväksyntää.

⁶⁵ Ympäristöministeriö, n.d.



Kuva 16. Mahdolliset biodiversiteettiä tukevat toimenpiteet virtavesissä sekä niiden sijoittuminen lieventämishierarkiaan.

4.2 Mahdollisia toimenpiteitä säännöstellyissä järvissä

Säännöstellyissä järvissä vaikuttavimmat toimenpiteet poistavat biodiversiteettivaikutuksia synnyttäviä vaikutustapoja eli välttävät vaikutusten syntymistä.

Välttämistoimenpiteitä ovat:

- 1) Vedenkorkeuden säännöstelyyn liittyvät toimenpiteet, kuten vedenkorkeuden vaihteluvälin rajoittaminen.

Vähentämistoimenpiteitä ovat:

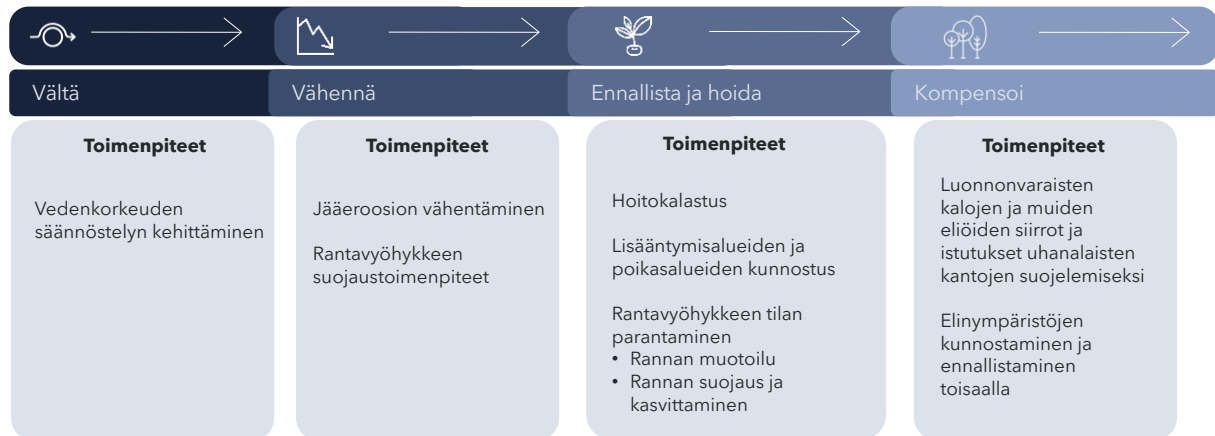
- 1) Jääeroosion vähentäminen, esimerkiksi talviaikaista vedenkorkeuden säätelyä muuttamalla siten, ettei veden pintaa nosteta muodostuneen jääkannen tason yläpuolelle.
- 2) Rantavyöhykkeen suojaustoimenpiteet rantojen eroosion ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi.

Ennallistamis- ja hoitotoimenpiteitä ovat:

- 1) Hoitokalastus, joka ei suoraan korjaa vesivoiman vaikutuksista seuraavia muutoksia, mutta tukee järvien biodiversiteettiä poistamalla ravinteita ja muokkaamalla kalapopulaatioiden rakennetta.
- 2) Lisäntymisalueiden ja poikasalueiden kunnostus sekä uusien habitaattien luominen esim. ohitusuomien yhteyteen.
- 3) Rantavyöhykkeen tilan parantaminen esimerkiksi muotoilemalla eroosion tai rakentamisen kuluttamia rantoja ja tukemalla niiden kasvipeitteistymistä.

Kompensaatiotoimenpiteitä ovat:

- 1) Luonnonvaraisten kalojen ja muiden eliöiden siirrot ja istutukset uhanalaisten kantojen suojelemiseksi.
- 2) Vastaavien elinympäristöjen kunnostaminen ja ennallistaminen toisaalla.



Kuva 17. Mahdolliset biodiversiteettiä tukevat toimenpiteet säännöstellyissä järvissä sekä niiden sijoittuminen lieventämishierarkiaan.

5 Johtopäätökset

Tässä työssä selvitettiin vesivoiman aiheuttamia paineita ja vaikutuksia virtavesien ja säännöstelyjen järvien biodiversiteettiin. Lisäksi selvitettiin menetelmiä ja mittareita vaikutusten seurantaan ja merkittävyyden arviointiin sekä mahdollisia toimenpiteitä vaikutusten lieventämiseen.

Työssä tunnistettiin kuusi keskeisintä vesivoiman aiheuttamaa vaikutustapaa virtavesissä ja säännöstellyissä järvissä: 1) voimalan tai padon aiheuttama fyysinen este, 2) veden virtaaman säätely 3) aineksen kulkeutumisen muutokset, 4) veden korkeuden vuodenaikaisvaihtelun muutokset, 5) veden säännöstely ja 6) veden viipymän muutokset. Kaikki tunnistetut vaikutustavat aiheuttavat sellaisia fysikaalisia ja kemiallisia muutoksia, joista seuraa merkittäviä vaikutuksia jokien ja järvien biodiversiteetille.

Vaikutustavoista lähteviä erilaisia vaikutusreittejä tunnistettiin virtavesissä 5 kappaletta ja ne liittyvät 1) vesistön piirteistön muutokseen, 2) jokijatkumon katkeamiseen, 3) luonnollisen virtausvaihtelun muutoksiin, 4) virtauspiikkeihin ja 5) uoman muodon muutoksiin. Säännöstellyissä järvissä erilaisia vaikutusreittejä tunnistettiin 3 kappaletta ja ne liittyvät 1) rantojen eroosioon ja jäätyminen muutoksiin, 2) tulvahuippujen lieventymiseen sekä 3) veden lämpötilan

ja sameuden muutoksiin. Vesivoiman vaikutukset välittyvät eri mekanismien kautta koko vesistöön, muuttaen sen olosuhteita ja biodiversiteettiä koko virtavesijärjestelmässä.

Tieteellinen näyttö vesivoiman vaikutuspoluista virtavesien ja säännöstelyjärvien biodiversiteetille on kattavaa, mutta yhtenäinen mittaristo hankekohtaisten vaikutusten seuraamiseen puuttuu. Käytössä on suuri joukko erilaisia mittareita ja menetelmiä, joita käytetään erilaisiin tarkoituksiin kuten luvitukseen tai vaikutusten seurantaan ja raportointiin. EU:ssa pintavesien ekologinen tilaluokitus on tärkein vesistöjen biodiversiteettityötä ohjaava mittaristo, joka asettaa tavoitteet sekä luonnontilaisille että voimakkaasti muutetuille vesimuodostumille.

Pintavesien ekologisen tilaluokituksen muuttajat eivät kata kaikilta osin vesivoiman vaikutuksia eikä pelkillä tilaluokituksen menetelmillä pystytä seuraamaan vesivoiman biodiversiteetti-vaikutusten lieventämiseen tehtävien toimien vaikuttavuutta tai asetettavien tavoitteiden saavuttamista. Tilaluokituksen muuttajia voidaan täydentää muilla menetelmillä. Soveltuvimmat menetelmät vesivoiman vaikutusten seurantaan yhdistävät vesivoiman toimintaan liittyviä muuttajia, kuten virtauksen vaihtelua sekä ekosysteemien tilaa mittaavia muuttajia, kuten muutoksia kalastossa, pohjaeläimistössä ja vesikasvillisuudessa. Tehokkaan vesiensuojelun ja vaikuttavan biodiversiteettityön mahdollistamiseksi tarvitaan selkeät yhteiset mittarit, jotka kuvaavat vesivoiman vaikutuksia ympäristössä, ja mittaavat niistä johtuvia muutoksia biodiversiteetistä.

Vesivoiman yhteiskunnallinen merkitys on otettava huomioon biodiversiteettitavoitteita ja toimenpiteitä suunniteltaessa. Vesivoiman vesimuodostumat ovat pääosin luokiteltu voimakkaasti muutetuiksi, jolloin niille asetetaan tapauskohtaiset, parhaat saavutettavissa olevat tilatavoitteet. Vesivoiman biodiversiteettitavoitteet sekä mahdolliset toimenpiteet tulee yhteensovittaa vesistön käyttötavoitteiden kanssa. Joissakin tapauksissa on myös syytä arvioida, tavoitellaanko jokaisen ominaisuuksiltaan muuttuneen vesistön kohdalla alueen menetettyjen piirteiden, kuten virtavesiympäristön palautumista, vai olisiko joiltain osin hyödyllisempää suunnata toimenpiteitä esim. syntyneen uuden ekosysteemin kuten järviuodostuman tilan edistämiseen.

Ihmistoiminnan seurauksena monet ekosysteemit ovat merkittävästi muuttuneet luonnontilasta. Riittävän vesiympäristöjen suojelun tason varmistamiseksi tulisi vesistöjen biodiversiteettiä tarkastella kokonaisuutena, joka huomioi sekä yhteiskunnan käyttöpaineet että ekosysteemien säilymisen kannalta riittävän luonnon monimuotoisuuden tason. Vesivoima on tärkeä säätövoiman tuotantotapa, joka mahdollistaa sääriippuvan tuuli- ja aurinkovoiman lisäämisen sähköjärjestelmään. Täten vesivoimalla on suuri merkitys koko energijärjestelmän vihreässä siirtymässä.

6 Lähdeluettelo

Ahola, M., Kerätär, K., Visuri, M. ja Hellsten, S., 2003. Vedenpinnan vaihtelun vaikutukset vesija rantalintujen pesintään. Kirjallisuusselvitys. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/a9b95a7a-b4ec-45ab-afc8-f90b015c2e4b/content>

Amanambu, C. A., Mossa, J., Chen, Y-H., Deitch, M. ja Alruzuq, A., 2024. Damming consequences: Quantifying the effects on channel geometry and floodplain inundation. CATENA. Volume 235, February 2024, 107634. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816223007257>

Arheimer, B., Donnelly, C. ja Lindström, G., 2017. Regulation of snow-fed rivers affects flow regimes more than climate change. Nature Communications volume 8, Article number: 62. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-00092-8>

Arlidge, W. N. S., Bull, J. W., Addison, P. F. E., Burgass, M. J., Gianuca, D., Gorham, T. M., Jacob, C., Shumway, N., Sinclair, S. P., Watson, J. E. M., Wilcox, C. ja Milner-Gulland, E. J., 2018. A Global Mitigation Hierarchy for Nature Conservation. BioScience, Volume 68, Issue 5, May 2018, Pages 336–347. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://doi.org/10.1093/biosci/biy029>

Aroviita, J. ja Hämäläinen, H., 2008. The impact of water level regulation on littoral macroinvertebrate assemblages in boreal lakes. Hydrobiologia 613: 45–56. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-008-9471-4>

Aroviita, J., Mitikka, S. ja Vienonen, S. (toim.), 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 37 | 2019. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/bitstreams/cbb74aee-d7b8-41b6-80a2-4b1b2de86b40/download>

Ashraf, F., Torabi Haghighi, A., Marttila, H. ja Kløve, B., 2016. Assessing impacts of climate change and river regulation on flow regimes in cold climate: A study of a pristine and a regulated river in the sub-arctic setting of Northern Europe. Journal of Hydrology 542. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/308006197_Assessing_impacts_of_climate_change_and_river_regulation_on_flow_regimes_in_cold_climate_A_study_of_a_pristine_and_a_regulated_river_in_the_sub-arctic_setting_of_Northern_Europe

Ashraf, F. B., Haghighi, A. T., Riml, J., Alfredsen, K., Koskela, J. J., Kløve, B. ja Marttila, H., 2018. Changes in short term river flow regulation and hydropeaking in Nordic rivers. Sci

Rep. 2018 Nov 22;8(1). Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6250702/>

Benejam, L., Mas, S. S., Bardina, M. ja Solà, C., 2016. Ecological impacts of small hydro-power plants on headwater stream fish: From individual to community effects. *Ecology of Freshwater Fish* 25(2): 295-306. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/269727208_Ecological_impacts_of_small_hydro-power_plants_on_headwater_stream_fish_From_individual_to_community_effects

Carmignani, J. R. ja Roy, A. H., 2017, Ecological impacts of winter water level drawdowns on lake littoral zones: a review. *Aquatic Sciences*, Volume 79, p. 803-824. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00027-017-0549-9>

Česonienė, L., Dapkienė, M. ja Punys, P., 2021. Assessment of the Impact of Small Hydro-power Plants on the Ecological Status Indicators of Water Bodies: A Case Study in Lithuania. *Water*. 2021; 13(4):433. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/w13040433>

Dynesius, M. ja Nilsson, C., 1994. Fragmentation and Flow Regulation of River Systems in the Northern Third of the World. *Science*. Vol 266, Issue 5186. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.266.5186.753>

El Aoula, R., Mhammdi, N., Dezileau, L., Mahe, G. ja Kolker, S. A., 2021. Fluvial sediment transport degradation after dam construction in North Africa. *Journal of African Earth Sciences*. Volume 182, October 2021, 104255. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1464343X21001564>

ELY-keskus, 2023. Vesivoima. Viitattu 25.10.2023. Saatavilla: <https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuvan-energian-lupaneuvonta/vesivoima> .

Energiateollisuus ry, 2022. Energia-alan biodiversiteettikartta. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://energia.fi/julkaisut/energia-alan-biodiversiteettikartta/>

Energiateollisuus ry, 2023. Energiamaailma. Vesivoima. Viitattu 25.10.2023. Saatavilla: <https://energiamaailma.fi/energiasta/energiantuotanto/vesivoima/>

Energiateollisuus ry, 2023. Energiavuosi 2022 - Sähkö. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://energia.fi/tilastot/energiavuosi-2022-sahko/>

Fergus, C. E., Brooks, J. R., Kaufmann, P. R., Herlihy, A. T., Pollard, A. I., Weber, M. H. ja Paulsen, S. G., 2020. Lake Water Levels and Associated Hydrologic Characteristics in the Conterminous U.S. *J Am Water Resour Assoc*. 2020 Jun 1; 56(3): 450-471. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7375517/>

Fortum, 2023. Miksi vesivoima? 10 vastausta vesivoiman peruskysymyksiin. Viitattu 25.10.2023. Saatavilla: <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/energiantuotanto/vesivoima-uu-siutuvaa-joustavaa-energiaa/miksi-vesivoima-10-vastausta-vesivoiman-peruskysymyk-siin?vtab=accordion-item-106445>

Goodwin, R. A., Politano, M., Garvin, J. W., Nestler, J. M., Hay, D., Anderson, J. J., Weber, L. J., Dimperio, E., Smith, D. L. ja Timko, M., 2014. Fish navigation of large dams emerges from their modulation of flow field experience. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2014. Apr 8;111(14):5277–82. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://pub-med.ncbi.nlm.nih.gov/24706826/>

Gritzetti, B., Pistocchi, A., Liguete, C., Udias, A., Bouraoui, F. ja van de Bund, W., 2017. Human pressures and ecological status of European rivers. *Scientific Reports* volume 7, Article number: 205. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-00324-3>

Hanski, M., 2000. Jokien rakenteellisen tilan arviointi. *Suomen ympäristö* 379. Viitattu 17.1.2024. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/fc8d1d6e-520e-4a93-94b1-bb121ccabb97/content>

HELCOM, n.d. State of the Baltic Sea 2023, 2016-2021, HOLAS 3. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://helcom.fi/baltic-sea-trends/holistic-assessments/state-of-the-baltic-sea-2023/>

Hellsten, S., 2002. Aquatic macrophytes as indicators of water level regulation in northern Finland. *SIL Proceedings 1922-2010*, 28(2):601-606. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/292767756_Aquatic_macrophytes_as_indicators_of_water-level_regulation_in_Northern_Finland

IPBES, 2019. The global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Global assessment report of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. ISBN: 978-3-947851-20-1. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: [https://www.ipbes.net/system/files/2021-06/2020%20IPBES%20GLOBAL%20REPORT\(FIRST%20PART\)_V3_SINGLE.pdf](https://www.ipbes.net/system/files/2021-06/2020%20IPBES%20GLOBAL%20REPORT(FIRST%20PART)_V3_SINGLE.pdf)

Jansson, R., Nilsson, C., Dynesius, M. ja Andersson, E., 2000. Effects of river regulation on river-margin vegetation: a comparison of eight boreal rivers. *Ecological Applications* 10:203-224. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/235256989_Effects_of_River_Regulation_on_River-Margin_Vegetation_A_Comparison_of_Eight_Boreal_Rivers

Jansson, R., 2006. The effect of dams on biodiversity. *Dams under Debate* (pp.77-84). Swedish Research Council Formas. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/265914243_The_effect_of_dams_on_biodiversity

Keto, A., Sutela, T., Aroviita, J., Tarvainen, A., Hämäläinen, H., Hellsten, S., Vehanen, T. ja Marttunen, M., 2008. Säännösteltyjen järvien ekologisen tilan arviointi. *Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö* 41/2008. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/9847e2dd-eaa0-4d17-8c93-f3e27ebce651/content>

Koljonen, S., Sammalkorpi, I., Vilmi, A. ja Hellsten, S., 2020. Vesistökunnostusten seurantojen toteuttaminen. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja* 13/2020. Viitattu 16.1.2024.

Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/80d381c1-08e5-441b-95cc-33c2adeb2253/content>

Korkein hallinto-oikeus, 2019. KHO: 2019:166. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.kho.fi/fi/index/paatokset/vuosikirjapaatokset/1576670299837.html>

Luonnonvarakeskus, 2023. Uuden ympäristö-DNA-menetelmän soveltuvuutta kalastoseurantaan kokeiltiin rakennettujen jokien patoaltailla. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.luke.fi/fi/uutiset/uuden-ymparistodnamenetelman-soveltuvuutta-kalastoseurantaan-kokeiltiin-rakennettujen-jokien-patoaltailla>

Motiva, 2022. Vesivoimateknologia. Viitattu 25.10.2023. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/vesivoima/vesivoimateknologia

Natura-karttapalvelu, Syke, 2010. Viitattu 17.1.2024. Saatavilla: <https://syke.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=831ac3d0ac444b78baf0eb1b68076e1a>

Nilsson, C., Reidy, C. A., Dynesius, M. ja Revenga, C., 2005. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*. 2005 Apr 15;308(5720):405-8. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15831757/>

Nilsson, C., Jansson, R. ja Zinko, U., 1997. Long-Term Responses of River-Margin Vegetation to Water-Level Regulation. *Science*. 1997 May 2;276(5313):798-800. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9115205/>

Palomäki, R. ja Koskenniemi, E., 1993. Effects of bottom freezing on macrozoobenthos in the regulated Lake Pyhäjärvi. *Archiv für Hydrobiologie* 128: 73-90. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: https://www.schweizerbart.de/papers/archiv_hydrobiologie/detail/128/99198/Effects_of_bottom_freezing_on_macrozoobenthos_in_the_regulated_Lake_Pyhajarvi

Paloniitty, T., 2016. The Weser Case: Case C-461/13 BUND V GERMANY. *Journal of Environmental Law*, 2016, 28, 151-158. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.jstor.org/stable/26168910>

Papastergiadou, E., Stefanidis, K., Dörflinger, G. ja Giannouris, E., 2015. Exploring biodiversity in riparian corridors of a Mediterranean island: Plant communities and environmental parameters in Cyprus rivers. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/262449513_Exploring_biodiversity_in_riparian_corridors_of_a_Mediterranean_island_Plant_communities_and_environmental_parameters_in_Cyprus_rivers

Parish, E. S., Pracheil, B. M., McManamay, R. A., Curd, S. L., DeRolph, C. R. ja Smith, B. T., 2019. Review of environmental metrics used across multiple sectors and geographies to evaluate the effects of hydropower development. *Applied Energy* 238 (2019) 101-118. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: https://lowimpacthydro.org/wp-content/uploads/2020/07/Review-of_Environmental-Metrics-Esther-S.-Parish-et-al-2019.pdf

Poff, N. L., Allan, J. D., Bain, M. B., Karr, J. R., Prestegard, K. L., Richter, B. D., Sparks, R. E. ja Stromberg, J. C., 1997. The Natural Flow Regime. *BioScience*, 47(11), 769-784. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://doi.org/10.2307/1313099>

Saltveit, S., Halleraker, J., Arnekleiv, J. ja Harby, A., 2001. Field experiments on stranding in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) during rapid flow decreases caused by hydropeaking. *Regulated rivers: research and management*, Volume 17, Issue 4-5. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rrr.652>

Smokorowski, K. E., Metcalfe, R. A., Finucan, S. D. ja NE, J., 2011. Ecosystem level assessment of environmentally based flow restrictions for maintaining ecosystem integrity: A comparison of a modified peaking versus unaltered river. *Ecohydrology* 4(6): 791-806. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/230551936_Ecosystem_level_assessment_of_environmentally_based_flow_restrictions_for_maintaining_ecosystem_integrity_A_comparison_of_a_modified_peaking_versus_unaltered_river

Taylor, M ja Cooke, S, 2012. Meta-analyses of the effects of river flow on fish movement and activity. *Environmental Reviews*, volume 20, number 4. Viitattu 26.1.2024. Saatavilla: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/a2012-009>

Tonkin, J., Merrit, D. M., Olden, J., Reynolds, L. ja Lytle, D., 2018. Flow regime alteration degrades ecological networks in riparian ecosystems. *Nature Ecology & Evolution* volume 2, pages86-93. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.nature.com/articles/s41559-017-0379-0>

Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022. Hiilineutraali Suomi 2035 - kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022:53. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164321/TEM_2022_53.pdf?sequence=1&isAllowed=y

UNEP, 2023. Five drivers of the nature crisis. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/five-drivers-nature-crisis>

Vehanen, T., Sutela, T. ja Korhonen, H., 2006. Kalayhteisöt jokien ekologisen tilan seurannassa ja arvioinnissa. Alustavan luokittelujärjestelmän perusteet. Kala- ja riistaraportteja nro 398. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://core.ac.uk/download/pdf/52287844.pdf>

vesi.fi, n.d. Säännöstely. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.vesi.fi/teemasivu/vesistojen-saannostely/oulujoen-vesistoalueen-saannostely/>

Vesivoiman luonto, n.d. Vesivoimasähkön tuotantomäärät Suomessa. Viitattu 25.10.2023. Saatavilla: <https://www.vesivoimanluonto.org/fi/vesivoima-suomessa/tuotantomaarat/>

Vukov, D., Ilic, M., Cuk, M. ja Igic, R., 2022. The Effect of Hydro-Morphology and Habitat Alterations on the Functional Diversity and Composition of Macrophyte Communities in the Large River. *Front. Environ. Sci.*, 06 April 2022. Sec. Freshwater Science. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.863508/full>

Vuori, K-M., Bäck, S., Hellsten, S., Karjalainen, S. M., Kauppila, P., Lax, H-G., Lepistö, L., Londenborough, S., Mitikka, S., Niemelä, P., Niemi, J., Perus, J., Pietiläinen, O-P., Pilke, A., Riihimäki, J., Rissanen, J., Tammi, J., Tolonen, K., Vehanen, T., Vuoristo, H. ja Westberg, V., 2006. Suomen pintavesien tyypittelyn ja ekologisen luokittelujärjestelmän perusteet. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/2ec43cfd-c93e-4cc9-a5bc-1fbd07efd9af/content>

ymparisto.fi, 2022. Vesien tila ja seuranta. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/vedet-ja-vesistot/vesien-tila-ja-seuranta>

Ympäristöministeriö, n.d. Ekologinen kompensatio. Viitattu 16.1.2024. Saatavilla: <https://ym.fi/ekologinen-kompensaatio>

Raporttimme perustuu kyseisen toimeksiannon suorittamisen yhteydessä saamiimme tietoihin ja ohjeisiin huomioiden toimeksiannon suorittamisen aikana vallitsevat olosuhteet. Oletamme, että kaikki meille toimitetut tiedot ovat oikeita ja virheettömiä, ja että asiakas on tarkistanut luovutettujen tietojen oikeellisuuden.

Emme ole vastuussa raportin tietojen täsmällisyydestä tai täydellisyydestä, emmekä anna niitä koskevia vakuutuksia, ellei toisin ole mainittu. Raporttia ei tule miltään osin pitää päätöksentekoa koskevana suosituksena tai kehotuksena.

Emme ota vastuuta siitä, olemmeko tunnistaneet kaikki toimitettuihin asiakirjoihin sisältyvät seikat, joilla voi olla merkitystä, mikäli näitä asiakirjoja käytetään myöhemmin tehtävien sopimusten osana. Toimitetun materiaalin ja asiakirjojen läpikäynti on toteutettu siten kuin olemme katsoeet asiassa asianmukaiseksi tarjouksessa sovitun työn laajuuden ja tarkoituksen valossa.

Emme ole vastuussa raportin päivittämisestä myöhempien tapahtumien osalta (26.01.2024).

Ellei asiasta ole nimenomaisesti muuta sovittu, tätä raporttia ei saa luovuttaa kolmansille osapuolille tai käyttää muussa kuin tässä kuvatussa tarkoituksessa ilman Gaia Consulting Oy:n kirjallista etukäteistä suostumusta. Mikäli kolmas osapuoli saa käyttöönsä raportin jäljennöksen tai raportissa ollutta tietoa, kyseisellä kolmannella osapuolella ei ole mitään oikeuksia Gaia Consulting Oy:ä kohtaan.

Gaia Consulting Oy

Bulevardi 6 A,
FI-00120
HELSINKI, Finland
Tel +358 9686 6620

HELSINKI | TURKU

You will find the presentation of our staff,
and their contact information, at www.gaia.fi

