

Sisällys

Lyhyesti tuulivoimasta	2
Tuulivoimateknologia	2
Energian tuotantovarmuus.....	3
Tuulivoima Suomessa	3
Tuulivoima Euroopassa.....	4
Tuulivoimaennusteita	4
Tuulivoiman vaikutukset	5
Maisemavaikutukset	5
Meluvaikutukset.....	6
Välke- ja valovaikutukset.....	7
Luontovaikutukset	7
Kemiallisten aineiden luontoon pääsyn riski.....	7
Turvallisuusvaikutukset	8
Elinvoimaa kunnille.....	8
Vuokratulot maanomistajille	9
Ilmastovaikutukset	9
Vaikutukset energiantuotantokustannuksiin	9
Radiaviestintävaikutukset	10
Yhteisvaikutukset.....	10
Tuulivoimahankkeen vaiheet	10
Esiselvitys ja alueen etsintä	10
Yhteistyö sidosryhmien kanssa.....	11
Hankekehitys	11
Rakentaminen ja käyttöönotto	12
Purkaminen ja kierrätys.....	12

Lyhyesti tuulivoimasta

Teollisen kokoluokan tuulivoimarakentaminen on lisääntynyt viime vuosina voimakkaasti, kun Suomen kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa on linjattu tavoitteeksi uusiutuvan energian käytön lisääminen ja energian hankinnan omavaraisuus. Lisäksi maailman laajuinen kulutuksen kasvu ja uusiutumattomien energiaressurssien rajallisuus ovat lisänneet tuulivoiman suosiota. Samalla on noussut esiin yleinen tiedontarve tuulivoimasta sähköntuotantomuotona. Tämä opas on suunnattu kaikille aiheesta kiinnostuneille, ja sen avulla pyritään valaisemaan tuulivoiman toimintaperiaatteita, tuulivoimahankkeen toteutuksen käytäntöjä sekä vaikutuksia.

Tuulivoima on lähes päästötöntä uusiutuvaa energiaa ja sitä voidaan tuottaa kotimaisesti, mikä vähentää energiatuontiriippuvuutta. Tuulivoimassa kasvihuonepäästöjä syntyy rakentamisesta, kuljetuksesta ja huollosta. Kun tuulivoimala on valmis, se toimii itsenäisesti ja kustannuksia muodostuu enää vain ylläpidosta ja huollosta. Tuotantokustannukset ovat laskeneet nopeasti viime vuosina teknologian kehittymisen ansiosta, kun uudet voimalat yltävät korkeammalle ja tuottavat enemmän sähköä kuin aiemmin. Tuuli- ja aurinkovoima laskevat sähkön markkinahintaa, sillä niiden tuotantokustannukset huomattavasti edullisemmat kuin hiilipohjaisten energialähteiden.

Tuulivoimapuistot ovat myös suuria teollisia alueita, joilla on omat alueelliset vaikutuksensa. Tuulivoimaloista tehdään korkeita, koska ylhäällä tulee enemmän ja siellä tuuliolot ovat tasaisemmat. Tuulivoiman alueelliset vaikutukset liittyvät muutokseen maisemassa, ääneen, välkkeeseen, lentoestevaloihin sekä vaikutuksiin eläimille. Vaikutukset ja niiden merkittävyys riippuvat monista tekijöistä, kuten hankkeen koosta ja toteutustavasta, sijoituspaikan olosuhteista sekä alueen muista käyttömuodoista. Siten ainoa tapa arvioida vaikutuksia, on suunnitella ja mallintaa jokainen hanke erikseen.

Tuulivoimateknologia

Tuulivoima perustuu siihen, että tuulen liike-energiaa muutetaan tuulivoimalan akselin pyörimisenergiaksi tuulivoimalan lapojen pyörimisen avulla. Akseli puolestaan pyörittää generaattoria, joka tuottaa sähköä. Tuotettu sähkö johdetaan muuntajan kautta sähköverkkoon. Tuulivoiman "perusyksikkö" on tuulivoimala. Tuulivoimala rakentuu roottorista, jossa on voimalan napa ja lavat, konehuoneesta sekä tornista ja maassa olevista perustuksista. Nykyaikaiset tuulivoimalat ovat suurimmaksi osaksi kolmilapaisia ja vaaka-akselisia. Lajojen pyyhkäisyypinta-ala voi olla lähes 2 hehtaaria. Tuulivoimalat tulee sijoittaa tarpeeksi kauas toisistaan, jotta lapojen aiheuttamien pyörteiden vaikutus ilmassa ehtii nollaantumaan. Etäisyyteen vaikuttaa turbiinin koko, voimaloiden lukumäärä sekä niiden sijoittuminen tuulivoima-alueelle (YM 2016a). Yksittäiset voimalat liitetään toisiinsa maakaapelein, ja yhdessä ne muodostavat tuulipuiston. Tuulipuisto liitetään sähköverkkoon yhtenä kokonaisuutena. Tuulivoimaloiden kokoa kuvataan usein nimellisteholla. Tämä tarkoittaa tehoa, jonka voimala voi enimmillään tuottaa. Nimellisteho saavutetaan voimaloissa, kun tuulen nopeus on välillä 10–15 m/s, mutta voimala tuottaa sähköä aina, kun tuulen nopeus on välillä 3–25 m/s. Voimaloiden teho on kasvanut viime vuosina

nopeasti. Jo pystytettyjen maatuulivoimaloiden teho on yleensä 1–3 megawattia (MW), kun nyt rakenteilla ja suunnitteilla olevien teho on jo 4–6 MW. Lisäksi markkinoilta löytyy 8–10 MW:n voimaloita. Tuulivoimaloiden tuottama energia riippuu lapojen korkeudella vallitsevasta tuulesta. Peruseriaate on, että korkeammalla tuulee enemmän, ja siellä tuuliolot ovat myös tasaisemmat. Tuulivoimaloiden tornien korkeutta onkin saatu kasvatettua teknologian kehittyessä, ja näin on pystytty kasvattamaan tuulivoiman tuotantoa. Myös aerodynamiikan kehitys on parantanut tuulivoimalan energiantuottoa, sillä voimaloiden hyötysuhdetta on saatu suuremmaksi. Voimaloiden tekninen käyttöikä on nykyisin 20–30 vuotta. Käyttöiän aikana voimalan osia joudutaan myös vaihtamaan ja korjaamaan. Elinkaaren lopussa oleva voimala puretaan ja osat kierrätetään. Toimintakuntoisia osia voidaan myös myydä eteenpäin.

<https://tuulivoimayhdistys.fi/ajankohtaista/tiedotteet/ensimmaiset-tuulivoimaloiden-lavat-kierratetty-onnistuneesti-suomessa-uusi-kotimainen-ratkaisu-syntyi-usean-toimijan-yhteisprojektissa>

Energian tuotantovarmuus

Tuuliolot vaihtelevat, jonka takia tuulivoiman sähköntuotannon vaihtelua pitää tasata säätövoimalla. Säätövoima tasaa hetkittäisiä vaihteluja tuotannossa ja kulutuksessa, ja varmistaa näin sähkön saatavuuden. Tarvittava säätö tehdään usein vesi- tai lauhdevoimalla. Koska energian tuotantomäärä on riippuvainen tuuliolosuhteista, niin tuulivoima ei voi olla ainoa energian tuotantolähteenämme. Liian kova tuuli ei ole myöskään suotuisa tuulivoimalle, koska se voi aiheuttaa laitteiden rikkoutumisia. Uusi tuulivoimateknologia mahdollista tuulivoimapuistojen pysäytyksen, kun tuulennopeus nousee pidemmäksi aikaa 25–30 m/s.

Tuulivoima Suomessa

Noin 9 prosenttia vuotuisesta sähkönkulutuksestamme saadaan tuulivoimasta (Energiateollisuus 2021). Vuoden 2021 lopussa Suomessa oli lähes tuhat tuulivoimalaa, joiden kapasiteetti oli yli 3200 megawattia. <https://tuulivoimayhdistys.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tuulivoimatilastot-2021-tuulivoiman-rakentamisessa-takana-ennatyksellinen-vuosi> Tuulivoimarakentaminen kasvaa voimakkaasti – vuoden 2021 aikana rakennettiin 141 uutta tuulivoimalaa. Samalla tuulivoimaloiden koko on kasvanut, ja nykyään suunniteltavat voimalat ovat noin 250–300 metrin korkuisia.

Kansallisen ilmasto- ja energiatekniikan strategian (2016) mukaisesti alueidenkäytön suunnittelussa varaudutaan hyödyntämään laajasti Suomen tuulivoimapotentiaalia. Uusi ilmasto- ja energiatekniikan strategia on julkaistu vuonna 2022. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164321>

Tuulivoimaloiden aiheuttamat vaikutukset muun muassa luonnolle ja ihmisten elinympäristölle riippuvat pitkälti voimaloiden sijainnista ja alueen ympäristöarvoista. Tuulivoimarakentaminen edellyttää, että se sovitetaan ympäröivään maankäyttöön ja sen haitalliset vaikutukset otetaan riittävästi huomioon. Tuulivoimalla pitää myös olla paikallinen hyväksyntä.

Vuonna 2021 Suomen tuulivoimahankkeista 52 % oli suomalaisomistuksessa.

https://tuulivoimayhdistys.fi/media/tuulivoima_vuositilastot_2021-2.pdf Suomen tuuliolosuhteet tuulivoimatuotannolle ovat hyvät. Tuulivoimaloiden lapojen pituudella voidaan kompensoida hieman matalampaa keskituulennopeutta, ja korkeammilla torneilla ylletään tasaisempiin tuuliin myös sisämaassa. Voimaloiden kehittymisen ansiosta sisämaahan on avautunut paljon uutta potentiaalista aluetta tuulivoimatuotannolle. Suomessa onkin tällä hetkellä suunnitteilla suuri määrä uusia tuulivoimahankkeita: Suomen tuulivoimayhdistys ry:n mukaan tammikuuhun 2021 mennessä Suomessa on julkaistu tuulivoimahankkeita yli 20 000 MW:n edestä. Talvet eivät myöskään ole ongelma tuulivoimalle, vaan silloin tuotetaan eniten tuulienergiaa. Talvikuukausina tuulee enemmän kuin kesäkuukausina, jonka lisäksi kylmä ilma on tiheämpää kuin lämmin ilma ja tuottaa siksi myös enemmän energiaa. Suurempi tuotto osuu yhteen myös talvikauden suuremman energiankulutuksen kanssa. <https://tuulivoimayhdistys.fi/media/finland-capacity-factors-2019.pdf> Kaikki Suomessa olevat voimalat on suunniteltu materiaaliensa puolesta kestäväksi kylmiä olosuhteita, mutta lavat voivat silti jäätyä talvella. Lapojen jäätyminen alentaa voimaloista saatavaa tehoa, joten jäätymistä pyritään välttämään. Apuna tässä ovat lapojen jäätymistä ennaltaehkäisevät tunnistustekniikat sekä kertynyttä jäätä sulattava lapalämmitys.

Tuulivoima Euroopassa

Vuonna 2016 tuulivoima syrjäytti myös kivihiilen ja otti sen paikan toiseksi suurimpana energiantuotantomuotona Euroopassa (Windeurope 2017). EU-maiden yhteinen tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2021 lopussa 236 GW. Kapasiteetilla tuotettiin noin 437 TWh tuulisähköä, joka kattaa noin 15 % EU:n ja Iso-Britannian vuotuisesta sähkönkulutuksesta.

Suurin osa uudesta tuulivoimakapasiteetista rakennettiin vuonna 2021 maalle (14 GW), merelle nousi vuoden aikana 3,4 GW uutta tuulivoimaa.

Euroopan suurimmat tuulivoimakapasiteetit ovat 2021 vuoden lopussa Saksassa (64 GW), Espanjassa (28 GW) sekä Isossa-Britanniassa (27 GW) ja Ranskassa (19 GW). Tuulivoiman osuus sähköntuotannosta on suurin Tanskassa, jossa tuulivoimalla katettiin vuonna 2021 yli 44 prosenttia sähkönkulutuksesta (Windeurope 2021).

Tuulivoimaennusteita

Uusiutuvan energian kasvun ennustaminen voi olla haastavaa, sillä ennusteiden toteutuminen riippuu hyvin monesta tekijästä. Muun muassa nopea tuotantokustannusten lasku on vaikuttanut voimakkaasti uusiutuvan energian lisääntymiseen. Uusiutuvan energian osalta kasvu onkin ollut kaikkia ennusteita nopeampaa.

Tuulivoimatuotanto tulee luultavasti yhä lisääntymään, sillä maailman energiantarpeen ennustetaan kasvavan. Uusiutuvaa energiaa tarvitaan tuottamaan energiaa samalla, kun pienennämme päästöjämme maailmanlaajuisesti. Maailmanlaajuisesti tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2019 loppuun mennessä 651 gigawattia (GW), ja sen on ennustettu yltävän 1676 GW:in

vuonna 2030. Määrä riittäisi kattamaan jopa 20 % maailman sähköntarpeesta vuonna 2030. Maatuulivoiman ennustetaan kattavan neljänneksen uusiutuvan energian 50 %:n kapasiteetin kasvusta vuosien 2019–2024 aikana (IEA 2019). EU:ssa tuulivoimalla on vahva asema, ja se myös tulee säilymään vahvana, osana EU:n uusiutuvan energian tavoitteita. EU-maiden tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2021 lopussa jo 236 GW, joka kattoi kokonaissähkönkulutuksesta EU:ssa ja Iso-Britanniassa 15 %. Ennusteiden mukaan tuulivoimakapasiteetti tulee nousemaan 320 GW:in vuoteen 2030 mennessä, jolloin sillä katettaisiin lähes 25 % EU:n sähköntarpeesta.

Suomen tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2020 lopussa 2,6 GW, joka tarkoittaa noin 7,8 terawattitunnin (TWh) sähköntuotantoa. Tällä tuotannolla katettiin Suomen sähkönkulutuksesta vajaa 10 %. Suomen Tuulivoimayhdistys ry:n mukaan Suomella on tuulivoimapotentiaalia ainakin 30 TWh:n vuotuisen tuulivoimatuotantoon vuonna 2030.

Tuulivoiman vaikutukset

Kaikilla sähköntuotantotavoilla on erilaisia vaikutuksia ympäristöön ja ihmisiin, niin myös tuulivoimalla. Tämä julkaisu keskittyy vain tuulivoimaan, eikä tässä siksi verrata eri sähköntuotantotapojen vaikutuksia. On myös muistettava, että alla listatut vaikutukset eivät ole absoluuttisia, vaan niiden toteutuminen ja mittasuhteet riippuvat hankkeen suunnittelusta ja sijoittumisesta. Huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella pyritään minimoimaan tuulivoimahankkeen aiheuttamat haitalliset vaikutukset ja maksimoimaan hyödylliset vaikutukset.

Maisemavaikutukset

Tuulivoimalat ja tuulipuistot ovat suuria, pitkälle näkyviä elementtejä. Yksi tuulivoiman suurimmista ympäristövaikutuksista on maisemavaikutukset, joita aiheutuu itse voimaloiden lisäksi myös sähköverkkoon liittyvistä rakenteista sekä uusista tieyhteyksistä (YM 2016b). Maisemavaikutusten voimakkuuteen vaikuttaa voimaloiden visuaalisen näkymisen ohella myös ympäröivän maiseman herkkyys ja muutosten sietokyky (YM 2016b).

Maisemavaikutukset ovat aina yksilöllisiä: osa kokee voimalat maisemassa häiritsevinä, osa positiivisena asiana. Haitallisina maisemavaikutuksina voidaan tuulivoiman osalta pitää alueen maiseman luonteen ja maisemakokonaisuuden muuttumista, tuulivoimaloiden vaikutuksia alueen kulttuuriympäristöön sekä tuulivoimaloiden visuaalisia vaikutuksia. Tuulivoima voi muuttaa maiseman ajallista luonnetta, mittakaavaa, yhtenäisyyttä tai maisemakuvallisia arvoja. Maisemakokonaisuuden muutos voi syntyä esimerkiksi tuulivoimalan erottumisella selvästi pienipiirteisestä maisemasta. Kulttuuriympäristöjen osalta tuulivoima voi vaikuttaa alueen arvoihin, harvinaisuuteen tai säilyneisyyteen, kuten myös rakennetun ympäristön osalta alueen edustavuuteen ja menneisyyden näkyvyyteen. Edellä mainitut vaikutukset ovat osaltaan myös visuaalisia vaikutuksia. Muita visuaalisia vaikutuksia ovat näkyminen asutukselle sekä virkistys- ja ulkoilualueille. Näkymiin vaikuttaa aina alueen maanmuodot, maisematila, kasvillisuus, rakennukset ja voimaloiden ominaisuudet.

Tuulivoimaloiden näkyminen maisemassa voidaan nähdä myös positiivisena asiana, sillä maisemavaikutusten kokemiseen vaikuttaa myös ihmisten asenteet ja toiveet. Tuulivoimalat ovat konkreettinen osoitus uusiutuvan ja puhtaamman energian käytöstä, joten ne voidaan nähdä hyvänä ja tarpeellisena askeleena ilmastonmuutoksen torjunnassa. Tuulivoimala-alueet voidaan siis myös hyväksyä osana uudenlaista maisematyyppiä, jossa yhdistyy luonnonympäristö ja suurimittakaavainen energiantuotanto (YM 2016b).

Meluvaikutukset

Tuulivoimaloiden ääni syntyy pääosin lapojen pyörimisestä. Lavoista tuleva ääni on kapeakaistaista, impulssimaista ja sykkivää, ja se leviää ympäristöön maastonmuotojen, kasvillisuuden ja sääolojen mukaan. Ääni sisältää myös matalataajuuksista infraääntä. Tuulivoimaloiden ääni koetaan usein häiritsevänä meluna, koska ääni on vaihtelevuutensa takia erilaista kuin mihin on totuttu. Tuulivoiman infraäänten terveysvaikutukset myös huolettavat ihmisiä, mutta tuulivoimaloiden infraäänien terveysvaikutuksista ei tällä hetkellä ole tieteellistä näyttöä (Valtioneuvoston kanslia 2020).

Melun koetaan vaikuttavan uneen, lepoon ja yleiseen viihtyvyyteen (YM 2016a). Äänen kokeminen häiritsevänä on kuitenkin yksilöllistä ja subjektiivista, ja kokemukseen vaikuttaa monet tekijät. Tuulivoimaloiden infraäänien terveysvaikutuksista ei tällä hetkellä ole tieteellistä näyttöä (Valtioneuvoston kanslia 2020). Voimaloiden ääni vaimenee etäisyyden kasvaessa, joten keskeisin torjuntakeino haitallisina koetuille meluvaikutuksille on riittävä etäisyystuulivoimaloista. Sopiva etäisyys riippuu maastonmuodoista ja alueen muusta äänimaailmasta, jonka takia tuulivoimaloille ei ole säädetty laissa tiettyä minimietäisyyttä asutukseen.

Voimaloiden äänitasoja säännellään Suomessa erilaisilla ohjearvoilla. Tuulivoimahankkeen meluvaikutukset tulee aina selvittää meluselvityksellä, jonka lähtökohtana käytetään ympäristöministeriön melumallinnsuohjetta (YM 2014). Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista (1107/2015) määrittelee yleiset raja-arvot sallituille melutasoille voimaloiden läheisyydessä päivä- ja yöaikaan. Asuntoihin kantautuvan sisämelun osalta tulee puolestaan noudattaa sosiaali- ja terveysministeriön sisämeluasetuksen (545/2015) arvoja. Jos tuulivoimaloista tuleva melu saattaa aiheuttaa naapurilain (26/1920) 17 §:n mukaista kohtuutonta räsitusta asianosaiselle, voidaan toiminnalle vaatia haettavaksi ympäristönsuojelulain 27 §:n mukainen ympäristölupa.

Tuulivoimaloiden äänen vaikutuksia asuinympäristössä on tutkittu Suomessa ja kansainvälisesti. Nykyisen tutkimustiedon mukaan tuulivoimaloiden äänellä ei ole havaittu terveysvaikutuksia. Ääni voi ärsyttää ollessaan hyvin kuultavaa, mutta erot kokemusten suhteen ovat hyvin yksilöllisiä. Suomessa ääniohjearvot ovat tasolla, jolla häiritsevyyden on tutkimuksissa osoitettu olevan pientä.

Välke- ja valovaikutukset

Tuulivoimaloista aiheutuu välkevaikutuksia, kun pyörivät lavat osuvat auringon valon eteen. Vilkkuminen voi häiritä asumista ja viihtyisyyttä alueella. Välkehäntää voidaan lieventää esim. voimaloiden pysäyttämällä tiettyyn aikaan päivästä. Välkevaikutukset ja niihin parhaiten auttavat toimenpiteet selvitetään mallinnuksen avulla.

Suomessa ei ole erikseen säädetty raja-arvoja hyväksytyille välkehäntän ajalle, mutta ympäristöministeriö on ohjeistanut hyödyntämään muiden pohjoisten maiden määrittelemiä arvoja: Ruotsissa ja Saksassa hyväksyttävän välkevaikutuksen määrä on 8 tuntia vuodessa, Tanskassa 10 tuntia vuodessa (YM 2016a). Kuten meluvaikutuksissakin, myös välkevaikutusten aiheuttaessa Naapurilain (26/1920) 17 §:n mukaista kohtuutonta rasitusta, voidaan toiminnalle vaatia haettavaksi ympäristönsuojelulain 27 §:n mukainen ympäristölupa.

Valovaikutuksia tuulivoimasta tulee lentoestevaloista, jotka asennetaan korkeisiin voimaloihin lentoliikennettä varten. Näin tehdään, jotta ilmailuturvallisuus ei vaarannu. Valot voivat olla haitallisia varsinkin pimeällä, jolloin ne erottuvat maisemasta selkeämmin.

Luontovaikutukset

Tuulivoima vaikuttaa myös luontoon ja sen lajistoon, sillä voimaloiden rakentaminen muokkaa niiden lähiympäristöä voimakkaasti. Vaikutuksille alttiita ovat mm. Natura 2000 -verkoston alueet ja lajit, muut suojellut luontotyytit ja lajit, Metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt, arvokkaat luontokohteet sekä uhanlaiset luontotyytit ja lajit. Vaikutukset luontoon ja sen lajistoon tulee aina selvittää alueen ominaispiirteet huomioiden tuulivoimahankkeen suunnitteluvaiheessa.

Luontoselvitykset tekee yleensä ulkoinen konsultti, joka tekee asiantuntija-arvion tuulivoimahankkeen vaikutuksista alueen luontoon ja lajistoon yleisesti maastokäyntien ja muun alueellisen aineiston pohjalta. Jos tuulivoimahankealueelle tai sen läheisyyteen sijoittuu Natura 2000 -verkoston alue ja hanke tulee todennäköisesti merkittävästi heikentämään Natura 2000 -alueen perusteena olevia luonnonarvoja, on tuulivoimahankkeelle tehtävä myös Natura-arviointi (LSL 65 §).

Suurimmat luontovaikutukset tuulivoimasta kohdistuvat yleensä linnustoon. Vaikutukset riippuvat voimaloiden ominaisuuksista, maastosta ja alueen lajistosta. Useimmiten vaikutukset kohdistuvat alueen pesimälinnustoon ja alueen läpi muuttavaan linnustoon, uhanalaisiin lajeihin sekä niiden lisääntymis- ja levähdyspaikkoihin. Tuulivoimaloiden aiheuttamia linnustohaittoja ovat suorat törmäykset tuulivoimaloihin, tuulivoimaloiden aiheuttama este lentoreitteihin, voimaloiden äänen, pyörimisen ja välkkeen aiheuttama häirintä alueella sekä ympäristön muuttumisen aiheuttamat elinympäristömuutokset.

Kemiallisten aineiden luontoon pääsyn riski

Tuulivoimaloissa käytetään kemiallisia aineita, kuten hydraulikkaöljyä ja jäähdytysnestettä. Näillä aineilla on riski päätyä maaperään laiterikon yhteydessä tai aineita kuljettavan ajoneuvon vuodon tai rikkoutumisen yhteydessä. Tästä syystä on tärkeää, että suunnitteluvaiheessa huomioidaan hankealueen pohjavesialueet ja rakennetaan tielinjat ja voimalat tarpeeksi kauas niistä. Näin

onnettomuustilanteissa maaperän tai pohjavesien pilaantumista tai niiden vaaraa ei pääse tapahtumaan.

Turvallisuusvaikutukset

Tuulivoimaloilla on monenlaisia turvallisuusvaikutuksia, vaikka ne sijoittuvat yleensä syrjäisemmille alueille. Tuulivoimalat saattavat aiheuttaa häiriötä tutkiin varjostusten ja heijastusten kautta. Voimalat tuleekin sijoittaa tarpeeksi kauas niin puolustusvoimien tutkista kuin säätutkistakin. Moneen sataan metriin nousevat voimalat voivat olla joissain paikoissa myös lentoeste tai lentohaitta ilmailulle ja lentoliikenteelle. Samoin tuulivoimalat voivat häiritä maantie- ja raideliikennettä liian lähelle teitä sijoituessaan. Voimaloiden sijoittelussa tuleekin ottaa huomioon erilaiset lento- ja liikenneturvallisuuden tuomat rajoitteet. Talvisin tie- ja raideliikennettä voi haitata myös voimaloiden lapoihin kertyvän jään irtoaminen käynnissä olevasta voimalasta. Jään lentoa pyritään estämään pysäyttämällä voimala jään kertyessä lapoihin. Myös tuulivoimaloiden voimajohdoista voi aiheutua vaaratilanteita niiden läheisyydessä. Voimaloiden tulipalot ovat harvinaisia, mutta mahdollisia. Tulipalojen aiheuttamaa riskiä voi hallita säännöllisellä huollolla, ennakoinnilla ja sammutusjärjestelmillä.

Elinvoimaa kunnille

Tuulivoima on hajautettua sähköntuotantoa, ja useat suomalaiset kunnat hyötyvät tuulivoiman tuomista miljoonainvestoinneista. Tuulivoimahanke tuo mukanaan muun muassa työpaikkoja, merkittäviä kiinteistöverotuloja sekä maanvuokratuloja ja muuta elinvoimaa.

Tuulivoimahankeet työllistävät lukemattomia eri alojen asiantuntijoita. Paikallisen osaamisen tarve koskee usein hankkeen rakennus- sekä käyttö- ja kunnossapitovaiheita. Tuulivoimarakentamisessa paikallista työvoimaa käytetään erityisesti maanrakennustöihin, eikä suurten perustusten betoniakaan tuoda matkojen takaa. Koko tuulipuiston elinkaaren ajan on paljon kysyntää majoitus-, ravintola- ja muille tuulivoima-alan ulkopuolisille palveluille. Etenkin voimaloiden rakennusaika piristää paikallista elinkeinoelämää.

Tuulivoima-ala voi olla merkittävä työllistäjä myös rakennusvaiheen jälkeen huoltotoiminnan kautta. Nyrkkisäännön mukaan kymmenisen voimalaa vaatii kaksi huoltajaa työssäkäyntialueelle. Tuulivoimarakentamisen muututtua markkinaehtoiseksi tuulivoimahankeita ja samalla uusia työpaikkoja julkaistaan Suomessa vilkkaaseen tahtiin.

Tuulivoimaloista saatava kiinteistövero on yksi merkittävimmistä tuulivoiman kunnille tuomista eduista. Yksittäisen kunnan saamat verotulot riippuvat voimalan rakennuskustannuksista, tuulipuiston tehosta sekä kunnan määrittämästä veroprosentista. Kiinteistöverotus perustuu todellisiin investointikustannuksiin, joista verotuksen piiriin kuuluvat voimaloiden perustukset, torni ja konehuoneen kuori. Ensimmäisenä vuonna tuulivoimalan kiinteistöverotettava arvo on 75 % verotuksen piiriin kuuluvien kulujen investointikustannuksista. Toisesta vuodesta eteenpäin kiinteistöverotettavaan arvoon tehdään vuosittain 2,5 %:n ikälennus.

Veroprosenttina on joko kunnan oma kiinteistöveroprosentti tai voimalaitosten kiinteistöveroprosentti, jos sellainen on määritelty kunnassa. Veroprosentti riippuu myös voimalan tehosta: alle 10 megavolttiampeerin (MVA) voimalaa verotetaan aina kunnan kiinteistöprosentin mukaan, sitä suurempaa voimalaa voi verottaa myös voimalaitoksen veroprosentilla, joka voi olla korkeintaan 3,1 %. <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietopankki/tuulivoimalan-kiinteistoveron-maaraytyminen>

Vuokratulot maanomistajille

Maa-alat, joille tuulivoimalat sijoittuvat, vuokrataan yleensä tuulivoimahankkeen hanketoimijan toimesta tuulivoimatuotantoon. Maanomistajat saavat siis vuokratuloa maillaan sijaitsevista tuulivoimaloista. Maanomistajan saama vuokratulo tuulivoimasta voi olla suurempi kuin hyödynnettäessä aluetta metsätalousskäytössä.

Tuulivoimalan läheisyydessä sijaitsevien alueiden käyttöä rajoitetaan voimaloiden tarvitseman tilan takia. Tästä syystä tuulivoimasta maksetaan korvauksia yleensä laajemmalle kuin aivan voimalan sijaintipaikan maanomistajille. Periaatteessa korvausta maksetaan siis myös läheisten tonttien ilmatilan käytöstä.

Ilmastovaikutukset

Tuulivoimalla tuotetusta sähköstä ei synny päästöjä ilmaan, maahan tai vesistöihin. Se, miten tuulivoiman laajamittainen käyttö vaikuttaa kasvihuonekaasupäästöjen määrään, riippuu siitä, millaista sähköntuotantokapasiteettia tuulivoimalla korvataan. Sähköntuotantolaitoksia ajetaan käyttökustannusten mukaisessa järjestyksessä. Kun sähköä tuotetaan tuulella, polttoainevapaa tuulivoima syrjäyttää kustannuksiltaan kalliimpia sähköntuotantomuotoja.

<https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/miksi-tuulivoimaa>

Tuulipuistot kuitenkin myös vähentävät metsäpinta-alaa, kun puustoa on kaadettava tuulivoimaloiden rakennuspaikoilta sekä voimaloille johtavien teiden ja sähkönsiirtokaapeleiden tieltä. Metsäpinta-alan väheneminen pienentää hiilinieluja, jotka sitovat kasvihuonekaasuja ilmakehästä. Maapallon ilmasto muuttuu nopeasti ihmisen toimintojen seurauksena. Ilmastonmuutoksen keskeinen syy on kasvihuonekaasupäästöjen nopea kasvu 1900-luvun alusta lähtien. Energiantuotanto on merkittävä kasvihuonekaasujen ja hiukkaspäästöjen päästölähde.

Vaikutukset energiantuotantokustannuksiin

Tuulivoima on tänä päivänä edullisin tapa rakentaa uutta sähköntuotantokapasiteettia. Suurin osa tuulivoiman tuotantokustannuksista muodostuu tuulivoimahankkeen suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Kun tuulivoimala on valmis, kuluja tulee enää sen ylläpidosta ja huollosta. Raaka-aineen ollessa ilmaista ja loppumatonta, itse sähköntuotanto on alkuinvestointien jälkeen hyvin edullista.

Tuulivoimatuotanto on nykyään hyvin edullista, koska teknologia on kehittynyt nopeasti ja tuulivoimalat tuottavat aiempaa enemmän sähköä. Ulospäin tekninen kehitys näkyy muun muassa

tuulivoimaloiden aiempaa korkeampina torneina ja pidempinä lapoina. Korkeampi tuulivoimala pääsee kiinni voimakkaampiin ja tasaisempiin tuuliin: tuulisuus kasvaa nopeasti korkeammalle mentäessä. Pienikin muutos keskimääräisessä tuulennopeudessa lisää tuotantoa huomattavasti. Näin myös tuulivoiman tuotantokustannukset ovat laskeneet nopeasti viimeisten vuosien aikana.

Tuulivoiman tuotantokustannusten nopea lasku on mahdollistanut tuulivoimarakentamisen ilman valtion tukea. Vuodesta 2019 alkaen suurin osa Suomen tuulivoimaloista rakennetaan tuettomasti eli markkinaehtoisesti.

Radioviestintävaikutukset

Tuulivoimalat voivat korkeina sähkölaitteina vaikuttaa myös viestintäverkkoihin. Voimaloiden lapojen signaalit voivat vääristää radiosignaaleja, signaali voi heijastua voimalan rungosta tai lavoista, tai signaali voi heikentyä kulkiessaan voimalan tai voimaloiden läpi (YM 2016a). Tästäkin syystä voimaloiden ja tuulipuiston sijoittelu on siis tärkeässä roolissa. Mahdolliset vaikutukset tulee arvioida yhteistyössä viestintäviraston ja taajuuksien käyttäjien kanssa, ja jos haittavaikutuksia ilmenee, tulee katvealueet poistaa lisäämällä lähettimiä tai siirtämällä radiolinkkejä. (Traficom 2021).

Yhteisvaikutukset

Tuulipuistojen aiheuttamia vaikutuksia tutkitaan yleensä hankekohtaisesti. Viime vuosina valtavasti lisääntynyt kiinnostus tuulivoimahankkeille on kuitenkin aikaansaanut sen, että eri hankealueet saattavat olla varsin lähellä toisiaan. Tällaisten lähellä toisiaan olevien hankkeiden yksittäiset vaikutukset voivat kertaantua ja muodostaa merkittäviä haittavaikutuksia. Useat lähekkäiset tuulipuistot voivat aiheuttaa yhteisvaikutuksia maisemaan, ääneen, välkkeeseen, lajistoon, luontoarvoihin sekä turvallisuuteen. Lähekkäisten hankkeiden yhteisvaikutukset tulee selvittää uuden hankkeen suunnitteluvaiheessa, jotta haitallisilta kerrannaisvaikutuksilta vältytään.

Tuulivoimahankkeen vaiheet

Keskikokoisen tuulivoimahankkeen toteutuksen kokonaiskesto on noin 4–6 vuotta. Aloite tuulivoimahankkeelle voi tulla esim. hanketoimijalta, energiayhtiöltä, kunnalta tai maanomistajilta. Hanke voidaan jakaa karkeasti viiteen alla esitettyyn vaiheeseen.

Esiselvitys ja alueen etsintä

Hanke pohjautuu yleensä esiselvitykseen, jonka avulla etsitään tuulivoimalle sopivaa sijoituskohdetta. Esiselvityksessä vertaillaan ensin muutaman kiinnostavan kohteen tuulioloja, infrastruktuuria, maankäyttöä ja ympäristöä keskenään esimerkiksi ympäristö-, maankäyttö- ja tuulianalyyysien avulla. Kun potentiaalisin alue on valittu, selvitetään sen nykytila ja soveltuvuus tuulivoimalle. Tämä tehdään arvioimalla alustavasti projektin tekniset, taloudelliset ja maankäytölliset toteutusedellytykset, usein erilaisten selvitysten pohjalta. Alueen valintaan vaikuttaa mm. alueen kaavoitustilanne, alueen tuuliolosuhteet, alueen etäisyydet sähköverkkoon,

tieverkkoon ja asutukseen, alueen luontoarvot, alueen ilmailun rajoitukset sekä alueen maanomistajuus. Myös puolustusvoimien lausunto alueen soveltuvuudesta tuulivoimalle kannattaa pyytää jo tässä vaiheessa, sillä kielteinen lausunto on hankkeen este. Tuulivoima-alueen valinta perustuu siis eri tekijöiden välillä tehtyihin kompromisseihin. Esiselvitys ja sopivan alueen etsintä kannattaa tehdä huolellisesti, jotta hanke ei myöhemmin joudu vastatuuleen virheellisen aluevalinnan seurauksena.

Yhteistyö sidosryhmien kanssa

Kun tuulivoimahankkeelle mahdollisesti sopiva alue on löydetty, otetaan yhteyttä erilaisiin sidosryhmiin. Kaikista tärkeimmät sidosryhmät ovat kunta ja maanomistajat, joiden tulee olla myönteisiä hankkeelle. Heihin otetaan yhteyttä ensimmäisenä. Aikaisessa vaiheessa yhteyttä tulee ottaa myös alueelliseen Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukseen (ELY-keskus), joka edistää kunnan alueiden käytön suunnittelun ja rakennustoimen järjestämistä sekä toimii YVA-prosessissa yhteysviranomaisena. Maakuntaliiton kanssa on tarpeen keskustella tuulivoiman sopimisesta alueelle seudullisesta näkökulmasta, varsinkin jos hankealue ei sijaitse maakuntakaavaan merkityllä tuulivoima-alueella. Tuotettavan sähkön saamiseksi verkkoon tulee keskustella aikaisessa vaiheessa myös verkonhaltijan tai alueellisten verkkoyhtiöiden kanssa. Hankkeen edetessä yhteyttä on lisäksi hyvä ottaa hankkeelle oleellisiin viranomaisiin ja järjestöihin, kuten Museovirastoon, luonnonsuojelujärjestöihin sekä pelastuslaitokseen. On myös hyvä muistaa yhteydenotto hankkeen naapureihin, eli kaikkiin, joihin hanke voi vaikuttaa. Mitä aiemmin ja avoimemmin hankkeesta viestitään osallisille, sitä parempi ja kehittävämpi vuoropuhelu asiasta yleensä saadaan aikaiseksi. Hankkeeseen liittyvässä vuorovaikutuksessa ja tiedottamisessa tulee noudattaa maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) säännöksiä.

Hankekehitys

Alueen valinnan ja oleellisimpien sidosryhmien myönteisen kannan saamisen jälkeen vuorossa on tuulipuiston hankekehitys. Hankekehitys sisältää tuulivoima-alueen maa-alan hankinnat, alueella tehtävät tuulimittaukset sekä hankkeen kaavoituksen. Ensin hanketoimijan on hankittava maanpohjan hallinnointi, joka yleensä tapahtuu tekemällä vuokrasopimukset maanomistajien kanssa. Sopimukseen otetaan usein mukaan myös purkuvakuus, joka turvaa aikanaan voimaloiden purkukustannusten kattamisen toimijan mahdollisen konkurssin tms. tapauksessa. Tässä vaiheessa hanketta tehdään myös konkreettiset tuulimittaukset. Mittauksia suoritetaan hankealueella riittävän pitkällä aikavälillä (vähintään yksi vuosi), jotta alueen tuulioloista saadaan tarkkaa tietoa. Kaava- ja lupamenettely on usein näkyvin osa hankekehitystä. Kaavoitusmenettelyssä selvitetään tuulivoiman sijoittamisen ja rakentamisen maankäytöllisen edellytykset, eli käytännössä se, saako alueelle rakentaa tuulivoimaloita. Kaavoitusmenettelyssä on selvítettävä hankkeen vaikutukset maankäyttö- ja rakennuslain (MRL) 9 §:n mukaisesti. Kaavoitusuhanke edellyttää aina ympäristövaikutusten selvitystä ja tietyissä tapauksissa myös YVA-lain (252/2017) mukaista yksittäistapausharkintaa tai ympäristövaikutusten arviointimenettelyä (YVA-menettely). Kaavoituksen ja mahdollisen YVA-menettelyn lisäksi hanke tarvitsee aina rakennus- tai

toimenpideluvan voimaloiden rakentamiselle (MRL 125 § ja 126 §), sekä tapauskohtaisesti myös muita lupia. Kaavoitusprosesseja avataan lisää edempänä.

Rakentaminen ja käyttöönotto

Kaava- ja lupamenettelyjen jälkeen alkaa tuulivoimapuiston rakentaminen. Tässä vaiheessa hanketta tehdään investointipäätökset rahoittajien kanssa sekä erilaiset sopimukset toteutukseen liittyen, kuten toimitussopimukset ja 4 verkkoliityntäsopimus. Lisäksi tehdään suunnittelutyötä esim. teihin, perustuksiin, verkkoliityntään ja tuulipuiston kaapelointiin liittyen. Tehtävät työt kilpailutetaan, jonka jälkeen infrastruktuurin rakennus voi alkaa. Tuulivoimahankkeen infrastruktuurilla tarkoitetaan teitä, perustuksia, nostoalueita, mahdollista uutta sähkölinjaa, puistokaapelointia, muuntoasemaa ja muuntajaa. Infrastruktuurin rakentamisen jälkeen alkaa voimaloiden pystytys. Komponentit kuljetetaan paikan päälle osissa ja voimala kasataan paikan päällä. Kun voimalat ovat pystyssä, voidaan ne ottaa käyttöön. Tästä alkaa voimaloiden tuotantovaihe, joka sisältää myös valvonnan, huollon ja ylläpidon töitä.

Purkaminen ja kierrätys

Elinkaarensa lopussa voimalat yleensä puretaan. Purkamisesta vastaa voimaloiden omistaja (YM 2016a). Purkamisessa tulee huomioida mahdollisen purkamisluvan tarve (MRL 127 §) sekä rakennuspaikan ja sen ympäristön kunnostus MRL 170 §:n mukaisesti. Purettujen voimaloiden tilalle voidaan rakentaa uudet voimalat, tai alue voidaan poistaa tuulivoimakäytöstä ja maisemoida. Uusien voimaloiden rakentaminen vaatii aina vanhojen perustusten uusimisen turvallisuussyistä, mutta tuotannon päättyessä perustukset voidaan jättää maahan ja maisemoida. Purkukustannukset riippuvat voimaloiden määrästä ja purkutavasta. Kymmenen tuulivoimalan puistossa yhden tuulivoimalan purkukustannus on tällä hetkellä tapauskohtaisesti vaihdellen noin 60 000 – 120 000 euroa, kun kaikki voimalat puretaan samalla kertaa ja perustus maisemoidaan paikoilleen. <https://tuulivoimayhdistys.fi/media/13-2021update-interactive.pdf> Voimalat sisältävät arvokkaita metalleja, joten niiden osien kierrätys kannattaa. Tuulivoimaloiden osista yli 80 % pystytään kierrättämään. Vaikeimmin kierrätettävä osa ovat voimaloiden lavat, jotka on valmistettu muovikomposiitista. Materiaali on sekoitus erilaisia polymeerejä, joten valmiista lavoista raaka-aineita ei saa eroteltua kierrätykseen. Lapajätteestä voi muodostua tulevaisuudessa suuri ongelma vanhempien voimaloiden poistuessa käytöstä. Tämän takia lapojen kierrättämiseen kehitetään uusia tekniikoita, kuten lapojen murskaus ja uudelleenkäyttö sementin raaka-aineena. Käytöstä poistetut voimalat voidaan joissain tilanteissa myös myydä edelleen käytettäväksi.

Lähteet:

ELY-keskus Tuulivoiman yleisopas:

<https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/57296/Tuulivoiman+yleisopas.pdf/9f0ed0a3-7df6-ee6c-81ed-e90279b264fe?t=1636093932871>

Motiva: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima.

Suomen tuulivoimayhdistys: <https://tuulivoimayhdistys.fi/>

Energiateollisuus 2021: Sähköntuotanto ja nettotuonti 2021.

https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/sahkontuotanto_ja_-kaytto

IEA 2019. Renewables 2019. Analysis and forecast to 2024.

https://iea.blob.core.windows.net/assets/a846e5cf-ca7d4a1f-a81b-ba1499f2cc07/Renewables_2019.pdf

Traficom 2021. Tuulivoimapuistojen vaikutukset radiojärjestelmille ja haittavaikutusten vähentäminen.

https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Tuulivoimala_tajuuksiite.pdf

Valtioneuvoston kanslia 2020. Tuulivoimaloiden infraääni ja terveys. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan artikkelisarja 11/2020.

<https://tietokayttoon.fi/documents/1927382/2116852/11-2020->

[Tuulivoimaloiden+infra%C3%A4%C3%A4ni+ja+terveys.pdf/b5dc1005-24c9-67c3-087c-8846e1e48a18/11-](https://tietokayttoon.fi/documents/1927382/2116852/11-2020-Tuulivoimaloiden+infra%C3%A4%C3%A4ni+ja+terveys.pdf/b5dc1005-24c9-67c3-087c-8846e1e48a18/11-)

[2020Tuulivoimaloiden+infra%C3%A4%C3%A4ni+ja+terveys.pdf?version=1.0&t=1587361982000.](https://tietokayttoon.fi/documents/1927382/2116852/11-2020-Tuulivoimaloiden+infra%C3%A4%C3%A4ni+ja+terveys.pdf?version=1.0&t=1587361982000)

Windeurope 2017. Wind in power 2017.

<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2017.pdf>

Windeurope 2021. Wind energy in Europe: 2021 Statistics and the outlook for 2022-2026

<https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-2021-statistics-and-the-outlook-for-2022-2026/>

YM 2014. Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014.

[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=1.](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=1)

YM 2016a. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016.

[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79057/OH_5_2016.pdf?sequence=1.](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79057/OH_5_2016.pdf?sequence=1)

YM 2016b. Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa. Suomen ympäristö 1/2016.

[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/160313/SY_1_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/160313/SY_1_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)