



MAA-ASENTEISEN AURINKOVOIMALAN PINTAVESIVAIKUTUKSET

Rakentaminen turvemaalle

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Ympäristösuunnittelija (AMK)

Syksy 2024

Nino Pajunen

Kestävä kehitys

Tekijä Nino Pajunen

Työn nimi Maa-asenteisen aurinkovoimalan pintavesivaikutukset

Ohjaaja Lotta Hirvonen

Tiivistelmä

Vuosi 2024

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää miten maa-asenteisten aurinkovoimaloiden rakentaminen turvemaille voi vaikuttaa hankealueiden läheisten pintavesien laatuun ja mitkä tekijät hankealueen olosuhteissa ovat tärkeässä asemassa suhteessa rakentamisesta syntyvään vesistökuormitukseen. Työn toimeksiantaja oli Ramboll Finland Oy, joka on suuri suunnittelu- ja konsulttialantoimija Suomessa. Ramboll Finland Oy on osa kansainvälistä Ramboll konsernia, joka on lähtöisin Tanskasta. Työ tehtiin Rambollin ympäristö ja terveys sektorille, jossa työntuloksia hyödynnetään tulevissa aurinkovoimaan liitännäisissä projekteissa.

Opinnäytetyön tietoperusta koottiin olemassa olevaa kirjallisuutta, artikkeleita, asiantuntija-arvioita, sekä viranomaisten ja ympäristöorganisaatioiden suosituksia ja lainsäädäntöä hyödyntäen. Tutkimus suoritettiin asiantuntijahaastattelujen sekä tapaustutkimuksen menetelmin. Työssä haastateltiin Hämeen ELY-keskuksella vesilainvalvonnassa työskentelevää ylitarkastaja Helka Sillforsia, sekä Ilmatar Energy Oy:llä aurinkovoimahankkeiden parissa työskentelevää aurinkosähkötekniikan johtajaa Elina Kärkimaata. Tapaustutkimuksen kohteena oli entiselle turvetuotantoalueelle suunnitella oleva aurinkovoimala. Tapaustutkimus toteutettiin analysoimalla vanhoja turvetuotantoaikaisia ympäristölupapäätöksiä ja kuormitustarkkailuraportteja, suhteessa aurinkovoimalan rakentamiseen suunniteltuihin toimenpiteisiin. Tapaustutkimus oli osittain hypoteettista tulkintaa, jota tehtiin hyödyntäen asiantuntijahaastatteluista saatua informaatiota, koska aurinkovoimaloiden turvealueille rakentamisesta aiheutuvia vesistövaikutuksia ei ole juurikaan tutkittu.

Tuloksissa ilmeni, että aurinkovoimaloiden rakentamisesta aiheutuvat vesistövaikutukset ovat hyvin monisyisiä. Syntyvän vesistökuormituksen määrään vaikuttavat hankealueella tehtävien toimenpiteiden lisäksi alueen ympäristölliset tekijät, kuten maaperä ja vesitalous sekä alueen käyttöhistoria. Se onko alue ollut esimerkiksi turvetuotannossa, pelto- tai metsätalouskäytössä, määrittää pitkälti mitä rakentamistoimenpiteitä alueelle tarvitsee tehdä. Hankealueella tehtävät toimenpiteet ja kasvillisuuden poistuminen, voivat johtaa kasvavaan valuntaan ja eroosioon, joka lisää vesistökuormitusta. Aurinkovoiman rakentamisenaikaisten vesistövaikutusten katsotaan entisellä turvetuotantoalueella voivan olla samaa luokkaa, kuin turvetta nostaessa. Tähän kuitenkin vaikuttaa muun muassa se, kuinka paljon turvetta alueella on vielä jäljellä. Aihe tarvitsee lisää tutkimusta ja osana laajempaa tutkimusta, tulisi aurinkovoimaloiden rakentamisen aikana ja sen jälkeen ottaa tarkkailunäytteitä alueilta poistuvista vesistä. Näin saataisiin dataan perustuvaa tietoa siitä, kuinka suurta vesistökuormitus on todellisuudessa ja kuinka kauan se kestää.

Avainsanat Aurinkovoima, aurinkovoimarakentaminen turvemaille, pintavesivaikutukset, vesistövaikutusten arviointi

Sivut 45 sivua ja liitteitä 11 sivua

The target of this thesis was to find out how the construction of ground-mounted solar power plants on peatlands might affect the quality of surface waters near the project areas and to identify the key factors related to the areal conditions that are crucial for water body load generated during the construction. This thesis was commissioned by Ramboll Finland Oy, a large consulting and design company in Finland, which is part of the international Ramboll Group. The work was conducted for the company's Environment and Health sector, where the results will be utilized in future projects related to solar power.

The theoretical framework of the thesis was compiled using existing literature, articles, expert assessments, as well as recommendations and regulations from authorities and environmental organizations. The research was conducted using expert interviews and case study methods. Interviews were held with Senior Inspector Helka Sillfors from the Häme ELY Center (Centre for Economic Development, Transport and the Environment), who works in water law enforcement, and with Elina Kärkimaa, Head of Solar Engineering with responsibility for solar power projects at Ilmatar Energy Oy. The case study focused on a solar power plant planned for a former peat extraction area. It was carried out by analysing old environmental permit decisions and water monitoring reports from the peat extraction period in relation to the planned measures for the construction of the solar power plant. The study involved partly hypothetical interpretation based on information obtained from expert interviews, as there was no prior water body load research on constructing solar power plants in peatland areas.

The results indicated that the surface water impacts from constructing solar power plants are highly complex. In addition to the measures carried out within the project area, the level of load generated is influenced by environmental factors such as soil type and water balance, as well as the land use history. The history of the use largely determines what construction measures are necessary for the area. The actions taken within the project area and the removal of vegetation could lead to increased run off and erosion, which in turn raises water body load. The construction phase water impacts of solar power on former peat production areas can be on a similar scale to those caused during peat extraction. This, however, depends on factors such as the remaining peat volume in the area. Therefore, the subject still requires further research, and for example, as part of a wider study, monitoring samples should be taken from the water leaving the areas during and after solar plant construction to gather data-based information on the actual magnitude and duration of water body load.

Keywords Solar power, solar power construction on peatlands, surface water impacts

Pages 45 pages and appendices 11 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Aurinkovoima Suomessa	3
2.1	Kytkeytyminen kansallisiin ja kansainvälisiin tavoitteisiin.....	6
2.2	Rakentaminen.....	7
2.3	Tarvittavat luvat ja lainsäädäntö.....	11
3	Pintavesien laatu.....	13
3.1	Kiintoaine vesistöissä.....	16
3.2	Ravinteet vesistöissä	17
3.3	Humus vesistöissä	18
4	Aurinkovoiman vaikutukset pintavesiin	19
5	Aineisto ja menetelmät.....	20
6	Tutkittava aurinkovoimala	23
6.1	Turvetuotanto alueella	24
6.2	Vesinäytteet.....	26
6.2.1	Kosteikko KOS1	27
6.2.2	Kosteikko KOS2	29
6.2.3	Pintavalutuskenttä PVK3	30
6.2.4	Pintavalutuskenttä PVK4	31
6.2.5	Järvi x ja puro x	33
7	Tutkimustulokset.....	36
7.1	Mitkä muuttujat erityisesti vaikuttavat maa-asenteisen aurinkovoimalan rakentamisaikaisiin pintavesivaikutuksiin?.....	36
7.2	Miten tutkitun aurinkovoimalan rakentaminen voi vaikuttaa lähivesistöjen kiintoaine-, ravinne- ja humuspitoisuuksiin?	39
8	Tulosten tarkastelu, johtopäätökset ja pohdinta.....	43
	Lähteet	46

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Aurinkovoimapuistojen sijoittuminen kartalle (Motiva & Energiavirasto, n.d.-b) ja vuotuinen kokonaissäteily määrä (kWh/m²) Suomessa (Motiva, 2024b)..... 5

Kuva 2. Sähkön tuotanto Suomessa energialähteittäin vuonna 2023.....	6
Kuva 3. Havainnekuva aurinkopaneelien optimaalisesta asennuskulmasta	8
Kuva 4. Kuva lyöntipaalusta.....	9
Kuva 5. Erilaisia ruuvipaaluja	10
Kuva 6. Kuva betonipainoperustuksesta	11
Kuva 7. Suomen pintavesien ekologinen tila.....	14
Kuva 8. Lohkoilta vesien pumppaaminen eri pintavalutuskenttiin ja kosteikkoihin, sekä lopulta laskeminen pois tuotantoalueelta	26
Kuva 9. Järven x ja puron x vedenlaatutiedot vuosilta 2014–2024	35
Kuva 10. Kiintoaineen määrä kosteikon KOS2 yläpuolisella näytenpisteellä vuosina 2014–2023	42
Taulukko 1. Suomen aurinkovoimahankkeiden tehot luokiteltuna hankkeen vaiheen mukaan	4
Taulukko 2. Näyteenottopisteen KOS1 tuloksien vuosittaiset keskiarvot vuosilta 2014–2023	28
Taulukko 3. Näyteenottopisteen KOS2 tuloksien vuosittaiset keskiarvot vuosilta 2014–2023	30
Taulukko 4. Näyteenottopisteen PVK3 tuloksien vuosittaiset keskiarvot vuosilta 2014–2023	31
Taulukko 5. Näyteenottopisteen PVK4 tuloksien vuosittaiset keskiarvot vuosilta 2017–2023	32

Liitteet

- Liite 1. Aineistonhallintasuunnitelma
- Liite 2. Aurinkovoimahankkeet Suomessa
- Liite 3. Haastattelukysymykset 3.10.2024 järjestetystä haastattelusta
- Liite 4. Haastattelukysymykset 1.11.2024 järjestetystä haastattelusta
- Liite 5. Vedenlaatuluokituksen raja-arvot

1 Johdanto

Suomen hallitus on vuonna 2023 julkaistussa hallitusohjelmassa linjannut, että entiset turvetuotantoalueet olisivat suositeltavia paikkoja teollisen mittakaavan aurinkovoimaloille, mutta laajempia tutkimuksia, joihin tämä väite perustuisi ei ole toteutettu (Valtioneuvoston kanslia, 2023). Aurinkovoimarakentaminen turvesuolle ei ole ympäristöluvanvaraista toimintaa, vaan voimaloita voidaan rakentaa alueille kuntien myöntämien rakennuslupien ja suunnittelutarveratkaisujen perusteella, joissa vesistövaikutuksia on tarkasteltu vähäisesti ja rakentamisaikaisia vesistövaikutuksia ei ole välttämättä tunnistettu riittävässä laajuudessaan. Tämä ei anna luotettavaa kokonaiskuvaa vesistöön päätyvästä kuormituksesta ja aiheutuvista vaikutuksista. (ELY-keskus, 2024b; Myllyaho, 2024) Aurinkovoimalan rakentamisaikaisia vesistövaikutuksia turvemaille ei ole juurikaan tutkittu ja kirjallisuutta aiheesta on todella vähän. Kasvavan turvemaille rakentamisen myötä lisätietoa aiheesta tarvitaan.

Kestävällä kehityksellä tarkoitetaan ihmisten hyvinvointia maapallon kantokyvyn rajoissa ja se jaetaan kolmeen eri ulottuvuuteen, jotka ovat sosiaalinen kestävyys, ympäristöllinen kestävyys ja taloudellinen kestävyys. Agenda2030 on kestävän kehityksen globaali toimintaohjelma. Suomessa jokainen hallitus laatii oman toimenpidesuunnitelmansa Agenda2030 -tavoitteiden saavuttamiseksi. Aurinkovoima on lähes päästötön uusiutuvan energian tuotantomuoto ja tukee tavoitteen 7 ”Edullista ja puhdasta energiaa” toteutumista. Agenda2030 merkittävyys perustuu kuitenkin siihen, että kaikki tavoitteet ovat toisistaan riippuvaisia ja tavoitteiden edistämällä ei saa olla heikentäviä vaikutuksia muihin tavoitteisiin. (Suomen kestävän kehityksen toimikunta, n.d.) Vaikka aurinkovoima edistää tavoitetta edullisesta ja puhtaasta energiasta lisäämällä uusiutuvan energian osuutta, voi huonosti toteutettu suunnittelu ja alueen valinta heikentää läheisten pintavesien laatua ja vaikuttaa vesieliöstöön. Aurinkovoimalan rakentamisesta aiheutuvat pintavesivaikutukset voivat siis vaikuttaa heikentävästi muiden Agenda2030 -tavoitteiden saavuttamiseen.

Opinnäytetyössä selvitettiin, miten maa-asenteisten aurinkovoimaloiden rakentaminen turvemaille vaikuttaa hankealueiden läheisten pintavesien kiintoaine-, ravinne- ja humuspitoisuuksiin ja mitkä tekijät hankealueen olosuhteissa ovat tärkeässä asemassa suhteessa rakentamisesta syntyviin vesistövaikutuksiin. Työ tehtiin Ramboll Finland Oy:lle, joka on osa kansainvälistä Ramboll konsernia. Ramboll on monialainen suunnittelu- ja konsultointialanyritys, joka on strategiallaan asettanut kestävän kehityksen toimintojensa ytimeen ja joka pyrkii olemaan johtava toimija uusiutuvaan energiaan siirryttäessä. (Ramboll

Finland Oy, n.d.) Tutkimuksen tulosten on tarkoitus pohjustaa Rambollissa työskentelevien asiantuntijoiden työskentelyä tulevissa aurinkovoimaan liitännäisissä projekteissa.

Aurinkovoimalan rakentamisesta syntyy muitakin ympäristövaikutuksia, kuten ilmastovaikutuksia, mutta tässä työssä tarkasteltiin vain pintavesiä. Opinnäytetyötä rajattiin myös siten, että työssä tutkittiin vain maa-asenteisten teollisen mittakaavan aurinkovoimaloiden rakentamista turvemaille, eikä siinä otettu huomioon sähkönsiirtoreittejä. Työssä ei käsitelty pohjavesiä eikä aurinkovoiman käytönaikaisia vaikutuksia. Tapaustutkimuksen pintavesinäytteistä analysoitiin vain kiintoaine-, ravinne- ja humuspitoisuudet, ja muut suureet jätettiin analysoinnin ulkopuolelle. Pintavesinäytteitä ei opinnäytetyön aikana otettu, vaan tutkimus perustui jo olemassa olevan datan tulkintaan.

Tämän opinnäytetyön lähtöaineistona käytettiin olemassa olevaa kirjallisuutta ja asiantuntijoiden tekemiä arviointeja aurinkovoiman vesistövaikutuksista, aurinkovoiman rakentamisesta, hydrologiasta ja vesiekosysteemistä, eroosion, maaperän ja maankäytön vaikutuksista vesistöihin, sekä viranomaisten ja ympäristöorganisaatioiden ohjeistuksia ja lainsäädäntöä. Työn tietoperusta osuudessa (luvut 2–4) perehdyttiin aurinkovoiman mahdollisuuksiin Suomessa, voimaloiden rakentamiseen ja vaadittaviin lupiin, sekä Suomen vesien tilaan yleisesti ja miten kiintoaine, ravinteet ja humus vaikuttavat vesistöissä ja mikä kuormitusta aiheuttaa. Näiden lisäksi tietoperustassa käsiteltiin asiantuntija-arvioin tehtyjä aurinkovoimaloiden pintavesivaikutuksia. Tutkimus toteutettiin tapaustutkimukseen ja asiantuntijahaastatteluihin perustuen. Tapaustutkimuksessa analysoitiin entiselle turvetuotantoalueelle rakennettavan aurinkovoimalan suunnitelmaa ja sen rakentamisesta mahdollisesti syntyviä pintavesivaikutuksia pohjautuen turvetuotantoaikaisiin kuormitustarkkailuraportteihin ja asiantuntijahaastatteluista saatuun tietoon. Työn aikana haastateltiin vesistöasiantuntijaa ja aurinkovoima-asiantuntijaa. Työn aineistonhallintasuunnitelma on liitteenä 1.

Opinnäytetyössä vastattiin seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mitkä muuttujat erityisesti vaikuttavat maa-asenteisen aurinkovoimalan rakentamisaikaisiin pintavesivaikutuksiin?
- Miten tutkitun aurinkovoimalan rakentaminen voi vaikuttaa lähivesistöjen kiintoaine-, ravinne- ja humuspitoisuuksiin?

2 Aurinkovoima Suomessa

Aurinkoenergia on yksi uusiutuvan energian tuotantomuoto, jolla tarkoitetaan auringon säteilyenergian hyödyntämistä aurinkopaneelien avulla. Aurinkopaneelit koostuvat sarjaan- tai rinnan kytketyistä aurinkokennoista, jotka muuntavat auringon hiukkassäteilyn kuljettaman säteilyenergian tasavirtasähköksi. (Motiva, 2024c) Lupamenettelyssä aurinkovoimalat luokitellaan niiden sähköntuotantokapasiteetin perusteella teollisen mittakaavan aurinkovoimaloihin (>1000 kW), keskikokoisiin aurinkovoimaloihin (10-1000 kW), sekä kotitalouskäyttöön soveltuviin aurinkovoimaloihin (<10 kW) (ELY-keskus, 2024b). Lupamenettelyistä kerrotaan lisää luvussa 2.3. Teollisen mittakaavan aurinkovoimaloissa tuotettu sähkö syötetään valtakunnalliseen sähköverkkoon. Tämän vuoksi olemassa oleva sähköverkko pitkälti määrittelee, minne hankkeita on kannattavaa rakentaa. (Energiateollisuus ry, n.d.; Motiva, 2024c)

Suomen pääministeri Orpon hallitusohjelmassa on linjattu, että aurinkovoimaloiden rakentaminen ohjataan turvetuotannosta vapautuneille alueille ja joutomaille, jotta pyritään välttämään tuotannossa olevien peltojen ja metsien käyttö aurinkovoiman tuotantoon (Valtioneuvoston kanslia, 2023). Teollisen mittakaavan aurinkovoimalat vaativat laajoja maa-alueita, koska niissä tuotetaan sähköä suurella määrällä aurinkopaneeleita. Syyskuussa 2024 Suomen suurin toiminnassa oleva aurinkopuisto on pinta-alaltaan noin 40 hehtaaria ja pitää sisällään yli 58 000 aurinkopaneelia. (CPC Germania, n.d.; Energiateollisuus ry, n.d.)

Syyskuussa 2024 Suomessa oli tuotannossa 22 aurinkovoimalaa ja käynnissä olevia aurinkovoimahankkeita oli 182. Näistä 10 oli rakennusvaiheessa, 146 luvitusvaiheessa ja 26 hanketta esiselvitysvaiheessa. Suurin osa hankkeista sijoittuu Länsi- ja Etelä-Suomeen, pohjoisimman aurinkovoimalahankkeen sijoituessa Rovaniemelle (Kuva 1). Tehoiltaan suurin suunniteltu aurinkovoimala on luvitusvaiheessa oleva, Lappeenrannassa sijaitseva Suursuon ja Huhuhaansuon aurinkovoimala, joka toteutuessaan tulisi olemaan Euroopan suurin aurinkovoimala ja sen hankealue on kaavoitusvaiheessa 1540 ha. (Envineer, 2023; Motiva & Energiavirasto, n.d.-a)

Yritysten kiinnostus aurinkosähkön tuotantoon Suomessa näkyy kasvavana suunnitteluna. Aurinkovoimaloita suunnitellaan useisiin kohteisiin ja yksittäisten voimaloiden tehot kasvavat. Tämä on todettavissa Motiva Oy:n Energiaviraston toimeksiannosta koostaman datan perusteella. Syyskuussa 2024 tuotannossa olevien aurinkovoimaloiden mediaaniteho on huomattavasti pienempi kuin luvitusvaiheessa tai esisuunnitteluvaiheessa olevien aurinkovoimaloiden (Taulukko 1). (Motiva & Energiavirasto, n.d.-a) Mediaanilla tarkoitetaan,

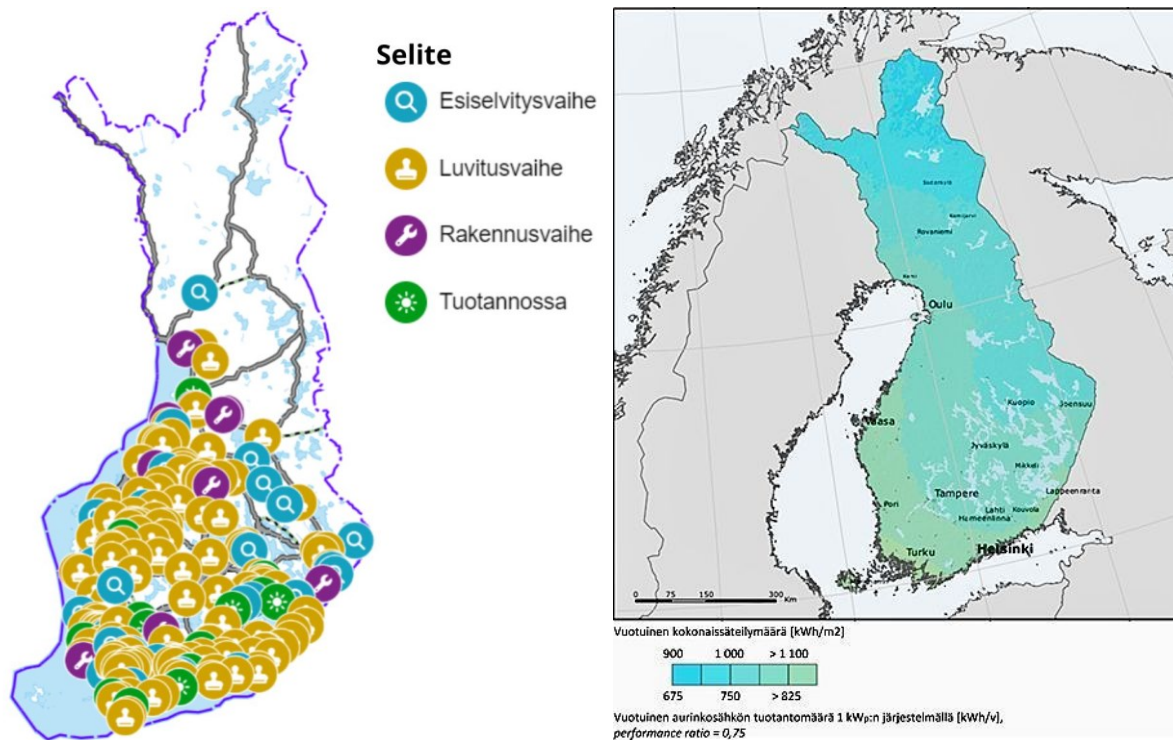
että puolet voimaloista ovat pienempiä kuin mediaaniarvo ja puolet ovat suurempia (Tilastokeskus, n.d.). Luvitus- ja suunnitteluvaiheessa olevien aurinkovoimaloiden teho kuitenkin perustuu alustavaan arvioon, eikä välttämättä pysy samana hankkeen edetessä. (Motiva & Energiavirasto, n.d.-a) Motiva Oy:n koostama data, jonka perusteella on laskettu eri vaiheissa olevien aurinkovoimaloiden mediaaniteho, on esitetty liitteessä 2.

Taulukko 1. Suomen aurinkovoimahankkeiden tehot luokiteltuna hankkeen vaiheen mukaan (Motiva & Energiavirasto, n.d.-a).

Hankkeen tila	Mediaaniteho (MW)	Suurin teho (MW)	Pienin teho (MW)
Tuotannossa	2,5	32	1
Rakennusvaihe	9,5	206	4
Luvitusvaihe	60	600	2
Esiselvitysvaihe	60	515	4

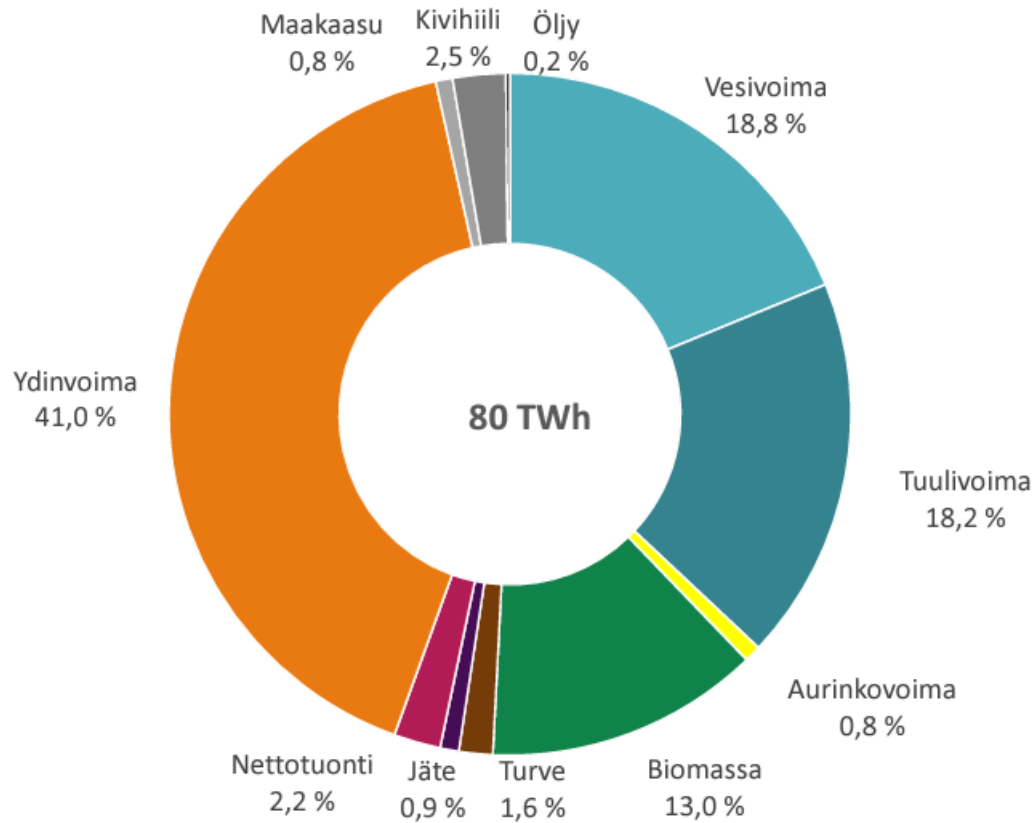
Viileämmän ilmaston vuoksi Suomessa aurinkopaneeleilla on korkea hyötysuhde, eli ne pystyvät muuttamaan auringonsäteilyä energiaksi tehokkaammin kuin lämpimämissä olosuhteissa (Energiateollisuus ry, n.d.). Suomessa aurinkoenergian saanti keskittyy lähinnä kesäaikaan, mutta Etelä-Suomen vuotuiset säteilymäärät ovat samalla tasolla kuin Saksassa, joka on yksi maailman johtavista aurinkosähkön tuottajista (Fernández, 2024; Motiva, 2024a). Hajasäteilyn osuus kokonaissäteilystä on Suomessa merkittävä. Etelä-Suomen säteilystä noin puolet on hajasäteilyä. Hajasäteilyllä tarkoitetaan ilmakehästä, lumesta tai esimerkiksi kiiltävistä kattopinnoista heijastuvaa säteilyä, eikä aurinkovoimalan tuotannon kannalta ole merkitystä, kumpaa säteilyä aurinkopaneeliin osuu. (Motiva, 2024a) Suurin vuotuinen kokonaissäteily kohdistuu maan etelä- ja länsipuolelle (Kuva 1). Kuvasta 1 voidaan huomata, että aurinkovoimahankkeet sijoittuvat niille alueille, jossa vuotuinen säteilymäärä on suurimmillaan.

Kuva 1. Aurinkovoimapuistojen sijoittuminen kartalle (Motiva & Energiavirasto, n.d.-b) ja vuotuinen kokonaissäteily määrä (kWh/m²) Suomessa (Motiva, 2024b).



Vuonna 2023 Suomen kokonaissähköntuotannosta 0,8 % tuotettiin aurinkoenergialla, joka on noin 0,64 TWh (Kuva 2). Tämä on suhteellisen pieni määrä verrattuna esimerkiksi Saksan aurinkoenergialla tuotetun sähkön määrään, joka oli vuonna 2023 61,56 TWh, eli noin 11,9 % Saksan kokonaissähköntuotannosta (Fernández, 2024; Meza, 2024). Saksaa ja Suomea yhdistää usein pilviset ja sateiset sääolosuhteet. Saksassa sääolosuhteiden aiheuttamat haasteet aurinkoenergian tuotannossa on kuitenkin voitettu investoimalla tehokkaampiin aurinkopaneeleihin ja edistyneeseen aurinkoteknologiaan, jotka tuottavat energiaa myös epäsuotuisissa sääolosuhteissa. Saksa on investoinut aurinkoteknologiaan paljon ja maan hallituksella on ollut merkittävä rooli aurinkoenergian osuuden lisäämiseksi kokonaissähköntuotannossa. Tukien ja kannustimien avulla Saksan hallitus on rohkaissut toimijoita investoimaan aurinkosähkön tuotantoon maassa. (Basengreen, 2023)

Kuva 2. Sähkön tuotanto Suomessa energialähteittäin vuonna 2023 (Energieateollisuus ry, 2024).



2.1 Kytkeytyminen kansallisiin ja kansainvälisiin tavoitteisiin

Suomen pitkän aikavälin tavoite on olla hiilineutraali yhteiskunta. Noin 75 % kasvihuonekaasupäästöistä syntyy energiantuotannosta ja kulutuksesta, liikenne mukaan lukien. Tämän vuoksi Suomessa on käytäntö, että jokainen hallitus tekee omalla hallituskaudellaan kansallisen ilmasto- ja energiastrategian, joka tukee pitkän aikavälin tavoitteita. Viimeisin julkaistu ilmasto- ja energiastrategia on Marinin hallituksen Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia, joka on julkaistu vuonna 2022. Vuonna 2024 Istuva Orpon hallitus, on valmistelemassa omaa ilmasto- ja energiastrategiaansa, jonka odotetaan valmistuvan keväällä 2025. (Työ- ja elinkeinoministeriö, n.d.) Viimeisimmän ilmasto- ja energiastrategian keskeisinä tavoitteina ovat hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä, uusiutuvan energian osuuden nostaminen vähintään 51 %:iin kokonaisloppuenergian käytöstä vuoteen 2030 mennessä ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 60 % vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 1990 tasoon. Suomen asettamia tavoitteita ohjaavat EU:n asettamat tavoitteet, joita ovat energiatehokkuuden lisääminen, uusiutuvan energian osuuden nostaminen 32 %:iin vuoteen

2030 mennessä, 40 prosentin päästövähennykset vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä ja hiilineutraalius vuoteen 2050 mennessä. (Huttunen ym., 2022, ss. 11–15)

YK:n jäsenmaat ovat solmineet vuonna 2015 koko maailmaa koskevista kestävästä kehityksen tavoitteista ja Agenda 2030 -toimintaohjelmasta. Agenda 2030 -toimintaohjelmassa on 17 tavoitetta, joiden tarkoitus on edistää kestävästä kehityksestä, jossa otetaan huomioon luonto, ihmiset ja talous. Toimintaohjelman keskeisin tavoite on äärimmäisen köyhyyden poistaminen ja sen saavuttamista tukee 16 muuta tavoitetta. Yksi tavoitteista on varmistaa edullinen, luotettava ja uudenaikainen energia kaikille. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi uusiutuvan energian osuutta energialähteistä tulisi lisätä ja energiatehokkuutta olisi parannettava. YK:n jäsenmaana Suomi on sitoutunut Agenda 2030 -tavoitteiden saavuttamiseen. (Suomen YK-liitto, n.d.)

Uusiutuvat energiat ovat keskeisessä asemassa sekä kansallisesti, että kansainvälisesti asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Aurinkoenergia tukee kansallisia ja kansainvälisiä kestävästä kehityksestä tavoitteita, sekä energia- ja ilmastotavoitteita, olemalla lähes päästötön uusiutuva energiantuotantomuoto, sekä lisäämällä työpaikkoja ja tukemalla taloutta. (Suomen YK-liitto, n.d.; Ympäristöministeriö, n.d.)

2.2 Rakentaminen

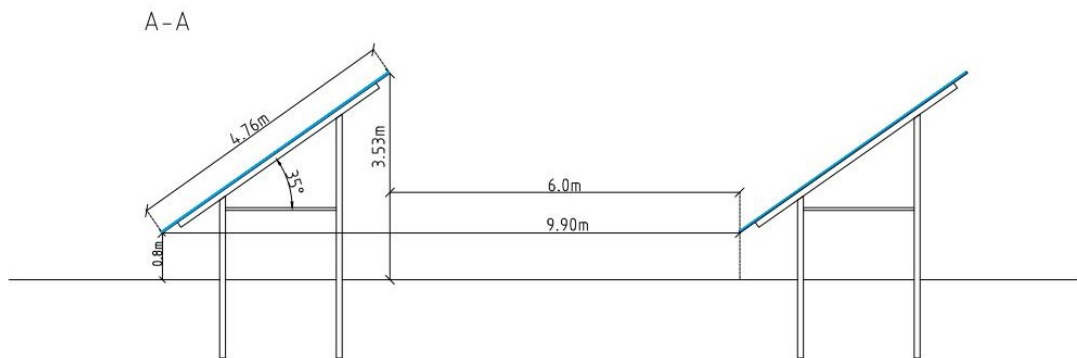
Aurinkovoimalan sijoittelussa ja suunnittelussa on huomioitava alueen soveltuvuus muun muassa maankäytön sekä ympäristö- ja luontoarvojen näkökulmasta. Suunnittelussa on huomioitava mitkä rakennustoimenpiteet soveltuvat minnekin ympäristöön ja onko aluetta tarvetta kuivattaa uusien ojituksin. (Kujala ym., n.d.; Ramboll Finland Oy, 2024, s. 19)

Hankealueella tulisi tehdä geotekninen tutkimus, joka pitää sisällään maaperätutkimuksen. Kohteen maakerrokset tulee selvittää, jotta voimalan rakenteet voidaan suunnitella. Alueen maaperä määrittelee mitä perustustapaa alueella voidaan käyttää. Geotekninen tutkimus voi sisältää myös pohjaveden tason määrittämisen, maaperän kantavuusominaisuuksien ja vedenläpäisevyyden selvittämisen sekä kivien ja kantojen esiintymisen. Myös hankealueella tyypillisesti esiintyvät kevättulvat ja eroosio tulee huomioida suunnittelussa. (Markkanen, 2024, ss. 37–38)

Aurinkopaneelien suuntaaminen etelään ja noin 35–40 asteen kulmaan (Kuva 3) on tuotannollisesti tehokkainta (Motiva, 2023). Alue tulee tasata ja muun muassa kivet ja kannot poistaa, jotta aurinkopaneelit saadaan asennettua optimaaliseen suuntaan ja kulmaan. Tasoittamisen lisäksi paneelialue vaatii huoltotieverkoston rakentamista, maakaapelireittien

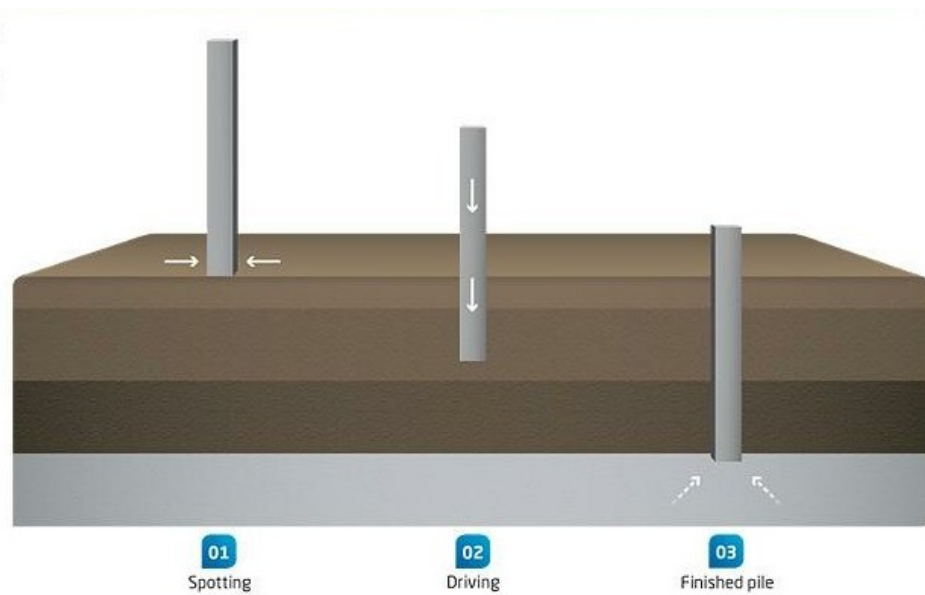
kaivamista, ojitusta ja alueen kuivatusta sekä puuston ja kasvillisuuden raivausta hankealueelta ja sen välittömästä läheisyydestä varjostushaittojen ehkäisemiseksi. (Ramboll Finland Oy, 2024, ss. 6–7, 19) Aurinkopaneelit asennetaan voimala-alueelle telineisiin. Telineet voidaan asentaa maahan joko maan pinnalle jäävien painoperustusten avulla tai paaluttamalla ne maaperään. Näiden käyttöön vaikuttaa se, minkälaiset ympäristö- ja maaperäolosuhteet aurinkovoimala-alueella on. (Donaldson & Brearley, 2015)

Kuva 3. Havainnekuva aurinkopaneelien optimaalisesta asennuskulmasta (Rambollin intranet, henkilökohtainen tiedonanto, 26.11.2024).



Paalut toimivat telineen tukirakenteena ja ne upotetaan koneellisesti maahan lyömällä tai kiertämällä. Paalutusperustuksia on useita, mutta suosituimpia niistä ovat lyöntipaalu ja erilaiset ruuvipaalut. Paaluperustuksen valinta tehdään vetokokeiden perusteella. Vetokokeissa paalu asennetaan maahan ja kokeiden perusteella todetaan kuinka hyvin se kestää paneelien painon sekä lumi- ja tuulikuorman. Lyöntipaalu (Kuva 4) on usein käytetty perustustapa, sillä se on teollisen mittakaavan aurinkovoimapuistoissa kustannustehokas ratkaisu. Se soveltuu parhaiten tiiviille maille, joissa maalajit ovat hienorakeisia. (Donaldson & Brearley, 2015, s. 28) Hienorakeisia maalajeja ovat esimerkiksi savi ja siltti (GTK, n.d.). Pehmeät maaperät vaativat suuremman upotussyvyyden. Lyöntipaalut asennetaan koneellisesti lyömällä ne maaperään ja vaativat melko tasaisen voimala-alueen, sillä paalutuskone ei pysty operoimaan yli 15 asteen kaltevuuksissa. (Donaldson & Brearley, 2015, ss. 28–29)

Kuva 4. Kuva lyöntipaalusta (Junttan, n.d.).



Jos lyöntipaalu ei vetokokeiden perusteella sovellu alueelle, voi ruuvipaalu olla hyvä ratkaisu. Ruuvipaaluja on kahdenlaisia, maaruveja ja spiraalipaaluja. Valinta ruuvipaalujen välillä tehdään maaperän ominaisuuksien mukaan. Maaruvit soveltuvat monenlaisille maaperille ja ne voidaan asentaa jopa 30 asteen jyrkille rinteille. Maaruvi voidaan asentaa jopa peruskallioon, tällöin sen asennus tosin vaatii esiporauksen. Pehmeämpiin maaperiin, ruuvipaalut voidaan asentaa suoraan ilman esiporausta. Kuten lyöntipaalut, ruuvipaalutkin vaativat asennuksen sitä syvemmälle maaperään, mitä pehmeämpi maaperä on. Spiraalipaalut soveltuvat erityisesti pehmeille maaperille. Niiden toiminta perustuu keskiakselin alaosaan hitsattuun laattaan, joka tarjoaa hyvän vastuksen nostovoimaa vastaan. Spiraalipaalu ei kuitenkaan sovi koville maaperille tai karkeille ja kallioisille alueille, jonne maaruvit soveltuvat. Spiraalipaalut ovat kuitenkin harvemmin käytetty perustustapa kuin maaruvi tai lyöntipaalu, koska ne eivät ole yhtä kustannustehokkaita. (Donaldson & Brearley, 2015, ss. 29–32; Lindholm, 2020a, ss. 24–27)

Kuva 5. Erilaisia ruuvipaaluja (Lindholm, 2020b, s. 25).



Betonipainoperustukset ovat hyvä vaihtoehto etenkin silloin, kun maaperän läpäisy ei ole toivottua tai mahdollista, ja näitä käytetäänkin usein sellaisilla alueilla, joissa maaperäolosuhteet eivät salli muiden perustustapojen käyttöä. Tällaisia alueita ovat esimerkiksi kaatopaikat sekä alueet, joissa on pilaantunut maaperä, pohjavesi on korkealla tai maaperä on tiivistynyt siten, että se hylkii muita perustustapoja. Betonipainoperustus vie enemmän maapinta-alaa kuin lyönti- tai ruuvipaalu. Sen toiminta perustuu siihen, että sen massa pitää aurinkopaneelin ja telineen vakaana, vastustamalla siihen kohdistuvaa kuormitusta luonnonvoimia vastaan ilman, että perustuksia tarvitsee asentaa syväälle maaperään. (Donaldson & Brearley, 2015, ss. 31–32)

Kuva 6. Kuva betonipainoperustuksesta (Terrasmart, n.d.).



2.3 Tarvittavat luvat ja lainsäädäntö

Suomessa ei ole olemassa yhtenäistä ohjeistoa aurinkovoimaloiden rakentamiselle, vaan vastuut ja velvollisuudet määräytyvät maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaisesti. Aurinkovoimaloiden rakentamisesta päätöksen tekee kunnan rakennusvalvonta. Teollisen mittakaavan aurinkovoimalan lupaprosessi ja tarvittavat menettelyt riippuvat hankkeen koosta, vaikutuksista, sijainnista sekä alueen kaavatilanteesta. Teollisen mittakaavan aurinkovoimalat vaativat kuitenkin vähintään toimenpidelupaa, mutta suuret voimalat, jotka voidaan kokonsa puolesta luokitella rakennuksiksi, voivat vaatia toimenpideluvan sijasta rakennuslupaa. Aurinkovoimala voi myös vaatia suunnittelutarveratkaisun, mikäli se sijoittuu alueelle, jossa ei ole rakentamista ohjaavaa kaavaa. (ELY-keskus, 2024b)

Aurinkovoimalan sijoituessa luonnonsuojelualueelle, tulee hakea poikkeuslupaa luonnonsuojelu- (9/2023) tai vesilain (587/2011) mukaisista säännöksistä.

Ympäristönsuojelulain (527/2014) liitteessä 1 on esitetty ympäristöluvanvaraiset toiminnot. Tässä listassa kohdassa 7. on maininta turvetuotannosta ja siihen liittyvästä ojituksesta.

Aurinkovoimalan rakentaminen entiselle turvetuotantoalueelle ei kuitenkaan vaadi ympäristölupaa, vaikka alueella jouduttaisiin vanhoja ojia syventämään tai tekemään uudisojitus. Voimala-alueen ojittamisesta ja kunnostusojittamisesta tulee tehdä ojituseroilmoitus ELY-keskukselle, jos kyseessä on suurempi kuin vähäinen ojitus. Jos ojitus tehdään happamille sulfaattimaille tai pohjavesialueille, tulee ojituseroilmoitus tehdä aina. Ojituseroilmoituksen perusteella ELY-keskus arvioi, vaatiiko hanke vesilain (587/2011) mukaisen luvan. (ELY-keskus, 2024b)

Sähköverkkoon liittyminen taas edellyttää Energiavirastolta haettavaa hankelupaa, sekä verkonhaltijan suostumusta, jos kyseessä on vähintään 110 kV voimajohto.

Sähkömarkkinalain (588/2013) mukaan hankkeesta vastaavan on myös tehtävä ilmoitus Energiavirastolle teollisen mittakaavan aurinkovoimaloiden rakentamissuunnitelmista, käyttöönottoamisesta, käytöstä poistosta sekä tehonkorotuksista. Lentoasemien läheisyyteen suunniteltavien aurinkovoimaloiden on tehtävä selvitys voimalan häikäisyvaikutuksista. Näiden lisäksi jo kaavoitusvaiheessa on huomioitava alueen muinaisjäännökset. Jos hankkeen toteutuksen aikana alueelta löytyy ennestään tuntematon kiinteä muinaisjäännös, on työt keskeytettävä ja haettava Museovirastolta muinaisjäännökseen kajoamislupaa. Myös tutkimusluvan hakemista voidaan edellyttää muinaisjäännökseen kajoamisluvassa. (ELY-keskus, 2024b)

Teollisen mittakaavan aurinkovoimaloilta ei automaattisesti vaadita ympäristövaikutusten arviointimenettelyä annetun lain (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017) mukaista arviointimenettelyä. YVA-menettelyä sovelletaan, jos hankkeessa on esimerkiksi 220 kilovoltin maanpäällisiä voimajohtoja yli 15 kilometrin matkalla. ELY-keskus päättää yksittäistapauksissa YVA-tarpeesta, jos hanke aiheuttaa merkittäviä ympäristövaikutuksia. (ELY-keskus, 2024b)

Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto on laatinut aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohjeistuksen, jota on päivitetty vuonna 2024 soveltumaan paremmin teollisen mittakaavan aurinkovoimaloille. Ohje käsittelee uusien aurinkovoimaloiden suunnittelua, toteutusta, käyttöä ja huoltoa. Ohjeen tarkoituksena on kertoa aurinkosähköjärjestelmiin liittyvät riskit ja turvallisuusmääräykset sekä antaa suosituksia hyvän paloturvallisuuden toteutumiseksi ja pelastustoiminnan mahdollistamiseksi voimala-alueella.

Aurinkovoimahankkeiden turvallisuustason toteutus ja riskien arviointi on hankkeesta vastaavan vastuulla. (Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto, 2024)

3 Pintavesien laatu

Suomen pintavedet ovat pääosin hyvässä kunnossa, mutta maalta tulevat päästöt kuormittavat niitä (Syke, 2024a). Vesistökuormitusta syntyy piste- ja hajakuormituksena. Hajakuormitus on vesistökuormitusta, joka on peräisin useista pienistä päästölähteistä, joita ei voida tarkasti määrittää, kuten esimerkiksi metsätaloudesta ja maataloudesta. Hajakuormitus eroaa pistekuormituksesta siten, että pistekuormituksessa päästölähde pystytään tarkasti määrittelemään, ja näin ollen puuttumaan syntyvään kuormitukseen. Pistekuormitusta syntyy esimerkiksi jätevedenpuhdistamoilta, turvetuotantoalueilta ja tehtaista. (Kotanen ym., 2021)

Eniten haasteita on rannikkovesillä, jossa vesistöjen ekologinen tila on luokiteltu suurimmalta osalta tyydyttäväksi. (Syke, 2024a) Suomessa vesistöt luokitellaan niiden ekologisen tilan mukaan. Luokittelussa on viisi eri luokkaa, erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono. Vesistön ekologisen tilan luokka on sitä parempi, mitä vähemmän ihmisen toiminta on muuttanut vesistön tilaa luonnontilaisesta. (ELY-keskus, n.d.) Suomen sisävedet on luokiteltu ekologisen tilan luokittelussa suurimmalta osalta hyväksi (Kuva 7). Parhaassa kunnossa ovat suuret järvet ja heikoimmassa joet. Suurin ongelma pintavesissä on rehevöityminen ja liettyminen. Rehevöitymisestä kärsivät etenkin pienet ja matalat järvet. Ravinnekuormituksesta johtuvaa rehevöitymistä käsitellään luvussa 3.2. Joissa esiintyy liettymistä, jota aiheuttavat valuma-alueelta tuleva kiintoainekuormitus ja virtausolojen muutokset. (Syke, 2024a, 2024b) Liettymisellä tarkoitetaan kiinteän aineen kasautumista vesistön pohjalle, kun veden virtausnopeus hidastuu (Maa- ja metsätalousministeriö, n.d.-b). Jokien perkaaminen ja suoristaminen on myös heikentänyt jokien elinympäristöjä (Syke, 2024a).

Kuva 7. Suomen pintavesien ekologinen tila (Syke, 2022b).

Pintavesien ekologinen tila 2022

Joet ekologinen tila 2022

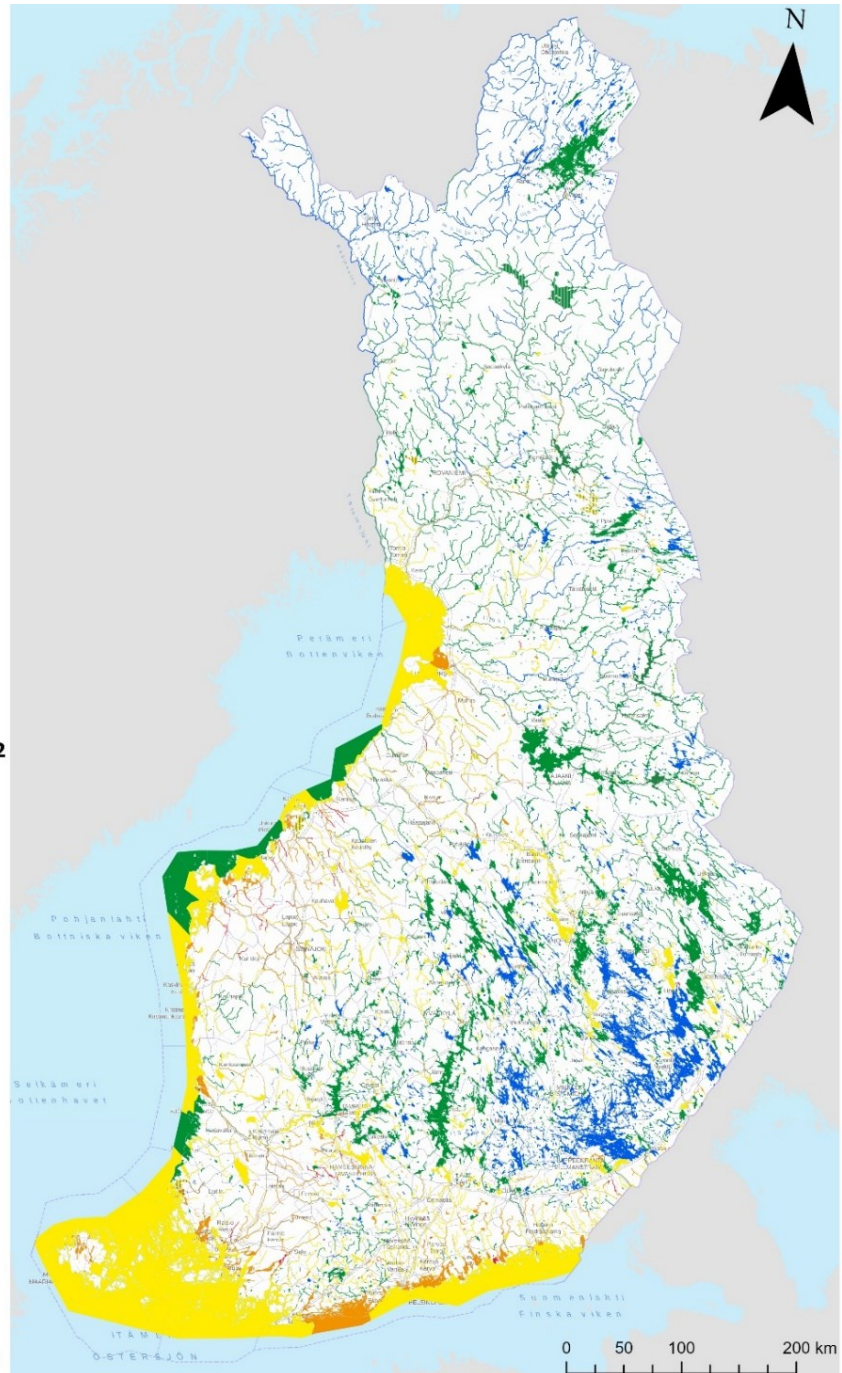
- / Erinomainen
- / Hyvä
- / Tyydyttävä
- / Välttävä
- / Huono
- / Hyvä, Voimakkaasti muutettu
- / Tyydyttävä, Voimakkaasti muutettu
- / Välttävä, Voimakkaasti muutettu
- / Huono, Voimakkaasti muutettu
- / Hyvä, Keinotekoinen
- / Tyydyttävä, Keinotekoinen
- / Välttävä, Keinotekoinen
- / Ei tietoa

Jarvet ekologinen tila 2022

- Erinomainen
- Hyvä
- Tyydyttävä
- Välttävä
- Huono
- Hyvä, Voimakkaasti muutettu
- Tyydyttävä, Voimakkaasti muutettu
- Välttävä, Voimakkaasti muutettu
- Hyvä, Keinotekoinen
- Tyydyttävä, Keinotekoinen
- Välttävä, Keinotekoinen
- Ei tietoa

Rannikkovedet ekologinen tila 2022

- Erinomainen
- Hyvä
- Tyydyttävä
- Välttävä
- Huono
- Hyvä, Voimakkaasti muutettu
- Tyydyttävä, Voimakkaasti muutettu
- Välttävä, Voimakkaasti muutettu
- Huono, Voimakkaasti muutettu
- Ei tietoa



Kartta: Nino Pajunen 19.9.2024
Taustakartta: © MML 2024, Aineisto: © Syke 2024

Vesistöjen tilaa seurataan EU:n tasolla säännöllisesti. Euroopan unionin jäsenmailla on yhteinen tavoite, että kaikki vesistöt ovat vähintään hyvässä tilassa vuoteen 2027 mennessä ja yhdenkään tila ei heikkene. (Syke, 2024a) Suomen vesistöjen tilaa on seurattu vuosikymmenien ajan. Vesistöjen tarkkailua toteutetaan tuhansilla mittauspisteillä ja näytteitä otetaan useita kertoja vuodessa. Tarkkailua suorittavat monet eri tahot ja kaikki seurantatulokset kootaan yhteiseen julkiseen rekisteriin, joka on kaikkien kansalaisten saatavilla. Vesistö tarkkailuja suorittavat esimerkiksi valtion ympäristöhallinto, kunnat,

vesiensuojeluyhdistykset ja teollisuuslaitokset. Jotkut vesistöt kuuluvat velvoitetarkkailun piiriin. Tällä tarkoitetaan sitä, että toiminnan harjoittajan, kuten esimerkiksi turvetuottajan tulee seurata vesistöä kuormittavan toimintansa vaikutuksia vesistön tilaan. (Syke, 2022e) Velvoitetarkkailu perustuu ympäristönsuojelulakiin (527/2014).

Pintavesien laadun parantamisella on keskeinen osa kestävän kehityksen tavoitteen 14 ”vedenalainen elämä” -saavuttamista. Vaikka tavoitteessa 14 puhutaan rannikkovesistä ja meristä, on sisävesillä tässä ratkaiseva rooli, koska lopulta sisävesistä vedet päätyvät Itämereen. Sisävesien tilaa tarkkailemalla ja sisävesiä suojelemalla voidaan suojella Itämeren tilaa. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2021; UNDP, n.d.)

Ilmastonmuutoksen myötä lisääntyvät rankkasateet ja tulvat lisäävät vesistöihin kohdistuvaa kuormitusta. Rankkasateet huuhtovat vesistöihin kiintoainetta ja ravinteita, joka lisää vesistöjen rehevöitymistä. Tämän lisäksi ilmaston lämpenemisen vuoksi pintavedet lämpenevät, joka lisää bakteerien ja levien määrää. Myös lisääntyvät tulvat aiheuttavat kuormitusta vesistöihin lisäämällä eroosiota. Pahimmillaan viemäreiden ja pumppaamojen kapasiteetit voivat voimakkaiden tulvien vuoksi ylittyä, jolloin puhdistamattomia jätevesiä voidaan joutua laskemaan vesistöön. (Syke, 2021)

Maaperällä on keskeinen rooli veden kiertokulussa. Maaperä puhdistaa sekä ehkäisee tulvia pidättämällä ja suodattamalla vettä (Höijeri ym., 2021, s. 3). Maaperän koostumus ja erityisesti sen rakenne vaikuttavat veden liikkumiseen ja pidättäytymiseen maaperässä. Hienorakeisilla mailla, kuten savimailla vesi imeytyy heikosti, erityisesti silloin, jos maa on tiivistynyt. Tämä voi lisätä pintavaluntaa etenkin rankkasateilla. Karkeat maalajit, kuten hiekka, imevät hyvin vettä, muodostavat pohjavettä ja vähentävät valuntaa. (Paasonen-Kivekäs ym., 2016, ss. 53, 88, 102) Suot suodattavat valuma-alueelta tulevaa vettä todella tehokkaasti, mutta tuottavat myös itse orgaanista ainesta vesistöihin. Tämän vuoksi suovaltaisilla alueilla vesistöt ovat luonnostaan humuspitoisia ja väriltään rusehtavia. (Siivonen, 2020) Kun kuolleet kasvinosat hajoavat turpeessa, syntyy humusta (Maa- ja metsätalousministeriö, n.d.-a). Kun suota ojitetaan ja maata muokataan, veden liike alueella muuttuu ja turvekerros paljastuu. Ojitetulle suolle tuleva vesi imeytyy paljastuneeseen turpeeseen ja nostaa suon pohjavedentasa, joka noustessaan huuhtoutuu vesistöön aiheuttaen vesistökuormitusta. (Siivonen, 2020)

3.1 Kiintoaine vesistöissä

Kiintoaineella tarkoitetaan vedessä olevia kiinteitä hiukkasia, joiden partikkelikoko on yli 0,45 µm, kuten savea, turvetta, hiesua ja hiukkasmaista orgaanista hiiltä (Turunen ym., 2019, s. 9). Liiallinen kiintoaineen sedimentaatio on haitaksi vesistöjen ekosysteemien toiminnalle ja vähentää luonnon monimuotoisuutta. Sedimentaatio tarkoittaa kiintoaineen laskeutumista vesistön pohjaan. Kiintoaine voidaan jakaa orgaaniseen ja epäorgaaniseen kiintoaineeseen. Suuri määrä epäorgaanista kiintoainesta värjää veden sameaksi, kun taas suuri määrä orgaanista kiintoainesta tumman ruskeaksi. (Turunen ym., 2019, s. 29)

Sameutuminen ja veden tummuminen vähentävät valon määrää ja heikentävät etenkin vedenalaisten vesikasvien, eli uposkasvien hapentuotantoa. Lisääntynyt kiintoaineen sedimentaatio haittaa eliöiden elinympäristöjä täyttämällä kivien väliköitä ja muita hitaan virtaaman alueita. Tämä vaikuttaa heikentävästi pohjaeläinten ja vesikasvien elinoloihin, millä puolestaan on vaikutus koko ekosysteemin toimintaan vesistöissä. Kun vesikasvien ja pohjaeläinten määrä vesistöissä vähenee, myös kalojen ravinto vähenee. Kiintoaineen sedimentaatiolla on myös suora vaikutus kaloihin ja etenkin taimeneen ja loheen, joiden kutualueet voivat tukkeutua ja mädin kuolleisuus lisääntyä. Tämä johtuu siitä, että hieno kiintoaine estää veden virtaamisen kutupesään, mikä vähentää hapen määrää. Hapen määrää vähentää myös orgaanisen kiintoaineen hajoaminen, koska hajoamisprosessi käyttää happea. Lisäksi hieno kiintoaine voi muodostaa ohuen kalvon mätimunien ympärille, mikä estää kaasujen, kuten hapen ja hiilidioksidin vaihdon mätimunien välillä ja aiheuttaa mätimunien tuhoutumisen. Kiintoaineesta johtuva veden sameutuminen häiritsee kalojen saalistusta, koska pohjaeläimet muuttuvat vaikeammin saalistettaviksi. (Turunen ym., 2019, ss. 31, 34–40)

Ihmistoiminta, kuten maatalous, metsätalous ja kaupungistuminen, on monilla alueilla lisännyt vesistöjen kiintoaineen määriä luontaiseen tasoon nähden. Maatalous on näistä suurin kiintoainekuormitusta vesistöissä lisäävä maankäytön muoto. Peltojen eroosiosta syntyy kiintoainekuormitusta, kun sadevedet kuljettavat muun muassa savea, silttiä ja orgaanista ainesta vesistöihin pelto-ojia pitkin. Kasvukauden ulkopuolella, keväisin ja syksyisin, valunta pelloilta on voimakkainta, jolloin kiintoainekuormitus lisääntyy. Tämä johtuu kevään sulamisvesistä ja syksyn suurista sateista, sekä siitä että näinä aikoina haihdunta on pientä ja kasvillisuus ei sido vettä tai huuhtoutuvia kiintoaineita. Metsätalouden kiintoainekuormaa lisäävät toimet ovat hakkuut ja metsäojitukset, etenkin jos hakkuiden yhteydessä poistetaan myös kannot. Puuston poistuessa haihdunta alueella vähenee, mikä lisää valuntaa ja virtaamat äärevöityvät, tämä puolestaan lisää syntyvää

kiintoainekuormitusta. Avohakkuut ja maanmuokkaus lisäävät pintaeroosiota ja kiintoaineen huuhtoutumisriskiä. Hakkuualueilta syntyvää kiintoainekuormitusta lisää myös se, että puuston oksat eivät enää hidasta sadeveden osumista maahan. (Turunen ym., 2019, ss. 19–23)

55 % Suomen turvemaista on ojitettu metsänkasvun edistämiseksi tai maaperän kuivattamiseksi. Tämä lisää huomattavasti orgaanisen kiintoainekuormituksen määrää. Turpeen nostaminen aloitetaan niin sanotulla kuntoonpanovaiheella, jolloin alue kuivatetaan ojituksin ja alue valmistellaan turvetuotantoon. Kuntoonpanovaihe kestää 1–3 vuotta. Turvemaiden kuivatus hapettaa maaperän orgaanisen aineksen, jolloin se alkaa hajota ja kiintoaineen huuhtoutuminen vesistöön lisääntyy aiheuttaen vesistöjen tummumista ja pohjien liettymistä. Kasvillisuuden poisto lisää kiintoainekuormitusta, koska kiintoaine ei enää pidäty kasvillisuuteen. Kiintoaineen huuhtouma on suurimmillaan rankkasateiden ja tulvien aikaan, jolloin virtaamat ovat suuria. Turvemailla kivennäismaahan asti kaivetut ojitukset ovat lisänneet myös epäorgaanisen kiintoaineen huuhtoutumista vesiin. (Turunen ym., 2019, ss. 21–24)

3.2 Ravinteet vesistöissä

Ravinnekuormitus tarkoittaa veteen päätyvien typen ja fosforin määrää. Pintavesiin kohdistuva liian suuri ravinnekuormitus aiheuttaa vesikasvien ja planktonien määrän lisääntymistä ja vesistöjen rehevöitymistä. Yleisin syy siihen, että vesimuodostuma luokitellaan hyvää huonommaksi ekologisen tilan luokittelussa, on typpi- ja fosforikuormituksesta johtuva rehevöityminen. Suomessa etenkin rannikkovedet ja joet kärsivät rehevöitymisestä, mutta myös järvien tilaa uhkaa ravinnekuormituksesta johtuva rehevöityminen. (Syke, 2022d) Rehevöityminen yksipuolistaa vesistöjen eliöstöä ja lajistoa ja voi pahimmillaan aiheuttaa vesistössä happikatoa ja kalakuolemia. Näiden lisäksi rehevöityneessä vesistössä ilmenee sinilevää, joka vaikuttaa kielteisesti vesistön virkistyskäyttöön. (Syke, 2019)

Maa- ja metsätalous ovat valtakunnallisesti suurimmat vesistöjen hajakuormituksen aiheuttajat. Valtakunnallisesti maatalous aiheuttaa noin 75 % vesistöjen typpi- ja fosforikuormituksesta, metsätalous puolestaan noin 12 % typpikuormituksesta ja 14 % fosforikuormituksesta. Maatalousalueiden läheisyydessä etenkin pienet järvet kärsivät rehevöitymisestä, jonka suurimmat aiheuttajat ovat peltojen lannoitus ja muokkaus, eroosio, sekä kotieläinten lannan käsittely. Maatalouden ravinnekuormituksen aiheuttamia muutoksia on havaittu myös isoissa järvissä ja rannikkovesissä. Metsätalouden vesistön

ravinnekuormituksen aiheuttajia ovat metsien lannoitus, metsäojitus ja metsämaaperän käsittely. Metsätalouden aiheuttama fosforikuormitus syntyy pääosin metsien lannoittamisesta. Uusien menetelmien ja lannoitteiden avulla syntyy fosforikuormitusta on saatu laskuun. Metsätalouden aiheuttama vesistöjen typpikuormitus taas on noususuhdanteinen. Yhtenä syynä tähän on ilmastomuutoksesta johtuvien lisääntyvien rankkasateiden aiheuttama ravinteiden huuhtoutuminen ojitetuilta alueilta ja etenkin turvemailta. Metsäojitukset lisäävät vesistöjen ravinnekuormitusta vuosikymmeniksi. (Syke, 2022d)

Ojittamattomat suot tasaavat virtaamia ja voivat puhdistaa valuma-alueelta vesiin syntyvää ravinnekuormitusta, joka voi olla peräisin esimerkiksi metsähakkuista. Turvetuotantoalueeksi muutettu suo taas voi kymmenkertaistaa vesistöön päätyvän typpi- ja fosforikuormituksen ojittamattomiin soihin verrattuna ja 6–10-kertaistaa metsäojitettuihin soihin verrattuna. Tämä johtuu siitä, että turvetuotantoalueilta kasvillisuus, joka sitoo ravinteita, on poistettu kokonaan ja alueet ovat voimakkaasti ojitettuja. Suomessa noin 10 % viljelymaasta on turvemaapeltoa. Turvemaapeltojen aiheuttama typpikuormitus on mitattu enimmillään olevan jopa satakertainen ja fosforikuormitus 10–30-kertainen ojittamattomaan tai metsäojitettuun suohon verrattuna. Turvepelloilla tehtävä viljelykasvien kasvua parantavat toimet, kuten pellon lannoittaminen, muokkaaminen ja kalkitseminen parantavat turpeen hajottajamikrobien elinoloja, mikä kiihdyttää turpeen hajoamista ja ravinteiden vapautumista. Turvemaapitoon huonosti ravinteita ja ne ovat hyvin alttiita huuhtoutumaan vesistöön, mikäli viljelykasvit eivät käytä kaikkea lannoitteena annettuja ja turpeen hajoamisesta vapautuneita ravinteita. (Koskinen, 2020)

3.3 Humus vesistöissä

Humus on orgaanista ainetta, joka värjää veden rusehtavaksi (Syke, 2022a). Sen määrää pintavedestä selvitetään mittaamalla kemiallinen hapenkulutus. Myös veden väriluku ja orgaanisen hiilen pitoisuus kertovat veden humuspitoisuudesta. (Vilmi ym., 2021, s. 58) Humuspitoisuuden lisääntyminen aiheuttaa vesien tummumisen lisäksi muutoksia vesistöjen lämpötila-, valaistus- ja happiolosuhteisiin, sekä yksipuolistaa lajistoa kaventamalla eliöstön elintilaa. Humuksesta johtuvan veden tummentumisen myötä vedenpinnan alla kasvavat kasvilajit vähenevät, kun taas kelluslehtiset kasvilajit lisääntyvät ja vaikeuttavat entisestään vesieliöstön valaistusolosuhteita. Vesistöissä hajoava humus käyttää hajoamisprosessissaan happea, mikä heikentää vesistön happiolosuhteita. (Syke, 2022a)

Erityisesti turvevaltaisten valuma-alueiden vesistöt ovat tummuneet viime vuosikymmeninä. Suurimpana tekijänä tähän pidetään turvemailta vesistöön kulkeutuvan humuskuormituksen kasvua. Syyt humuksen määrän kasvuun vesistöissä ovat monisyiset. Pääasiallisena syynä tähän pidetään turvemaiden ojituksia, mutta yhtenä suurena tekijänä tähän vaikuttaa myös ilmastomuutoksesta johtuva rankkasateiden lisääntyminen ja siitä johtuva voimakkaampi humuksen huuhtoutuminen metsistä ja soilta. Myös metsäalueiden hakkuut ja siitä johtuva maanmuokkaus lisäävät humuskuormitusta pintavesiin. Näiden lisäksi teollisuuden ja energiantuotannon päästöjen laskusta johtuvan happamoitumisen lieventyminen lisää humuksen liukenemista ja huuhtoutumista vesistöihin. (Syke, 2022a)

4 Aurinkovoiman vaikutukset pintavesiin

Aurinkovoimalan merkittävimmät vaikutukset pintavesiin syntyvät voimalan rakentamisvaiheessa ja ajansaatossa vesistövaikutusten oletetaan vähentyvän. Rakennusvaiheessa tehtävät maanmuokkaustyöt, kuten ojitus, puuston poisto, maan tasaus ja huoltoteiden rakentaminen, aiheuttavat alueella valunnan kasvua. Tämä voi aiheuttaa hankealueen läheisissä ojissa nopean virtauksen kohdissa eroosiota ja hitaan virtauksen kohdissa pohjan hienoaineslaskeumia. Turvemaille rakennettaessa, pintamaan rikkominen voi aiheuttaa ravinne-, ja kiintoainekuormituksen lisäksi humus ja rauta-arvojen kasvua vastaanottavassa vesistössä. Vesistökuormitusta muodostuu erityisesti silloin, kun maanmuokkausta tehdään vesistöjen ja ojien läheisyydessä. (A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy, 2024b, s. 141, 2024a, s. 137)

Puuston poiston myötä haihdunta vähenee, kun puut eivät enää pidätä sadevettä latvustoon tai haihduta sitä maaperästä. Tämä johtaa valunnan kasvuun. Vaikutusten suuruus riippuu alueen sijainnista valuma-alueella ja puuston tyypistä, sillä erityyppisillä puustoilla on erilainen haihdutuspotentiaali. Puuston poistolla ja siitä aiheutuvalla valunnan määrän kasvulla voidaan kuitenkin todeta olevan pidempiaikainen vaikutus pintavesiin, koska puuston ei voida antaa kasvaa alueella, jotta aurinkopaneelit eivät varjostu. Näiden lisäksi maanpinnan kasvusto vaikuttaa merkittävästi vesitaseeseen haihduttamalla ja pidättämällä vettä. Puuston poistamisen myötä auringonvalon lisääntyminen ja tuulisuuden kasvu, voivat kuitenkin myös lisätä haihduntaa alueella. Valumavesien määrään ja haihduntaan vaikuttavat monet tekijät, eikä niiden vaikutuksien merkittävyyttä siksi pystytä arvioimaan yksiselitteisesti. (A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy, 2024b, s. 144, 2024a, ss. 143–144)

Voimala-alueen ojituksen aiheuttamia pintavesivaikutuksia voidaan verrata metsien kunnostusojituksen vaikutuksiin. Uusien ojien kaivaminen puolestaan lisää valuntaa, mutta olemassa olevien ojien kunnostuksen ja perkauksen katsotaan olevan vaikutuksiltaan valuntaan vähäistä. Suomessa on tuotettu tutkimuksia, joiden mukaan uudisojitus lisää valuntaa poikkeuksetta ja valunnan kasvu on ensimmäisen 10 vuoden aikana keskimäärin 0,3–0,6 % alueen ojitusprosenttia kohden, mutta ajan kuluessa valunnan määrä vähenee. (A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy, 2024b, s. 145)

Jos aurinkovoimalan alueelle ei anneta kasvaa aluskasvillisuutta, lisää tämä merkittävästi valuntaa myös voimalan käytön aikana (Grippio ym., 2014, s. 250). Eroosiota ja valunnan kasvun aiheuttamaa vesistökuormituksen lisääntymistä voidaan hillitä hyvällä töiden ennakkosuunnittelulla, hulevesisuunnittelulla, vesiensuojelurakenteilla sekä aluskasvillisuudella. Tuotantoalueen ja ojastojen väliin tulisi jättää suojavyyhykkeet ja ojat tulisi toteuttaa niin, että ne ovat loivia ja niihin istutetaan nurmikasvillisuutta. Tällä voidaan vähentää valuntaa alapuolisiin vesistöihin ja kasvillisuus sitoo kiintoainetta ja ravinteita. Vesistökuormituksen välttämiseksi voimalan rakentaminen tulee ajoittaa niin, että se tapahtuisi mahdollisimman kuivaan aikaan ja alue rakentaa vaiheittain. Voimalan läheiset herkät alueet tulee tunnistaa ennen rakentamisen aloittamista ja niille tulee suunnata suojelutoimenpiteitä. (A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy, 2024a, ss. 150–151)

Tutkimusten mukaan tehokkaimmiksi vesiensuojelukeinoiksi on osoittautuneet toimet, joilla vettä voidaan viivyttää valuma-alueella. Tällaiset toimet oikein mitoitettuina tasaavat ojaverkoston virtaamia myös rankkasateiden ja tulvien aikoina. Laskeutusaltaiden ja -painanteiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon ilmastonmuutoksen aiheuttamat lisääntyvät rankkasateet ja vesiensuojelurakenteiden tulisi olla toiminnassa jo voimalan rakentamisaikavaiheessa. (A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy, 2024b, s. 148)

5 Aineisto ja menetelmät

Opinnäytetyö tehtiin kvalitatiivisena, eli laadullisena tutkimuksena. Kvalitatiivinen tutkimus on tieteellinen tutkimusmenetelmä, jossa pyritään ymmärtämään tutkittavan kohteen ominaisuuksia ja merkityksiä kokonaisvaltaisesti. Kvalitatiivinen tutkimus on aina empiiristä, eli se perustuu erilaisiin aineistoihin ja niiden analyysiin. (Juhila, 2021) Tutkimusmenetelminä oli asiantuntijahaastattelu ja tapaustutkimus. Asiantuntijahaastattelussa tarkoituksena oli selvittää miten yritykset ja valtionhallinto toimivat tutkittavaan asiaan liittyvissä käsittelyissä. Haastatteluiden kysymykset esitettiin puolistrukturoidusti, jotta aiheen ympärille saatiin

heräteltyä myös vapaampaa keskustelua. Puolistrukturoitujen haastattelukysymysten ideana on, että kysymykset laaditaan ennakkoon ja esitetään kirjatussa muodossa, mutta vastaamisen tapa on vapaa. (Hyvärinen ym., 2021) Tapaustutkimuksen periaate on tutustua tutkittavaan kohteeseen kokonaisvaltaisesti, jotta siitä saadaan mahdollisimman monipuolinen kuva. Tapaustutkimuksessa yleistä on yhdistellä useita aineistoja kuten esimerkiksi tapauksesta kertovia asiakirjoja, havainnointia, haastatteluja sekä mediajuttuja. (Vuori, 2021)

Asiantuntijahaastatteluja pidettiin kaksi. Ensimmäinen haastattelu järjestettiin 3.10.2024 Lahden virastotalolla, jolloin haastateltavana oli Hämeen ELY-keskuksessa vesilain valvonnassa työskentelevä ylitarkastaja Helka Sillfors. Sillforsilla on yli kymmenen vuoden kokemus ympäristöviranomaisena toimimisesta. Haastattelussa syvennyttiin aurinkovoimarakentamiseen lupamenettelyjen ja vesistövaikutusten näkökulmasta. Haastattelun tarkoituksena oli saada kattavampi käsitys siitä, mitkä ympäristölliset tekijät ovat tärkeässä roolissa aurinkovoimarakentamisesta syntyviin pintavesivaikutuksiin sekä ymmärtää, miten lupamenettelyillä tuetaan pintavesien suojelua. Haastattelukysymykset toimitettiin haastateltavalle sähköpostilla 1.10.2024. Tarkentavia kysymyksiä esitettiin kesken haastattelun. 3.10.2024 järjestetyn haastattelun kysymykset ovat liitteessä 3.

Toinen haastattelu järjestettiin 1.11.2024 Teams-sovelluksen välityksellä. Tällöin haastateltavana oli aurinkosähkötekniikan johtaja Elina Kärkimaa Ilmatar Energy Oy:ltä. Kärkimaaalla on kattava kokemus aurinkovoimahankkeista ja hän on työskennellyt yli kymmenen vuotta aurinkovoiman parissa niin Suomessa kuin ulkomaillakin. Haastattelun tarkoituksena oli saada syvällisempi käsitys aurinkovoimalan rakentamisenaikaisista toimenpiteistä, toimenpiteiden laajuudesta sekä siitä, milloin eri toimenpiteet voimala-alueella ovat välttämättömiä. Haastattelukysymykset toimitettiin haastateltavalle sähköpostilla 29.10.2024. Tarkentavia kysymyksiä esitettiin kesken haastattelun. 1.11.2024 järjestetyn haastattelun kysymykset ovat liitteessä 4. Haastattelu pidettiin puolistrukturoituna, mikä mahdollisti vapaan keskustelun ennalta määrättyjen aiheiden lisäksi. Haastattelujen tulokset on avattu luvussa 7. Molemmat haastattelut nauhoitettiin, jotta niiden tuloksia pystyttiin käsittelemään sellaisinaan läpi koko tutkimusprosessin.

Toisena tutkimusmenetelmänä käytettiin tapaustutkimusta. Tapaustutkimuksessa tutkimuksen kohteena oli entiselle turvetuotantoalueelle suunnitteilla oleva aurinkovoimala. Tutkimus perustui turvetuotantoaikaisiin ympäristölupa päätöksiin ja vuosina 2014–2023 alueella tehtyihin vedenlaadun tarkkailuihin. Tuotantoalueella tehtyjen kuormitustarkkailujen tuottamasta datasta analysoitiin kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksia, sekä kemiallista

hapenkulutusta, joka kuvastaa humuksen määrää vedessä. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, minkä tyyppisiä vaikutuksia aurinkovoimalan rakentaminen voi aiheuttaa pintavesiin, jos turvetuotannon aikaiset vesiensuojelurakenteet eivät ole käytössä aurinkovoimalan rakentamisen aikana. Pintavesinäytteiden analysoinnin ja esittämisen tueksi tehtiin taulukoita ja graafeja, joilla osoitettiin pintavesien laadullista muutosta ja vesiensuojelurakenteiden reduktiota, eli puhdistustehoa. Aineistoja tapaustutkimukseen kerättiin aurinkovoimalaa ja turvetuotantoa operoivan yrityksen verkkosivuilta, tietopyynnöin Etelä-Pohjanmaan ELY-keskukselta, alueen paikallislehdestä, sekä Suomen ympäristökeskuksen avoimesta Hertta-tietokannasta. Tutkittavan alueen ympäristöolosuhteita havainnoitiin myös kartalta hyödyntämällä ortoilmakuvia, historiallisia ortoilmakuvia ja valuma-alueaineistoa.

Tapaustutkimuksen kohde on työssä anonymisoitu eettisen tutkimuksen periaatteita noudattaen. Käytetyt lähteet pohjautuvat suurimmaksi osaksi turvetuotannon ympäristölupa päätöksiin ja muihin julkisesti saatavilla oleviin aineistoihin, mutta kaikki lähteet aurinkovoimalaan ja aiempaan turvetuotantoon liittyen ovat työssä anonymisoitu, jotta tutkimuskohdetta ei voida yhdistää alueella operoivaan yritykseen. Tutkimuksessa ei myöskään kerrota tutkimuskohteen sijaintia ja tästä syystä havainnollistavat karttakuvat on jätetty pois. Puhuttaessa vesistöistä, mihin tutkittavan alueen vedet laskevat, käytetään nimityksiä järvi x ja puro x.

Tapaustutkimuksen kohde ja tutkimuksen toteutustapa vaihtuivat työn puolivälissä. Ensin tapaustutkimuksessa lähdettiin tutkimaan jo rakennettuja aurinkovoimaloita ja niiden rakentamisesta syntyneitä vaikutuksia pintavesiin. Tutkimus pohjautui tehtyjen vedenlaadun tarkkailujen tuottamaan dataan, jota analysoitiin suhteessa tutkittavassa kohteessa tehtyihin rakentamistoimenpiteisiin. Tutkimuksessa oli tarkoitus vertailla, miten vedenlaatu muuttui aurinkovoimalan rakentamisen jälkeen. Tutkimuksen toteutustapa kuitenkin osoittautui huonoksi, koska aurinkovoimaloiden rakentamisen pintavesivaikutuksia ei ole tutkittu ja vedenlaadun tarkkailudataa rakennettujen voimaloiden alapuolisista vesistöistä ei ollut saatavilla. Suomen ympäristökeskuksen Hertta-tietokannasta saatavien vedenlaadun tarkkailutulosten näytteenottopisteet eivät kohdistuneet sellaisiin kohtiin, jotta vesinäytteistä olisi voinut tehdä luotettavaa tulkintaa aurinkovoimalan rakentamisen aiheuttamista vedenlaadun muutoksista. Vedenlaadun tarkkailudataa voimaloiden läheisyydestä tiedusteltiin alueiden ELY-keskuksilta, mutta dataa ei ollut.

Tutkimusmenetelmillä saatuja tuloksia tarkasteltiin suhteessa asetettuihin tutkimuskysymyksiin, jotka olivat:

- Mitkä muuttajat erityisesti vaikuttavat maa-asenteisen aurinkovoimalan rakentamisaikaisiin pintavesivaikutuksiin?
- Miten tutkitun aurinkovoimalan rakentaminen voi vaikuttaa lähivesistöjen kiintoaine-, ravinne- ja humuspitoisuuksiin?

6 Tutkittava aurinkovoimala

Tutkittava aurinkovoimala on suunnitteluvaiheessa ja sen rakentaminen alkaa vuonna 2025. Aurinkovoimala sijoittuu entiselle turvetuotantoalueelle, jossa on ollut toimintaa jo vuodesta 1981 asti. Alustavan hankesuunnitelman mukaan hankealueen pinta-ala on noin 125 hehtaaria, josta aurinkovoimala käyttää noin 100 hehtaaria. Aurinkovoimalan kokonaistehoksi suunnitellaan 84 MWp ja alueelle on tulossa 133 000 aurinkopaneelia. (Paikallislehti x, 2024; Yritys x, n.d.) Voimalan suunnitellun vuosituotannon arvioidaan olevan noin 77 GWh, joka vastaisi noin 15 400 suomalaisen kotitalouden keskimääräistä sähkönkulutusta vuodessa (Paikallislehti x, 2024; Sähkövertailu.fi, n.d.). Aurinkopaneelitelinet on suunniteltu kiinnitettävän maahan ensisijaisesti lyöntipaaluilla tai ruuvipaaluilla. Jos maaperään ei voida käyttää paaluja telinet asennetaan betoninpainoilla. Perustustapojen ei arvioida vaativan maa-aineksen vaihtamista. (ELY-keskus, 2024a)

Alueella toimiva ELY-keskus on tehnyt päätöksen, että hankkeeseen ei sovelleta ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017) mukaista arviointimenettelyä (ELY-keskus, 2024a). Kunnan tekninen valiokunta on hyväksynyt suunnittelutarveratkaisun aurinkovoimalan rakentamiseksi entiselle turvetuotantoalueelle sekä myöntänyt voimalaa rakennuttavalle yritykselle luvan jatkotoimille rakennuslupaprosessia varten (Paikallislehti x, 2024).

Turvetuotannon aikaiset vesienkäsittelyrakenteet on suunniteltu purettavan. Kosteikot ja pintavalutuskentät jäävät alueelle, mutta alueen vesiä ei enää pumpata näihin. Aurinkovoimalan vedet johdetaan suoraan olemassa olevien laskuojien kautta puroon x. Turvetuotannon aikaan tuotantoalueella on havaittu alueita, joilla on merkittävä happamoitumisriski. Näille alueille ollaan vuonna 2021 toteutettu jälkihoidollisesti kosteikot, eikä niihin kohdistu rakentamista tai maankäyttöä aurinkovoimahankkeessa. Hankealueen lisäkuivatustarvetta tai vesitalouden muutoksia ei ole todettu tarpeelliseksi ja aurinkovoimala pyritään toteuttamaan siinä tilassa mihin alue on jälkihoitotoimenpiteillä saatettu.

Rakennustyöt ajoitetaan vähävetiseen aikaan, jotta ravinne- ja kiintoainekuormitusta voidaan minimoida. (Aluehallintovirasto, 2024; ELY-keskus, 2024a)

6.1 Turvetuotanto alueella

Suunnitellun aurinkovoimalan alueella on nostettu turvetta vuodesta 1986 ja alueen kuntoonpano on aloitettu vuonna 1981. Vuonna 1986 turvetuotanto on aloitettu 84 hehtaarin alueella, joka on sittemmin laajentunut. Alueelle on myönnetty toistaiseksi voimassa oleva ympäristölupa vuonna 2007, jonka mukaan toiminta saa jatkua 275,9 hehtaarin alueella. (Ympäristölupavirasto, 2007) Vuonna 2013 aluehallintovirasto myönsi ympäristöluvan vielä 66,2 hehtaarin lisäalueelle, jonka jälkeen tuotannossa oli yhteensä 342,1 hehtaaria (Aluehallintovirasto, 2013). Vuonna 2019 alueella on ollut tuotannossa 159 hehtaaria ja 2019 vuoden jälkeen on pinta-alasta tehty vielä lisää alueiden käytöstä poistamisia, joiden jälkeen tuotannossa on ollut enää noin 133 hehtaaria. Tuotantoalue on jaettu lohkoihin, joita on lisäalue mukaan lukien yhdeksän. (Aluehallintovirasto, 2020a) Vuonna 2023 alueelle on haettu jälkihoitosuunnitelman hyväksymistä ja ympäristöluvan raukeamista, josta aluehallintovirasto on antanut myönteisen päätöksen toukokuussa 2024. Tarkkaa ajankohtaa turvetuotannon lopettamiselle ei lähteistä selvinnyt, mutta suurin osa tuotannosta on loppunut vuoden 2020 jälkeen. (Aluehallintovirasto, 2024)

Vuonna 2019 alueella toimiva ELY-keskus on ympäristönsuojelulain 89 §:n perustuen esittänyt aluehallintovirastolle, että vuonna 2007 myönnettyä ympäristölupaa on muutettava, sillä siitä puuttuvat velvoitteet happamien päästöjen ehkäisemisestä. Turvetuotantoalue sijaitsee potentiaalisesti happamien sulfaattimaiden alueella, jossa on happamoitumisen riski. Happamoitumisen riski on todettu vuonna 2017 Geologian tutkimuslaitoksen (GTK) tekemällä selvityksellä. Lisäalueella ei ole havaittu happamia sulfaattimaita. (Aluehallintovirasto, 2020a)

Alueen keskimääräisen turpeenvuosituotannon on arvioitu vuonna 2007 olevan noin 144 500 m³ ja tuotantopäiviä 30–50 vuodessa (Ympäristölupavirasto, 2007). Turvetuotantoaika on usein toukokuusta syyskuuhun ja turvetta voidaan nostaa alueelta vain kuivan sään aikaan (Bioenergia, 2024). Alueella on tuotettu jyrsinpolttoturvetta, palaturvetta sekä ympäristöturvetta (Ympäristölupavirasto, 2007). Jyrsinpolttoturvetta tuottaessa syntyy useimmiten enemmän kiintoainekuormitusta kuin pala- tai ympäristöturvetuotannossa (Turunen ym., 2019, s. 23). Ennen ympäristöluvan myöntämistä vuosina 1986–2003 on alueelta nostettu noin 1 500 000 m³ turvetta (Ympäristölupavirasto, 2007). Vuonna 2020 päivitettyssä ympäristöluvassa esitettyjen arvioiden mukaan turvetta alueella olisi voinut

nostaa lohkoilla 5, 7 ja 8 vielä vuoteen 2035–2040 asti ja lisäalueen lohkoilla 9 jopa vuoteen 2050 asti. Lohkoilla 1, 2 ja 6 tuotannon arvioitiin loppuvan vuonna 2025. Kaksi lohkoista (lohkot 4 ja 3) ovat olleet vuonna 2019 viljelykäytössä ja poissa turvetuotannosta. (Aluehallintovirasto, 2020a) Viimeinen tuotantovuosi lohkoilla 1–2 sekä 5–7 on ollut vuonna 2020 (Aluehallintovirasto, 2024).

Vuonna 2017 GTK on tehnyt tuotantoalueella tutkimuksia turvekerroksen paksuudesta. Tällöin turpeen paksuus on ollut suurimmalla osalla tuotantoalueista noin 0,5–1 m. Ohuin turvekerros on tutkimuksen aikaan ollut turvetuotantoalueen koillis- ja lounaisosassa noin <0,25–0,5 m. Paksuimmillaan turvetta oli tuotantoalueen luoteisosassa noin 2–3 m. Vuonna 2013 ympäristöluvan saaneella 66,2 hehtaarin lisäalueella ei ole tehty turvekerroksen paksuuteen liittyviä tutkimuksia. (Aluehallintovirasto, 2024) Vuoden 2017 tutkimusten jälkeen alueella ei ole tehty julkaistuja tutkimuksia turvekerroksen paksuudesta.

Ympäristölupien mukaan alueella tuotantoa on harjoitettava siten, että päästöt vesistöön ja ympäristöön ovat mahdollisimman pienet. Alueen vesienkäsittelyrakenteena toimivat sarkaojarakenteet, virtaamansäätöpadot kokoomaojissa, sekä laskeutus- ja pumppausaltaat. Kaikkien sarkaojien päissä on lietesyvennys, lietteenpidätin ja päisteputki, joiden päät on varusteltu virtausta säätelevillä sihdeillä. Laskeutusaltaiden poistopäissä on vedenkorkeutta säätelevät sihdeillä varustetut putkipadot. Näiden jälkeen turvetuotantoalueen vedet pumpataan kosteikolle (KOS1 tai KOS2) tai pintavalutuskentälle (PVK3 tai PVK4), ennen kuin ne lasketaan laskuojan kautta pois tuotantoalueelta joko järveen x tai puroon x. Lohkoilta 1–6 ja 9 vedet päätyvät puroon x ja lohkoilta 7 ja 8 vedet päätyvät järveen x. Vesien reitti eri lohkoilta ja lopulta pois tuotantoalueelta on havainnollistettu kuvassa 8. Pintavesien tarkkailunäytteet on otettu kosteikoilta KOS1 ja KOS2, ja pintavalutuskentiltä PVK3 ja PVK4. (Aluehallintovirasto, 2020a) Pintavesinäytteiden tuloksia käydään läpi luvussa 6.2.

Kuva 8. Lohkoilta vesien pumppaaminen eri pintavalutuskenttiin ja kosteikkoihin, sekä lopulta laskeminen pois tuotantoalueelta (Aluehallintovirasto, 2020b).

Lohkot	1	2	3	4	5	6	9	7	8
Vesiensuojelurakenne	KOS2						PVK4	KOS1	PVK3
Vesistö minne vedet laskee	Puro x						Järvi x		

Turvetuotantoaluetta on alettu jälkihoitovaiheessa valmistelemaan seuraavaan maankäyttöön siirtymiseen. Alueelta on poistettu turvetuotantoon liittyvät koneet ja laitteet, ja alue on siistitty ja puhdistettu jätteistä. Tuotantoalueen vesienkäsittelyrakenteita on jälkihoitovaiheessa seurattu silmämääräisesti ja rakenteiden kunnosta huolehditaan siihen asti, että alueen on todettu kasvittuneen riittävästi tai siirtyneen seuraavaan maankäyttöön. Tämän jälkeen vesiä ei enää pumpata kosteikoille tai pintavalutuskentille ja tarpeettomat vesienkäsittelyrakenteet puretaan. Potentiaalisten happamien sulfaattimaiden vuoksi alueelle perustettujen kosteikkojen pH- ja sähkönjohtavuusarvoja tarkkaillaan, kunnes tilanteen todetaan vakiintuneen. Päätöksen tarkkailun lopettamisesta tekee alueella toimiva ELY-keskus. (Aluehallintovirasto, 2024)

6.2 Vesinäytteet

Alueella on otettu vesinäytteitä kahdelta eri kosteikolta (näytepisteet KOS1 ja KOS2), sekä kahdelta eri pintavalutuskentältä (näytepisteet PVK3 ja PVK4). Näiden lisäksi Herttatietokannasta (Syke, n.d.-a) on haettu näytteitä läheisestä järvestä x ja purosta x, joihin pintavalutuskentiltä ja kosteikoilta vedet laskevat. Pintavalutuskentän PVK4 ja kosteikon KOS2 vedet johdetaan puroon x. Pintavalutuskentän PVK3 ja kosteikon KOS1 vedet johdetaan järveen x. Pintavalutuskenttä PVK4 on vuonna 2013 ympäristöluvan saaneelle lisäalueelle rakennettu ja otettu käyttöön vasta vuonna 2017. (Aluehallintovirasto, 2020a)

Turvetuotantoalueella on tuotettu jyrsinpolttoturvetta, palaturvetta sekä ympäristöturvetta (Ympäristölupavirasto, 2007). Näistä jyrsinpolttoturvet useimmiten aiheuttaa eniten kiintoainekuormitusta, ja ravinteet ja humus kulkevat kiintoaineeseen sitoutuneen (Turunen ym., 2019, s. 23). Lähdemateriaalissa ei ollut tietoa, milloin mitään turvetuotantotapaa on

käytetty tai onko tietyillä lohkoilla käytetty tiettyä tuotantotapaa. Näytteenottotuloksissa näkyvät kuormituspiikit voivat olla seurausta esimerkiksi turvetuotantotavasta tai jostakin muusta alueella tehdystä toimenpiteestä. Lähdemateriaalissa ei ole tietoa alueella tehdyistä toimenpiteistä. Näytteenottotuloksissa toistuu vuosi 2023 kuormituspiikkien osalta, vaikka turvetuotanto on alueelta loppunut jo vuonna 2020. Ravinteiden osalta tälle voi olla syynä se, että viljelykäyttöön siirtyneet lohkot ovat jatkaneet viljelykäytössä turvetuotannon päätyttyä. Jälkihoitosuunnitelman mukaisesti alueelta on poistettu turvetuotannon päättymisen jälkeen jätteet ja turvetuotantoon liittyvät koneet sekä aluetta on siistitty. (Aluehallintovirasto, 2024) Tämä voi olla syynä vuonna 2023 esiintyville kuormituspiikeille, jos aluetta on myllätty jälkihoitotoimenpiteiden yhteydessä.

Taulukoissa esiintyvä lyhenne yp tarkoittaa kosteikon tai pintavalutuskentän yläpuolista mittauspistettä. Tämä kuvastaa vedenlaatua, joka tulee kosteikolle tai pintavalutuskentälle. Ap puolestaan tarkoittaa alapuolista mittauspistettä, joka kuvaa kosteikolta tai pintavalutuskentältä poistuvan veden laatua. Yläpuolisen ja alapuolisen mittauspisteen tuloksia vertaamalla ja virtaama huomioiden saadaan tietää kosteikon tai pintavalutuskentän reduktio prosentti (red %), eli kuinka hyvin kyseinen pintavalutuskenttä tai kosteikko pidättää mitattavia parametreja. Vuodelta 2022 ei ollut saatavilla näytteenottotuloksia miltään turvetuotantoalueen näytepisteeltä. Turvetuotantoalueen näytepisteiden tulokset koottiin ELY-keskukselta saatujen kuormitustarkkailuraporttien perusteella, joita on tuottanut alueella turvetuotantoa harjoittanut yritys. Järven x ja puron x näytteiden tulokset koottiin avoimesta Hertta-tietokannasta saadusta datasta (Syke, n.d.-a). Näytteenottojen tuloksia analysoitiin Rambolliilta saatuun vedenlaatuluokituksen raja-arvo-dokumenttiin perustuen, joka on liitteenä 5.

6.2.1 Kosteikko KOS1

Kosteikon KOS1 näytepisteiden tuloksista (Taulukko 2) nähdään, että kiintoaine-, typpi- ja fosforipitoisuudet ovat laskeneet vuosina 2014–2023. Kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) on pysynyt melko samana vuosina 2014–2021, mutta laskenut selkeästi vuonna 2023 otettuihin näytteisiin. Kemiallinen hapenkulutus kuvaa eloperäisen aineen, eli humuksen määrää vedessä. Erityisesti vuotena 2023 mitattavat arvot ovat laskeneet. Kiintoaineen, typen ja fosforin osalta kosteikko on toiminut ja pidättänyt kuormitusta hyvin. Pois lukien vuosi 2014, jolloin kiintoaineen reduktio on ollut -76 %, eli kosteikko on purkanut kiintoainetta alapuoliseen vesistöön aiheuttaen näin lisää kiintoainekuormitusta. Humuksen osalta kosteikko ei ole toiminut ja reduktio on lähes joka vuosi negatiivinen, eli kosteikko on

purkanut humusta alapuoliseen vesistöön. Tässä nähdään kuitenkin poikkeus, kun vuoden 2023 näytteenottojen tuloksissa reduktio on ollut 21 %, eli kosteikko on pidättänyt humusta.

Kiintoaineen määrä kosteikon KOS1 alapuolisella näytepisteellä on ollut pääsääntöisesti kalastolle haitallisen raja-arvon alapuolella. Kun kiintoainepitoisuus vedessä nousee yli 25 mg/l, aiheuttaa se haittaa kalastolle. Ainoastaan vuosi 2014 on ollut tässä poikkeus. Kovat rankkasateet ja eroosio voivat lisätä kiintoaineen määrää vedessä. Vuoden 2014 yläpuolisen näytepisteen kiintoaineen määrä ei kuitenkaan poikkea huomattavasti muista vuosista, joten muutokset kuormituksen kasvuun alapuolisella mittauspisteellä johtuvat mitä luultavimmin kosteikolla tapahtuneesta muutoksesta.

Typpi ja fosfori pitoisuudet kosteikon KOS1 alapuolisella näytepisteellä ovat olleet tyypillisiä reheville ja erittäin reheville vesistöille. Vaikka kosteikko reduktioprosenttinsa perusteella pidättää hyvin ravinteita, typpipitoisuus ylittää alapuolisella näytepisteellä lähes joka vuosi erittäin rehevän raja-arvon (> 1500 µg/l). Fosforipitoisuus alapuolisella näytepisteellä ylittää erittäin rehevän raja-arvon (>100 µg/l) vuoteen 2017 asti. Kosteikon yläpuolisen näytepisteen ravinnepitoisuudet ovat olleet todella suuria aina vuoteen 2021 asti.

Kemiallinen hapenkulutus kosteikon KOS1 näytepisteillä on myös ollut todella suuri. Runsashumuksisiksi vesiksi luetaan vedet, joissa COD_{Mn} pitoisuus on yli 20 mg/l, kun taas kirkasvetisissä vesissä COD_{Mn} on alle 4 mg/l. Kaikkien yläpuolisella ja alapuolisella näytteenottopisteillä otettujen näytteiden vuosittaiset keskiarvot ylittävät runsashumuksisen vesistön raja-arvot. Näytteenoton tuloksissa näkyy humuksen määrän vähentyminen vuoden 2023 näytteissä verrattuna vuosien 2014–2021 näytteisiin.

Taulukko 2. Näytteenottopisteen KOS1 tuloksien vuosittaiset keskiarvot vuosilta 2014–2023 (Yritys x, 2019a, 2023a).

Näytteenottopiste KOS1. yp = yläpuoli, ap = alapuoli, red % =reduktio prosentteina, n = näytemäärä												
Vuoden keskiarvo	Kiintoaine mg/l			Typpi µg/l			Fosfori µg/l			COD _{Mn} mg/l		
	yp	ap	red %	yp	ap	red %	yp	ap	red %	yp	ap	red %
2014, n=5	17,1	30	-76 %	2160	2150	0 %	153	115	25 %	71	84	-18 %
2015, n=6	14	10,7	24 %	1448	1450	0 %	176	100	43 %	49	62	-26 %
2016, n=5	24,5	18,4	25 %	2750	2000	27 %	153	106	31 %	77	72	6 %
2017, n=8	14,7	8,7	41 %	2438	1613	34 %	193	116	40 %	64	60	7 %
2018, n=6	15,7	8,5	46 %	2083	1717	18 %	165	99	40 %	57	64	-13 %
2019, n=5	12,6	8,6	32 %	1640	1646	0 %	112	89	21 %	45	63	-40 %
2020, n=9	9,1	5,1	44 %	2089	1522	27 %	142	56,8	60 %	56	60	-8 %
2021, n=15	9,9	7,4	25 %	1773	1512	15 %	116	55,8	52 %	41	56,5	-38 %

2022, n=0												
2023, n=6	6,7	5,6	16 %	1395	1003	28 %	85	49	42 %	33	26	21 %

6.2.2 Kosteikko KOS2

Kosteikon KOS2 näytepisteiden tuloksista (Taulukko 3) nähdään, että kiintoaine- ja typpipitoisuudet alapuolisella näytepisteellä osoittavat kasvavaa trendiä, eli niiden määrä on kasvanut. Fosforin ja humuksen määrät ovat olleet kosteikolla alhaisia. Kosteikon voidaan todeta näytteiden reduktioprosentin perusteella toimineen hyvin vuosina 2014–2021, mutta vuonna 2023 kosteikon reduktio prosentti on kääntynyt miinukselle, eli yläpuolisen näytepisteiden tulokset ovat olleet korkeammat kuin alapuolisen. Tämä on todettavissa kaikkien paitsi fosforin kohdalla. Yläpuolisen näytepisteiden vuoden 2023 tuloksissa arvot ovat pienempiä tai eivät suuremmin poikkeavat edeltävien vuosien tuloksista, mutta alapuolisen näytepisteiden tulokset ovat kasvussa kiintoaineen, fosforin ja humuksen osalta verrattuna edeltävien vuosien tuloksiin.

Kiintoaineen määrät kosteikon KOS2 alapuolisella näytepisteellä ovat olleet kohtalaisen suuria, mutta eivät ole ylittäneet kalastolle haitallista 25 mg/l raja-arvoa, paitsi vuonna 2020. Vaikka vuonna 2020 kosteikon reduktio on ollut 21 %, on alapuolisella näytepisteellä mitattu kiintoaineen keskiarvoinen määrä ollut 38,2 mg/l. Vuonna 2016 kosteikon yläpuolisella näytepisteellä on nähtävillä selkeä kuormituspiikki, jolloin kiintoaineen määrä vedessä on ollut keskiarvolta jopa 59,1 mg/l. Kosteikko on kuitenkin pidättänyt huomattavan määrän sinne pumpatun veden kiintoaineesta myös vuonna 2016, jolloin kosteikolta poistuvan, eli alapuolisen näytepisteiden veden kiintoainepitoisuuden keskiarvo on ollut 16,8 mg/l.

Typpi- ja fosforipitoisuudet kosteikon KOS2 alapuolisella näytepisteellä ovat olleet tyypillisiä reheville vesistöille. Vuosina 2017 ja 2018 fosforipitoisuudet ovat olleet lievästi rehevän vesistön raja-arvoissa (15–25 µg/l). Typpikuormitus on ollut alapuolisella näytepisteellä rehevän vesistön raja-arvoissa (600–1500 µg/l) vuotta 2020 lukuun ottamatta. Suurin typpikuormitus kosteikolle on tullut vuonna 2020, jolloin yläpuoliselta näytepisteeltä typpipitoisuuden keskiarvoksi on mitattu 1994 µg/l. Samana vuonna myös alapuolisen näytepisteiden typpipitoisuus on ollut 1684 µg/l, joka ylittää erittäin rehevän raja-arvon. Kosteikon fosforipitoisuus on ollut suurimmillaan vuonna 2023, jolloin alapuoliselta näytepisteeltä keskiarvoksi on mitattu 41 µg/l.

Kemiallisen hapenkulutuksen arvot ovat olleet kosteikon KOS2 alapuolisella näytepisteellä tyypillisiä runsashumuksisille (yli 20 mg/l) ja keskiumuksisille (10–20 mg/l) vesille. Suurin

humuskuormitus alapuolisella näytepisteellä on ollut vuonna 2020, jolloin kemiallinen hapenkulutus oli 37 mg/l. Vuonna 2020 myös yläpuolisella näytepisteellä kemiallinen hapenkulutus oli 40 mg/l, joka on suurin mitattu vuoden keskiarvo vuosilta 2014–2023.

Taulukko 3. Näytteenottopisteen KOS2 tuloksien vuosittaiset keskiarvot vuosilta 2014–2023 (Yritys x, 2019b, 2023a).

Näytteenottopiste KOS2. yp = yläpuoli, ap = alapuoli, red % =reduktio prosentteina, n = näytemäärä												
Vuosi	Kiintoaine mg/l			Typpi µg/l			Fosfori µg/l			COD _{Mn} mg/l		
	yp	ap	red %	yp	ap	red %	yp	ap	red %	yp	ap	red %
2014, n=5	20,2	10,8	46 %	1448	1092	25 %	37	25	33 %	32	20	37 %
2015, n=6	37,7	24,7	34 %	1606	1473	8 %	80	67	16 %	33	33	-1 %
2016, n=5	59,1	16,8	72 %	1434	1162	19 %	69	39	43 %	25	18	30 %
2017, n=8	16,4	17,6	-8 %	1347	1136	16 %	36	23	37 %	19	10	48 %
2018, n=6	22,5	17,1	24 %	1445	1373	5 %	31	15	53 %	16	9	42 %
2019, n=5	16,1	13,8	14 %	1010	910	10 %	29	25	13 %	15	12	18 %
2020, n=9	48,3	38,2	21 %	1994	1684	16 %	51,4	39	24 %	40	37	8 %
2021, n=14	38,6	13,7	65 %	1566	1431	9 %	32,7	25,5	22 %	23	17	27 %
2022, n=0												
2023, n=12	11	18	-64 %	1080	1195	-11 %	43	41	5 %	19	22	-16 %

6.2.3 Pintavalutuskenttä PVK3

Pintavalutuskentän PVK3 näytepisteiden tuloksista (Taulukko 4) nähdään että kiintoaine-, typpi-, fosfori- ja humuspitoisuudet ovat laskussa. Pintavalutuskenttä voidaan todeta näytteiden reduktioprosentin perusteella toimineen erinomaisesti vuosina 2014–2023 ja on pidättänyt etenkin kiintoainetta todella hyvin.

Kiintoainepitoisuudet pintavalutuskentän PVK3 alapuolisella mittauspisteellä ovat olleet todella alhaisia. Kirkkaan veden kiintoaineen raja-arvo on <1 mg/l ja alhaisimmillaan kiintoaineen vuoden keskiarvo pintavalutuskentän alapuolisella näytepisteellä on ollut 0,5 mg/l vuonna 2020. Pintavalutuskentän yläpuolisen näytepisteen vesien kiintoainepitoisuudet ovat olleet huomattavasti alhaisempia kuin kosteikoilla KOS1 (Taulukko 2) ja KOS2 (Taulukko 3). Poikkeuksena vuosi 2016, jolloin pintavalutuskentälle pumpattavien vesien kiintoainepitoisuus on ollut 43,2 mg/l ja kentältä poistuvien vesien kiintoainepitoisuus 19 mg/l.

Typpi- ja fosforipitoisuudet ovat olleet pintavalutuskentän PVK3 alapuolisella ja yläpuolisella näytepisteellä tyypillisiä reheville vesistöille. Vuoden 2023 näytteiden keskiarvojen mukaan

sekä typpi- että fosforipitoisuudet alapuolisella näytepisteellä ovat olleet lievästi rehevän vesistön raja-arvoissa. Vuoden 2016 näytteissä nähdään myös fosforin kohdalla kuormituspiikki. Tällöin yläpuolisen näytepisteiden tulosten keskiarvo on ollut 105 µg/l ja alapuolisen 53 µg/l. Typen osalta suurimmat kuormituspiikit näkyvät vuosina 2014 ja 2018. Vuonna 2018 alapuolisella näytepisteellä typpipitoisuus oli keskiarvolta 1068 µg/l, joka on korkein arvo pintavalutuskentän PVK3 alapuolisella näytepisteellä vuosina 2014–2023.

Kemiallisen hapenkulutuksen arvot ovat olleet pintavalutuskentän PVK3 näytepisteillä todella suuria ja pintavalutuskentältä poistuva vesi todella humuspitoista vuosina 2014–2023.

Pintavalutuskentän reduktio on ollut myös humuksen kohdalla hyvä ja pintavalutuskenttä on pidättänyt parhaimmillaan 37 % sinne tulleesta humuksesta. Humuksen määrä on kuitenkin laskenut sekä yläpuolisella, että alapuolisella näytepisteellä ja vuoden 2023 alapuolisen näytepisteiden keskiarvo on ollut 32 mg/l.

Taulukko 4. Näytteenottopisteen PVK3 tuloksien vuosittaiset keskiarvot vuosilta 2014–2023 (Yritys x, 2019d, 2023a).

Näytteenottopiste PVK3. yp = yläpuoli, ap = alapuoli, red % =reduktio prosentteina, n = näytemäärä												
Vuosi	Kiintoaine mg/l			Typpi µg/l			Fosfori µg/l			COD _{Mn} mg/l		
	yp	ap	red %	yp	ap	red %	yp	ap	red %	yp	ap	red %
2014, n=5	8,8	1,6	82 %	1920	1027	47 %	120	44	63 %	143	90	37 %
2015, n=6	8	2,7	67 %	1433	965	33 %	78	34	56 %	86	80	6 %
2016, n=5	43,2	19	56 %	1700	970	43 %	105	53	50 %	97	73	24 %
2017, n=6	8,2	1,2	85 %	1397	860	38 %	80	34	58 %	85	67	21 %
2018, n=4	9,1	1,2	87 %	1650	1068	35 %	77	43	44 %	94	75	20 %
2019, n=3	13,6	4	71 %	1200	680	43 %	49	31	38 %	52	42	20 %
2020, n=6	1,8	0,5	72 %	1173	902	23 %	33,3	26,2	21 %	77	64	18 %
2021, n=11	3,1	1	68 %	1008	652	35 %	31,3	23,6	25 %	64	50,3	21 %
2022, n=0												
2023, n=6	4	0,9	78 %	1012	502	50 %	38	18	53 %	46	32	30 %

6.2.4 Pintavalutuskenttä PVK4

Pintavalutuskenttä PVK4 on rakennettu turvetuotannon lisäalueelle ja otettu käyttöön vasta vuonna 2017. Pintavalutuskentän PVK4 näytepisteiden tuloksista (Taulukko 5) nähdään, että kiintoaine-, typpi- ja fosforikuormituksen trendi on nouseva. Kemiallisen hapenkulutuksen arvot ovat laskeneet vuodesta 2017 vuoteen 2023. Pintavalutuskentän voidaan todeta näytteiden reduktioprosentin perusteella toimineen pääsääntöisesti hyvin. Kiintoainetta on

2023, n=6	12	4,4	63 %	2617	1527	42 %	74	27	64 %	59	41	31 %
-----------	----	-----	------	------	------	------	----	----	------	----	----	------

6.2.5 Järvi x ja puro x

Järvi x ja puro x sijaitsevat turvetuotantoalueen ulkopuolella. Turvetuotantoalueelta vesienkäsittelyrakentein käsitellyt vedet johdetaan laskuojapitkin joko järveen x tai puroon x (ks. Kuva 8). Kosteikolta KOS1 ja pintavalutuskentältä PVK3 vedet johdetaan järveen x. Kosteikolta KOS2 ja pintavalutuskentältä PVK4 vedet johdetaan puroon x. (Aluehallintovirasto, 2020a) Järvi x ja puro x näytteenottojen tulokset on haettu Suomen ympäristökeskuksen Hertta-tietokannasta syyskuussa 2024 (Syke, n.d.-a). Järven x ja puroon x tilaa on seurattu vuosittain ottamalla näytteitä syksyllä ja keväällä. Järvestä x ei ole saatavilla syksyn 2024 näytteitä opinnäytetyön tekemisen aikaan. Purosta x on otettu kevät ja syksy näytteet myös vuonna 2024. Näytteenottojen tuloksia tarkastellessa on hyvä huomioida, että järven x ja puroon x tilaan vaikuttavat koko valuma-alueen maankäyttö, eikä vain tutkittavalta turvetuotantoalueelta tuleva kuormitus. Näytteenottojen tulokset on esitetty pylväsdiagrammeihin kuvassa 9.

Järvi x on pintavesityypiltään runsashumuksinen järvi (Rh) ja luokiteltu ekologiselta tilaltaan hyväksi (Aluehallintovirasto, 2024; Syke, 2022c). Kuvan 9 diagrammeista on huomattavissa, että järven x kiintoaine- ja typpipitoisuudet ovat pysyneet melko tasaisina vuosina 2014–2024. Fosfori- ja humuspitoisuudet ovat lievästi nousussa. Kiintoainepitoisuudet järvestä x eivät ole ylittäneet kalastolle haitallisuuden raja-arvoa (25 mg/l). Suurimmillaan kiintoainepitoisuus järvestä x on ollut vuonna 2021 6,65 mg/l. Matalin vertailukelpoinen vuotuinen keskiarvo on mitattu vuonna 2015 1 mg/l. Vuonna 2024 järvestä x on mitattu vielä pienempi pitoisuus (0,5 mg/l), mutta näytteitä on otettu vain yksi ja näytteenotto on suoritettu helmikuussa. Talvella kiintoainepitoisuudet ovat pienimmillään ja siksi vuoden 2024 tulosta ei voida pitää täysin vertailukelpoisena muiden vuosien keskiarvoihin. Typpi- ja fosforipitoisuudet järvestä x ovat tyypillisiä reheville vesistöille. Typpipitoisuuden suurin vuotuinen keskiarvo järvestä x on mitattu vuonna 2016, jolloin typpipitoisuus oli 1316 µg/l ja matalimmillaan se on ollut 836 µg/l vuonna 2019. Fosforipitoisuuden korkein vuotuinen keskiarvo järvestä x on ollut 57,6 µg/l vuonna 2017 ja matalin 29 µg/l vuonna 2014. Kemiallisen hapenkulutuksen arvot ovat vuosina 2014–2024 olleet tyypillisiä runsashumuksisille vesistöille. Suurimmillaan kemiallinen hapenkulutus on ollut 40,25 mg/l vuonna 2024 (näytteitä otettu neljä keväällä) ja matalimmillaan 21,75 mg/l vuonna 2019.

Puroa x ei ole luokiteltu ekologisen tilan luokittelussa. Joki, johon puroon x vedet laskevat on pintavesityypiltään keskisuuri turvemaiden joki (Kt) ja se on vesienhoitosuunnitelmassa

nimetty voimakkaasti muutetuksi vesimuodostumaksi ja luokiteltu ekologiselta tilaltaan välttäväksi (Aluehallintovirasto, 2024; Syke, 2022c). Kuvan 9 diagrammeista on huomattavissa, että puron x kiintoaine- ja fosforipitoisuudet ovat laskeneet vuosien 2014–2024 aikana, kun typen ja kemiallisen hapenkulutuksen pitoisuudet ovat kasvaneet. Kiintoainepitoisuudet puroissa x eivät ole ylittäneet kalastolle haitallisuuden raja-arvoa (25 mg/l). Suurimmillaan kiintoainepitoisuus puroissa on ollut 8,9 mg/l vuonna 2014 ja matalimmillaan 2 mg/l vuonna 2020. Typpi- ja fosforipitoisuudet puroissa ovat olleet tyypillisiä reheville vesistöille. Typpipitoisuuden suurin vuotuinen keskiarvo puroissa on ollut 1573 µg/l ja se on mitattu vuonna 2021. Matalimmillaan typpipitoisuus on ollut 833 µg/l vuonna 2017. Fosforipitoisuus on ollut suurimmillaan 72,25 µg/l vuonna 2019 ja matalimmillaan 33,3 µg/l vuonna 2023. Kemiallisen hapenkulutuksen arvot puroissa ovat olleet vuosina 2014–2024 tyypillisiä runsashumuksisille vesistöille. Humuksen määrä puroissa x on huomattavasti suurempi, kuin järvessä x. Suurimmillaan kemiallinen hapenkulutus on ollut 70 mg/l vuonna 2022 ja matalimmillaan 41 mg/l vuonna 2014. Humuksen määrässä puroissa x on havaittavissa nouseva trendi.

Kuva 9. Järven x ja puron x vedenlaatutiedot vuosilta 2014–2024 (Syke, n.d.-b).



7 Tutkimustulokset

Tutkimustulokset on esitelty tutkimuskysymyksittäin. Luvun 7.2 tapaustutkimukseen liittyvät tiedot on kerrottu tarkemmin luvussa 6. Näytteenottojen tuloksia analysoitiin Rambollilta saatuun vedenlaatuoluokituksen raja-arvo-dokumenttiin perustuen, joka on liitteenä 5. Haastatellut henkilöt eivät ole tienneet tapaustutkimuksen aurinkovoimalasta tai alueen ympäristöstä ja haastattelukysymykset on esitetty yleisellä tasolla. Haastattelun tuloksia on käytetty tapaustutkimuksen vesistökuormitusta arvioitaessa. Haastattelukysymykset ovat liitteenä 3 ja 4. Tutkittavan aurinkovoimalan pintavesivaikutuksia on arvioitu hypoteettisesti, koska aikaisempaa dataan pohjautuvaa tutkimusta aiheesta ei ole.

7.1 Mitkä muuttujat erityisesti vaikuttavat maa-asenteisen aurinkovoimalan rakentamisaikaisiin pintavesivaikutuksiin?

ELY-keskuksen ylitarkastaja Sillforsin (henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024) mukaan maa-asenteisen aurinkovoimalan rakentamisen aikaisiin pintavesivaikutuksiin vaikuttavat useat tekijät. Avainasemassa rakentamisaikaisissa pintavesivaikutuksissa ovat maaperän laadun ja maankäytöhistorian lisäksi vesitalouden hallinta, sääolosuhteet sekä rakentamis- ja vesiensuojelutoimenpiteet. Entiset turvetuotantoalueet ovat usein todella märkiä ja vaativat vesien pumppaamista myös aurinkovoimala käytössä. Jos turvetuotantoaikaiset pumppaamot on turvetuotannon päätyttyä purettu pois, voi niiden käyttöönotto uudelleen olla työlästä. (Helka Sillfors, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024)

Entiselle turvetuotantoalueelle aurinkovoimalaa rakennettaessa, rakentamisaikaiset vesistövaikutukset ovat samaa luokkaa, kuin turvetta nostaessa. Tähän kuitenkin vaikuttaa se, kuinka paljon turvetta alueella on vielä jäljellä ja onko rakentamisen aikana alueella käytössä turvetuotannon aikaisia tai aurinkovoimalaa varten tehtyjä vesiensuojelurakenteita. Rakentamisen jälkeen vesistövaikutusten oletetaan pienenevän, mutta ajanjaksoa, jolla tämä tapahtuu ei osata sanoa. Tämä johtuu siitä, että aurinkovoimala-alueilla ei ole toteutettu tarpeeksi vesienlaadun tarkkailua, josta tämä voitaisiin todeta. Vedenlaaduntarkkailua aurinkovoimalan rakentamisyhteydessä veloitetaan toteutettavan, jos voimalalle joudutaan hakemaan vesilain (587/2011) mukainen lupa. Tällaisia voimaloita on vuonna 2024 todella vähän ja ne ovat vielä niin alkuvaiheessa, ettei niiden perusteella olla vielä saatu tuloksia syntyvän vesistökuormituksen kestosta. (Helka Sillfors, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024)

Turvetuotantoalueelle ei aurinkotekniikan johtaja Kärkimaan (henkilökohtainen tiedonanto, 1.11.2024) mukaan ole yleensä kannattavaa rakentaa paaluttamalla, jos turvetta alueella on jäljellä yli 2 metriä, koska aurinkopaneelien perustukset tulee aina paaluttaa turpeen alapuoliseen maakerrokseen. Jos turvetta alueella on paljon, vaatii se yleensä painoihin perustuvan maan pinnalle jäävän perustustavan, kuten betonipainoperustuksen. Betonipainot vaativat alleen paljon kiviainesta pysyäkseen vakaana ja alustan kiviaineksen alle, jottei kiviaines painu turpeeseen. Kannattavuutta tulee kuitenkin tarkastella aina tapauskohtaisesti, sillä monet muutkin asiat, kuten hankkeen koko, vaikuttavat tähän. Turvemailla voidaan käyttää kohteesta riippuen aurinkopaneelien perustustapana luvussa 2.2 esiteltyjä lyöntipaaluja, ruuvipaaluja tai betonipainoja. Betonipainoja kevyempiä maanpinnalle jääviä perustuksia on jo kehitetty ja kehitellään myös Suomessa. (Elina Kärkimaa, henkilökohtainen tiedonanto, 1.11.2024)

Viljelykäytössä ollut turvepelto voi olla vesistövaikutusten kannalta huonompi vaihtoehto kuin entinen turvetuotantoalue, jos alueella joudutaan rikkomaan paljon maanpintaa. Etenkin jos pelto on ollut hiljattain viljelyssä, on maaperä hyvin ravinteikasta ja siinä on usein jäljellä myös liukoisia ravinteita. Peltojen etuna on se, että ne ovat valmiiksi tasaisia, ojitettuja ja raskaita koneita kestävästä maasta, eivätkä välttämättä vaadi niin kattavaa maanmuokkausta. (Helka Sillfors, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024)

Rakentamisaikaiset toimenpiteet ovat suuressa roolissa siinä, kuinka merkittäviä pintavesiin kohdistuva kuormitus on. Mitä enemmän pintamaata rikotaan, oja kaivetaan ja kasvillisuutta poistetaan sitä enemmän eroosio ja valunta lisääntyy. Eroosio puolestaan johtaa kasvavaan kiintoainekuormitukseen ja ravinteet ja humus liikkuvat kiintoaineen mukana. (Helka Sillfors, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024) Suon kuivatus ja kasvillisuuden poistaminen voimistavat turpeen tiivistymistä ja hajoamista, mikä heikentää suon vedenläpäisevyyttä. Tämä lisää valuntaa alueella, joka johtaa suuriin kiintoainehuuhtoumiin. (Turunen ym., 2019, s. 24) Ojitusta varten rakennettavat laskeutusallat toimivat myös todella huonosti turvemaalla. Vastakaivettu laskeutusallas on myös kasvipeitteetön ja sen reunoista voi lähteä yhtä lailla kiintoainetta ja ravinteita vesistöön. Pintavalutuskentät ovat parempi vaihtoehto turvemaalle, kuin laskeutusallas, mutta ne vaativat enemmän pinta-alaa. (Helka Sillfors, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024) Ojittaminen vaikuttaa valuntaan kasvavasti ainakin 10 vuotta ojen rakentamisesta (A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy, 2024b, s. 145).

Puuston poisto voimala-alueelta aiheuttaa hydrologisesti suurimman vaikutuksen. Kun puusto poistetaan, pohjavedenpinta nousee ja haihdunta vähenee. Nämä lisäävät valuntaa

alueella ja aiheuttavat ojitustarpeen. Vaikka alue olisi jo ennestään ojitettu voi puuston poisto vaatia ojien perkaamista ja syventämistä. (Helka Sillfors, henkilökohtainen tiedonanto 3.10.2024)

Aurinkovoimala-alueelle tulee myös rakentaa huoltotiestö. Tiestön rakentaminen vaatii aina kiviaineksen tuontia alueelle sekä ojitusta teiden varsille. Lisäksi pelastuslaitos vaatii, että voimala-alueella tulee olla paloauton painolle kantavuudeltaan mitoitettu tie, tietyn etäisyyden välein sammutustöiden varalta, mikä myös lisää rakentamistoimenpiteitä alueella. (Elina Kärkimaa, henkilökohtainen tiedonanto, 1.11.2024)

Aurinkovoimalaa rakennettaessa usein maaperä myllääntyy alueella tapahtuvan liikennöinnin takia. Aluskasvillisuus heijastaa paremmin auringonvaloa kuin tumma turvemaa, lisäten aurinkovoimalan tuotantoa. Tästä syystä on aurinkovoimatuottajankin etu saada aluskasvillisuus säästettyä tai palautettua mahdollisimman nopeasti niiltä osin, kun se on rakentamisaikana vahingoittunut. (Elina Kärkimaa, henkilökohtainen tiedonanto 1.11.2024) Kasvipeitteisyydellä vesistökuormitusta voidaan vähentää, koska kiintoaine pidättyy hyvin kasvillisuuteen (Helka Sillfors, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024).

Kärkimaa painottaa (henkilökohtainen tiedonanto, 1.11.2024), että aurinkovoimaloita suunniteltaessa alue pyritään säilyttämään siinä tilassa mihin se on edellisessä maankäytössä saatettu, ellei jopa parantamaan sitä, ja maanrakennustyöt pyritään lähtökohtaisesti pitämään vähäisinä. Jo ojitetulle alueelle rakennettaessa vanhoja oja pyritään ylläpitämään ja vältetään uudisojitusta. On aurinkovoimaa rakennuttavan yrityksen kannalta kustannustehokkaampaa mitä vähemmän alueelle joudutaan tekemään ojitusta ja maanmuokkausta. Suurimmat kivet pyritään väistämään, mutta kantojen poistaminen alueelta saattaa olla välttämätöntä, koska juurakot hajotessaan voivat aiheuttaa haasteita paalujen paikallaan pysymiseen. (Elina Kärkimaa, henkilökohtainen tiedonanto, 1.11.2024) ”Taloudellinen kannattavuus menee usein luonnon kanssa samaa linjaa: jos alueella joudutaan tekemään paljon maastonmuokkausta, se on huono luonnolle, mutta usein myös taloudellisesti kannattamatonta.” Kärkimaa toteaa (henkilökohtainen tiedonanto, 1.11.2024).

Rakennustoimenpiteet aurinkovoimala-alueella pyritään toteuttamaan kuivaan aikaan, mutta rakennusajankohtaan vaikuttavat myös projektikohtaiset käytännön vaatimukset ja rakennusajan joustavuus. Kuluja rakennuttajalle voimalasta tulee jo ensimmäisestä päivästä alkaen ja siksi rakentamista ei voida määräänsä enempää venyttää. Todella märkinä aikoina ei hankealueella kuitenkaan voida rakentaa. (Elina Kärkimaa, henkilökohtainen tiedonanto, 1.11.2024)

Aurinkovoimala-alueet ovat usein hyvin tasaisia ja entiset turvetuotantoalueet sijaitsevat ympäröivää maastoa alempana, jolloin suunnittelun aikana jo pitäisi pystyä huomioimaan, kuinka pahasti yläpuoliselta valuma-alueelta tuleva vesi voi huuhtoa aurinkovoimala-alueen työmaata. Vesien käsittelyn suunnittelussa pitäisi miettiä, voidaanko vedet johtaa jonkin kasvipeitteisen alueen kautta, jos voimala-alueen aluskasvillisuus rakentamisen yhteydessä tuhoutuu. (Helka Sillfors, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024)

Ilmastonmuutoksen aiheuttamat sään ääri-ilmiöt lisäävät haasteita rakentamisaikaisen pintavesivaikutusten hallintaan, koska rankkasateet lisääntyvät mutta sadannan määrä ei ole täysin ennustettavissa. Tästä syystä aurinkovoimalan vesienhallintaa suunniteltaessa tulisi aina varautua pahimpaan mahdolliseen. Tämä puolestaan voi lisätä maanmuokkauksen tarvetta rakennettaessa, sillä isommalle vesimassalle suunniteltaessa on vesiensuojelurakenteiden oltava myös suurempia. (Helka Sillfors, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024)

7.2 Miten tutkitun aurinkovoimalan rakentaminen voi vaikuttaa lähivesistöjen kiintoaine-, ravinne- ja humuspitoisuuksiin?

Suunniteltu aurinkovoimala sijoittuu turvetuotannon lohkoille 1–5. Lohkojen 1–5 vedet on turvetuotannossa pumpattu kosteikon KOS2 kautta puroon x (Aluehallintovirasto, 2020a; Yritys x, n.d.). Alueen vesiä ei pumpata kosteikon KOS2 kautta enää aurinkovoimalan rakentamisen aikana, vaan turvetuotannon aikaiset vesiensuojelurakenteet alueelta on suunniteltu purettavan ja aurinkovoimalan vedet on suunniteltu johdettavan suoraan olemassa olevien laskuojien kautta puroon x (ELY-keskus, 2024a). Pintavalutuskentältä PVK4 vedet on johdettu myös puroon x (Aluehallintovirasto, 2020a). Tämän takia tuloksissa tarkastellaan kosteikon KOS2 näytteiden lisäksi pintavalutuskentän PVK4 sekä puroon x näytteitä.

Koska vesiensuojelurakenteet alueelta puretaan ennen aurinkovoimalan rakentamista ja rakentamisen aikana vesistökuormitus on Sillforssin (henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024) mukaan samalla tasolla kuin turvetta nostaessa, tarkastellaan kosteikon KOS2 näytteistä yläpuolisen mittauspisteen tuloksia. Näin saadaan käsitys siitä, minkä laatuista vettä turpeennostonaikana alueelta olisi päätyneet laskuojia pitkin puroon x ilman kosteikon käyttöä. Näytteitä tarkastellessa on huomioitava, että myös muut vesiensuojelurakenteet poistuvat käytöstä, jolloin kuormitus on oletettavasti vielä suurempaa, kuin kosteikon yläpuolisella näytepisteellä. Kosteikon KOS2 yläpuoliselta näytepisteeltä vuosina 2014–2023

otettujen näytteiden keskiarvot ovat olleet seuraavat: kiintoaine 29,7 mg/l, typpi 1448 µg/l, fosfori 43,8 µg/l sekä kemiallinen hapenkulutus 25 mg/l (Taulukko 3).

Aurinkovoimala tullaan suunnitelmien mukaan rakentamaan hyödyntäen jo olemassa olevaa ojaverkostoa alueella (ELY-keskus, 2024a). On kuitenkin tärkeää huomioida se, että kun alueelta puretaan turvetuotannon aikaiset pumput, voi vedenpinnantaso suolla nousta. Jos olemassa oleva ojasto on suunniteltu pumppaus huomioiden, ei se välttämättä riitä yksinään pitämään aluetta kuivana ja lisäojitusta tai olemassa olevien ojien syventämistä voidaan tarvita. (Helka Silfors, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024) Ojien syvennystä ja uudisojitusta voidaan tarvita, vaikka pumppaus alueella jatkuisikin vanhaan tapaan. Turvetta alueelta on voitu nostaa vain kuivan sään aikaan ja pumppauksesta huolimatta turpeen nosto on voitu aloittaa vasta kevättulvien jälkeen. (Bioenergia, 2024) Aurinkovoimalakäytössä alueelle kuitenkin tulisi päästä huolto- ja paloautolla ympärivuoden ja siksi alue voi vaatia hyvinkin mittavia ojituksia, jotta alue pysyy kuivana ja huoltotiet ajokuntoisina. Ojan kaivaminen turvemaassa aiheuttaa aina kiintoaineen, humuksen ja ravinteiden kulkeutumista veden mukana. Lisäksi vedenpinnantason nousu lisää kiintoaineen, humuksen sekä ravinteiden huuhtoumaa alapuoliseen vesistöön (Helka Sillfors, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024).

Vuonna 2020 tehdyn arvion mukaan lohkoilta 1 ja 2 turvetta olisi voinut nostaa vuoteen 2025 asti ja lohkoilla 5, vuoteen 2035 asti (Aluehallintovirasto, 2020a). Voidaan siis olettaa, että turvetta alueilta on jäänyt nostamatta, koska turvetuotanto näillä lohkoilla on loppunut jo vuonna 2020 (Aluehallintovirasto, 2024). Mitä enemmän alueella on turvetta, sitä enemmän syntyy humusta, joka voi huuhtoutua alapuoliseen vesistöön (Helka Sillfors, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024). Lohkot 3 ja 4 ovat siirtyneet turvetuotannosta viljelykäyttöön jo ennen vuotta 2020 ja jatkaneet toimintaansa ruokaviraston paikkatietoaineiston perusteella ainakin vuoteen 2023 asti (Aluehallintovirasto, 2024, Paikkatietoikkuna, n.d.).

Turvetuotannon lopettamisen jälkeen on näytteitä kosteikolta KOS2 (Taulukko 3) otettu kahtena vuotena, 2021 ja 2023. Yläpuolisen näytepisteen tuloksissa ei ole havaittavissa selvää paranemista tai huononemista vedenlaadussa verrattuna aikaan, jolloin turvetta on nostettu. Kiintoaine- ja typpipitoisuuksissa on havaittavissa lievää laskua vuoden 2023 näytteissä, mutta fosfori ja kemiallinen hapenkulutus ovat samaa tasoa kuin muinakin vuosina. Myöskään puron x näytteissä (Kuva 9) ei näy merkittävää vedenlaadun paranemista vuoden 2020 jälkeen. Sen sijaan tuloksissa näkyy ravinnekuormituksessa kuormituspiikki vuonna 2021 ja humuspitoisuuskin on kasvusuhdanteinen vuoden 2020 jälkeen. Piikit ravinnekuormituksessa voivat selittyä viljelykäytössä olevien lohkojen lannoittamisella. Puron

x vesien laatuun vaikuttaa myös koko valuma-alueen maankäyttö, eikä pelkästään turvetuotantoalueelta tuleva vesi.

Pintavalutuskenttä PVK4 laskee myös puroon x. Puron x näytteissä nähdään nouseva trendi, joka on alkanut 2017, jolloin pintavalutuskenttä on otettu käyttöön, ja kääntynyt pieneen laskuun vuoden 2021 jälkeen. Lohkolla 9, josta vedet pumpataan pintavalutuskenttään PVK4, toimintaa ei ole lopetettu vuonna 2020, joten puroon x kiintoaine-, ravinne- ja humuspitoisuuksien pysyminen lähes ennallaan voi osittain johtua myös tästä.

Lähdemateriaalista ei selvinnyt, koska lohkolla 9 turvetuotanto on lopetettu.

Pintavalutuskentän PVK4 näytteissä (Taulukko 5) nähdään ainakin ravinnekuormituksen kasvua. Kiintoainepitoisuudet pintavalutuskentän molemmilla näytepisteillä ovat olleet kohtalaisen pieniä, mutta kuormituksen trendi on nouseva. Humuspitoisuudet ovat olleet korkeat pintavalutuskentällä PVK4.

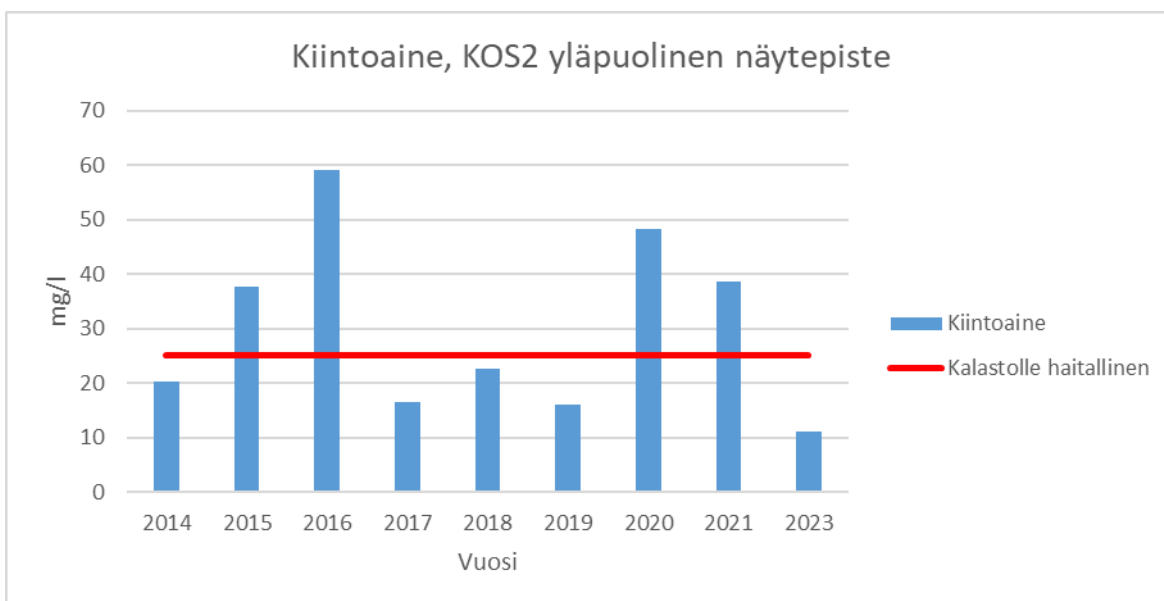
Näytteiden perusteella voidaan todeta, että alueelta tuleva vesikuormitus ei ole vielä tasaantunut turvetuotannon toimenpiteistä. Turvetuotannon jälkihoitosuunnitelman päätöksessä on linjattu, että vesiensuojelurakenteet puretaan, kun vedenlaadun tarkkailun perusteella alueelta poistuvien vesien laatu on tasaantunut tai kun alue siirtyy seuraavan maankäyttöön (Aluehallintovirasto, 2024). Tämä käytännössä tarkoittaa sitä, että mikäli aurinkovoimalaa aloitetaan rakentamaan nyt, on alueelta vesiensuojelurakenteet jälkihoitosuunnitelman mukaan purettava, vaikka kuormitus on vielä lähes samalla tasolla kuin aikaisemmin, jolloin vesiensuojelurakenteita on veloitettu käytettävän.

Aurinkovoiman rakentamisesta syntyvä vesistökuormitus tulee olemaan oletetusti vielä suurempaa kuin kosteikon KOS2 yläpuoliselta näytepisteeltä otetuissa näytteissä. Tämä johtuu siitä, että alueella on paljon muitakin vesiensuojelurakenteita, joiden lävitse vesi on virrannut ennen kosteikolle pumpaamista. Vesiensuojelurakenteiden poistaminen alueelta tarkoittaa, että vesiä ei enää käsitellä, vaan ne johdetaan suoraan olemassa olevia ojaverkostoja pitkin alapuolisiin vesistöihin (ELY-keskus, 2024a). Kosteikot ja pintavalutuskentät jäävät alueelle, mutta koska pumput puretaan, joilla vesi on kosteikolle pumpattu, eivät vedet enää kulje edes kosteikon kautta (ELY-keskus, 2024a). Tähän perustuen voidaan todeta, että kuormitus puroon x tulee kasvamaan huomattavasti aurinkovoiman rakentamisen yhteydessä. Kosteikolta KOS2 otettujen vesinäytteiden (Taulukko 3) perusteella, turvetuotannon vesistövaikutukset alueella eivät ole vielä tasaantuneet, vaikka tuotanto on lopetettu vuonna 2020. Voidaan olettaa, että aurinkovoimalan rakentamisen yhteydessä kuormitukseen tulee piikki mittavimpien

rakentamistoimien aikaan, jonka jälkeen kuormitus pysyy myös koholla jonkin aikaa ennen kuin alkaa hitaasti vähentyä.

Kosteikolle KOS2 tulevien vesien kiintoainemäärä on ollut peräti neljänä vuonna yli 25 mg/l, joka on kalastolle haitallisen pitoisuuden raja-arvo (Kuva 10). Oletettavasti kiintoaineen määrä tulee tästä vielä kasvamaan, kun vesiensuojelurakenteet poistetaan, jolloin kiintoaineen määrä puuron x voi olla todella merkittävä. Puuron x päätyvän kiintoaineen määrään vaikuttaa myös virtaaman nopeus uomassa. Jos virtaama on hidasta, kiintoaine sedimentoituu uoman pohjalle. Mitä kovempi on syntyvä virtaus, sitä enemmän kiintoainetta päätyy puuron. (Turunen ym., 2019, s. 12) Ravinteet ja humus liikkuvat lähinnä kiintoaineeseen sitoutuneena ja siksi kiintoainekuormituksen vähentäminen on ensisijaisen tärkeää (Helka Sillfors, henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024).

Kuva 10. Kiintoaineen määrä kosteikon KOS2 yläpuolisella näytepisteellä vuosina 2014–2023 (Yritys x, 2019c, 2023b).



On hyvä huomioida myös, että osa turvetuotannon lohkoista on siirtynyt viljelykäyttöön ja ollut viljelyssä viimevuosien aikana (Aluehallintovirasto, 2024). Turvepeltojen lannoittaminen, muokkaaminen ja kalkitseminen kiihdyttävät turpeen hajoamista ja ravinteiden vapautumista. Jos viljelykasvit eivät käytä kaikkea turpeen hajoamisesta vapautuneita tai lannoitteena annettuja ravinteita, ovat ne hyvin alttiita huuhtoutumaan vesistöön koska turvemaa pidättää huonosti ravinteita. (Koskinen, 2020) Tämä tarkoittaa, että näillä alueilla aurinkovoimalan perustustöitä tehdessä ravinnekuormitukset voivat nousta huomattavasti. Sillfors totesi haastattelussa (henkilökohtainen tiedonanto, 3.10.2024), että turvepelto saattaa maaperässä

olevien ravinteiden takia olla huonompi vaihtoehto aurinkovoimarakentamiselle kuin entinen turvetuotantoalue.

8 Tulosten tarkastelu, johtopäätökset ja pohdinta

Tutkimustulosten perusteella on todettava, että turvemaille aurinkovoiman rakentamisesta aiheutuva vesistökuormitus on todella monisyinen ja vaatii syyseuraus suhteen hahmottamista jo varhaisessa suunnittelun vaiheessa. Monet aurinkovoima-alan toimijat eivät käsitä turvemaille rakentamisen toimenpiteiden laajuutta ja tästä syntyvien pintavesivaikutusten mittavuutta. Tämä johtuu siitä, että monilla aurinkovoima-alan toimijoilla ei ole välttämättä mitään kokemusta turvemaille rakennuttamisesta ja maaperänä turvemaa on aivan erilainen kuin mineraalimaat rakentamisen ja vesitalouden näkökulmasta. Aihepiiri tarvitsee lisää tutkimusta, joka pitäisi sisällään näytteenottoa. Näytteenoton avulla saataisiin dataa, johon perustaa lupapäätöksiä ja mahdollisia toimenpiteitä, joilla vesistövaikutuksia voidaan ehkäistä ja pienentää. Entisille turvetuotantoalueille voimalaa suunniteltaessa yhteistyötä turvetta nostaneen urakoitsijan sekä viranomaisten kanssa tulisi lisätä, jotta alueilla voitaisiin järkevästi hyödyntää turvetuotantoaikana käytössä olleita vesiensuojeluratkaisuja sekä toimijoiden paikallistuntemusta alueelta.

Mielestäni turvetuotantoaikana käytössä olleet vesiensuojelurakenteet tulisi purkaa vasta aurinkovoimalan rakentamisen jälkeen, kun on varmistuttu siitä, että alueelta tuleva vesi ei enää kuormita alapuolista vesistöä. Rakentamisvaiheen on tunnistettu kuormittavan vesistöjä ja siksi olisi tärkeää hyödyntää alueella olevia vesiensuojelurakenteita. On kuitenkin hyvä varmistua siitä, että vedet johdetaan vesiensuojelurakenteille eikä niiden ohitse. Jos vesien tarkkailua aurinkovoimaloiden rakentamisen yhteydessä olisi jo tehty, datan perusteella pystyttäisiin myös arvioimaan se, kuinka kauan vesiensuojelurakenteiden tulisi olla käytössä rakentamisajan jälkeen. Rakentamisesta syntyneen kuormituspiikin jälkeen vesistökuormitus alkaa ajansaatossa vähentymään. Sen jälkeen, kun rakentamisesta johtuva kuormitus on vähentynyt ei vesiensuojelurakenteita välttämättä enää tarvita, tämä riippuu kuitenkin siitä mille tasolle pitoisuudet asettuvat ja missä tilassa alapuolinen vesistö on.

Tapaustutkimuksen kohteena olleen aurinkovoimalan suunnitelmat ovat mielestäni liian suppeat pintavesien osalta, eivätkä ole tarpeeksi huomioineet pintavesiin kohdistuvaa kuormitusta. Toki on huomioitava se, että voimalan suunnitelmat eivät ole vielä täysin valmiit ja esimerkiksi maaperätutkimukset ovat vielä kokonaan tekemättä. YVA-tarveharkintahakemuksessa pintavesivaikutukset oli käsitelty todella kevyesti toteamalla, että

vesistövaikutuksia ei synny. En usko tämän kuitenkaan pitävän paikkaansa etenkin rakentamisen aikana. Sen lisäksi, että alueelta puretaan vesiensuojelurakenteet ei YVA-tarveharkintahakemuksessa ollut esitetty toimenpiteitä, miten alue pidetään kuivana. Kun alueelta puretaan turvetuotannonaikaiset vesipumput, alue vettyy. Luultavasti myös turvetuotannon aikainen ojitus, jota aurinkovoimalan vesille on suunniteltu käytettävän, on suunniteltu siten että alueen pumput ovat käytössä ja ojat voivat todellisuudessa vaatia syventämistä, kun vesimäärä alueella lisääntyy. On hyvä huomioida myös, että turvetta nostetaan kuivansään aikaan ja turpeen nostokausi on usein toukokuusta syyskuuhun. Alue voi pumppauksesta huolimatta olla kevättulvien aikaan hyvinkin pitkään niin märkää, että turvetta ei voida nostaa. Aurinkovoimalakäytössä kuitenkin alueen vesitalous tulee olla sellainen, että sinne pääsee huoltoautolla ja paloautolla ympärivuotisesti eikä vain kesäaikaan. Näiden seikkojen lisäksi alueella on havaittu myös happamia sulfaattimaita. Opinnäytetyön rajauksen takia en näihin puuttunut tutkimuksen aikana, mutta ne ovat yksi syy lisää sille, minkä takia aurinkovoimalan rakentamisesta täytyisi tehdä erityisen tarkat vesiensuojelusuunnitelmat ja maaperätutkimukset.

Opinnäytetyön rajauksen vuoksi tapaustutkimuksessa käsiteltiin vain yhtä suunnitteilla olevaa aurinkovoimalaa. Jos tutkittavana olisi ollut useampia alueita, olisi saanut kattavamman kuvan siitä miten eri aurinkovoimarakennuttajat turvetuotannosta vapautuneilla alueilla toimivat. Myös haastateltavien määrä oli melko vähäinen. Opinnäytetyössä olisi voinut myös keskittyä pelkästään alan toimijoiden haastatteluun, jolloin haastatteluista olisi saanut enemmän tietoa nykyisistä toimintatavoista turvemilla. Tapaustutkimus jäi työssä todella hypoteettiseksi, koska aurinkovoimala on vasta suunnitteilla ja sitä ei ole vielä rakennettu. Todellisuudessa tutkimuksen kohteena olleen aurinkovoimalan rakentamisesta syntyvän vesistökuormituksen määrä selviää vasta rakentamisen yhteydessä, jos alueella tehdään näytteenottoa ja ympäristön tarkkailua. Alun perin tapaustutkimusta oli tarkoitus lähteä toteuttamaan tutkimalla jo rakennettujen aurinkovoimaloiden aiheuttamia muutoksia pintavesien laadussa, mutta koska näytteitä ei rakentamisen yhteydessä ollut otettu eikä sopivia ELY-keskuksen vesistö tarkkailupisteitä ollut voimalan alapuolisissa vesistöissä, osoittautui tämä tutkimustapa todella haasteelliseksi opinnäytetyön aikataulun puitteissa.

Olen oppinut opinnäytetyöprosessin aikana todella paljon aiheesta. Haastattelut ja keskustelut alan toimijoiden kanssa olivat todella hedelmällistä ja sain niistä todella paljon irti. Valitsin tietoisesti työlleni aiheen, joka on alalla suuri puheenaihe. Uskon että tutkimukseni avulla olen osoittanut turvemille rakentamisen kompastuskivet, jotta ne voitaisiin jatkossa paremmin ottaa huomioon sekä suunnittelussa, vaikutustenarvioinnissa että päätöksenteossa. Työssäni olen tehnyt parhaani niissä puitteissa mitä on ollut tarjolla. Kolme

kuukautta on lyhyt aika tehdä tutkimuksellista työtä, ja sen aikana ei kerkeä kaikkea selvittämään. Tutkimuskohteen vaihto työn loppupuolella vei myös huomattavasti aikaa työn toteutukselta. Uskon kuitenkin, että olen työlläni osoittanut ammattitaitoni ja kehityskelpoisuuteni aihepiiristä.

Jos nyt alkaisin tekemään tutkimusta uudelleen, keskittäisin tutkimusmenetelmäni vain alan toimijoiden haastattelemiseen. Haastattelut antoivat minulle kaikista eniten informaatiota. Toki oli mielenkiintoista päästä tutustumaan aurinkovoimalan suunnitelmiin sekä turvetuotannon ympäristöluviin ja tehdä tulkintoja siitä, miten aurinkovoimalan rakentaminen pintavesiin voisi vaikuttaa ja miksi. Mutta kuten jo aikaisemmin totesin, jäi tapaustutkimus melko hypoteettiseksi. Olisin myös tarvinnut enemmän lähdemateriaalia tapaustutkimuksen kohteen turvetuotantoon ja aurinkovoimalan suunnitelmiin liittyen. Muun muassa turvetuotannon käyttötarkkailuraportit olisivat olleet hyvä saada, jotta olisin saanut tietooni mitä toimenpiteitä tuotantoalueella on minäkin vuonna toteutettu. Myös aurinkovoimalasta olisi varmasti ollut saatavilla tarkemmat suunnitelmat yrityksellä, joka aurinkovoimalaa suunnittelee, mutta toteutin työtäni vain YVA-tarveharkintapäätöksen pohjalta. Alkuperäisen tutkimuksen toteutustavan ajautuessa umpikujaan näytteenottodatan puuttuessa, oli tämä siirtyminen toiseen toimintatapaan mielestäni välttämätön ja suoriuduin siitä hyvin, vaikka se veikin aikaa työn toteutukselta. Olisin myös voinut enemmän hyödyntää työskentelyni aikana Rambollin ohjaajieni ammattitaitoa ja luetuttaa tekstiäni heillä useammin. Olin kuitenkin alusta alkaen menossa hyvin päämäärätietoisesti omaa reittiäni tutkimuksen suhteen, mutta todellisuudessa Rambollilta saadun palautteen perusteella sain työhöni huomattavasti selkeämmän rajauksen ja suuntaviivat.

Lähteet

- A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy. (7.6.2024a). *Sun 1 Oy Harjunpään aurinkovoimala*, YVA-selostus. <https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vaikuta/ymparistovaikutusten-arviointi/harjunpaan-aurinkovoimalahanke-ulvila>
- A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy. (10.4.2024b). *Sun 2 Oy Huittisten aurinkovoimala*, YVA-selostus. <https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vaikuta/ymparistovaikutusten-arviointi/sun-2-oy-aurinkovoimala-huittinen>
- Aluehallintovirasto. (28.8.2013). *Lupapäätös–Turvetuotantoalueen lisäalueen ympäristölupa* [anonymisoitu]. Saatu tietopyyntönä ELY-keskukselta.
- Aluehallintovirasto. (4.9.2020a). *Lupapäätös–Aloite ympäristöluvan muuttamiseksi ympäristönsuojelulain 89 §:n perusteella* [Anonymisoitu]. Saatu tietopyyntönä ELY-keskukselta
- Aluehallintovirasto. (4.9.2020b). *Lupapäätös–Aloite ympäristöluvan muuttamiseksi ympäristönsuojelulain 89 §:n perusteella* [anonymisoitu] [kuva]. Saatu tietopyyntönä ELY-keskukselta.
- Aluehallintovirasto. (13.5.2024). *Lupapäätös–Turvetuotantoalueen jälkihoitosuunnitelma* [anonymisoitu]. Saatu tietopyyntönä ELY-keskukselta.
- Basengreen. (7.12.2023). *Pilvinen maa, joka on maailman johtava aurinkosähköntuotannossa*. https://www.basengreen.com/fi/what-cloudy-country-leads-the-world-in-photovoltaic-power-generation/?srsltid=AfmBOooAqUz0SvX5u4O7PFHjQJz0Hm7Un2oxsYLZyDIdPSX9g_6luZO3
- Bioenergia. (2024). *Turve*. <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/turve/#tuotanto>
- CPC Germania. (n.d.). *Lakari*. CPC Germania. <https://cpc-germania.com/en/projekt/lakari/>
- Donaldson, B., & Brearley, D. (2015). Geotechnical analysis and PV foundation design. *SolarPro Magazine*, 4(14), 20–34.

<http://definitivesolar.webvent.tv/uploads/assets/4789/document/0001->

[SP8.3_FE_Donaldson.pdf](#)

ELY-keskus. (23.5.2024a). *Päätös ympäristövaikutusten arviointimenettelyn soveltamisesta* [anonymisoitu]. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Julkaistu Ymparisto.fi sivustolla.

ELY-keskus. (12.8.2024b). *Aurinkoenergia—Uusiutuvan energian lupaneuvonta*. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. <https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuvan-energian-lupaneuvonta/aurinkoenergia>

ELY-keskus. (n.d.). *Pintavesien ekologinen tila*. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. <https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/15694263/Pintavesien+ekologinen+tila.pdf/ac4a0ecb-1e16-4617-858d-dab80a32f262>

Energiateollisuus ry. (n.d.). *Aurinkovoima*.

<https://energia.fi/energiatietoa/energiantuotanto/sahkontuotanto/aurinkovoima/>

Energiateollisuus ry. (30.1.2024). *Energiavuosi 2023 sähkö* [kuva]. https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Sahkovuosi-2023_paivitetty.pdf

Envineer. (21.6.2023). *Huuhaansuon-Suurisuon aurinkovoimalahankkeen YVA-ohjelma*.

<https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Huuhansuon-Suurisuon%20aurinkovoimalahankkeen%20ymparistovaikutusten%20arviointin%20arviointiohjelma.pdf>

Fernández, L. (9.9.2024). *Leading solar power producing countries 2023*. Statista.

<https://www.statista.com/statistics/1421748/global-solar-energy-generation-leading-countries/>

Grippio, M., Hayse, J. W., & O'Connor, B. L. (21.10.2014). Solar Energy Development and Aquatic Ecosystems in the Southwestern United States: Potential Impacts, Mitigation, and Research Needs. *Environmental Management*, 55(1), 244–256.

<https://doi.org/10.1007/s00267-014-0384-x>

GTK. (n.d.). *Maalajien luokitus*. <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/maalajiluokitus2.htm>

- Huttunen, R., Kuuva, P., Kinnunen, M., Lemström, B., & Hirvonen, P. (9.9.2022). *Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia*. Työ- ja elinkeinoministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164321>
- Hyvärinen, M., Suoninen, E., & Vuori, J. (2021). *Haastattelut*. Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-aineistot/haastattelut/>
- Höijeri, L., Järvenpää, M., & Vainio, E. (2021). *Maaperä pulassa – Mitä voimme tehdä?* Ympäristötiedon foorumi. https://www.ymparistotiedonfoorumi.fi/wp-content/uploads/2021/12/Puheenvuoroja_Maapera-pulassa_12-21.pdf
- Juhila, K. (2021). *Laadullinen tutkimus ja teoria*. Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/mita-on-laadullinen-tutkimus/laadullinen-tutkimus-ja-teoria/>
- Junttan. (n.d.). *Paalutustekniikat* [kuva]. <https://junttan.com/fi/paalutusasiantuntija/paalutustekniikat/>
- Koskinen, M. (24.11.2020). *Ojittamattomien ja ojitettujen soiden vesistökuormitus*. Suoseura - Finnish Peatland Society. <https://www.suoseura.fi/ojitettujen-soiden-kestava-kaytto/ojittamattomien-ja-ojitettujen-soiden-vesistokuormitus/>
- Kotanen, J., Kujala, K., Lindholm, P., Manninen, P., Muuri, L., Rajala, V., Ranta, P., Roiha, T., Sojakka, P., & Tirkkonen, M. (2021). *Etelä-Savon vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2022–2027*. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. <https://www.etpo.fi/fi/etela-savo/>
- Kujala, T., Saukko, V., & Tuomainen, J. (n.d.). *Aurinkovoiman suunnittelu teollisessa mittakaavassa*. Sitema Oy. https://kaustisenseutu.fi/site/assets/files/9531/aurinkovoima_esitys_sitema.pdf
- Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170252>

- Lindholm, R. (2020a). *Aurinkosähköjärjestelmän maa-asennus: Projektin läpivienti* [opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu].
<http://www.theseus.fi/handle/10024/343628>
- Lindholm, R. (2020b). *Aurinkosähköjärjestelmän maa-asennus: Projektin läpivienti* [opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu] [kuva].
<http://www.theseus.fi/handle/10024/343628>
- Luonnonsuojelulaki 9/2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2023/20230009>
- Maa- ja metsätalousministeriö. (25.8.2021) *Sisävesiä hoitamalla suojellaan myös Itämeren*.
<https://mmm.fi/-/sisavesia-hoitamalla-suojellaan-myos-itamerta>
- Maa- ja metsätalousministeriö. (n.d.-a) *Humus – Sanasto*.
<https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/sanasto/humus>
- Maa- ja metsätalousministeriö. (n.d.-b). *Liettyminen – Sanasto*.
<https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/sanasto/liettyminen>
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- Markkanen, L. (15.6.2024). *Aurinkovoimalan sijoittaminen ja perustamistaparatkaisut* [diplomityö, Tampereen yliopisto].
<https://trepo.tuni.fi/bitstream/10024/158892/2/MarkkanenLaura.pdf>
- Meza, E. (29.7.2024). *Germany sees 30% increase in PV units, achieves record solar share in total electricity feed-in*. Clean Energy Wire.
<https://www.cleanenergywire.org/news/germany-sees-30-increase-pv-units-achieves-record-solar-share-total-electricity-feed>
- Motiva. (11.1.2023). *Aurinkopaneelien asentaminen*.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkopaneelien_asentaminen
- Motiva. (31.1.2024a). *Auringonsäteilyn määrä Suomessa*.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

Motiva. (31.1.2024b). *Auringonsäteilyn määrä Suomessa* [kuva].

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

Motiva. (31.1.2024c). *Auringosta sähköä*.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa

Motiva & Energiavirasto. (n.d.-a). *Aurinkosähkövoimalat kartalla*. Haettu 14.9.2024

osoitteesta <https://aurinkosahkovoimalat.fi/>

Motiva & Energiavirasto. (n.d.-b). *Aurinkosähkövoimalat kartalla* [kuva]. Haettu 14.9.2024

osoitteesta <https://aurinkosahkovoimalat.fi/>

Myllyaho, R. (24.5.2024). *Aurinkovoimala ohituskaistalla*. *Suomen luonnonsuojeluliitto*,

2024(2). <https://www.sll.fi/2024/05/24/aurinkovoimala-ohituskaistalla/>

Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P., & Äijö, H. (2016). *Maan vesi- ja ravinnetalous* (2. täydennetty painos). Salaojayhdistys ry.

https://www.salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2022/05/web_maanvesijaravinnetalous_B5_2016.pdf

Paikallislehti x. (1.10.2024). *Paikallislehden uutisartikkeli aurinkovoimalasta* [anonymisoitu].

Paikkatietoikkuna. (n.d.). [Maatalousmaat 2023, Ruokavirasto]. Haettu 15.11.2024

osoitteesta <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto. (13.6.2024). *Aurinkosähköjärjestelmien*

paloturvallisuusohje. https://pelastuslaitokset.fi/sites/default/files/2024-11/Aurinkosahkojarjestelmien_paloturvallisuusohje_%20S_13062024.pdf

Ramboll Finland Oy. (17.1.2024). *Aurinkovoimaloiden kaavoitus ja lupamenettelyjen opasaineiston taustaselvitys*. Ympäristöministeriö.

https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/8cd9eaa5-a3cd-46a9-87a8-e86990ece186/34712720-ddd8-44e7-8fb4-8edcfc0ab046/JULKKAISU_20240130115646.pdf

Ramboll Finland Oy. (n.d.). *Ramboll*. Haettu 12.11.2024 osoitteesta

<https://www.ramboll.com/fi-fi>

Siivonen, F. (23.8.2020). Suo hoitaa vesiämme. *Luonnosuojelija-lehti*, 2020(3).

<https://www.sll.fi/2020/08/23/suo-hoittaa-vesiamme/>

Suomen kestävän kehityksen toimikunta. (n.d.). *Kestävä kehitys ja Agenda2030*.

<https://kestavakehitys.fi/kestava-kehitys-ja-agenda2030>

Suomen YK-liitto. (n.d.). *Kestävä kehitys*. <http://www.ykliitto.fi/kestava-kehitys>

Syke. (2.12.2019). *Mistä rehevöityminen johtuu?* Vesi.fi. Suomen ympäristökeskus.

<https://www.vesi.fi/vesitieto/mista-rehevoityminen-johtuu/>

Syke. (19.1.2021). *Ilmastonmuutoksen vaikutus vesistöjen kuormitukseen*. Vesi.fi. Suomen

ympäristökeskus. [https://www.vesi.fi/vesitieto/ilmastonmuutos-lisaa-vesistöjen-](https://www.vesi.fi/vesitieto/ilmastonmuutos-lisaa-vesistöjen-kuormitusta/)

[kuormitusta/](https://www.vesi.fi/vesitieto/ilmastonmuutos-lisaa-vesistöjen-kuormitusta/)

Syke. (23.5.2022a). *Humuskuormitus ja vesien tummuminen*. Vesi.fi. Suomen

ympäristökeskus. [https://www.vesi.fi/vesitieto/humuskuormitus-ja-vesien-](https://www.vesi.fi/vesitieto/humuskuormitus-ja-vesien-tummuminen/)

[tummuminen/](https://www.vesi.fi/vesitieto/humuskuormitus-ja-vesien-tummuminen/)

Syke. (2022b). *Pintavesimuodostumien ekologinen tila* [kuva]. Suomen ympäristökeskus.

Kartta-aineiston rajapinta.

https://paikkatiedot.ymparisto.fi/geoserver/syke_pintavesienekologinentila/wms

Syke. (2022c). *Pintavesimuodostumien ekologinen tila*. Suomen ympäristökeskus. Kartta-

aineiston rajapinta.

https://paikkatiedot.ymparisto.fi/geoserver/syke_pintavesienekologinentila/wms

Syke. (1.6.2022d). *Rehevoittävä kuormitus*. Vesi.fi. Suomen ympäristökeskus.

<https://www.vesi.fi/vesitieto/rehevoittava-kuormitus/>

Syke. (27.9.2022e). *Pintavesien tilan seuranta*. Vesi.fi. Suomen ympäristökeskus.

<https://www.vesi.fi/vesitieto/pintavesien-tilan-seuranta/>

Syke. (21.2.2024a). *Sisävesien ekologinen tila enimmäkseen hyvä*.

<https://www.ymparisto.fi/fi/ympariston-tila/vesi/sisavesien-ekologinen-tila>

Syke. (26.4.2024b). *Vesien tila ja seuranta*. Ympäristö.fi. Suomen ympäristökeskus.

<https://www.ymparisto.fi/luonto-vesistot-ja-meri/vedet-ja-vesistot/vesien-tila-ja-seuranta>

Syke. (n.d.-a). *Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta*.

<https://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp>

Syke. (n.d.-b). *Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta* [kuva].

<https://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp>

Sähkömarkkinalaki 588/2013. <https://www.finlex.fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

Sähkövertailu.fi. (n.d.). *Kodin ja kodinkoneiden sähkönkulutus*. <https://sahkovertailu.fi/kodin-ja-kodinkoneiden-sahkonkulutus>

Terrasmart. (n.d.). *Ballast* [kuva]. <https://www.terrasmart.com/wp-content/uploads/2021/12/SS33-GLIDE-Ballast.pdf>

Tilastokeskus. (n.d.). *Mediaani*. <https://stat.fi/meta/kas/mediaani.html>

Turunen, J., Marttila, H., Kämäri, M., Saari, M., Heikkinen, K., Postila, H., & Koljonen, S. (2019). *Kiintoaineen eroosio ja sedimentaatio virtavesissä—Luonnollisesta prosessista virtavesien ongelmaksi*. Suomen ympäristökeskus.

<https://helda.helsinki.fi/items/ee5f20a9-e7c6-4df7-88dd-3debe329b574>

Työ- ja elinkeinoministeriö. (n.d.). *Energia- ja ilmastostrategia*. <https://tem.fi/energia-ja-ilmastostrategia>

UNDP. (n.d.). *Kestävän kehityksen tavoitteet käytännössä*. United Nations Development Programme. <https://www.undp.org/finland/kestavan-kehityksen-tavoitteet>

Valtioneuvoston kanslia. (20.6.2023). *Vahva ja välittävä Suomi: Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma 20.6.2023*. Valtioneuvosto.

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165042>

Vesilaki 587/2011. <https://www.finlex.fi/laki/ajantasa/2011/20110587>

Vilmi, A., Järvinen, M., Karjalainen, S. M., Kulo, K., Kuoppala, M., Mitikka, S., Ruuhijärvi, J., Sutela, T., & Aroviita, J. (2021). *Maa- ja metsätalouden kuormittamien pintavesien tila*

– *MaaMet-seuranta 2008–2020*. Suomen ympäristökeskus.

<http://hdl.handle.net/10138/338001>

Ympäristölupavirasto. (21.12.2007). Lupapäätös – Turvetuotantoalueen ympäristölupa

[anonymisoitu]. Aineisto saatu tietopyynnöin ELY-keskukselta.

Vuori, J. (2021). *Tapaustutkimus*. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto.

<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/tutkimusasetelma/tapaustutkimus/>

Ympäristölupavirasto. (21.12.2007). Lupapäätös – Turvetuotantoalueen ympäristölupa

[anonymisoitu]. Aineisto saatu tietopyynnöin ELY-keskukselta.

Ympäristöministeriö. (n.d.). *Aurinkovoimarakentaminen*.

<https://ym.fi/aurinkovoimarakentaminen>

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

Yritys x. (2019a). *KOS1 tarkkailupisteiden näytteenottotulokset 2014–2019* [anonymisoitu]

[taulukko]. Aineisto saatu tietopyynnöin ELY-keskukselta.

Yritys x. (2019b). *KOS2 tarkkailupisteiden näytteenottotulokset 2014–2019* [anonymisoitu]

[taulukko]. Aineisto saatu tietopyynnöin ELY-keskukselta.

Yritys x. (2019c). *KOS2 tarkkailupisteiden näytteenottotulokset 2014–2019* [anonymisoitu]

[kuva]. Aineisto saatu tietopyynnöin ELY-keskukselta.

Yritys x. (2019d). *PVK3 tarkkailupisteiden näytteenottotulokset 2014–2019* [anonymisoitu]

[taulukko]. Aineisto saatu tietopyynnöin ELY-keskukselta.

Yritys x. (2019e). *PVK4 tarkkailupisteiden näytteenottotulokset 2017–2019* [anonymisoitu]

[taulukko]. Aineisto saatu tietopyynnöin ELY-keskukselta.

Yritys x. (2023a). *Kaikkien tarkkailupisteiden näytteenottotulokset 2020–2023* [anonymisoitu]

[taulukko]. Aineisto saatu tietopyynnöin ELY-keskukselta.

Yritys x. (2023b). *Kaikkien tarkkailupisteiden näytteenottotulokset 2020–2023* [anonymisoitu]

[kuva]. Aineisto saatu tietopyynnöin ELY-keskukselta.

Yritys x. (n.d.). Aurinkovoimahankkeen kuvaus. [anonymisoitu]. yrityksen nettisivut

Liite 1. Aineistohallintasuunnitelma

Opinnäytetyöhön kerätään tutkimusaineistoa tietopyynnöin, henkilöhaastatteluin, sekä analysoimalla muiden keräämää tietoa, kuten näytteenottotuloksi ja jo tuotettuja raportteja ja tutkimuksia. Henkilöhaastattelut nauhoitetaan, jotta niiden sisältöä voidaan käsitellä opinnäytetyön aikana. Aineistohallintasuunnitelman on tehnyt Nino Pajunen syyskuussa 2024.

1. Tutkimusaineiston tallennus ja säilytys

Kaikki opinnäytetyöhön kerätty tutkimusmateriaali tallennetaan vain opinnäytetyötä tekevän opiskelijan tietokoneelle ja aineistoa analysoidaan ainoastaan kyseisellä tietokoneella. Tiedot varmuuskopioidaan ulkoiselle muistitikulle, joka on ainoastaan sen haltijan, eli opinnäytetyötä tekevän opiskelijan hallinnassa. Tietoturvasta huolehditaan tietokoneen suojaamisella tietoturvaohjelman avulla, sekä salasanasuojauksin, joilla estetään muiden kuin tietokoneen haltijan pääsy tiedostoihin. Ulkoinen muistitikku on vain opinnäytetyötä tekevän opiskelijan hallinnassa. Muistitikkoa käytetään vain varmuuskopioiden ottamiseen eikä sitä luovuteta muiden käyttöön.

Opinnäytetyöntekijä toimittaa keräämistään tutkimusmateriaaleista koosteen tilaajalle. Opinnäytetyössä ei käsitellä tilaajaryityksen luottamuksellista tai arkaluonteista dataa. Jos opinnäytetyön aikana tutkimusmateriaalia osoittautuu luottamukselliseksi, sitä säilytetään Wihi-järjestelmän luottamuksellisella alueella, sekä käsitellään ensisijaisesti sen yrityksen ohjeiden ja sääntöjen mukaisesti, jolta data on saatu. Muiden keräämää aineistoa, kuten näytteenottotuloksia hyödynnettäessä noudatetaan aineiston käyttöehtoja ja tietojen alkuperä ja tekijä mainitaan HAMKin lähdeviittausohjeen mukaisesti.

2. Henkilötietojen ja arkaluonteisten tietojen käsittely

Opinnäytetyössä ei käsitellä henkilötietoja, eikä arkaluonteisia henkilötietoja. Haastatteluja ei julkaista opinnäytetyön liitteenä. Opinnäytetyössä tarkasteltavat case-esimerkit anonymisoidaan, jotta tutkittavilla alueilla operoivia toimijoita ei voida tunnistaa, ellei alueella operoiva yritys toisin vaadi. Opinnäytetyöraportti on julkinen, eikä siinä saa olla luottamuksellisia liitteitä. Jos opinnäytetyön aikana tutkimusmateriaalia osoittautuu luottamukselliseksi, siitä koostetaan opinnäytetyöraportista erillinen tausta-aineisto, joka jää vain opinnäytetyöntilaajan käyttöön. Tietosuojailmoitus, johon perustan henkilötietojen käsittelyn löytyy osoitteesta <https://www.hamk.fi/tietosuoja/>

3. Opinnäytetyöaineiston omistajuus

Kaikki luovutettavissa olevat tekijänoikeudet ja muut immateriaalioikeudet (mukaan lukien asiakirjat ja muu materiaali), jotka ovat syntyneet opiskelijan tehdessä opinnäytetyötä tilaaja yritykselle, kuuluvat yksinomaan tilaaja yritykselle. Tilaaja yrityksen kanssa samaan Ramboll-konserniin kuuluvalla yhtiöllä on samat oikeudet kuin yrityksellä.

4. Opinnäytetyöaineiston jatkokäyttö työn valmistumisen jälkeen

Tutkimusaineistoa ei jatko käytetä. Opinnäytetyön tekijä säilyttää aineiston tietoturvallisesti vuoden ajan opinnäytetyön hyväksymispäivästä, jotta opinnäytetyön tulokset voidaan tarvittaessa varmistaa ja hävittää tämän jälkeen aineiston tietoturvallisesti.

Liite 2. Aurinkovoimahankkeet Suomessa (Motiva & Energiavirasto, n.d.-a)

Hanke	Hankkeen tila	MW	MW vaihtelu
Nokian Renkaat, Nokia	Tuotannossa	1	
Seepsula 1, Tuusula	Tuotannossa	1	
Tokmanni logistiikkakeskus, Mäntsälä	Tuotannossa	1,3	
Tokmanni Moreeni, Mäntsälä	Tuotannossa	1,3	
Nurmijärven aurinkovoimala, Nurmijärvi	Tuotannossa	1,5	
Ruda Solpark, Kemiönsaari	Tuotannossa	1,8	
Lindö Gård, Tenhola	Tuotannossa	1,98	
ISKU, Lahti	Tuotannossa	2	
LEMENE PV01, Lempäälä	Tuotannossa	2	
LEMENE PV02, Lempäälä	Tuotannossa	2	
Seepsula 2, Tuusula	Tuotannossa	2	
Boliden Harjavalta, Harjavalta	Tuotannossa	3	
Atrian Aurinko laajennus, Nurmo	Tuotannossa	4	
Hirvensalmen aurinkovoimalaitos, Hirvensalmi	Tuotannossa	4	
Joroisten lentokenttä, Joroinen	Tuotannossa	4	
Soljuva, Juva	Tuotannossa	4	
SunSulkava, Sulkava	Tuotannossa	4	
Vihreäsaari Vaihe 2, Oulu	Tuotannossa	4,4	
Vihreäsaari Vaihe 1, Oulu	Tuotannossa	4,9	
Atrian Aurinko, Nurmo	Tuotannossa	5	
Juurakko, Kalajoki	Tuotannossa	10	
Lakari, Rauma	Tuotannossa	32	
Kannuksen hietakangas	Rakennusvaihe	4	
Pälkänevedentie, Pälkäne	Rakennusvaihe	4	
Paarmala, Raahe	Rakennusvaihe	4,4	
Liimaniemen sähköliittymä, Kitee	Rakennusvaihe	4,59	
Ruotsinoja, Liminka	Rakennusvaihe	8,8	
Callio, Pyhäjärvi	Rakennusvaihe	10,2	
Loukkaanaro, Utajärvi	Rakennusvaihe	17,6	
Simo Aurinko, Simo	Rakennusvaihe	70	
Isosuo, Utajärvi	Rakennusvaihe	80	
Kalanti, Uusikaupunki	Rakennusvaihe	206	
Backfalls Solpark, Nykarleby	Luvitusvaihe	2	
Kaitsol Solpark, Kruunupyö	Luvitusvaihe	2	
Paltamon aurinkovoimalaitos, Paltamo	Luvitusvaihe	2	
Pensala Solpark, Vöyri	Luvitusvaihe	2	
Siuntion aurinkovoimalaitos, Siuntio	Luvitusvaihe	2	
Ketunperä, Raahe	Luvitusvaihe	4	
Kurunpuhto, Nivala	Luvitusvaihe	4	
Rantasalmen aurinkovoimalaitos, Rantasalmi	Luvitusvaihe	4	
Ingermaninkylä, Lapinjärvi	Luvitusvaihe	5	
Tanskilankangas, Oripää	Luvitusvaihe	5,5	
Kuortti, Pertunmaa	Luvitusvaihe	5,95	
Niittyneva, Nivala	Luvitusvaihe	6,5	
Ohrasuo, Savonlinna	Luvitusvaihe	6,5	

Kirkniemi, Lohja	Luvitusvaihe	8,5
Lännentie, Liminka	Luvitusvaihe	8,8
Sun Riste Oy, Kokemäki	Luvitusvaihe	10
Sun Telja Oy, Kokemäki	Luvitusvaihe	10
Laviaissuo, Heinola	Luvitusvaihe	15
Nakkilan aurinkovoimalaitos, Nakkila	Luvitusvaihe	15
Hausjärven aurinkovoimala, Hausjärvi	Luvitusvaihe	20
Karhukorpi, Viitasaari	Luvitusvaihe	20
Ropolansuo, Mikkeli	Luvitusvaihe	20
Koirivaara, Tohmajärvi	Luvitusvaihe	24
Linnankoski, Imatra	Luvitusvaihe	25
Hangon aurinkovoimalaitos, Hanko	Luvitusvaihe	28
Tampionkeidas, Kankaanpää	Luvitusvaihe	28
Haapasuon Aurinkopuisto, Kiuruvesi	Luvitusvaihe	30
Honkisaarenneva, Kuortane	Luvitusvaihe	30
Klouvinkankaan Aurinkopuisto, Kokkola	Luvitusvaihe	30
Makkarahuhdansuo, Loppi	Luvitusvaihe	30
Melassuo, Perniö	Luvitusvaihe	30
Murtolampi, Ähtäri	Luvitusvaihe	30
Raippo, Lappeenranta	Luvitusvaihe	30
Riihiviita, Riihimäki	Luvitusvaihe	30
Särkijärvi, Ruokolahti	Luvitusvaihe	30
Törsbäle, Kemiönsaari	Luvitusvaihe	30
Uusiniitty, Pöytyä	Luvitusvaihe	30
Verhonkulma, Koski TI	Luvitusvaihe	30
Viitaselänsuo, Suonenjoki	Luvitusvaihe	30
Viluksela, Somero	Luvitusvaihe	30
Laviaissuo, Heinola	Luvitusvaihe	32
Miehenneva, Alavieska	Luvitusvaihe	33
Torvmossen, Kotka	Luvitusvaihe	35
Hankeransuo, Laitila	Luvitusvaihe	40
Hatti, Kouvola	Luvitusvaihe	40
Isosuo, Punkalaidun	Luvitusvaihe	40
Kantinkulma, Marttila	Luvitusvaihe	40
Luodesuo, Jokioinen-Tammela	Luvitusvaihe	40
Valkiasuo, Parikkala	Luvitusvaihe	40
Palanutkangas, Luumäki	Luvitusvaihe	42
Koppeloneva, Alajärvi	Luvitusvaihe	45
Murtomäki 2, Pyhäjärvi	Luvitusvaihe	49
Hikiä, Hausjärvi	Luvitusvaihe	50
Kajansuo, Karstula	Luvitusvaihe	50 25-50
Karsikko Aurinkopuisto, Kalajoki	Luvitusvaihe	50
Pyykkialho, Harjavalta	Luvitusvaihe	50
Siikalatva, Piippola	Luvitusvaihe	50
Vuokon Aurinkovoimapuisto, Juuka	Luvitusvaihe	50
Hiltura, Nivala	Luvitusvaihe	54,2
Könkkölä, Jämsä	Luvitusvaihe	55
Aurinkovainio, Salo	Luvitusvaihe	60

Haverinsuo, Oripää	Luvitusvaihe	60
Huutokoski, Joroinen	Luvitusvaihe	60
Hyrsynkulma, Ypäjä	Luvitusvaihe	60
Isoneva, Suonenjoki	Luvitusvaihe	60
Kalliosuo, Keitele	Luvitusvaihe	60
Keinusuo, Loimaa	Luvitusvaihe	60
Kultiojärvi, Hattula	Luvitusvaihe	60
Laikko, Rautjärvi	Luvitusvaihe	60
Lamminneva, Lapua-Lappajärvi	Luvitusvaihe	60
Lappi, Rauma	Luvitusvaihe	60
Lehmiaronsuo, Kärkölä	Luvitusvaihe	60
Loimaa Haara, Loimaa	Luvitusvaihe	60
Lålby, Kristiinankaupunki	Luvitusvaihe	60
Palanutkangas, Luumäki	Luvitusvaihe	60
Pöytäsaarensuo, Juva	Luvitusvaihe	60
Sun 6 Oy Kotosuon Aurinkovoimala, Harjavalta	Luvitusvaihe	60
Suurikangas, Luumäki	Luvitusvaihe	60
Säärensuo-Ympyrkämäenrahka-Linturahka, Koski Tl	Luvitusvaihe	60
Tervakoski, Janakkana	Luvitusvaihe	60
Vuotsinsuo, Joroinen	Luvitusvaihe	60
Kauttua, Eura	Luvitusvaihe	62,5
Lakkinie mi, Sastamala	Luvitusvaihe	65
Mänskänmäki, Kokemäki	Luvitusvaihe	65
Petymälki & Selkäkangas, Savitaipale	Luvitusvaihe	65
Nurmesneva, Pyhäjärvi	Luvitusvaihe	68
Hirvineva, Alajärvi	Luvitusvaihe	70
Kortes-Salvianneva, Ilmajoki	Luvitusvaihe	70
Kynkäänsuo, Oulu	Luvitusvaihe	70 30-70
Ohraneva, Kauhava	Luvitusvaihe	70
Papinkangas, Joensuu	Luvitusvaihe	70
Kaskisuo, Joroinen	Luvitusvaihe	80
Lakkikeidas, Kankaanpää	Luvitusvaihe	80
Lepästensuo, Miehikkälä	Luvitusvaihe	80
Pihlassuo, Joutsa	Luvitusvaihe	80
Pitkäkangas, Kankaanpää	Luvitusvaihe	80
Santala, Hanko	Luvitusvaihe	80
Saunojanrahka, Pöytyä	Luvitusvaihe	80
Yläpää&Uusitalo, Virolahti	Luvitusvaihe	80
Kaikonsuo, Kiuruvesi	Luvitusvaihe	84
Jouttenisenneva, Haapajärvi	Luvitusvaihe	85
Isoneva-Laulanteenneva, Seinäjoki	Luvitusvaihe	90
Linnunsuon Aurinkopuisto, Kontiolahti	Luvitusvaihe	90
Myyränkangas, Kihniö	Luvitusvaihe	90
Riihimäen aurinkovoimala, Riihimäki	Luvitusvaihe	90
Röjsjö-Brännankärret, Loviisa	Luvitusvaihe	90
Sun Rajamäki, Nurmijärvi	Luvitusvaihe	90
Takamaa, Kouvola	Luvitusvaihe	90
Tuulianneva, Ilmajoki	Luvitusvaihe	90

litin aurinkovoimalaitos, Iitti	Luvitusvaihe	93
Kaakimonneva, Laihia	Luvitusvaihe	95
Haisuneva, Kauhava	Luvitusvaihe	100
Heinineva, Lapua	Luvitusvaihe	100
Isonneva Solpark, Vöyri	Luvitusvaihe	100
Koppelosuon Aurinkopuisto, Suonenjoki	Luvitusvaihe	100
Kyyrönsuo, Kontiolahti	Luvitusvaihe	100
Mikola ja Murro, Eurajoki	Luvitusvaihe	100
Pakaa, Orimattila	Luvitusvaihe	100
Påvalsby, Kemiönsaari	Luvitusvaihe	100
Vuoreneva, Alavus	Luvitusvaihe	100
Kristinestads solpark, Kristiinankaupunki	Luvitusvaihe	107
Kampinneva, Lapua	Luvitusvaihe	110
Luola-aapa, Ii	Luvitusvaihe	120
Tervajoensuo, Joroinen	Luvitusvaihe	130
Pirtti-Moskuva, Keuruu	Luvitusvaihe	144
Leivinneva, Pyhäjoki	Luvitusvaihe	150
Möksy ja Louhukangas, Alajärvi	Luvitusvaihe	150
Palloneva, Kauhajoki	Luvitusvaihe	150 60-150
Toristojanneva, Toholampi	Luvitusvaihe	179
Marjaneva, Kalajoki	Luvitusvaihe	185
Jäniksenlinna, Tuusula	Luvitusvaihe	190
Vehkaneva, Kinnula	Luvitusvaihe	190
Kairineva, Halsua/Kokkola	Luvitusvaihe	200 60-200
Norrsarvlax, Loviisa	Luvitusvaihe	200
Santakangas, Siikainen	Luvitusvaihe	200
Pennala ja Virenoja, Orimattila	Luvitusvaihe	220
Aurinkokettu, Säskylä	Luvitusvaihe	225
Konnunsuo, Lappeenranta	Luvitusvaihe	250
Uvilan Aurinkovoimala, Ulvila	Luvitusvaihe	250
Kauniskangas, Kyyjärvi	Luvitusvaihe	270
Harjupää, Ulvila	Luvitusvaihe	430
Huittisten aurinkovoimalaitos, Huittinen	Luvitusvaihe	475
Aurinkonevat, Kauhajoki	Luvitusvaihe	500
Suursuo & Huuhansuo, Lappeenranta	Luvitusvaihe	600
Kiuassuo, Äänekoski	Luvitusvaihe	
Patana, Veteli	Luvitusvaihe	
Korvenmäki, Salo	Esiselvitysvaihe	4
Kopsa II, Raahe	Esiselvitysvaihe	8
Alakorkalo, Rovaniemi	Esiselvitysvaihe	13
Mäntyluoto, Pori	Esiselvitysvaihe	20
Jokelan aurinkovoimala, Jokela	Esiselvitysvaihe	30
Teerisuo, Tohmajärvi	Esiselvitysvaihe	30
Vassor Solpark, Mustasaari	Esiselvitysvaihe	30
Kajasuo, Hamina	Esiselvitysvaihe	40
Saapasnevan Aurinkopuisto, Evijärvi	Esiselvitysvaihe	40
Ronkankangas, Kokemäki	Esiselvitysvaihe	50 40-50
Viuhonmäki, Savonlinna	Esiselvitysvaihe	52

Tuppura, Sievi	Esiselvitysvaihe	58
Lakeasuo, Loppi	Esiselvitysvaihe	60
Niinikko, Tohmajärvi	Esiselvitysvaihe	60
Turku Rusko Solar Farm, Turku ja Rusko	Esiselvitysvaihe	60
Luostanlinna, Rautavaara	Esiselvitysvaihe	69
Kurkisuo, Suonenjoki	Esiselvitysvaihe	80
Pohjasuo, Mikkeli	Esiselvitysvaihe	80
Lassinniitty, Kajaani	Esiselvitysvaihe	100
Suursuo, Mikkeli	Esiselvitysvaihe	120
Palmusmäki, Loimaa	Esiselvitysvaihe	130
Rannankylä, Karvia	Esiselvitysvaihe	130 80-130
Mekrijärvi, Ilomantsi	Esiselvitysvaihe	140
Huttusenlehto, Sonkajärvi	Esiselvitysvaihe	150
Sun 5 Oy Aurinkovoimala, Säskylä	Esiselvitysvaihe	500
Mustaisneva-Rojunneva, Kauhajoki	Esiselvitysvaihe	515

Liite 3. Haastattelukysymykset 3.10.2024 järjestetystä haastattelusta**kysymykset**

1. Mitkä keskeiset tekijät (esim. maaperän laatu, kallistuskulma, sääolosuhteet, maankäyttöhistoria) vaikuttavat eniten aurinkovoimalan rakentamisen aikaisiin vesistövaikutuksiin?
2. Miten aurinkovoimaloiden rakentamisaikaiset toimenpiteet voivat vaikuttaa ravinteiden, kiintoaineen ja humuksen päätymiseen pintavesiin? Kuinka suuri merkitys tällä on pintavesien laatuun?
3. Mitkä rakentamisaikaiset toimenpiteet erityisesti aiheuttavat vesistökuormitusta?
4. Onko aurinkovoimaloiden rakentamisen yhteydessä havaittu muutoksia ravinne-, kiintoaine- tai humuspitoisuudessa, tai muissa vedenlaadun indikaattoreissa?
5. Pintavesien laadun kannalta, mitkä maankäyttöhistoriat ovat mielestäsi huonoimpia vaihtoehtoja aurinkovoimalan rakentamiselle (esimerkiksi entinen maatalousmaa, turvesuo tai luonnontilainen metsä)?
6. Entä minkä tyyppiset maaperät etenkin lisäävät vesistöihin aiheutuvaa kuormitusta aurinkovoiman rakentamisessa?
7. Mitä käytäntöjä on, joilla vesistövaikutusten riskejä voidaan vähentää?
8. Tehdäänkö aurinkovoimaloiden alueilla vesistötarkkailuja?
9. Mitä lupakäytäntöjä liittyy aurinkovoimaloiden rakentamiseen?
10. Saavuttaako aurinkovoiman lupamenettelyt niin sanotut oikeat asiantuntijat, eli onko mukana aina vesistöasiantuntijoita arvioimassa tutkimusten/toimenpiteiden riittävyyttä?
11. Onko aurinkovoiman lupamenettelyt mielestäsi riittäviä ja selventääkö ne tarpeeksi mahdollisia ympäristöriskejä, joita hankkeesta voi syntyä lähivesistöihin?

12. Hallitus on linjannut, että vanhat turvetuotantoalueet olisivat hyviä paikkoja aurinkovoimaloille. Mitä olet mieltä tästä? Miten näet, että pintavesivaikutukset muuttuvat verrattuna turvetuotantoaikaan, jos alueelle perustetaan aurinkovoimala?

Liite 4. Haastattelukysymykset 1.11.2024 järjestetystä haastattelusta

Kysymykset

1. Minkä tasoisten suunnitelmien pohjalta aurinkovoimaloita lähdetään rakentamaan? Miten suunnitelmissa huomioidaan vesiensuojelu? Kuinka paljon suunnitelmat yleensä muuttuvat rakentamisen aikana?
2. Pyritäänkö suunnitelmilla välttämään kantojen ja kivien poistot vai onko lähtökohtana väistää vain niin sanotusti ”pakolliset alueet” jotka luontoarvoiltaan tai muuten tätä vaativat (esim hasu-maat, viitasammakot yms.)?
3. Minkälaisia maanmuokkaustöitä turvemaalla tulee tehdä, kun uutta aurinkovoimalaa aletaan rakentamaan? Pystytäänkö todellisuudessa alueen kasvillisuutta säilyttämään?
4. Mille vuodenajoille voimaloiden rakentaminen kohdistuu ja kuinka kauan rakennusprosessi yleisesti kestää?
5. Huomioidaanko sääolot rakentamisen aikana?
6. Millaisia perustustapoja käytetään, kun aurinkopaneeleja asennetaan turvemaille? Onko kokemusta jo karttunut perustuksista, joita turvemaille ei voi suositella?
7. Miten rakennusprosessissa pyritään minimoimaan vesistöihin syntyvä kuormitus.
8. Millaisia toimenpiteitä tehdään eroosion estämiseksi rakentamisen aikana ja sen jälkeen?
9. Entisille turvetuotantoalueille rakentaminen on Suomessa melko uutta. Onko tällaisia hankkeita toteutettu esimerkiksi Ruotsissa ja onko siellä jotain säännöksiä liittyen entiselle turvetuotantoalueelle rakentamiseen? Onko vedenlaadun tarkkailua tällaisen hankkeen yhteydessä tehty ja jos on, minkälaisia tuloksia siitä on saatu?

Liite 5. Vedenlaatuokituksen raja-arvot

Vedenlaatuomuttuja	Pitoisuus	Luokitus	Lähde
Kokonaisfosfori tarkoittaa veden sisältämän fosforin eri muotojen kokonaismäärää. Tärkeä veden rehevyyden arvioinnissa käytetty ravinnepitoisuus. Kesäikana otetut näytteet kuvaavat parhaiten veden rehevyyttä. Fosforia pääsee veteen luonnonhuuhtoutumana fosforipitoisista kivistä rapautumalla ja ihmistoiminnasta lähinnä maa- ja metsätaloudesta, asutuksen, turvetuotannon, kalankasvatuksen ja teollisuuden jätevesistä.	< 15 µg/l 15 - 25 µg/l 25 - 100 µg/l > 100 µg/l	karu lievästi rehevä rehevä erittäin rehevä	1)
Kokonaistyyppi on fosforin ohella rehevöitymisen kannalta tärkeä ravinne. Kesäikana otetut näytteet kuvaavat parhaiten veden rehevyyttä. Tyypillisiä tyyppikuormituksen lähteitä; maa- ja metsätalous, asutuksen jätevedet, turvetuotanto ja teollisuuden jätevedet. Ravinnekuormituksen vaikutus on suurin kesän ja syksyn pienten virtaamien aikana, jolloin pitoisuuksien laimentuminen jokiuomassa on vähäistä ja perustuotanto on voimakkaimmillaan.	< 400 µg/l 400 - 600 µg/l 600 - 1500 µg/l > 1500 µg/l	karu lievästi rehevä rehevä erittäin rehevä	1)
Klorofylli-a kuvaa lehtivihreäisten planktonlevien runsautta vedessä ja kuvaa järven rehevyyttä. Näytteet otetaan kesällä ja soveltuvat paremmin järviin kuin jokivesiin.	< 3 µg/l 3 - 7 µg/l 7-40 µg/l > 40 µg/l	karu lievästi rehevä rehevä erittäin rehevä	1)
Rautaa esiintyy vedessä liuenneena, saostumana tai sitoutuneena humukseen. Raudan olomuoto riippuu veden pH:sta ja happipitoisuudesta. Happipitoisessa vedessä rauta sitoo fosforia ja vaikuttaa myös vesistön rehevyyteen. Rautapitoisuudet vaihtelevat vesistökohtaisesti valuma-alueen ominaisuuksista riippuen. Suovaltaisilla alueilla rautapitoisuudet ovat yleensä suuria. Veden rautapitoisuudet ovat suurimmillaan juuri ennen kevättulvan huippua.	< 200 µg/l 500 - 1000 µg/l 1000 - 2000 µg/l	talousvesi sisävedet suovaltaiset valuma-alueet	2)
Kiintoaineen määrä kuvaa vedessä olevaa hiukkasmaista ainesta. Kiintoainepitoisuutta lisäävät mm. jätevesikuormitus, runsas biomassa näytteessä (levät) tai eroosion kuljettama aines (savisamennus). Jokivesissä kiintoainepitoisuus vaihtelee voimakkaasti. Kiintoainepitoisuudet ovat pienimmillään talvella ja suurimmillaan ennen ensimmäistä tulvahuippua. Kesällä jokien kiintoainekulkeuma on yleensä vähäistä. Kovien syysateiden jälkeen kiintoainekulkeuma on miltei yhtä suuri kuin kevään sulamisvesien aikaan.	< 1 mg/l 1 - 3 mg/l < 25 mg/l	kirkas avovesi ei haittaa kalastolle	2)
Sameus kuvaa vedessä esiintyvää sameutta. Jokivedet ovat yleensä järvesiä sameampia, voimakkaamman eroosion takia. Jokivesissä sameuden vaihtelu on kiintoainepitoisuuden tapaan voimakasta vuodenaikasta ja sadannasta riippuen	< 1 FTU 1 - 5 FTU > 5 FTU	kirkas lievästi samea silminnähtävä samea	2)
Veden väriin vaikuttavat valuma-alueen soilta ja maaperästä huuhtoutuneet humusaineet, rauta, vedessä olevat levät sekä kiinteät ja liuenneet aineet. Pääasiainen veden väriä säätelevä tekijä on humuspitoisuus. Suomessa humuksen antama ruskea väri on luonteenomainen piirre suurimmalle osalle vesistöistä. Väriarvoissa on voimakasta vuodenaikojen ja vuosien välistä vaihtelua, joka johtuu pääasiassa valuma-alueiden muutoksista. Runsaat sateet yleensä nostavat ja kuivat jaksot laskevat väriarvoja.	< 15 mgPt/l 20 - 40 mgPt/l 40 - 100 mgPt/l > 100 mgPt/l > 30 mgPt/l 30-90 mgPt/l > 90 mgPt/l	väritön lievästi humuspitoinen humuspitoinen erittäin humuspitoinen vähähumuskainen keskihumuskainen runsashumuskainen	3) 4)
Kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) kuvaa veden sisältämien kemiallisesti hapettuvien orgaanisten aineiden määrää, eli vedessä olevaa oloperäistä ainetta, joka voi olla humusta, jättevettä, karjatalouden päästöjä tai luonnonhuuhtoutumaa. Kuten väriarvot myös COD _{Mn} -arvot vaihtelevat valuma-alueiden mukaan.	< 4 mg/l 4 - 10 mg/l 10 - 20 mg/l < 4 mg/l 4 - 10 mg/l 10 - 20 mg/l > 20 mg/l	kirkas väritön humusvedet niukkahumuskainen vähähumuskainen keskihumuskainen runsashumuskainen	2)
Veden normaali happamuus eli pH on lähellä neutraalia (pH 7). Vesien eliöstö on sopeutunut elämään pH-alueella 6,0 - 8,0. Suomen vesistöissä pH on yleensä lievästi hapanta 6,5 - 6,8 luontaisesta humuskuormituksesta johtuen. Normaalisti pH on talvella hieman alhaisempi kuin kesällä. Kesäaikana levätuotanto kohottaa lievästi pölyvesien pH-tasoa. Hyvin voimakas leväkukinta (esim. sinilevät) saattaa kohottaa pH:n arvoin 8-10. Hapan laskeuma osaltaan alentaa vesiemme pH-tasoa. Veden pH on pienimmillään kevättulvan aikana. pH:n kevättulvan aikainen lasku on voimakkaimmillaan latvavesissä, joissa tulvan aikana saattaa hetkellisesti virrata lähes pelkästään lumensulamisvettä (pH noin 4,5) kun joen suulla pH harvoin laskee alemmas kuin 5,5 lukuun ottamatta alunamaa-alueita. Happamoituminen alkaa tuntua eliöstössä pH:n laskiessa tason 6,0 alapuolelle. pH-tason 5,5 alapuolella häiriintyy särjen ja lohikalojen	> 7 7 < 7 6,5 - 6,8 6,0 - 8,0 < 5,5	emäksinen neutraali hapan lievästi hapan, tyypillinen arvo Suomen vesistöissä vesieliöstö sopeutunut elämään tällä tasolla särjen ja lohikalajien lisääntymisen häiriintyy	
Alkaliteetti mittaa veden kykyä vastustaa pH:n muutosta siihen happoa lisättäessä (puskurikyky). Vesistön happamoituminen näkyy ensin alkaliteetin laskuna ja vasta sen jälkeen pH-arvoissa. Puskurikyky riippuu pitkälle vesistön valuma-alueen laadusta. Karut, kalliiset tai ohuen moreenikerroksen omaavat valuma-alueet ovat tyypillisiä happamoituville vesistöille. Valuma-alueen peltovaltaisuus vähentää happamoitumista. Kevään sulamisvedet laskevat yleensä alkaliteettiä. Vesistön puskurikykyä kuvaa parhaiten syyskierron aikana otetut näytteet jolloin vesi on tasalaatuista.	> 0,2 mmol/l 0,1 - 0,2 mmol/l 0,05 - 0,1 mmol/l 0,01 - 0,05 mmol/l < 0,01 mmol/l	hyvä tydyttävä välttävä huono loppunut	5)
Sähkönjohtavuus ilmaisee veteen liuenneiden suolojen määrää. Suuri arvo kertoo korkeasta suolapitoisuudesta. Sisävesissä sähkönjohtavuutta lisäävät lähinnä natrium, kalium, kalsium, magnesium sekä kloridit ja sulfaattit. Sähkönjohtavuusarvojen vuodenaikaisvaihtelu on vähäistä. Suolojen määrää lisäävät mm. jätevedet ja peltolannoitus.	< 5 mS/m 5 - 10 mS/m 50 - 100 mS/m	alhainen johtokyky sisävedet jätevedet	2)
Hapen kyllästysprosentilla eli kyllästysasteella tarkoitetaan todettua hapen määrää prosentteina siitä määrästä, jonka vesi voi enintään sisältää ko. lämpötilassa. Kylmä vesi voi sisältää enemmän happea kuin lämmin.	85-110 % 80-110 % 70-80 ja 110-120 % 40-70 ja 120-150 % 0 ja > 150 %	Erinomainen Hyvä Tydyttävä Välttävä Huono	6)

1) Forsberg, C. ja Ryding, S.-O. 1980.

2) Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry:n www-sivut

3) Ympäristöhallinnon www-sivut

4) Vesipuidedirektiivi

5) Oravainen, R. 1999. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna..

6) Vesi ja ympäristöhallitus 1998. Vesistöjen laadullisen käyttökelpoisuuden luokittaminen. 48 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 20.