



TUULI- JA AURINKOVOIMALOIDEN SEKÄ BIOENERGIALAITOSTEN VAIKUTUKSET LUONNON MONIMUOTOISUUTEEN

KIRJALLISUUSKATSAUS

HOKE-hanke

Jan Nyman

15.2.2026



SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	4
JOHDANTO	5
1. KIRJALLISUUSKATSAUS	6
1.1. KIRJALLISUUSKATSAUKSEN RAJAAMINEN JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	6
1.2. AINEISTO JA MENETELMÄT	7
2. MÄÄRITELMÄT	9
2.1. LUONNON MONIMUOTOISUUS	9
2.2. YMPÄRISTÖVAIKUTUKSEN MÄÄRITELMÄ	10
2.3. VAIKUTUSTEN ARVIOINTI UUSIUTUVAN ENERGIAN HANKKEISSA	11
3. TUULIVOIMAN VAIKUTUKSET BIODIVERSITEETTIIN	12
3.1. TUULIVOIMAPUISTON YLEISKUVAUS	12
3.2. TUULIVOIMAPUISTON LIITYNTÄ SÄHKÖVERKKOON JA SÄHKÖNSIIRTO	13
3.3. TUULIVOIMAN LUONTOVAIKUTUKSET	14
3.4. VAIKUTUKSET KASVILLISUUTEEN	18
3.5. VAIKUTUKSET LINNUSTOON JA MUUHUN ELÄIMISTÖÖN	19
3.6. TUULIVOIMALAN VESISTÖVAIKUTUKSET	23
3.7. TUULIVOIMAN LUONTOVAIKUTUKSET TURVETUOTANTOALUEELLA	24
3.8. TUULIVOIMAN YHTEISVAIKUTUKSET	25
4. AURINKOVOIMAN VAIKUTUKSET BIODIVERSITEETTIIN	26
4.1. AURINKOVOIMA-ALUEEN YLEISKUVAUS	26
4.2. AURINKOVOIMALAN SÄHKÖVERKKOLIITYNTÄ JA SÄHKÖNSIIRTO	27
4.3. AURINKOVOIMAN LUONTOVAIKUTUKSET	27
4.4. VAIKUTUKSET ELINYMPÄRISTÖIHIN JA EKOLOGISIIN YHTEYKSIIN	28
4.5. VAIKUTUKSET ELÄINLAJEIHIN	29
4.6. AURINKOVOIMAN LUONTOVAIKUTUKSET TURVETUOTANTOALUEELLA	32
5. BIOENERGIAN VAIKUTUKSET BIODIVERSITEETTIIN	34
5.1. YLEISTÄ BIOENERGIASTA	34

5.2. BIOENERGIALAITOSTEN LUONTOVAIKUTUKSET ELINYMPÄRISTÖIHIN JA LAJISTOON	35
5.3. BIOMASSAN KASVATUKSEN VAIKUTUKSET LUONNON MONIMUOTOISUUTEEN.....	36
5.4. BIOENERGIAN LUONTOVAIKUTUKSET TURVETUOTANTOALUEELLA	37
6. TUOTANTOMUOTOJEN VERTAILUA.....	39
6.1. TUULIVOIMA	39
6.2. AURINKOVOIMA	41
6.3. BIOENERGIA.....	42
7. JOHTOPÄÄTÖKSET	44
LÄHTEET.....	45



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



HELSINGIN YLIOPISTO



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA



ETELÄ-POHJANMAAN LIITTO
Regional Council of South Ostrobothnia

TIIVISTELMÄ

HOKE-hankkeessa selvitetään, miten Etelä-Pohjanmaan energiaturpeen käytön väheneminen voidaan korvata hiilineutraalilla ja ekologisesti kestäväällä energiantuotannolla. Kirjallisuuskatsaus tarkastelee tuuli-, aurinko- ja bioenergian luontovaiikutuksia sekä näiden energiamuotojen soveltuvuutta turvetuotantoalueiden jatkokäyttöön.

Tuulivoiman globaalisti suurimmat vaikutukset syntyvät materiaalien, kuten teräksen ja kuparin, tuotannosta. Paikallisesti rakentaminen muuttaa maankäyttöä, pirstoo elinympäristöjä ja voi aiheuttaa häiriöitä linnustolle. Turvetuotantoalueilla rakentaminen sijoittuu kivennäismaille, mikä voi lisätä metsäkatoa, mutta ei estä muuta maankäyttöä.

Aurinkovoiman vaikutukset riippuvat voimaloiden sijoituspaikasta. Metsiin sijoitettuna vaikutukset ovat suuria, koska alueelta poistetaan puusto ja tehdään maanmuokkaustoimenpiteitä. Pellolle rakennettuna vaikutukset ovat pienempiä, ja aurinkovoima voi lisätä pölyttäjä- ja niittylajien monimuotoisuutta. Heikentyneiden luontoarvojen vuoksi turvetuotantoalueet sopivat hyvin aurinkovoimaloille.

Bioenergian vaikutukset liittyvät maankäytön muutoksiin ja biomassan hankintaan. Laitokset sijoitetaan usein teollisuusalueille, jolloin luontohaitat jäävät vähäisiksi. Turvealueilla voidaan tuottaa raaka-ainetta metsityksellä tai lyhytkiertoviljelyllä, mikä voi lisätä luonnon monimuotoisuutta.

Uusiutuvat energiamuodot aiheuttavat väistämättä joitakin luontohaittoja, mutta kokonaisuutena niiden ilmastohyödyt ovat merkittävästi haittoja suuremmat. Haittoja voidaan vähentää sijoittamalla energiantuotanto jo muokatuille alueille sekä tekemällä hankesuunnittelun aikana luonnon monimuotoisuutta parantavia toimia, kuten ennallistamista ja haittojen kompensointia.

JOHDANTO

Hankkeessa ”Hiilineutraalit, oikeudenmukaiset ja kokonaiskestävät energiayhteisöt Etelä-Pohjanmaalla (HOKE)”, haetaan uusia ratkaisuja Etelä-Pohjanmaan kestävä kehityksen mukaisen energiatehokkuuden lisäämiseen. Hankkeen tavoitteena on kehittää ja edistää hiilineutraaleja ja oikeudenmukaisia energiayhteisöjä, jotka toimivat kokonaiskestävällä tavalla. Hankkeen taustalla on energiaturpeen käytön vähenemisen aiheuttama tilanne, jossa korvaava energia tulisi kattaa uusiutuvalla energialla myös paikallisissa yhteisöissä. Energiaturpeen alasajo aiheuttaa taloudellisia tappioita ja osittaisia riskejä huoltovarmuuteen, sillä turveteollisuus on lisännyt energiaomavaraisuutta ja tuonut taloudellista aktiivisuutta maaseutualueille.

Muutostilanne on haastava, sillä uusiutuvan energian tuotantomahdollisuuksia on useita ja niillä kaikilla on erilaisia aluetalousvaikutuksia energiaturpeen käyttöön verrattuna. Energiasiirtymän jälkeiset vaikutukset riippuvat sekä uusiutuvan energian saatavuudesta että soveltuvuudesta paikallisoloihin. Oikeudenmukaista siirtymää tavoiteltaessa tulisikin löytää sellaisia turvetta korvaavia energiamuotoja, joiden aluetalousvaikutukset olisivat vähintään yhtä hyvät tai paremmat kuin energiaturpeella. Näin edistettäisiin vihreän siirtymän hyväksyttävyyttä yhteisötasolla.

Kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan HOKE-hankkeessa käsiteltävien energiantuotantomuotojen vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen Suomessa. Käsiteltävät tuotantomuodot ovat tuuli- ja aurinkoenergia sekä bioenergia. Kirjallisuuskatsauksessa keskitytään tuuli- ja aurinko- sekä bioenergian luontovaikutusten arviointiin hanketasolla. Katsauksessa ei käsitellä merituulivoimalaitosten ympäristövaikutuksia.

HOKE-hanke toteutetaan 1.6.2024–31.5.2026 ja se on Euroopan unionin osarahoittama. Hankkeen päätoteuttajat ovat Seinäjoen ammattikorkeakoulu Oy, Vaasan yliopisto, Helsingin yliopisto ja Oy Vaasan ammattikorkeakoulu–Vasa yrkeshögskola Ab.

1. KIRJALLISUUSKATSAUS

1.1. Kirjallisuuskatsauksen rajaaminen ja tutkimuskysymykset

HOKE-hankkeessa tutkittavat uusiutuvan energian tuotantomuodot ovat tuuli- ja aurinkoenergia sekä bioenergia. Tyypillisesti vihreän siirtymän tuotantolaitoksen suunnittelu ja rakentaminen on yksittäinen hanke, jonka suunnitteluvaiheessa arvioidaan hankkeen vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen.

Ympäristölainsäädännössä hankkeella tarkoitetaan laitoksen, toiminnan ja rakennustyön toteuttamista sekä muuta luonnonympäristöön ja maisemaan kajoamista sekä mineraalivarojen hyödyntämistä (Laki ympäristövaikutusten arvioinnista 252/2017, 1 §). Arvioitaessa hankekohtaisia vaikutuksia luonnon monimuotoisuuden käytetään usein termiä ”hankkeen luontovaikutukset” (Pasanen, Kari, Laine & Meller, 2025, s. 2).

Tässä kirjallisuuskatsauksessa selvitetään tuuli- ja aurinkovoimaloiden sekä bioenergiailaitosten sekä biomassan kasvatukseen soveltuvien entisten turvetuotantoalueiden vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen. Bioenergiailaitoksia ovat biolämpölaitokset, Bio-CHP-laitokset, biokaasun tuotantolaitokset sekä nestemäistä biopolttoainetta valmistavat laitokset. Bioenergian vaikutuksia arvioidaan koko tuotantolaitosten rakentamisalueilla tai biomassan kasvatusalueilla. Suomen ulkopuolella aiheutuvia vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen esimerkiksi mineraalien louhimisen, rakenteiden valmistamisen tai logistiikan vaikutuksia ei tässä raportissa käsitellä.

Katsauksessa esitellään hankkeessa mukana olevien uusiutuvan energian tuotantomuotojen luontovaikutuksia yleisesti sekä hankkeiden vaikutuksia niiden sijoituksessa käytöstä poistetuille turvetuotantoalueille.

Kirjallisuuskatsauksen keskeisiä tutkimuskysymyksiä ovat:

- Miten aurinkovoima vaikuttaa turvetuotantoalueen luonnon monimuotoisuuteen?
- Miten aurinkovoima laajoina maa-asennuksina vaikuttaa luonnon monimuotoisuuteen?
- Miten tuulivoima vaikuttaa turvetuotantoalueen luonnon monimuotoisuuteen?
- Miten eri bioenergian tuotantomuodot vaikuttavat turvetuotantoalueen luonnon monimuotoisuuteen?

1.2. Aineisto ja menetelmät

Kirjallisuuskatsaus laadittiin narratiivisena eli kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Katsauksessa keskityttiin olemassa olevan tiedon yhteenvedoon ja analyysiin. Tietoineistoina käytettiin suomalaisten tutkimuslaitosten keräämää tietoa uusiutuvan energian luonnon monimuotoisuusvaikutuksista sekä kotimaisista että ulkomaisista tutkimuksista. Julkaisuja haettiin aihealueeseen liittyvien hakusanojen avulla Googlesta ja Google Scholarista. Tässä työssä ei käydä läpi kaikkien löydettyjen julkaisujen tuloksia, vaan pyritään luomaan yleiskuva tilanteesta.

Yhtenä keskeisenä tietolähteenä oli Suomen ympäristökeskuksen keräämä tieto aurinko- ja tuulivoiman vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen. Työryhmän laatimassa kirjallisuuskatsauksessa on analysoitu 63 vertaisarvioitua artikkelia aurinko- ja tuulivoiman vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen terrestrisissä ympäristöissä lauhkealla ja kylmällä vyöhykkeellä. Valtaosa artikkeleista käsitteli erilaisten energian tuotantotapojen luontovaikutuksia lajeihin ja vain pieni osa käsitteli vaikutuksia eri elinympäristötyyppeihin. (Vuori, K-M., Toivonen, M., Heikkinen, R., Leikola, N. & Nurmio, K., 2025.)

Lisäksi etsittiin tapauskohtaista tietoa uusiutuvan energian vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen erityyppisistä uusiutuvan energian hankesuunnitelmista. Tässä aineistoina olivat toteutuneet ympäristövaikutusten arviointimenettelyt (YVA-menettely) sekä kaavoitus- ja ympäristölupamenettelyt.

Tuulivoiman osalta tutkimus- ja seurantatietoa löytyi kohtalaisen paljon ulkomaisista tutkimuksista ja jonkin verran myös Suomesta. Aurinkovoimaloiden osalta systemaattisempaa tutkimusta on tehty vähemmän ja vasta viime vuosina. Ulkomailla tehtyjen tutkimusten tuloksia ei voi suoraan soveltaa suomalaisiin olosuhteisiin, koska alueet sijaitsevat erilaisilla ilmasto- ja kasvillisuusvyöhykkeillä. Tietoa aurinko- ja bioenergiahankkeiden vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen haettiin myös viime vuosina päättyneistä hankesuunnitelmien YVA-menettelyjen asiakirjoista.



Kuva 1. Tuulivoiman vaikutuksia linnustoon on selvitetty useissa ulkomaisissa tutkimuksissa (Jan Nyman, 2025).

2. MÄÄRITELMÄT

2.1. Luonnon monimuotoisuus

Luonnon monimuotoisuudella tarkoitetaan erilaisiin ekosysteemeihin tai ekologiisiin kokonaisuuksiin kuuluvien elävien eliöiden vaihtelevuutta. Tämä luonnon kirjo ilmenee kolmella eri tasolla:

- 1) lajien sisäisenä monimuotoisuutena eli perintötekijöiden (geenien) vaihteluna yhden lajin, alalajin tai kannan sisällä,
- 2) lajien välisenä monimuotoisuutena ja
- 3) ekosysteemien monimuotoisuutena.

Kaikki nämä tasot vaikuttavat toisiinsa ja ovat omalta osaltaan yhtä tärkeitä. (Tieteen termipankki, 2025.)

Geneettinen monimuotoisuus viittaa geenien perinnöllisen vaihtelun runsauteen lajin tai eliöpopulaation sisällä. Jokaisella eliöyksilöllä on oma ainutlaatuinen perimä ja perinnöllinen vaihtelu mahdollistaa lajien sopeutumisen erilaisiin ympäristöolosuhteisiin (Pasanen ja muut, 2025, s. 6.).

Lajien monimuotoisuus kuvaa lajien määrää ja runsautta tietyllä alueella. Lajit ylläpitävät ekosysteemien vakautta ja kokonaisuutta. Yleensä mitä suurempi lajien monimuotoisuus on, sitä vakaampi on myös itse ekosysteemi. (Pasanen ja muut, 2025, s. 6.)

Ekosysteemien monimuotoisuus tarkoittaa elinympäristöjen kuten erilaisten metsien, vesistöjen ja soiden monimuotoisuutta (Pasanen ja muut 2025, s. 6). Luonnon monimuotoisuuden kannalta laaja ekosysteemien kirjo ylläpitää luonnon resilienssiä eli kykyä vastata ympäristössä tapahtuviin muutoksiin.

Luonnon monimuotoisuus voidaan rinnastaa kuvailevassa mielessä elävän luonnon kirjoon eli biologisen monimuotoisuuteen (biodiversiteettiin). Biologisella monimuotoisuudella ei kuitenkaan ympäristöoikeuden turvaamiskohteena tarkoiteta pelkästään luonnon kirjoa tai vaihtelevuutta, vaan myös itse luontoon sisältyviä eliöitä. Eliöyhteisöjen ja niiden elottomien (abioottisten) elinympäristöjen eli ekosysteemien kautta biologinen monimuotoisuus ulottuu käsitteellisesti myös elottomaan luontoon. Yleisesti voidaankin käyttää ilmiöstä käsitettä luonnon monimuotoisuus. Toisin kuin luonnonvaroista puhuttaessa luonnon monimuotoisuus ei käsitteellisesti sisällä hyödyntämisenäkökulmaa eikä muuta kannanottoa sen osien arvosta ihmiselle. (Tieteen termipankki, 2025.)

2.2. Ympäristövaikutuksen määritelmä

Ympäristövaikutuksella tarkoitetaan hankkeen tai toiminnan aiheuttamia välittömiä ja välillisiä vaikutuksia ihmisiin, maahan, maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvillisuuteen sekä eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen. Hankkeiden toteutuksessa on selvitettävä vaikutukset niihin lajeihin ja luontotyypeihin, jotka on suojeltu luontotyyppien sekä luonnonvaraisen eläimistön ja kasviston suojelusta annetun neuvoston direktiivin 92/43/ETY ja luonnonvaraisten lintujen suojelusta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/147/EY nojalla. Lisäksi hankkeen vaikutusten arvioinnissa on huomioitava kaikkien vaikutusten keskinäiset vuorovaikutussuhteet. (Laki ympäristövaikutusten arvioinnista 252/2017, 1 §.)

Ympäristövaikutus on suunnitellun toiminnon aiheuttama muutos ympäristön tilassa. Muutos arvioidaan suhteessa ympäristön nykyiseen tilaan. Hankkeen luonteesta, laajuudesta tai sijainnista johtuen vaikutukset ovat erilaisia ja niitä tarkastellaan tapaus- tai hankekohtaisesti. Hankkeen välittömät ja välilliset luontoon kohdistuvat vaikutukset liittyvät uusiutuvan energian hankkeissa maankäytön muutoksista aiheutuviin vaikutuksiin. Vaikutukset voivat kohdistua maaperään, vesistöihin, eliöihin, kasvillisuuteen ja eläimistöön. (FCG Rakennettu ympäristö Oy, 2025; Pasanen ja muut, 2025.)

Vaikutukset luokitellaan niiden luonteen (myönteinen tai haitallinen), tyypin ja palautuvuusasteen perusteella. Vaikutus voi olla tyypiltään välitön, välillinen tai kumulatiivinen. Välittömät vaikutukset syntyvät suunnitellun hankkeen toimenpiteiden ja muutoksen kohteen suorasta vuorovaikutuksesta. Välilliset vaikutukset taas johtuvat hankkeen välittömistä vaikutuksista. Vaikutuksen merkittävyys voi olla vähäinen tai voimakas, myös vaikutusalueen laajuus voi vaihdella paikallisesta alueelliseen. Palautuvuusaste kertoo kohteen kyvystä palautua tilaan, jossa se oli ennen joutumista muutoksen vaikutuksen alaiseksi. (FCG Rakennettu ympäristö Oy, 2025.)

2.3. Vaikutusten arviointi uusiutuvan energian hankkeissa

Uusiutuvan energian rakentaminen edellyttää useita lupamenettelyjä. Tärkeimpiä ovat kaavoitus, ympäristövaikutusten arviointi (YVA-menettely), vesi- ja ympäristölupa sekä rakentamislupa. Hankesuunnittelussa laitosten luontovaikutusten kannalta edullisinta sijoittumista säädellään edellä mainittuihin lupamenettelyihin liittyvillä laeilla, joita ovat alueidenkäyttölaki (AKL 132/1999), laki ympäristövaikutusten arvioinnista (YVAL 252/2017) ja rakentamislaki (RakL 751/2023). Lisäksi myös luonnonsuojelulain (LSL 9/2023) ja vesilain (VL 587/2011) määräykset tulee huomioida suunnittelussa. Hankkeiden suunnittelua valvovat viranomaistahot ohjaavat ja varmistavat tehtyjen maankäyttöön liittyvien ratkaisujen lainmukaisuuden.

Mäkelän ja Salon (2023) mukaan luontoarvot suunnittelualueella tulee selvittää ennakoivasti jo ennen suunnittelua tai suunnittelun alkuvaiheessa. Alueella mahdollisesti sijaitsevat arvokkaat luontokohteet arvioidaan ja otetaan huomioon jatko-suunnittelussa. Luontovaikutusten arviointi tehdään esiselvityksen jälkeen kulloinkin kyseessä olevan suunnitteluprosessin aikana. Tavallisimmin luontovaikutukset arvioidaan uusiutuvan energian hankkeissa YVA-menettelyn tai osayleiskaavaprosessin aikana. Valvova ja ohjaava viranomainen arvioi, kuinka luontoarvokohteet on huomioitu YVA-menettelyssä tai osayleiskaavan suunnittelussa. Arviointi kirjataan kaavaprosessissa viranomaisen antamiin lausuntoihin tai YVA-menettelyssä perusteltuun päätelmään (Mäkelä & Salo 2023, s. 26.)

3. TUULIVOIMAN VAIKUTUKSET BIODIVERSITEETTIIN

Tuulivoimahankkeiden tarkoituksena on tuottaa sähköenergiaa tuulesta, joka on lähes rajaton, mutta sääsidonnainen uusiutuvan energian lähde. Uusiutuvan energian tuotannolla voidaan vähentää hiilidioksidi- ja hiukkaspäästöjä, millä on myönteisiä vaikutuksia ilmastoon sekä välillisesti muuhun ympäristöön. Tämän vuoksi tuulivoimaa tarvitaan korvaamaan fossiilisia polttoaineita ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja luontokadon torjumiseksi (Pasanen ja muut, 2025, s. 2; Sitowise Oy, 2025, s. 47.)

3.1. Tuulivoimapuiston yleiskuvaus

Tuulivoimala koostuu perustusten päälle asennettavasta tornista, roottorista lapoineen ja konehuoneesta. Tuulivoimaloiden torni voidaan tarvittaessa varustaa haruksilla. Harusvaijereita on tyypillisesti kolme ja niille tulee omat perustukset noin 100 metrin päähän voimalasta. Harusten sijainnin etäisyys tuulivoimalasta voi vaihdella tuulivoimalan koon mukaan. Lieriötornirakenteiset tuulivoimalat voidaan toteuttaa kokonaan teräsrakenteisina, betonirakenteisina tai betonin ja teräksen yhdistelminä. Tuulivoimala tarvitsee lisäksi teräsbetonista valetun perustuksen. (Ramboll Finland Oy, 2025, s. 43.)

Tuulivoimapuisto koostuu tavallisimmin muutamista yksittäisistä voimaloista aina useisiin kymmeniin tuulivoimaloihin. Tuulivoimaloiden lisäksi tuulivoimapuiston alueelle rakennetaan sähköasemia, huoltotieverkosto sekä välivarasto- ja huoltoalueita. (Ramboll Finland Oy, 2025, s. 43–53.)

Tuulipuiston alueelle rakennettava huoltotieverkosto mahdollistaa pääsyn jokaiselle voimalapaikalle koko niiden elinkaaren ajan. Huoltoteitä pitkin kuljetetaan tuulivoimaloiden rakentamisessa tuulivoimaloiden komponentit, rakennusmateriaalit ja pystytyskalusto. Rakentamisvaiheen jälkeen tiestöä käytetään voimaloiden huolto- ja valvontatoimenpiteisiin. (Ramboll Finland Oy, 2025, s. 47.)

3.2. Tuulivoimapuiston liityntä sähköverkkoon ja sähkönsiirto

Tuulivoimalaitos liitetään kantaverkkoon kytkinlaitoksessa katkaisijakentän välityksellä. Erikseen sovittava poikkeus ovat pienet, alle 5 megavolttiampeerin (MVA) voimalaitokset tai enintään 25 MVA:n voimalaitokset, joiden kantaverkkoon syöttämä oikosulkuvirta on korkeintaan 1,2-kertainen verrattuna voimalaitoksen nimellisvirtaan. Nämä voidaan liittää rengaskäyttöiseen 110 kilovoltin voimajohtoon huomioiden voimajohdon käytettävissä oleva siirtokapasiteetti ja tekniset reunaehdot. Sähkön tuotannon liittyessä voimajohtoon on liityntä varustettava tietoliikenneyhteydellä ja pakkolaukaisulla kantaverkon pikajälleenkytkennän mahdollistamiseksi. Yli 25 MVA:n tuulivoimalaitos on liitettävä kytkinlaitokseen. (Fingrid, 2022, s. 8.)

Pienet tuulivoimalaitokset tulee liittää ensisijaisesti jakeluverkkoihin, mutta jokainen tapaus on omanlaisensa, eikä ole olemassa tiettyä tehorajaa kantaverkkoon liitettäville voimalaitoksille. Tyypillisimmillään kantaverkkoon liitettävät tuulipuistot ovat teholtaan yli 15 megawattia. Tätä pienemmän tehon liittäminen kantaverkkoon ei ole yleensä tarkoituksenmukaista eikä kustannustehokasta. (Fingrid, 2022, s. 9.)

Tuulipuiston sisäinen sähkönsiirto voimaloilta hankealueella sijaitseville sähköasemille toteutetaan lähtökohtaisesti maakaapelein, jotka sijoitetaan olemassa olevien teiden ja rakennettavien huoltoteiden yhteyteen kaivettaviin kaapeliojiin vähintään 0,7 metrin syvyyteen. (Afry Finland Oy, 2025, s. 37; Ramboll Finland Oy, 2025, s. 53.)

Tuotettu sähkö siirretään tuulipuiston sisäisiltä sähköasemilta ilmajohtolla kantaverkon sähköasemalle. Ulkoinen sähkönsiirto on mahdollista toteuttaa myös maakaapelilla (Etelä-Pohjanmaan liitto, 2024, s. 193). Voimajohto käsittää voimajohdon rakenteen osat sekä johtoalueen, joka kuuluu voimajohdon alle jäävä maa-alue.

Johtoalueeseen lasketaan kuuluvaksi johtoaukea sekä johtoalueen molemmiin puoliin sijaitsevat reunavyöhykkeet, joilla puiden kasvukorkeus on rajoitettua. (Ramboll Finland Oy, 2025, s. 53.)

Tuulivoimapuisto tarvitsee voimalamäärästä riippuen joko yhden tai useampia sähkö- tai kytkinasemia, joilla voimaloilta maakaapeleilla johdettu keskijännite muunnetaan 400 kV:n jännitteeksi ilmajohdolla tai maakaapelilla eteenpäin siirrettäväksi. Yhden sähköaseman vaatima alue on noin 1 hehtaari. Sähköaseman alue aidataan. (Etelä-Pohjanmaan liitto, 2024, s. 193; Ramboll Finland Oy, 2025, s. 53.)



Kuva 2. Tuulivoimapuisto Pohjanmaalla (Jan Nyman, 2025).

3.3. Tuulivoiman luontovaikutukset

Suomeen rakennetun tuuli- ja aurinkovoiman merkittävimmät globaalin tason luontovaikutukset syntyvät rakennusmateriaalien tuotannosta elinympäristöissä Suomen rajojen ulkopuolella.

Merkittävin paikallinen luontovaikutus tuulivoimahankkeilla Suomessa on energiainfrastruktuurin aiheuttamat maankäytön muutokset, jotka pirstovat, pienentävät ja heikentävät elinympäristöjä ja saattavat aiheuttaa näin muun ihmistoiminnan kanssa lisäpainetta monille jo valmiiksi uhanalaistuneille lajeille ja luontotyypeille. Suomen elinympäristöistä tuulivoimalat vaikuttavat erityisesti metsiin, mitkä ovat myös Suomen yleisin elinympäristö. (Pasanen ja muut, 2025, s. 2.)

Tuulivoimapuiston elinkaaren aikaiset vaikutukset jakaantuvat kolmeen vaiheeseen; rakentamisen aikaisiin, käytön aikaisiin ja käytöstä poistamisen aikaisiin vaikutuksiin. Voimakkaimmat vaikutukset liittyvät rakentamisaikaiseen toimintaan, jolloin melua ja muuta häiriötä aiheutuu alueelle eniten. Käytön aikainen ja tuulivoimalan purkamisesta johtuvat häiriöt ovat vähäisempiä ja lyhytkestoisempia. (FCG Finnish Consulting Group Oy, 2022.)

Ruotsalaisen tuulivoimajärjestön Svensk Vindenergin teettämän Science Based Targets for Nature arvioinnin mukaan tuulivoimaloiden rakennusmateriaalien kuten teräksen, kuparin ja alumiinin tuotannon luontovaikutukset ovat merkittävämmät kuin tuulivoimarakentamisen paikalliset luontovaikutukset Etelä-Ruotsin Karlskruvissa. Tämä johtuu siitä, että alue, jolle tuulivoimala sijoittuu Etelä-Ruotsissa ei ole luonnon monimuotoisuudeltaan yhtä rikas kuin alueet, joilla terästä, alumiinia ja kuparia tuotetaan esimerkiksi Australiassa, Kiinassa ja Brasiliassa. (Pasanen ja muut, 2025, s. 18.)

Suomen ympäristökeskuksen tekemässä selvityksessä tuulivoiman merkittävimmiksi luontoon kohdistuviksi vaikutusmekanismeiksi on arvioitu elinympäristöjen katoaminen, sirpaloituminen tai muuttuminen. Lisäksi tuulivoimalat voivat aiheuttaa karttamista eri lajeille, törmäyksiä, häiriötä, melua sekä lajitasolla houkuttelumekanismia. (Luonnonvarakeskus, 2023b; Vuori ja muut, 2025.)

Kansainvälisissä tutkimuksissa eniten tutkimuksia on kohdistettu lintuihin ja lepäköihin. Tutkittavat vaikutusmekanismit edellä mainittuihin lajiryhmiin ovat olleet elinympäristön katoaminen, sirpaloituminen tai muuttuminen, karttaminen, törmäminen ja meluvaikutus. Negatiiviset vaikutukset ovat tulleet esille metsissä ja pensaikkomailla sijaitsevilla tuulivoimaloilla. Joissakin tapauksissa tuulivoimalan rakentaminen voi myös luoda uusia elinympäristöjä kasveille ja pölyttäjille. Positiivisia vaikutuksia kasveille ja pölyttäjille on todettu olevan maatalous- ja ruohostoilla sijaitsevilla tuulivoimaloilla. (Vuori ja muut, 2025.)

Rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat ajallisesti lyhytkestoisia ja aiheutuvat pääasiassa tiestön ja tuulivoimala-alueiden rakentamisen vaatimista kasvillisuuden raivaamisesta, rakentamiseen liittyvien kuljetusten liikennevaikutuksista sekä työmaakoneiden äänistä. Lisäksi tuulivoimaloiden rakentamisen tarvitaan paikoittain suuria määriä maa-aineksia, joka aiheuttaa maaperään kohdistuvia vaikutuksia. (FCG Finnish Consulting Group Oy, 2022.)

Käytön aikaisia vaikutuksia voivat aiheuttaa tuulivoimaloiden käyntiääni sekä roottorin pyörimisestä johtuva auringonvalon aiheuttama välke. Käytön aikaisia vaikutuksia ovat myös lisääntyvä ihmisten liikkuminen ja virkistyskäyttö alueella, huolto-liikenne, huoltotiestön muodostama estevaikutus ja käytävävaikutus sekä elinympäristöjen häviäminen, muuttuminen ja pirstoutuminen. (FCG Finnish Consulting Group Oy, 2022.)

Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset ovat verrattavissa rakentamisen aikaisiin vaikutuksiin, mutta ne ovat lievempiä. Käytön lopettamisen aikaiset vaikutukset ovat lyhytkestoisia ja ne aiheutuvat pääosin työmaakoneiden äänistä ja liikenteestä. (FCG Finnish Consulting Group Oy, 2022.)

Sähkön siirron tyypillisiä ympäristövaikutuksia ovat vaikutukset maankäyttöön, sähkönsiirtoreitin luontoarvoihin, maisemaan tai elinkeinoihin. Vaikutukset ovat erilaisia ilmajohdoilla toteutettavissa sähkönsiirtohankkeissa ja maakaapeleilla toteutettavissa sähkönsiirtohankkeissa. Maakaapeleilla toteutettavassa hankkeessa vaikutuksia aiheutuu kaapelin asennusvaiheessa ja ilmajohdoilla toteutettavissa hankkeissa koko ilmajohdon elinkaaren ajan. (FCG Finnish Consulting Group Oy, 2022.)

Lisäksi tuulivoimarakentamisella on hankealueella rajoittava vaikutus tulevaan maankäyttöön ja se voi näin ollen välillisesti ohjata muuta maankäyttöä toisaalle. Eli vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen voivat tällä tavoin kumuloitua uusille alueille. Uuden maankäytön luonteesta riippuu, onko vaikutus alueellisesti laaja vai jääkö vaikutus paikalliseksi. (FCG Finnish Consulting Group Oy, 2022.)



Kuva 3. Sähkön siirto kuuluu osana tuulivoimahankkeisiin (Jan Nyman, 2025).

Kivennäismaalle sijoittuvissa tuulivoimaloiden rakennuspaikoissa kasvillisuusvaikutukset ovat ominaisuuksiltaan jossain määrin pysyviä johtuen muutoksista maaperän ominaisuuksissa (podsoli- ja turvemaan poisto, sora- ja hiekkojen tuonti) ja vesitaloudessa (tiepenkereet). Kivennäismaan metsissä voimaloiden rakentamisalueet palautuvat ennen pitkää edelleen metsätalousalueiksi. Metsien lajistolle kohdistuvat vaikutukset rakennuspaikoilla ulottuvat tuulivoimapuiston ja voimajohdon toiminnan ajalle.

Kokonaisuudessaan tuulivoimaloiden rakentamispaikkojen kasvillisuuden poistamisen vaikutukset jäävät vähäisiksi, koska rakentamisen alle jäävän metsämaan pinta-ala on pieni suhteessa koko rajattuun tuulivoimapuiston hankealueeseen. (FCG Finnish Consulting Group Oy, 2022, s. 199.)

Reunavaikutus muuttaa metsän olosuhteita ja kasvillisuuden ominaispiirteitä myös hieman laajemmalta alueelta rakentamisalueiden lähiympäristössä. Valon ja kosteusolosuhteiden muuttuessa metsälajisto reuna-alueilla pitkällä aikavälillä väheenee ja avoimempien kasvupaikkojen lajit kuten kastikat ja heinät lisääntyvät. Reunavaikutusalueen laajuus on kasvillisuuden osalta muutamien metrien tai korkeintaan noin viidenkymmenen metrin levyinen. (FCG Finnish Consulting Group Oy, 2022, s. 199.)

3.5. Vaikutukset linnustoon ja muuhun eläimistöön

Tuulivoimaloiden vaikutukset lintuihin aiheutuvat pääasiassa törmäysten, häirintävaikutuksen, estevaikutuksen sekä rakentamisen aiheuttaman elinympäristön muuttumisen ja sitä kautta sopivan elinympäristön häviämisen tai syntymisen kautta. Suuri osa tuulivoimaloiden vaikutuksista lintuihin käsitelleistä tutkimuksista on keskittynyt petolintuihin ja muihin suuriin lintuihin sekä uhanalaisiin tai muuten suojelun kannalta erityisesti kiinnostaviin lajeihin.

Esimerkiksi Tikkasen (toim.) (2022) mukaan tuulivoimaloiden vaikutusten merkittävyyttä maakotkan (*Aquila chrysaetos*) lisääkuolleisuuteen on arvioitu populaatiomallinnuksen avulla. Maakotkalle merkittävän haitalliseksi tuulivoiman aiheuttamaksi lisääkuolleisuudeksi määriteltiin populaatiomallinnuksin yli 0,06 törmäystä vuodessa yhtä reviiriä kohden. (Tikkanen, 2022.)

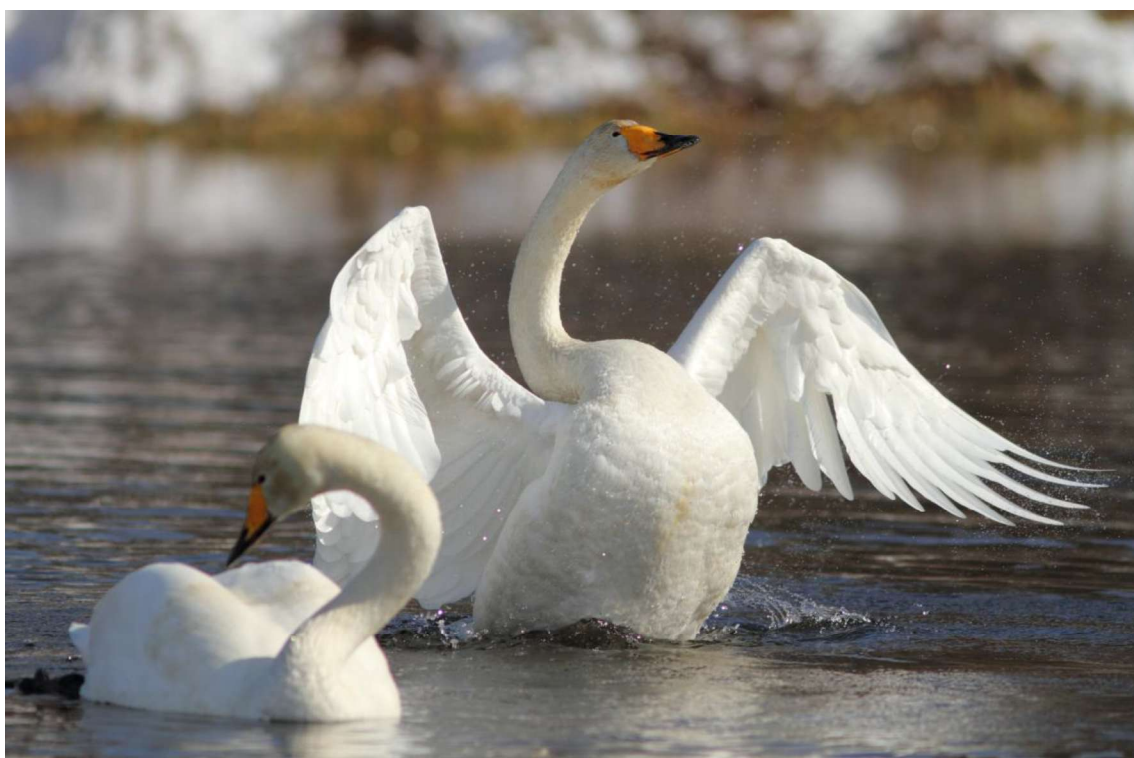
Pienempien lajien törmäysalttiudesta ja häirintävaikutuksista on vähän tutkimuksia suhteessa niiden runsauteen, mutta esimerkiksi tuulivoimaloiden vaikutuksista varpuslintuihin on kuitenkin tehty monia tutkimuksia (Meller, 2017, s. 11.)

Törmäysten lisäksi tuulivoimalat voivat vaikuttaa lintuihin vähentämällä sopivaa elinympäristöä joko suoraan rakentamisvaikutuksen kautta tai epäsuoremmin rakentamisen, turbiinin pyörinnän, tai huoltoliikenteen aiheuttaman häirintävaikutuksen kautta. Tuulivoimaloiden aiheuttamalla häirintävaikutuksella on arvioitu usein olevan törmäyksiä suurempi vaikutus lintupopulaatioihin. Häirintävaikutus tarkoittaa sitä, että tuulivoimala aiheuttaa syystä tai toisesta lintujen siirtymisen pois voimalan läheisyydestä, jolloin niille muuten sopiva pesimä- tai ruokailuympäristö jää käyttämättä. Pesimäaikana häirintävaikutus ei tavallisesti ulotu kovin etäälle tuulivoimalasta (yleensä alle 100–200 metriä), joskaan monessa tutkimuksessa vaikutusta ei ole havaittu ollenkaan. (Frondelius, 2021, s. 13; Luonnonvarakeskus (Luke) 2023b; Meller, 2017, s. 19; Tolvanen, Holttinen, Laine-Petäjäkangas, Tokola, Pouta, Anttila, Heinonen, Jokikokko, Karlsson, Koponen, Lampela, Lindroos, Maanavilja, Mäntymaa, Rana, Routavaara, Selkimäki, Juutinen, 2025, s. 30; Tolvanen, Routavaara, Jokikokko, Rana, 2023.)

Tuulivoimaloiden rakentaminen muuttaa olosuhteita paikallisesti, mikä voi aiheuttaa lintutiheyksien ja lajiston muutoksia varsin pienialaisella rakennustöiden alueella. Käytännössä tämä tarkoittaa yleensä yksittäisten lintuparien elinympäristöjen ja pesimäpaikkojen muuttumista tai tuhoutumista. Lisäksi voimaloihin liittyvä infrastruktuuri, kuten tiet ja voimajohdot, lisäävät muuttuvan alueen määrää, joten niiden vaikutus pitää laskea mukaan kokonaisvaikutuksia arvioitaessa. (Meller, 2017, s. 23.)

Tuulivoimaloiden rakentamiseen tarvittava maa-ala lisääntyy merkittävästi, jos rakentamisalueelle pitää tehdä paljon uusia teitä. Joka tapauksessa tuulivoimarakentamisen aiheuttama suora elinympäristöjen muuttuminen vaikuttaa varsin pieneen pinta-alaan verrattuna monien muiden ihmistoimien kuten metsätalouden tai energian tuotantotavoista puun ja turpeen polton aiheuttamiin, laajamittaisesti luontoa muokkaaviin vaikutuksiin. (Meller, 2017, s. 23.)

Linnut yleensä väistävät tuulivoimapuistoja, mikä vähentää huomattavasti niiden todennäköisyyttä törmätä turbiinien pyöriviin lapoihin, mutta toisaalta väistäminen voi lisätä liikkumismatkojen pituutta ja sitä kautta energian kulutusta. Muuttolinnuille tuulivoimapuistojen väistäminen ei arvioiden mukaan yleensä ole merkittävä lisäys satojen tai tuhansien kilometrien muuttomatkaan. Toisaalta monille lajeille tuulivoimapuistojen estevaikutus on varsin pieni tai olematon, koska linnut lentävät sujuvasti turbiinien välistä tai vieritse. Näin on havaittu tapahtuvan myös Pohjois-Pohjanmaan tutkimusalueella, jossa kurjet lensivät ongelmitta tuulivoimapuistojen lävitse ruokailu- ja yöpymisalueidensa välillä (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy, 2018, FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy, 2017.)



Kuva 4. Tuulivoiman vaikutuksia suuriin lintuihin kuten laulujoutseneen on selvitetty useissa tutkimuksissa (Jan Nyman, 2025).

Perämerellä ja Pohjois-Pohjanmaalla tehdyissä tutkimuksissa tuulivoimaloiden vaikutus lintujen muuttoon ja liikkumiseen olivat ylipäänsä pieniä ja selvästi vähäisempiä kuin mitä ennen tuulivoimaloiden rakentamista oli arvioitu (Suorsa, 2019, s. 154). Estevaikutuksen esiintyminen ja voimakkuus riippuu sekä tuulivoimapuiston sijainnista suuressa mittakaavassa että turbiinien sijoittelusta tuulivoimapuiston sisällä. (Meller, 2017, s. 24.)



Kuva 5. Perämerellä on selvitetty tuulivoimaloiden vaikutuksia vesilinnustoon (Jan Nyman 2025).

Tuulivoiman vaikutuksia eläimistöön on Suomessa tutkittu vähän. Metsäeläimistä kotimainen tutkimustieto puuttuu kokonaan esimerkiksi suden, metsäpeuran ja maakotkan esiintymisestä ja elinympäristöjen käytöstä tuulivoimaloiden lähialueilla. Lisäksi tuulivoimaloiden vaikutusta poronhoitoon ja poronhoidon kustannuksiin ei ole tutkittu. (Luonnonvarakeskus (Luke), 2023a.)

Tuulivoiman ympäristövaikutusten arvioinneissa erityistä huolta on kiinnitetty laajo- ja rauhallisia reviirejä tarvitsevien lajien, kuten suurten nisäkkäiden sekä suurten petolintujen elinolosuhteisiin. Toistaiseksi tuulivoimarakentamisen vaikutuksista suuriin nisäkäslajeihin ei kuitenkaan ole tieteellisesti tutkittu Suomen oloissa, vaikka tämän selvityksen kirjoitushetkellä onkin meneillään useita tutkimushankkeita. (Pasanen ja muut, s. 2, 2025.)

Muissa maissa tehdyissä tutkimuksissa tuulivoiman vaikutukset eri lajeihin ovat vaihdelleet muun muassa vuodenajan, sukupuolen, petojen määrän ja elinympäristön mukaan. Etenkin lisääntymisaikana vaikutukset ovat olleet voimakkaampia kuin muina vuodenaikoina. Tuulivoiman vaikutusten on todettu vaihtelevan myös sen mukaan, onko voimala-alue vasta rakenteilla vai jo käytössä. Joillakin lajeilla rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat olleet voimakkaampia kuin voimaloiden tuotantovaiheen aikaiset vaikutukset, mutta tuloksia ei voi yleistää kaikkiin lajeihin. (Luonnonvarakeskus (Luke), 2023c.)

Tuulivoimalla tiedetään olevan linnustoon myös välillisempiä vaikutuksia kuten välttämiskäyttäytymiseen johtavia häirintä- ja estevaikutuksia, elinympäristömuutosten välityksellä koituvia vaikutuksia sekä vaikutuksia paikallisiin populaatioihin. Myös kumulatiivisia eli kertyviä vaikutuksia suhteessa esimerkiksi populaatiotason vaikutuksiin tutkitaan. (Seutu 2024, s. 2.)

Vaikka tuulivoimala-alueet eivät estä eläinten liikkumista ja lisääntymistä voimalaitosalueilla, on niillä havaittu olevan häirintävaikutuksia ja elinympäristövaikutuksia useisiin eläinlajeihin ja lajiryhmiin. (Pasanen ja muut, 2025, s. 20.)

3.6. Tuulivoimalan vesistövaikutukset

Maatuulivoimalan vesistövaikutukset voivat hydrologisten yhteyksien kautta ulottua laajemmin koko valuma-alueelle. Vesistövaikutuksissa korostuvat myös kasautuvat yhteisvaikutukset valuma-alueen muun maankäytön kanssa. Vesistövaikutuksia on tuulivoimahankkeissa tarkasteltava eri mittakaavatasoilla välittömän vaikutuksen

piirissä olevista vesialueista myös alempana valuma-alueella sijaitseviin vesistöihin, joihin hankkeella voi olla vaikutusta esimerkiksi ravinnekuormituksen tai valunnan muutosten kautta. (Kropsu, Rytkönen, Aronsuu, Rintala, Saari, Schuss, 2025, s. 18.)

Tuulivoimahankkeiden aiheuttamat vesistövaikutukset voivat olla tilapäisiä, pitkäaikaisia tai pysyviä, ja ne voivat kohdistua rakentamisvaiheeseen, toimintavaiheeseen tai tuulivoimalan purkamiseen. Vesistövaikutukset eritellään hydrologian, vesistökuormituksen sekä uomien rakenteen ja esteellisyyden aiheuttamiin vaikutuksiin. Nämä muutokset yksin ja yhdessä vaikuttavat eliöstön tilaan muuttamalla elinympäristöjä ja edelleen lajistosuhteita eli eliöstön rakennetta. Vesieliöstön tilaan vaikuttavat siis veden virtausolot, esteettömyys, pohjan ja rantavyöhykkeen rakenne sekä veden lämpö-, happi- ja ravinneolot sekä haitalliset aineet. (Kropsu ja muut, 2025, s. 18.)

Kropsun ja muiden (2025) mukaan vaikutukset vesieliöstöön syntyvät virtaamaan äärevöitymisen aiheuttaman kosteusolosuhteiden, elinympäristöjen määrän ja laadun sekä ekosysteemin rakenteen muutoksen myötä. Lisäksi elinympäristömuutoksia aiheuttavat rehevöityminen, happamoituminen ja liettyminen. (Kropsu ja muut, 2025, s. 18.)

3.7. Tuulivoiman luontovaikutukset turvetuotantoalueella

Turvetuotantoalueet ovat valmiiksi voimakkaasti muokattuja alueita ja niillä on vähän nykyisiä luontoarvoja, joten ne soveltuvat hyvin sekä aurinko- että tuulivoiman tuotantoon (Elinvoimakeskus, 2026). Kuitenkin, jos aurinko- ja tuulivoiman perustaminen vaatii alueen kasvittumisen estämisen ja kuivattamisen, maaperästä aiheutuu hiilidioksidipäästöjä eivätkä vaikutukset ole positiiviset myöskään luonnon monimuotoisuuden tai vesistökuormituksen kannalta. Siksi aurinko- ja tuulivoima tuotannossa olisi oleellista antaa alueen vettyä ja kasvittua. Ennallistaminen, kosteikat ja kuivilla alueilla metsitys ovat parempia jatkokäyttövaihtoehtoja ympäristövaikutusten kannalta. (Aro ja muut, 2023, s. 48.)

Kun tuulivoimapuistoja perustetaan turvetuotantoalueiden läheisyyteen, niin nykyisin tuulivoimayksiköt sijoitetaan käytännössä aina aluetta ympäröiville kivennäismaille kasvulliselle metsämaalle, mistä aiheutuu metsäkatoa. Tuulivoiman hyvä puoli toisaalta on, että se ei aseta suonpohjan käytölle juuri minkäänlaisia rajoitteita, vaan kaikki maankäyttömuodot, esimerkiksi metsitys, ennallistaminen ja vaikkapa rahkasammalen kasvatus, ovat sallittuja, ja sopivat hyvin tuulivoiman tuotannon yhteyteen. (Aro ja muut, 2023, s. 48.)

Tuulivoima-alueella turvepohjalle aiheutuvat vaikutukset muuttavat kasvupaikan ominaisuuksia, sillä kohteelle tuodaan runsaasti murskeita ja maamassoja, joten turvetuotantoalueiden suoaltaiden alueella luontainen uudelleen soistuminen tulevaisuudessa ei toimi normaaliin tapaan. (FCG Finnish Consulting Group Oy, 2022, s. 199.)

3.8. Tuulivoiman yhteisvaikutukset

Monissa kunnissa on käynnissä useita tuulivoimahankkeita hyvin lähellä toisiaan. Tuulivoimahankkeita ei kuitenkaan kehitetä erillään toisistaan, vaan niiden yhteisvaikutukset ympäristöön otetaan suunnittelussa huomioon. YVA-menettelyssä arvioidaan hankkeiden maankäytön sekä mahdollisen melun ja välkkeen yhteisvaikutuksia muun muassa alueen eläimistöön ja maisemaan. (Metsähallitus, 2026.)

Yhteisvaikutuksia voi muodostua esimerkiksi maisemaan, jossa tietyistä pisteistä saattaa näkyä useamman eri hankkeen voimaloita. Tämän vuoksi huomioimme omissa laskelmissamme ja kuvasovitteissamme myös lähistön muut voimalat sekä suunnitellut voimalat. Yhteisvaikutusten seurauksena metsäalueet saattavat myös pirstaloitua, mikä voi vaikuttaa tiettyjen eläinlajien liikkeisiin. Tämä otetaan huomioon hankekohtaisesti. (Metsähallitus, 2026.)

4. AURINKOVOIMAN VAIKUTUKSET BIODIVERSITEETTIIN

4.1. Aurinkovoima-alueen yleiskuvaus

Aurinkovoima-alue koostuu rinnakkain kytketyistä aurinkopaneeleista. Aurinkopaneelit on yleensä kehystetty metallikehyksellä. Aurinkopaneelit asennetaan riveihin. Paneelirivit kytketään vaihtosuuntaajiin eli inverttereihin, joissa aurinkokennojen tuottama tasasähkö muunnetaan vaihtosähköksi. Lisäksi alueelle sijoitetaan keski-jännitemuuntamoita, joissa jännite nostetaan ennen kytkemistä voimalan sähkö-asemaan. Aurinkokennorivistön kallistuskulma on tyypillisesti 24–45 astetta etelään. Paneelit ovat korkeudeltaan 2,5–5 metriä maanpinnasta. (Sweco, 2025, s. 42.)



Kuva 6. Lapuan Heininevan aurinkovoimapuisto kuvattuna etelästä pohjoiseen (EPV, Aurinkovoima Oy, 2024).

Aurinkopaneelit asennetaan maahan paalujen, tukipilareiden tai jalustojen päälle, jotka asennetaan yleensä routarajan alapuolelle noin 2 metrin syvyyteen. Maanvaraiset perustukset voidaan toteuttaa esimerkiksi paaluilla tai kelluvalla perustuksella.

Pehmeän maa-aineksen ja routimisen takia maaperää voidaan tukevoittaa lisäksi esimerkiksi geolujiteverkolla, jonka päälle laitetaan kivimurskaa. (Envineer, Oy, 2024, s. 65.)

4.2. Aurinkovoimalan sähköverkkoliityntä ja sähkönsiirto

Sähköverkkoliityntä järjestetään tekemällä verkonhaltijan kanssa liittymissopimus ja verkkopalvelusopimus. Mikäli verkkoliityntäpiste ei ole hankealueen välittömässä läheisyydessä, rakennetaan aurinkovoimalan ja verkkoliityntäpisteen välille joko maakaapeli tai liittymisjohto. Mikäli liittymisjohdon jännite on 110 kV tai suurempi, vaatii johto hankelupaa Energiavirastolta. (Suomen uusiutuva ry–Renewables Finland, n.d.a.)

Aurinkovoimalan sisäinen sähkönsiirto toteutetaan tavallisimmin maakaapeleilla, jotka sijoitetaan huoltoteiden yhteyteen kaapeliojiin. Sisäinen sähkönsiirto johdetaan sähköasemalle. (Envineer Oy, 2024, s. 69.)

4.3. Aurinkovoiman luontovaikutukset

Aurinkovoimaloiden biodiversiteettivaikutuksia on tutkittu toistaiseksi melko vähän ja tieteellisiä julkaisuja aurinkovoiman luontovaikutuksista on tuotettu merkittävässä määrin vasta vuoden 2020 jälkeen. Tieteelliset julkaisut aurinkovoiman luontovaikutuksista ovat keskittyneet erityisesti Yhdysvaltoihin, Isoon Britanniaan sekä Ranskaan. Suomesta ei ole julkaistu vielä tutkimuksia aurinkovoiman luontovaikutuksista. (Muhonen, 2024, s. 5; Pasanen ja muut, 2025, s.30; Tolvanen, 2024, s. 47–49.)

Aurinkovoiman luontokatoa aiheuttavia vaikutuksia aiheuttavat hankkeiden edellyttämät maankäytön muutokset, ilmastovaikutukset, luonnonvarojen käyttö ja logistiikka. Osa luontovaikutuksista on negatiivisia, mutta positiiviseksi aurinkovoiman vaikutukseksi on yleisesti arvioitu fossiilienergian korvaamisesta syntyvät päästöhyödyt. (Pasanen, ja muut, 2025, s.31.)

Aurinkovoiman ympäristövaikutuksiin vaikuttaa merkittävästi hankkeen sijainti. Vastaavasti hankkeen sijainnin ja koon huolellisella suunnittelulla voidaan hallita hankkeen ympäristövaikutuksia. (Suomen uusiutuva ry–Renewables Finland, n.d.b.)

Tuotantovaiheessa aurinkosähkön tuottamisesta ei synny käytännössä lainkaan ääntä, ainoastaan muuntaja tuottaa pientä huminaa. Tuotantovaiheessa aurinkovoimalan alue on muutoinkin rauhallinen ja rakentamisvaiheen jälkeen voimala-alueelle ei juurikaan suuntaudu liikennettä. Aurinkovoimahankkeilla voidaan säävuttaa paikallista positiivista ympäristövaikutusta. Paikallista biodiversiteettiä on mahdollista parantaa luomalla aurinkovoimalan yhteyteen niittyjä, kosteikkoja ja/tai paahdealueita. (Suomen uusiutuva ry–Renewables Finland, n.d.b.)

4.4. Vaikutukset elinympäristöihin ja ekologisiin yhteyksiin

Aurinkovoiman elinympäristö- ja luontotyyppivaikutukset riippuvat paljon siitä minkälaisiin elinympäristöihin voimalaitokset sijoitetaan. Aurinkosähkön tuotannon elinkaaren biodiversiteettivaikutusten arvioinnissa arvioitiin Suomessa, Saksassa ja Marokossa sijaitsevia hankkeita havaittiin, että suurin osa maaekosysteemien biodiversiteettivaikutuksista liittyi voimaloiden tarvitsemaan maankäyttöön ja voimaloiden käyttövaiheeseen, mikä selittyy voimaloiden vaatimalla suurella maa-alalla. (Pasanen ja muut, 2025, s. 33.)

Aurinkovoimahankkeiden ympäristövaikutusten arvioinneissa YVA-menettelyn tai kaava- tai suunnittelutarveratkaisujen yhteydessä on nostettu esille metsäisiin elinympäristöihin sijoitettujen aurinkovoimahankkeiden merkittävät kielteiset vaikutukset kasvillisuuden muutoksiin. Myös luonnontilaisiin suo ympäristöihin sijoitettuna aurinkovoimala-alueilla on soiden kuivattamisen takia kielteiset ekologiset vaikutukset. Metsiin sijoitettaessa aurinkovoimaloilla on metsien luonnon monimuotoisuutta merkittävästi vähentävä vaikutus, sillä voimalaitosalueella on tehtävä avohakkuu ja poistettava puut sekä tehtävä maanmuokkausta, mikä käytännössä hävittää metsäekosysteemin pysyvästi. (Pasanen ja muut, 2025, s. 33.)

Tapion tekemän raportin mukaan aurinkovoimaloiden aitaaminen voi aiheuttaa elinympäristöjen pirstoutumista ja heikentää lajien liikkumis- ja leviämismahdollisuuksia sekä niiden populaatioita (Matila, Launiainen, Salin, Virta & Ranta, 2025, s. 25). Tämä toisaalta rauhoittaa alueen mm. kasveille ja hyönteisille (Suomen uusiutuva ry - Renewables Finland, n.d.b.)

Peltoalueilla rakennettaessa aurinkovoiman biodiversiteettivaikutukset ovat vähäisemmät kuin talousmetsiin sijoitettaessa, sillä peltoalueiden kasvillisuus ja eläimistö on usein melko yksipuolista, kun taas talousmetsien elinympäristöt ovat talouskäytöstä huolimatta saaneet kehittyä ja kerrostua luonnoltaan monipuolisemmiksi. Kansainvälisissä tutkimuksissa on todettu, että aurinkovoimahankkeet ovat jopa lisänneet luonnon monimuotoisuutta entisille peltoalueille sijoitettuna, sillä aurinkovoimaloiden alueelle kasvava kasvillisuus on viljelypeltoja monimuotoisempaa. Suomen uhanalaisimpiin luontotyyppeihin kuuluvat perinnebiotoopit, kuten niityt ja kedot ovat elinympäristöjä, joita istuttamalla ja hoitamalla on mahdollista lisätä pelloille sijoitettavien aurinkovoimala-alueiden monimuotoisuutta. (Pasanen ja muut, 2025, s. 33.)

4.5. Vaikutukset eläinlajeihin

Aurinkovoiman vaikutuksista eri eläinlajeihin on vielä suhteellisen vähän tutkimustietoa olemassa ja aiheesta kaivattaisiin lisää alkuperäisjulkaisuja (Pasanen ja muut 2025, s. 34). Eniten tutkimuksia on tehty aurinkovoiman vaikutuksista maatalousympäristöjen pölyttäjiin ja kasveihin (Vuori ja muut, 2025). Aurinkovoiman vaikutukset paikalliseen eläimistöön voivat olla niin negatiivisia kuin positiivisiakin riippuen lajista (Pasanen ja muut, 2025, s. 34).

Negatiivisia luontovaikutuksia aiheuttavat pinta-alaltaan suuret aurinkovoimala-alueet ja niihin liittyvä infrastruktuuri, koska ne voivat häiritä nisäkäslajien liikkumista ja pienentää näiden reviirejä. Lisäksi laajoja reviirejä vaativien eläinlajien elinympäristöjen pirstoutuminen ja laadun heikentyminen nousee arvioinneissa esille. Linnustovaikutukset on aurinkovoimahankkeissa usein arvioitu vähäisiksi,

vaikka arvioinneissa on myös nostettu esiin, että esimerkiksi metsäisen ympäristön muuttumisella avoimeksi aurinkovoima-alueeksi voi olla merkittäviä vaikutuksia metsiä suosiviin lintulajeihin. (Pasanen ja muut. 2025, s. 34.)

Slovakiassa tarkasteltiin maatalousalueille perustettujen aurinkovoimaloiden vaikutuksia lintulajistoon ja havaittiin, että erityisesti hyönteissyöjälintujen lajisto oli monipuolisempaa kuin ulkopuolisilla alueilla. Aurinkovoimakenttien lajisto ylipäättään poikkesi ympäröivän maatalousympäristön lajistosta ja sitä kautta monipuolisti monimuotoisuutta maisematasolla. (Tolvanen, 2024, s. 48.)



Kuva 7. Tuotannossa olevat aurinkovoimala-alueet aidataan (Jan Nyman, 2025).

Aurinkopaneelit voivat lisätä lintujen törmäyskuolleisuutta, jos linnut erehtyvät luulemaan alueita vesiympäristönä ja käyttävät vettä laskeutumis- ja nousuympäristönä. Kaliforniassa tehty tutkimus osoitti, että lintujen törmäyskuolleisuus on samaa luokkaa aurinko- ja tuulivoimassa, mutta vain vähäinen kaikista muista ihmisen aiheuttamista kuolleisuuden aiheuttajista.

Tutkimuksessa kuitenkin arvioitiin, että aurinkovoiman yleistyessä myös sen osuus lintujen törmäyskuolleisuudessa kasvaa, ja sitä kautta siitä tulee uusi ihmisen aiheuttama monimuotoisuutta heikentävä tekijä. (Alam, Haara, Khan, Kilpeläinen, Leinonen, Leppänen, Mylly-kangas, Tolvanen, Wall, 2024, s. 5; Tolvanen, 2024, s. 48.)

Avoimille paikoille sijoitetut suuret aurinkovoimalat saattavat hävittää muuttolintujen levähdyspaikkoja ja tutkimuksissa on havaittu, että lintulajien määrä ja yksilötiheys on ollut alhaisempaa aurinkovoima-alueilla, kuin niiden reuna-alueilla. Toisaalta aurinkovoimaloiden on myös havaittu vaikuttavan positiivisesti avoimia alueita suosivaan lintulajistoon. Mikäli aurinkovoima-alueilla onnistutaan lisäämään monimuotoista ja uhanalaistunutta niitty- ja ketokasvillisuutta ja sen myötä myös hyönteisten määrää, voivat vaikutukset olla positiivisia myös monien perinneympäristöjen katoamisesta kärsiville, avoimien alueiden lintulajeille sekä hyönteisille. (Pasanen ja muut, 2025, s. 34.)

Lepakoita koskevissa tutkimuksissa on havaittu, että lepakoiden yleinen aktiivisuus oli samanlaista aurinkovoimala-alueilla kuin muissa avoimissa elinympäristöissä. Joidenkin suojelun kannalta merkittäviä lajien kuten siippalajien ja kääpiölepakoiden on kuitenkin havaittu kuitenkin välttelevän aurinkovoimala-alueita. (Pasanen ja muut, 2025, s. 34.)

Peltoympäristöissä aurinkovoimalat voivat parhaimmillaan lisätä luonnon monimuotoisuutta. Viisivuotisessa kenttätutkimuksessa Yhdysvalloissa Minnesotassa tutkittiin maatalousympäristöön sijoittuvan aurinkovoimalan vaikutuksia hyönteisyhteisöihin ja havaittiin, että luonnon monimuotoisuus lisääntyi alueella niin kasvillisuuden kuin hyönteisten osalta. Lisääntyneet pölyttäjämäärät aurinkovoima-alueella tukivat myös voimala-alueen läheisyydessä sijaitsevien maatalouskäytössä olevien peltujen viljelykasvien pölytystä. (Pasanen ja muut, 2025, s. 34.)

USA:ssa tutkittiin aiemmin maatalouskäytössä olleella aurinkovoimakentällä, jolle kylvettiin heinä- ja ruohokasveja. Alueen kasvilajiston monipuolistumisen myötä myös pölyttäjäyhteisöt kohentuivat muutamassa vuodessa, mikä paransi myös peltojen läheisyydessä sijaitsevien soijaviljelmien pölytystä. Toiminnalla pystyttiin siis parantamaan sekä monimuotoisuutta että ruokaturvaa energiantuotannon lisäksi. (Tolvanen, 2024, s. 48.)

Vesihyönteisillä tehty tutkimus osoitti, että paneelien heijastama polarisoitu valo voi erehdyttää jotkut hyönteiset munimaan paneeleihin. Siten aurinkovoimakentistä voi näille hyönteisille tulla ekologinen ansa, koska koko niiden jälkeläistö tuhoutuu. Toisaalta paneelien raidoitus ja valkeat reunat vähensivät niiden houkuttelevuutta 10–26-kertaisesti. (Tolvanen, 2024, s. 48.)

4.6. Aurinkovoiman luontovaikutukset turvetuotantoalueella

Turvetuotannosta poistuvat alueet soveltuvat tuotantoon. Ne tarjoavat laajoja yhteisiä alueita aurinkopaneelien käyttöön. Aurinko- ja tuulivoiman rakentamisessa ja niiden huollossa voidaan hyödyntää turvetuotannon aikaista tieverkostoa. (Elinvoimakeskus, 2026.)

Lähtökohtaisesti aurinkovoimalan sijoittaminen vahvasti ihmisen muokkaamalle alueelle on parempi vaihtoehto kuin metsän tai muun luonnon raivaaminen voimalan tieltä. Näin entisille turvetuotantoalueille rakentaminen voidaan nähdä toimintana, josta aiheutuvat vaikutukset olisivat pienemmät verrattuna muualle rakentamiseen. (Matila ja muut, 2025, s. 26.)

Kuitenkaan käytännön tietoa teollisen mittakaavan aurinkovoimaloiden vaikutuksista vesistöön ei ole vielä kertynyt Suomessa maatalousmaille, metsä- tai turvetuotantoalueille sijoittuvista aurinkovoimaloista (Matila ja muut, 2025).

Tolvasen (2024) mukaan entisille turvetuotantoalueille rakennettavien aurinkovoimaloiden vaikutukset monimuotoisuuteen voivat olla monitahoisia ja vaikuttaa paikallisesti tai laajemmalle alueelle. Vaikutukset kohdistuvat aurinkovoimalan rakentamisajalle, sen käytön aikaiselle toiminnalle sekä aurinkovoimalan purkamisen ajalle.

Aurinkovoimalan käytön aikana linnut voivat törmätä paneeleihin ja menehtyä. Alueella olevat voimajohdot voivat myös aiheuttaa kuolemia. Lajien yksilömäärät pienenevät törmäysten seurauksena. Lisäksi vesilinnut ja -hyönteiset sekä muut vedessä elävät eläimet voivat erehtyä luulemaan vedeksi aurinkopaneeleista syntyviä heijastuksia. Tämä vaikuttaa niiden liikkumiseen, ravinnonhankintaan ja lisääntymiseen. (Matila ja muut, 2025, s. 25.)

Rakentamisen aikana voimaloiden hankealueelle voi levitä veteen ja maalle vieraslajeja rakentamisen seurauksena. Riskiä lisää maa-ainesten tuominen alueelle teiden rakentamista tai maisemointia varten. Vieraslajit vievät tilaa paikalliselta lajistolta, estävät aurinkovoimalan kehittymistä monimuotoiseksi elinympäristöksi ja voivat levittää tauteja. Lisäksi voimaloiden rakentamisaikana pöly, ääni, valo ja jätteet voivat lisätä eläimille ympäristöstä aiheutuvaa stressiä. Toiminnan aikana vaikutukset ovat todennäköisesti pienempiä, mutta pitkäkestoisempia. Stressi voi vaikuttaa yksilöiden käyttäytymiseen, vastustuskykyyn ja lisääntymismenestykseen (Matila ja muut, 2025, s. 25.)

Turvemaille rakennettavaan aurinkovoimaan liittyy riskejä vesistövaikutuksista erityisesti rakentamisaikana, mutta huolellisella vesienhallinnan suunnittelulla, kuten riittävällä vesien pidättämisen ja suodattamisen avulla, riskejä voidaan tehokkaasti hallita. Entisille turpeenottoalueille rakennettaessa aurinkovoiman rakentamisen yhteydessä on mahdollista parantaa luonnon tilaa, mikäli alue suunnitellaan suo-
luonnon vesitasapainon kannalta optimaalisella tavalla. (Pasanen ja muut, 2025, s. 33.)

5. BIOENERGIAN VAIKUTUKSET BIODIVERSITEETTIIN

5.1. Yleistä bioenergiasta

Bioenergia on biopolttoaineista saatua energiaa. Biopolttoaineita saadaan Suomessa metsissä, soilla ja pelloilla kasvavista biomassoista sekä yhdyskuntien, maatalouden ja teollisuuden energian tuotantoon soveltuvista orgaanisista jätteistä. Bioenergiaa hyödynnetään useassa eri olomuodossa. Biomassoista voidaan jalostaa kiinteän polttoaineen lisäksi kaasumaisia ja nestemäisiä polttoaineita. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2025.)

Biomassoista hyödynnettävä energia on syntynyt auringonvalon vaikutuksesta, luonnollisessa fotosynteesi -prosessissa. Niin kauan, kun käytetyn biomassan sijalle voidaan kasvattaa vastaava määrä uutta bioraaka-ainetta, voidaan bioenergia luokitella uusiutuvaksi energianlähteeksi. (Dahiya & Krikov. 2014, s. 6.)



Kuva 8. Biokaasulaitos Mustasaarella (Jan Nyman, 2024).

Bioenergiaa voidaan tuottaa biolämpölaitoksissa, Bio-CHP-laitoksissa ja biokaasun tuotantolaitoksissa. Nestemäistä biopolttoainetta voidaan valmistaa erilaisista rasvoista biopolttoainetta valmistavissa laitoksissa. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2025.)

Sähköenergiaa tuotetaan bioraaka-aineista polttamalla. Yleisimmin polttamalla tuotetaan höyryä, josta tuotetaan turbiinien avulla sähköä. Höyryä voidaan käyttää myös suoraan energian lähteenä erilaisissa teollisuuden prosesseissa. Lämpö- ja jäähdytysenergiaa saadaan joko suoraan biomateriaalien poltossa tuotettavasta höyrystä tai bioenergian tai biopolttoaineiden tuotannosta syntyvästä hukkaenergiasta. Neste- ja kaasumaiset biopolttoaineet valmistetaan bioraaka-aineista fermentoimalla, pyrolyysillä, torrefioimalla tai esteröimällä. Yleisimmät biopolttoaineiden muodot ovat bioetanoli ja biodiesel. (Dahiya & Krikov. 2014, s. 7.)

5.2. Bioenergiailaitosten luontovaikutukset elinympäristöihin ja lajistoon

Bioenergiailaitosten vaikutusmekanismit ovat pääosin samat kuin muidenkin HO-KE-hankkeessa käsiteltävien energiatuotantomuotojen. Bioenergiailaitoksen sijaintipaikan valinta vaikuttaa olennaisesti luontovaikutusten syntymiseen. Paikallisesti suurimmat vaikutukset syntyvät tuotantolaitoksen syrjäyttäessä alkuperäisen luonnon rakentamispaikalta. Tavallisimmin bioenergiailaitosten suunnittelu- tai hankealueet ovat muutamia kymmeniä hehtaareita ja ne sijaitsevat usein jo käytössä olevilla teollisuusalueilla, jolloin vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen jäävät vähäisiksi. ELY-keskuksen (2024) mukaan tuotantolaitosten sijoituspaikkoja valittaessa tulisi välttää luonnontilaisia ja luonnonarvoiltaan arvokkaita alueita sekä suojeltujen lajien elinpaikkoja tai levinneisyysalueita. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2024, s. 10–27.)

Hankkeiden toiminnan aikana vaikutuksia voi syntyä liikenteen ja laitoksen aiheuttaman melun tai hajuhaittojen vuoksi. Kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltujen ympäristövaikutusten arviointimenettelyjen mukaan luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvia vaikutuksia ovat mm. vaikutukset kasvillisuuteen ja eläimistöön, vesistöihin

ja kalastoon sekä vaikutukset lähialueilla sijaitseviin luonnonsuojelualueisiin. (Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus, 2023; Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus, 2015; Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus, 2013; Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus, 2012.)

Muita biojalostamon keskeisiä ympäristönäkökohtia ovat muun muassa raaka-aineen hankinta, päästöt ilmaan ja veteen sekä mahdolliset onnettomuus- ja häiriötilanteet. (Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus, 2014.)

5.3. Biomassan kasvatuksen vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen

Metsäenergiaa käytetään Suomessa merkittäviä määriä kotien ja muiden rakennusten lämmittämiseen. Lisäksi sähköä ja lämpöä tuottavat yhteistuotantolaitokset toimivat tärkeänä osana sähköjärjestelmää. Fossiilisten polttoaineiden käytöstä energiantuotannossa on jo pitkälti siirrytty pois, mikä on kasvattanut etenkin puuenergian käytön nykyiselle tasolle. (Energiateollisuus ry & Bioenergia ry, 2025.)

Bioenergian käytölle on olemassa tarkat lakisääteiset raamit mm. uusiutuvan energian direktiivin kestävyyskriteerien ja EU:n metsäkatoasetuksen muodossa. Puunhankintaa ohjaa suuri määrä lainsäädäntöä (esimerkiksi metsälaki, metsätuholaki ja luonnonsuojelulaki), jotka muodostavat lähtökohtaisena pohjatasona toimivan kokonaisuuden. Lisäksi on käytössä iso joukko kestävästä metsänhoitoa turvaavia muita ohjeistuksia ja suosituksia, mm. kattavat metsänhoidon suositukset sekä laajasti käytössä olevat metsien sertifiointit. Suomen rajojen ulkopuolelta puupolttoaineita hankittaessa, on huomioitava sekä paikallinen lainsäädäntö ja ohjeistus että kestävä metsänhoidon suositukset kyseisessä sijainnissa. (Energiateollisuus ry & Bioenergia ry, 2025.)

Suurin osa bioenergialaitosten polttoaineesta saadaan metsäteollisuuden tarvitseman raaka-aineen sivutuotteena. Mikäli biotuotetehtaan polttoaineen saatavuus lisää metsänhakkuita, on laitoksen kokonaisvaikutus luontohaittoja lisäävä (Ahlvik, Boström, Bäck, Herzon, Jokimäki, Kallio, Ketola, Kulmala, Lehikoinen, Nieminen, Oksanen, Pappila, Pöyry, Saarikoski, Sinkkonen, Sääksjärvi, Kotiaho, 2021, s. 12).

Luonnon monimuotoisuuden turvaaminen metsissä vähentää energiapuunkorjuusta aiheutuvaa haittaa luonnolle ja lisää metsien häiriönsietokykyä, estää luontokatoa ja ylläpitää ekologisia prosesseja kuten hajottamista. Toimenpiteet valitaan tapauskohtaisesti leimikko- ja aluesuunnittelu huomioiden, ja kaikkiin toimiin sisältyy periaate, että aiemmin tehtyjä toimia luonnontilan parantamista varten kunnioitetaan. (Bioenergia ry, 2025a; Bioenergia ry, 2025b.)

Energiapuun korjuu ja käyttö eivät ole automaattisesti ongelmattomia luonnon monimuotoisuuden kannalta, vaan korjuumenetelmiin ja -kohteisiin pitää kiinnittää huomiota. Kantojen ja järeiden puiden korjuun monimuotoisuusvaikutukset ovat oleellisesti erilaisia kuin hakkuutähteiden korjuun monimuotoisuusvaikutukset. Vaikutusta on myös metsien kasvatus- ja hakkuutavoilla. Jos nämä eroavaisuudet otetaan huomioon, energiapuu on kuitenkin metsälajiston kannalta enimmäkseen ongelmaton polttoaine. (Joronen, Salhoja, Vähätiitto ja Murto, 2022, s. 32.)

5.4. Bioenergian luontovaikutukset turvetuotantoalueella

Kuivimmat suonpohjat sopivat aines- ja energiapuun tuottamiseen, ja entisten turvetuotantoalueiden vaativiin olosuhteisiin sopeutuvat parhaiten mänty, hies- ja raudoiskoivu. Kasvinviljelyssä hyviä tuloksia on kertynyt nurmiviljelystä ja ruokohelpistä, mutta muitakin vaihtoehtoja on kokeiltu. Kosteikkoviljelystä ei ole juuri kokemuksia. Rahkasammalen kasvattaminen on yksi mahdollisuuksista. (Aro ja muut, 2023, s. 4.)

Metsityksen lisäksi suonpohjat soveltuvat myös lehtipuiden lyhytkiertoviljelyyn. Lyhytkiertoviljely tarkoittaa, että nopeakasvuisia, vesoista uudistuvia lehtipuulajeja kasvatetaan tiheässä lyhyellä kiertoajalla. Metsityksellä voidaan paikallisesti lisätä luonnon monimuotoisuutta entisillä turvetuotantoalueilla. Lyhytkiertoviljelystä kerättävän puubiomassan käyttökohteita ovat muun muassa energiantuotanto, biohiili, bioaktiiviset yhdisteet ja uudet biojalosteet. Toistaiseksi yleisintä on käyttö energiaksi, jolloin puhutaan energiabiomassan lyhytkiertoviljelystä. (Elinvoimakeskus, 2026.)

Suomen olosuhteisiin sopivia energiapuulajeja ovat lähinnä hieskoivu, harmaaleppä, tervaleppä, haapa sekä pajut. Muista energiabiomassan kasvatukseen soveltuvista puulajeista ei ole Suomessa juuri kokemuksia. (Elinvoimakeskus, 2026.)



Kuva 9. Energiapuuta voidaan kasvattaa turvemailla (Jan Nyman, 2024).

6. TUOTANTOMUOTOJEN VERTAILUA

6.1. Tuulivoima

Tuulivoiman vaikutukset biodiversiteettiin muodostuvat sekä energiantuotannon globaalista materiaaltarpeesta että paikallisista maankäytön muutoksista. Suurin osa maailmanlaajuisista luontovaikutuksista liittyy tuulivoimaloiden rakennusmateriaalien, kuten teräksen, kuparin ja alumiinin, tuotantoon. Nämä prosessit tapahtuvat usein alueilla, joilla luonnon monimuotoisuus on luonnonympäristöiltään ja lajistoltaan rikkaampaa.

Suomessa tuulivoiman merkittävimmät paikalliset vaikutukset aiheutuvat voimaloiden, huoltoteiden, sähkönsiirtoyhteyksien ja muun infrastruktuurin rakentamisesta, jotka pirstovat elinympäristöjä ja muuttavat niiden ominaisuuksia. Vaikutukset kohdistuvat erityisesti metsäympäristöihin, jotka ovat yleisin tuulivoimarakentamisen sijoituspaikka.



Kuva 10. Tuulivoimapuistoon rakennetaan myös huoltotiestä (Jan Nyman, 2025).

Kasvillisuuteen kohdistuvat vaikutukset liittyvät kasvillisuuden poistoon sekä maaperän rakenteen muutoksiin. Vaikutukset jäävät pääosin paikallisiksi, ja useilla alueilla kasvillisuus palautuu ajan myötä. Rakentaminen kuitenkin lisää reunavyöhykeitä, jotka muuttavat valon ja kosteuden olosuhteita ja suosivat avoimien elinympäristöjen lajeja. Joissakin tapauksissa syntyy myös uusia elinympäristöjä esimerkiksi paahdeympäristöjä suosiville lajeille.

Tuulivoimaloiden linnustoon kohdistuvia vaikutuksia on tutkittu eniten. Tuulivoimalat voivat aiheuttaa törmäyskuolleisuutta, häirintää ja elinympäristöjen muutoksia sekä muodostaa esteitä lintujen liikkumiselle. Vaikutusten voimakkuus riippuu lajin koosta, liikkumistavoista ja elinympäristöstä. Suurilla petolinnuilla vaikutukset voivat olla merkittäviä, kun taas monilla varpuslintulajeilla vaikutukset jäävät vähäisiksi. Häirintävaikutukset rajoittuvat yleensä voimaloiden lähiympäristöön, ja osalla lajeista niitä ei havaita lainkaan.

Tuulivoiman vaikutuksia lepakoihin on tutkittu linnuston tavoin maailmalla jonkin verran. Vuori ja muut (2025) ovat analysoineet 24 tutkimusta, joissa tuulivoiman vaikutuksia on selvitetty eri lepakkolajeihin. Pääosin vaikutukset ovat samoja kuin tuulivoiman vaikutuksilla lintuihin.

Muun eläimistön osalta tutkimustieto on Suomessa vielä vähäistä. Tiedossa kuitenkin on, että rakentaminen ja lisääntynyt ihmistoiminta voivat muuttaa lajien liikkumista ja elinympäristöjen käyttöä. Vaikutusten luonne ja voimakkuus vaihtelevat lajikohtaisesti sekä vuodenajan ja ympäristöolosuhteiden mukaan.

Vesistöihin kohdistuvat vaikutukset liittyvät rakentamisen ja maaperän muokkauksen aiheuttamiin muutoksiin valuma-alueiden vesitaloudessa, virtaamissa ja ravintekuormituksessa. Nämä muutokset voivat heikentää vesieliöstön elinympäristöjä esimerkiksi liettymisen, happamuuden tai rehevöitymisen kautta. Vesistövaikutukset voivat ulottua laajemmalle kuin varsinainen rakentamisalue.

Turvetuotantoalueilla tuulivoima voi olla mahdollinen jatkokäyttömuoto, sillä alueet ovat jo valmiiksi voimakkaasti muokattuja ja niillä on vähän luontoarvoja. Kun tuulivoimapuistoja perustetaan turvetuotantoalueiden läheisyyteen, niin nykyisin tuulivoimayksiköt sijoitetaan käytännössä aina aluetta ympäröiville kivennäismaille ja kasvullisille metsämaille, mistä aiheutuu metsäkatoa (Aro ja muut, 2023, s. 48).

Kuitenkin tuuliturbiinien sijoittelun perusteena turvetuotantoalueen viereiselle kivennäismaalle on se, että perustusten rakentaminen suonpohjalle ei ole mahdollista. Lisäksi turbiinien tyypillinen sijoittelu etäälle toisistaan tuo ennestään lisää joustoa rinnakkaisille jatkokäyttömuodoille, kuten metsitykselle, kosteikolle, maataloudelle tai aurinkovoimalalle. Tuulivoima ei rajoita turvetuotantoalueiden muuta mahdollista käyttöä, kuten ennallistamista tai metsitystä.

Kokonaisuutena tuulivoiman vaikutukset biodiversiteettiin Suomessa ovat pääasiassa paikallisia ja liittyvät elinympäristöjen rakenteellisiin muutoksiin. Vaikutusten laajuus määräytyy alueen luontoarvojen, rakentamisen intensiteetin ja lajiston ominaisuuksien perusteella.

6.2. Aurinkovoima

Aurinkovoimarakentamisen vaikutukset biodiversiteettiin riippuvat ensisijaisesti käytettävästä maa-alasta, laitosten sijoituspaikasta ja toteutustavasta. Suurimmat vaikutukset syntyvät maankäytön muutoksista, sillä aurinkovoimapuistot vaativat laajoja, avoimia alueita, mikä voi johtaa elinympäristöjen häviämiseen, pirstoutumiseen ja sitä kautta lajiston muutoksiin. Vaikutukset ovat yleensä paikallisia, mutta voivat olla merkittäviä sellaisilla aurinkovoiman tuotantoalueilla, jotka sijaitsevat lähellä erityisiä luontoarvoja omaavilla tai muutoin herkillä alueilla.

Rakentaminen muuttaa kasvillisuutta poistamalla maanpinnan kasvillisuuskerroksia ja yhdenmukaistamalla elinympäristöä, mikä vähentää paikallista lajiston monimuotoisuutta. Toisaalta aurinkopuiston hallittu niitto, avoimien alueiden ylläpito ja kemi-

kaalien käytön välttäminen voivat edistää niitty- ja pölyttäjälajien esiintymistä, jolloin vaikutukset saattavat olla myös positiivisia erityisesti maatalousympäristöissä.

Eläimistöön kohdistuvat vaikutukset liittyvät ennen kaikkea elinympäristöjen pienemiseen, muutoksiin ja häiriöihin. Joillekin lajeille aurinkovoimalat voivat toimia esteinä liikkumiselle, kun taas toiset hyödyntävät alueen avoimuutta esimerkiksi ravinnonhankintaan. Lintuihin kohdistuvia vaikutuksia pidetään yleensä pienempinä kuin tuulivoimassa, vaikka paneelien heijastavuus voi joissakin tapauksissa houkuttaa vesilintuja laskeutumaan alueille, mikä voi aiheuttaa riskitilanteita.

Aurinkovoimaloiden vesistövaikutukset ovat yleensä vähäisiä verrattuna muihin energiantuotantomuotoihin, mutta rakentaminen ja maanmuokkaus voivat lisätä valuntaa ja kiintoainekuormitusta sekä muuttaa paikallista hydrologiaa. Vaikutukset voidaan kuitenkin hallita tehokkaasti suunnittelulla ja hulevesien käsittelyllä.

Entisillä teollisuus-, turvetuotanto- ja kaivosalueilla aurinkovoimalla voi olla hyvin vähäiset luontovaikutukset, koska alueiden luontoarvot ovat jo valmiiksi heikentyneet. Tällaiset alueet soveltuvat usein parhaiten aurinkovoiman sijoituspaikoiksi biodiversiteetin kannalta. Kokonaisuutena aurinkovoiman vaikutukset biodiversiteettiin ovat pääosin paikallisia ja hyvin hallittavissa, kun sijoittelu ja suunnittelu tehdään luontoarvot huomioiden.

6.3. Bioenergia

Bioenergian vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen liittyvät sekä tuotantolaitosten sijoittumiseen että biomassan hankintaan ja kasvatukseen. Laitosten luontovaikutukset syntyvät pääasiassa rakennuspaikan maankäytön muutoksista, ja niiden merkittävyys riippuu siitä, sijoitetaanko laitokset jo rakennetuille teollisuusalueille vai luonnontilaisille alueille. Rakentaminen voi hävittää alkuperäistä elinympäristöä ja aiheuttaa häiriötä lajistolle, mutta sijoittaminen valmiille teollisuusalueille yleensä minimoi nämä vaikutukset.

Toiminnan aikana vaikutuksia voi syntyä liikenteen, melun, hajujen ja mahdollisten päästöjen kautta sekä vaikutusalueen luonnonsuojelualueisiin, vesistöihin ja eläimistöön.

Biomassan hankinnan osalta Suomessa suurin osa bioenergian raaka-aineesta on metsäteollisuuden sivutuotetta, ja bioenergian käyttöä ohjaavat laajat kestävyyskriteerit, lainsäädäntö ja sertifiointijärjestelmät. Luonnon monimuotoisuuden turvaaminen metsissä vähentää energiapuunkorjuun haittoja sekä ylläpitää metsien ekologisia prosesseja ja häiriönsietokykyä. Toimenpiteet valitaan tapauskohtaisesti siten, että aiempia luonnontilan parantamistoimia kunnioitetaan.

Entisillä turvetuotantoalueilla bioenergian vaikutukset riippuvat valitusta jälkikäyttömuodosta. Suonpohjat voidaan metsittää tai ottaa käyttöön lyhytkiertoviljelyyn, jossa kasvatetaan nopeasti uusiutuvaa energiabiomassaa. Metsitys voi lisätä alueen monimuotoisuutta, kun taas lyhytkiertoviljely tuottaa energiaa tehokkaasti, mutta muuttaa suonpohjan alkuperäisiä ekologisia olosuhteita. Energiabiomassan kasvatukseen soveltuvia lajeja ovat esimerkiksi koivut, leppä ja pajut, mutta kokemusta muista lajeista on Suomessa vielä vähän.

Kokonaisuutena bioenergian vaikutukset monimuotoisuuteen riippuvat ratkaisevasti kestävästä raaka-aineiden hankinnasta, maankäytön suunnittelusta ja ekologisten arvojen huomioimisesta tuotannon eri vaiheissa.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kirjallisuuskatsaukseen oli eniten saatavissa tietoa tuulivoiman vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen. Pitkäaikaiseen seurantaa perustuvia tutkimuksia tuuli- ja aurinkovoiman luontovaikutuksista on Suomessa tehty toistaiseksi vähän, erityisen vähäistä tutkimusnäyttö on aurinkovoimaloiden osalta. Bioenergian osalta vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen aiheutuvat bioenergiailaitosten rakentamisesta ja bioenergiailaitosten tarvitseman raaka-aineen tuotannosta.

HOKE-hankkeessa tarkasteltavilla energiantuotantomuodoilla on kaikilla sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen eli biodiversiteettiin. Tutkimusten mukaan erityisesti tuuli- ja aurinkovoiman merkittävimmät vaikutukset syntyvät Suomen ulkopuolella tuotantolaitosten osien valmistuksessa ja niiden kuljetuksesta voimaloiden rakennuspaikoille. Paikalliset vaikutukset aiheutuvat pääosin energiantuotantolaitosten aiheuttamilla maankäytön muutoksilla, joka aiheuttaa mm. yhtenäisten elinympäristöjen pirstoutumista.

Niin tuuli- kuin aurinkovoimahankkeiden yhteydessä on mahdollista lisätä luonnon monimuotoisuutta itse hankealueilla, mikäli voimaloita sijoitetaan ihmisen jo valmiiksi muokkaamille alueille ja tehdään luonnon tilaa parantavia toimia sekä kompensoidaan haittoja. Jäljelle jäävien kielteisten luontovaikutusten kompensointi suojelemalla tai ennallistamalla luontoalueita lähialueilla on myös yksi tärkeä keino saavuttaa luonnon kannalta myönteisempi kokonaisvaikutus.

Uusiutuvan energian tuotannolla voidaan vähentää hiilidioksidi- ja hiukkaspäästöjä, millä on myönteisiä vaikutuksia ilmastoon sekä välillisesti muuhun ympäristöön. Vaikka uusiutuvalla energiantuotannolla on myös kielteisiä vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen, yleisesti arvioidaan kuitenkin uusiutuvan energian kokonaisyötyjen olevan haittoja suuremmat. Uusiutuvan energian tuotannolla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita ilmastomuutoksen hillitsemiseksi ja luontokadon torjumiseksi.

LÄHTEET

Afry Finland Oy (2025). Haarasuonkankaan Tuulipuisto Ky. Vaarinkankaan tuulivoimahanke (Puolanka, Vaala, Paltamo): tuulivoimapuisto ja 400 kilovoltin voimajohto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 18.9.2025. Noudettu 15.2.2026 osoitteesta

https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Vaarinkankaan_tuulivoimahanke_YVA_selostus_18092025%20%281%29.pdf

Ahlvik, L., Boström, C., Bäck, J., Herzon, I., Jokimäki, J., Kallio, K. P., Ketola, T., Kulmala, L., Lehtikoinen, A., Nieminen, T. M., Oksanen, E., Pappila, M., Pöyry, J., Saarikoski, H., Sinkkonen, A., Sääksjärvi, I., & Kotiaho, J. S. (2021). Luonnon monimuotoisuus ja vihreä elvytys. (2021/1 ed.) (Suomen Luontopaneelin julkaisuja). Suomen Luontopaneeli. Noudettu 8.10.2025 osoitteesta

<https://doi.org/10.17011/jyx/SLJ/2021/1>

Alam, A., Haara, A., Khan, M., Kilpeläinen, H., Leinonen, I., Leppänen, J., Myllykangas, J., Tolvanen, A. & Wall, A. (2024). Aurinkovoimaloiden rakentamisen vaikutuksia ilmastoon, metsiin ja metsätalouteen: Aurinkometsä -hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 95/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. Noudettu 9.12.2025 osoitteesta

<https://jukuri.luke.fi/server/api/core/bitstreams/c531cfa3-895d-49bc-b56d-bff05fb0d4be/content>

Alueidenkäyttölaki 132/1999. Noudettu 19.9.2025 osoitteesta

<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/1999/132>

Aro, L., Jylhä, P., Järvenranta, K., Matila, A., Ramstadius, U., Ronkainen, T., Räsänen, A., Silvan, N., Silvenius, F., Virkajärvi, P., Wall, A. & Tolvanen, A. (2023). Turvetuotannosta poistuvien alueiden jatkokäytön vaihtoehdot Suomessa sekä arvio niiden ympäristö- ja talousvaikutuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 120/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 71 s.

Bioenergia ry (2025a). Luonnon monimuotoisuuden huomioiminen metsäenergian hankinnassa. Noudettu 22.12.2025 osoitteesta <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/luonnon-monimuotoisuuden-huomioiminen-metsaenergian-hankinnassa/>

Bioenergia ry (2025b). Bioenergialehti. Luonnon monimuotoisuuden huomioiminen metsäenergian hankinnassa ottaa uusia askeleita. Noudettu 25.1.2026 osoitteesta <https://bioenergialehti.fi/2025/11/20/luonnon-monimuotoisuuden-huomioiminen-metsaenergian-hankinnassa-ottaa-uusia-askeleita/>

Dahiya, A. & Krikov, A. 2014, Bioenergy: Biomass to Biofuels. Elsevier Science & Technology. ProQuest Ebook Central, [e-kirja]. [viitattu 4.9.2023]. Saatavilla <https://ebookcentral.proquest.com/lib/lut/detail.action?docID=1873123>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (2025). Uusiutuvan energian lupaneuvonta. Noudettu 10.12.2025 osoitteesta: <https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuvan-energian-lupaneuvonta/bioenergia>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (2024). Uusiutuvan energian tuotantolaitosten lupamenettelyt ja muut hallinnolliset menettelyt. Menettelykäsikirja. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2024. Noudettu 25.1.2026 osoitteesta <https://lvv.fi/ymparisto/uusiutuvan-energian-menettelykasikirja>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (2023). Yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä Kemin biotuotetehdashankkeesta 6.3.2020. Noudettu 22.12.2025 osoitteesta: <https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vaikuta/ymparistovaikutusten-arviointi/metsa-fibre-oy-n-kemin-biotuotetehdas-kemi>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (2015). Nurmeksen bioteollisuusalue. Yhteysviranomaisen lausunto Nurmeksen kaupungin (Lieksan ja Nurmeksen tekninen virasto) ”Nurmeksen bioteollisuusalue” -hankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta 6.1.2015. Noudettu 23.1.2026 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Nurmes_Bioteollisuusalue_YVAarvselostus25052015.pdf

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (2014). Metsä Fibren Äänekosken biotuotetehdashanke. Yhteysviranomaisen lausunto Metsä Fibren Äänekosken biotuotettaan ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta 28.10.2014. Noudettu 23.1.2025 osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vaikuta/ymparistovaikutusten-arviointi/metsa-fibren-aanekosken-biotuotetehdashanke>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (2013). Yhteysviranomaisen lausunto ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta. Gasum Oy, Helsingin energia ja Metsä Fibre Oy. Joutsenon puupohjaista biokaasua tuottava biojalostamo. Noudettu 10.12.2025 osoitteesta: <https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Joutsenonbiokaasulaitoslausuntoarviointiselostuksesta29111013.pdf>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (2012). Hyvinkään biokaasulaitoksen rakennushanke. Yhteysviranomaisen lausunto ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta 11.1.2012. Noudettu 23.1.2026 osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vaikuta/ymparistovaikutusten-arviointi/hyvinkaan-biokaasulaitos>

Elinvoimakeskus (2026). Turvetuotantoalueet uuteen maankäyttöön. Noudettu 25.1.2026 osoitteesta <https://elinvoimakeskus.fi/web/turvetuotantoalueiden-jatkokaytto/aurinko-ja-tuulivoima>

Energiategollisuus ry & Bioenergia ry (2025). Luonnon monimuotoisuuden huomioiminen metsäenergian hankinnassa. Noudettu 25.1.2026 osoitteesta <https://energia.fi/wp-content/uploads/2025/06/luonnon-monimuotoisuuden-huomioiminen-metsaenergian-hankinnassa-suositus.pdf>

Envineer Oy (2025). Windfarm Kynkäänsuo Oy. Kynkäänsuon tuuli- ja aurinkovoimapuisto. Oulu. YVA-selostus 1.11.2024. Noudettu 12.12.2025 osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Kynk%C3%A4%C3%A4nsuon%20tuuli-%20ja%20aurinkovoimahankkeen%20arviointiselostus.pdf>

Etelä-Pohjanmaan liitto (2024). Etelä-Pohjanmaan maakuntakaava 2050, kaavaselostus. Julkaisu A:79. Julkaisuvuosi 2024. epliitto.fi. Noudettu 15.2.2026 osoitteesta <https://epliitto.fi/tiedostot/Etel%C3%A4-Pohjanmaan-maakuntakaava-2050-Kaavaselostus-19032025.pdf>

FCG Rakennettu ympäristö Oy (2025). Lamminnevan tuulivoimapuisto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Painopaikka Grano. Noudettu 6.10.2025 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Lammineva_YVASelostus_savutettava_0.pdf

FCG Finnish Consulting Group Oy (2022). Perhon Kokkonevan tuulivoimapuisto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Suomen Hyötytuuli Oy. Noudettu 22.12.2025 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Perhon_Kokkonevan_tuulivoimapuisto_YVA_selostus.pdf

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy (2018). Kalajoki-Pyhäjoki Tuulivoimapuistot, Linnustovaikutusten Seuranta 2017. Muuttolinnusto. Tuuliwatti Oy, WPD Jokelan Tuulipuisto Oy, WPD Tohkojan Tuulipuisto Oy, WPD Mäkikankaan Tuulipuisto Oy. Noudettu 21.9.2025 osoitteesta <https://pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2020/08/6168.pdf>

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy (2017b). Simo–li Tuulivoimapuistot, Linnustovaikutusten seuranta 2016. Muuttolinnusto. Tuuliwatti Oy, Taaleritehdas Oy, Metsähallitu Laatumaa. Noudettu 22.9.2025 osoitteesta <https://pohjois-pohjanmaa.fi/wp-content/uploads/2020/08/5325.pdf>

Fingrid Oyj (2022). Tuulivoimaliittymän opas. Noudettu 11.2.2026 osoitteesta https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/fingrid_tuulivoimaesite.pdf

Frondelius, S. (2021). MRL:n tuulivoimarakentamisen ohjauskeinot ja uusiutuvan energian käyttöönoton edistämistavoite. Itä-Suomen yliopisto, Oikeustieteiden laitos, Pro gradu -tutkielma. 20.5.2021. Noudettu 6.10.2025 osoitteesta: <https://erepo.uef.fi/server/api/core/bitstreams/d0c8059a-420b-46af-83e3-45d1108df7bb/content>

Joronen, J., Salhoja, P., Vähätiitto, J. ja Murto, M. (2022). Selvitys puun energian käytön kestävydestä. Tampereen sähkölaitos. Noudettu 25.1.2026 osoitteesta https://www.tampereenenergia.fi/wp-content/uploads/2023/02/selvitys-puun-energiakayton-kestavyydesta_26092022.pdf

Kropsu, E. (toim.), Rytönen, A., M., Aronsuu, K., Rintala, J., Saari, M., Schuss, M. (2025). Maatuulivoiman rakentamisen vesistövaikutukset. Esiselvitys vaikutuksista, niiden arviointitavoista ja haittojen lieventämisestä. Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 10 | 2025.

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017. Noudettu 19.9.2025 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2017/252>

Luonnonsuojelulaki 9/2023. Noudettu 18.10.2025 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2023/9>

Luonnonvarakeskus (Luke) (2023a). Luonnonvarakeskus tutkii eläinten esiintymistä tuulivoima-alueiden ympäristöissä. Uutinen 27.9.2023. Noudettu 6.10.2025 osoitteesta <https://www.luke.fi/fi/uutiset/luonnonvarakeskus-selvittaa-tuulivoiman-vaikutuksia-metsaelaimistoon>

Luonnonvarakeskus (Luke) (2023b). Katsaus: Useat lintu- ja nisäkäsryhmät väistävät tuulivoimaloita. Noudettu osoitteesta <https://www.luke.fi/fi/uutiset/katsaus-useat-lintu-ja-nisakasryhmat-vaistavat-tuulivoimaloita>

Luonnonvarakeskus (Luke) (2023c). Metsäeläinten esiintyminen ja elinympäristöjen käyttö tuulivoimaloiden lähialueilla. Tuuliriista -hanke 1.1.2023–31.12.2027. Noudettu 6.10.2025 osoitteesta <https://www.luke.fi/fi/projektit/tuuliriista>

Matila, A., Launiainen, P., Salin, S., Virta, M. & Ranta, M. (2025). Aurinkovoimaloiden vesienhallinta ja luontoteot turvetuotannosta poistuvilla alueilla. Tapion julkaisu 78. Noudettu 6.10.2025 osoitteesta: <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2025/02/Aurinkovoimaloiden-vesienhallinta-ja-luontoteot-turvetuotannosta-poistuvilla-alueilla-Tapion-raportteja-nro-78.pdf>

Meller, K. (2017). Kirjallisuusselvitys tuulivoimaloiden vaikutuksista linnustoon ja lepakoihin. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia. 27/2017. Noudettu 6.10.2025 osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80066/TEMrap_27_2017_verkkojulkaisu.pdf

Metsähallitus (2026). Tuulivoima ja luonnon monimuotoisuus. Noudettu 15.2.2026 osoitteesta <https://www.metsa.fi/vastuullinen-liiketoiminta/tuulivoima/tuulivoima-ja-luonnon-monimuotoisuus/>

Muhonen, T. (toim.) 2024. Aurinkovoimaloiden rakentamisen vaikutuksia ilmastoon, metsiin ja metsätalouteen: Aurinkometsä -hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 95/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 52 s.

Mäkelä, K. & Salo, P. (2023). Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi: Opas tekijälle, tilaajalle ja viranomaiselle - 2. korjattu painos. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2023.

Pasanen, A., Kari, E., Laine, C. & Meller, K. (2025). Suomen tuuli- ja aurinkovoiman luontovaikutukset. Yhteistyössä Suomen uusiutuvat ry ja One Planet. 2025.

Rakentamislaki 751/2023. Noudettu 18.9.2025 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/1999/132>

Ramboll Finland Oy (2025). Pihtinevan tuulivoimahanke. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Noudettu 11.12.2025 osoitteesta: https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Pihtineva_YVA-selostus_09042025.pdf

Seutu, O. (2024). Uhanalaisen maakotkan (*Aquila chrysaetos*) haavoittuvuus maa-tuulivoiman vaikutuksille. LuK-seminaari ja -tutkielma 790351A-3007, Maantieteen tutkinto-ohjelma, Oulun yliopisto. Noudettu 17.11.2025 osoitteesta <https://oulurepo.oulu.fi/bitstream/handle/10024/53061/nbnfioulu202412057089.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sitowise Oy (2025). Tallikallio, Kalajoki, tuulivoimahanke. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 20.2.2025. Painopaikka Pohjolan Palvelut Oy. Noudettu 26.11.2025 osoitteesta:
https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Tallikallion%20tuulivoimahankeen%20arviointiselostus_0.pdf

Suomen uusiutuvat ry - Renewables Finland (n.d.a). Aurinkovoimahankkeen hankkekehitys. Noudettu 20.10.2025 osoitteesta <https://suomenuusiutuvat.fi/>

Suomen uusiutuvat ry - Renewables Finland (n.d.b). Suomen uusiutuvat–mahdollistamme kestävän energian koko Suomessa. Noudettu 20.10.2025 osoitteesta <https://suomenuusiutuvat.fi/>

Suorsa, V. (2019). Linnustovaikutusten seuranta suomalaisissa tuulivoimapaistoissa. - Linnut-vuosikirja 2018: 148–155.

Sweco Finland Oy (2025). Honkahuhdan tuuli- ja aurinkovoimahanke, Perho. YVA-selostus. Perhon Tuuli Oy. Pohjan Voima. Ilmatar. Noudettu 20.10.2025 osoitteesta https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Perho_Honkahuhta_YVA-selostus_OSA1.pdf

TEPA-termipankki (2025). Biodiversiteetti; biologinen monimuotoisuus, määritelmä. Erikoisalojen sanastojen ja sanakirjojen kokoelma–Sanastokeskus. Noudettu 19.9.2025 osoitteesta <https://termipankki.fi/tepa/fi/>

Tikkanen, H. (toim.) (2022). Hyvät käytännöt maakotkalle aiheutuvien vaikutusten arviointiin – esimerkkiraportti Nimettömänkankaan tuulivoimahankkeesta. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 241. Metsähallitus 2022.

Tolvanen, A., Routavaara, H., Jokikokko, M. & Rana, P. (2023). How far are birds, bats, and terrestrial mammals displaced from onshore wind power development? – A systematic review. *Biological Conservation* (2023). Noudettu 22.9.2025 osoitteesta:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320723004834?via%3Dihub>

Tolvanen, A. (2024). Aurinkovoiman monimuotoisuusvaikutukset. Julkaisussa: Muhoon, T. (toim.) 2024. Aurinkovoimaloiden rakentamisen vaikutuksia ilmastoon metsiin ja metsätalouteen: Aurinkometsä -hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 108/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 47–49.

Tolvanen A, Holttinen H, Laine-Petäjäkangas A, Tokola T, Pouta E, Antila M, Heinoon T, Jokikokko M, Karlsson T, Koponen K, Lampela M, Lindroos T, Maanavilja L, Mäntymaa E, Rana P, Routavaara H, Selkimäki M, & Juutinen A. (2025). Syn-teesiraportti: Kuinka tuulivoima sovitetaan yhteen metsien ja soiden käytön kanssa? Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 29/2025. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 97 s.

Vesilaki 587/2011. Noudettu 18.9.2025 osoitteesta

<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2011/587>

Vuori, K-M., Toivonen, M., Heikkinen, R., Leikola, N. & Nurmio, K. (2025). Hiilineutraali-webinaari. Mitä aurinko- ja tuulivoiman luontovaikutuksista tiedetään ja mitä ei tiedetä? Suomen ympäristökeskus 2025. Noudettu 17.11.2025 osoitteesta <https://hiilineutraalisuomi.syke.fi/hiilineutraali-webinaari-maatuulivoiman-ja-aurinkovoiman-luontovaikutukset-ti-11-2-2/>