

VALTIONEUVOSTON TUTKIMUSTOIMINTA 2026:1 | tietokayttoon.fi

Merituulivoiman purkuvelvoitteet ja -vakuus Suomen talousvyöhykkeellä

Jouko Tuomainen, Jukka Suonvieri, Arto Itkonen, Tore Granskog,
Outi Hyttinen, Iida-Maria Seppä, Olli Virta, Outi Pyy
Suomen ympäristökeskus ja Sitowise Oy

Merituulivoiman purkuvelvoitteet ja -vakuus Suomen talousvyöhykkeellä

Jouko Tuomainen, Jukka Suonvieri, Arto Itkonen, Tore Granskog,
Outi Hyttinen, Iida-Maria Seppä, Olli Virta, Outi Pyy
Suomen ympäristökeskus ja Sitowise Oy

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Valtioneuvoston kanslia
CC BY-ND 4.0

ISBN pdf: 978-952-287-970-7
ISSN pdf: 3087-825X

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2026

Merituulivoiman purkuvelvoitteet ja -vakuus Suomen talousvyöhykkeellä

Valtioneuvoston tutkimustoiminta 2026:1

Julkaisija Valtioneuvoston kanslia

Tekijä/t Jouko Tuomainen, Jukka Suonvieri, Arto Itkonen, Tore Granskog, Outi Hyttinen, Iida-Maria Seppä, Olli Virta, Outi Pyy

Yhteisötekijä Suomen ympäristökeskus, Sitowise Oy

Kieli suomi **Sivumäärä** 231

Tiivistelmä

Hankkeen tarkoituksena on tukea talousvyöhykkeen merituulivoiman hyödyntämisen lainsäädäntöpohjan valmistelua tuottamalla tietoa merituulivoiman purkamisen ennakoitavuuteen ja oikeusvarmuuteen liittyvistä keskeisistä kysymyksistä. Hankkeen aikana koottiin ja analysoitiin tietoa tuulivoimaloiden purkamisvelvoitteista, purkamisen tarpeesta ja vaikutuksista sekä mahdollisista purkua turvaavista täydentävistä rahoitusjärjestelmistä.

Purkamisen laajuus määräytyy yleisellä tasolla kansallisen ja Euroopan unionin sääntelyn sekä kansainvälisten sopimusten mukaisesti. Nykytilassa sääntelyssä ei määrätä purkamisen yksityiskohdista. Purkamisen toteutus suunnitellaan ja vaikutukset määräytyvät tuulivoimalan perustustyyppin, paikallisten olosuhteiden ja riskien perusteella.

Hankkeessa kehitettiin purkukustannusten arviointia varten malli, jossa on huomioitu Suomen talousvyöhykkeen olosuhteissa kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä, sekä analysoitiin toimintavaihtoehtoja, joilla valtio voisi varautua merituulivoimalan toiminnan lopettamisvaiheen purkuvelvollisuuden laiminlyönteihin. Lisäksi oikeusvertailun avulla tunnistettiin viiden maan käyttämiä purkuvastuun sääntely- ja rahoitusmalleja merituulivoimaloihin kohdistuvista purkuvelvoitteista sekä purkuvakuuksista tai vastaavista järjestelmistä.

Klausuuli Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston tutkimussuunnitelman toimeenpanoa (tietokayttoon.fi). Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

Asiasanat tutkimus, tutkimustoiminta, meret, meriensuojelu, tuulivoimalat, vaikutukset, purkaminen, vakuudet, sääntely

ISBN PDF 978-952-287-970-7

ISSN PDF 3087-825X

Julkaisun osoite <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-970-7>

Avvecklingskyldigheter och -säkerheter för havsbaserad vindkraft inom Finlands ekonomiska zon

Statsrådets forskningsverksamhet 2026:1

Utgivare Statsrådets kansli

Författare Jouko Tuomainen, Jukka Suonvieri, Arto Itkonen, Tore Granskog, Outi Hyttinen, Iida-Maria Seppä, Olli Virta, Outi Pyy

Utarbetad av Finlands miljöcentral, Sitowise Oy

Språk finska

Sidantal 231

Referat

Syftet med projektet är att stöda framtagandet av lagstiftningsgrunden för utnyttjande av havsbaserad vindkraft inom den exklusiva ekonomiska zonen. Detta utförs genom att ta fram information, idéer och innovationer om viktiga frågor som berör förutsägbarhet och rättssäkerhet för utnyttjande av havsvindkraft. Som en del av projektet insamlades och analyserades information om skyldigheter vid avveckling av vindkraftverk, behov och konsekvenser av avveckling. Utöver detta studerades möjliga kompletterande finansieringsprogram för att säkerställa avveckling.

Nedmonteringsens omfattning bestäms på allmän nivå enligt nationell reglering, Europeiska unionens reglering och internationella avtal. I nuläget finns inga detaljbestämmelser om nedmonteringen. Nedmonteringen planeras och konsekvenserna bedöms enligt lokala förhållanden, risker och vindkraftverkets fundamenttyp.

Projektet utvecklade en modell för att bedöma avvecklingskostnader, som tar hänsyn till faktorer som påverkar kostnaderna inom Finlands exklusiva ekonomiska zon. Dessutom analyserades alternativa åtgärder, med vilka staten kan förbereda sig ifall avvecklingskyldigheten försummas i slutfasen av havsbaserade vindkraftsparkens verksamhet. För att identifiera reglerings- och finansieringsmodeller för skyldigheter och säkerheter vid avveckling, utfördes en jämförelse av motsvarande förfaranden i fem länder.

Klausul Denna publikation är en del i genomförandet av statsrådets forskningsplan (tietokayttoon. fi). De som producerat informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt.

Nyckelord forskning, forskningsverksamhet, hav, havsskydd, vindkraftverk, konsekvenser, avveckling, säkerheter, reglering

ISBN PDF 978-952-287-970-7

ISSN PDF 3087-825X

URN-adress <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-970-7>

Dismantling obligations and security for offshore wind power in Finland's exclusive economic zone

Government's research activities 2026:x

Publisher Prime Minister's Office

Author(s) Jouko Tuomainen, Jukka Suonvieri, Arto Itkonen, Tore Granskog, Outi Hyttinen, Iida-Maria Seppä, Olli Virta, Outi Pyy

Group author Finnish Environment Institute, Sitowise Oy

Language Finnish

Pages 231

Abstract

The purpose of the project was to support the preparation of the legislative framework for utilizing offshore wind power in the Finnish exclusive economic zone (EEZ). This was carried out by producing information on key issues related to the predictability and legal certainty of decommissioning offshore wind farms. During the project, information was collected and analysed on decommissioning obligations, the need for and impacts of decommissioning, as well as potential complementary financial mechanisms that could safeguard decommissioning activities.

At a general level, the scope of decommissioning is determined by national and EU legislation, as well as by international agreements. At present, the regulations do not specify detailed requirements for decommissioning. The implementation of decommissioning plans and the resulting impacts depend on the foundation type of the wind turbine, local conditions, and risk factors.

To estimate decommissioning costs, the project developed a model that accounts for cost drivers specific to conditions in Finland's EEZ. In addition, the project analysed options for how the state could prepare for potential non-compliance with decommissioning obligations at the end of an offshore wind farm's operational lifetime. To identify regulatory and financing models related to decommissioning obligations and guarantees, a comparative analysis of corresponding procedures in five countries was conducted.

Provision This publication has been produced as part of the implementation of the Government Research Plan (tietokayttoon.fi). The content presented in this publication is the responsibility of the authors and does not necessarily represent the views of the Government.

Keywords research, research activities, seas, conservation of the seas, wind power stations, effects, dismantling, collateral securities, regulation

ISBN PDF 978-952-287-970-7

ISSN PDF 3087-825X

URN address <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-970-7>

Sisältö

Lukijalle	10
Lyhenteiden ja termien selitys	12
1 Johdanto	13
1.1 Tausta	13
1.2 Lähtökohdat	13
1.2.1 Hankkeen tavoitteet	13
1.2.2 Hankkeen aiheen rajaukset	15
1.3 Tutkimusmenetelmät ja raportin rakenne	17
1.3.1 Yleistä	17
1.3.2 Purkamisen tekniset reunaehdot ja tarve (luku 3)	19
1.3.3 Purkukustannukset (luku 4)	20
1.3.4 Vaihtoehtoiset täydentävät rahoitusjärjestelmät (luvut 5 ja 6)	20
1.3.5 Eri maiden sääntely- ja rahoitusmallit (luku 7)	21
2 Toiminnan, purkamisen ja vakuuksien sääntely	22
2.1 Kansallinen sääntelyjärjestelmä	22
2.1.1 Tuulivoimalan toiminnan sääntely	22
2.1.2 Laki Suomen talousvyöhykkeestä	22
2.1.3 Laki merituulivoimasta talousvyöhykkeellä	25
2.1.4 Jätelaki	26
2.1.5 Ympäristönsuojelulaki	29
2.1.6 Toiminnan päättymiseen ja rakennelmien purkamiseen varautuminen osana hankkeen lupakäsittelyä	31
2.1.7 Tuulienergian hyödyntämislupa (valtioneuvosto)	33
2.1.8 Kaapeleiden ja putkien asentamislupa (valtioneuvosto)	33
2.1.9 YVA-menettelyn soveltaminen	34
2.1.10 Viranomaisen keinot lainvastaisen tilanteen oikaisemiseksi	37

2.2	Kansainvälinen ja eurooppaoikeudellinen sääntelykehikko.....	39
2.2.1	Johdanto	39
2.2.2	EU:n merituulivoimaloihin liittyvä sääntely.....	39
2.2.3	YK:n merioikeusyleissopimus (UNCLOS) sekä sitä täsmentävät Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) ohjeet ja standardit.....	40
2.2.4	Vuoden 1992 Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus (Helsingin sopimus)	44
2.2.5	Yleissopimus jätteen ja muun aineen mereen laskemisen aiheuttaman meren pilaantumisen ehkäisemisestä (Lontoon sopimus vuodelta 1972) ja sen pöytäkirja (The 1996 London Dumping Protocol)	46
2.2.6	Koillis-Atlantin suojelusopimus (OSPAR)	47
2.3	Yhteenveto	49
3	Purkamisen tekniset reunaehdot ja tarve	52
3.1	Merituulivoimaloissa käytettävät rakenneratkaisut ja niiden purkaminen	52
3.1.1	Yleistä	52
3.1.2	Perusratkaisut ja niiden vaikutus purkamiseen	56
3.1.3	Rakenteet ja järjestelmät ja niiden vaikutukset purkamiseen	73
3.1.4	Kaapelit ja putket ja niiden poistaminen	81
3.2	Toistaiseksi saadut kansainväliset kokemukset purkuhankkeista	87
3.3	Purkamisohjelmat ja näkökulmat.....	89
3.3.1	Purkamisohjelmat ja purkusuunnitelmat.....	89
3.3.2	Meriliikenteen näkökulma	90
3.3.3	Kalastuksen ja muiden elinkeinojen näkökulma.....	95
3.3.4	Joustoelementit ja vastuiden siirto.....	98
3.4	Purkamisen ympäristövaikutukset ja niiden lieventäminen.....	100
3.4.1	Ympäristöhaittavaikutukset	100
3.4.2	Ympäristöhaittavaikutusten lieventämismahdollisuudet	108
3.5	Yhteenveto	116
4	Purkukustannukset.....	120
4.1	Kustannusrakenne ja pullonkaulat	120
4.2	Purkukustannukset poistettaessa kaikki rakenteet ja laitteet Suomen talousvyöhykkeellä.....	126
4.3	Purkukustannukset poistettaessa vain osa rakenteista ja laitteista Suomen talousvyöhykkeellä.....	129
4.4	Suomen talousvyöhykkeen purkukustannuksien mallinnus	134
4.5	Yhteenveto	153

5	Toiminnanharjoittajan vastuuta täydentävien rahoitusjärjestelyjen vertailu.....	155
5.1	Vertailun lähtökohdat.....	155
5.1.1	Toiminnanharjoittajan vastuuta täydentävän rahoituksen tarve.....	155
5.1.2	Talousvyöhykkeen merituulivoimaloiden erityispiirteet täydentävien rahoitusjärjestelyiden kannalta.....	156
5.2	Vaihtoehtoiset täydentävien rahoitusjärjestelyiden toteuttamistavat.....	159
5.2.1	Vastuun kohdentaminen.....	159
5.2.2	Rahoitusjärjestelyiden juridinen perusta.....	160
5.3	Vaihtoehtoisten rahoitusjärjestelyjen vertailu.....	163
5.3.1	Vertailukriteerien muodostaminen.....	163
5.3.2	Yksittäisen toiminnanharjoittajan vastuu.....	165
5.3.3	Merituulitoimialan solidaarinen vastuu.....	168
5.3.4	Valtion vastuu.....	171
5.4	Yhteenvedo.....	175
5.4.1	Mallien vertailun suorittaminen.....	175
5.4.2	Vertailun tulokset toiminnanharjoittajan ja valtion näkökulmasta.....	176
6	Vakuusmallin käyttöönottamisen vaikutusten arviointi.....	178
6.1	Johdanto.....	178
6.1.1	Vakuus osana hallinnollisia menettelyjä.....	178
6.1.2	Yksittäisen vakuuden suuruuden määrittely.....	180
6.2	Taloudelliset vaikutukset.....	182
6.2.1	Merialueen käyttäjät.....	182
6.2.2	Julkinen talous.....	183
6.2.3	Kansantalous.....	183
6.2.4	Yritykset.....	184
6.3	Viranomaisten toimintaan kohdistuvat vaikutukset.....	186
6.3.1	Valtion viranomaiset.....	186
6.3.2	Ahvenanmaan itsehallinto.....	190
6.4	Ympäristövaikutukset.....	190
6.5	Yhteenvedo vaikutuksista.....	190

7	Katsaus täydentäviin rahoitusmalleihin ja purkamisen sääntelyyn viidessä vertailumaassa	194
7.1	Vertailumaiden valintakriteerit ja vertailun toteuttaminen	194
7.2	Maakatsaukset	195
7.2.1	Hollanti	195
7.2.2	Ruotsi	197
7.2.3	Tanska	199
7.2.4	Saksa	201
7.2.5	Iso-Britannia	204
7.3	Yhteenveto maakatsauksista	205
8	Tutkimustulosten yhteenveto	208
8.1	Yleistä	208
8.2	Purkamisen tekniset reunaehdot ja tarve	209
8.3	Purkukustannukset	211
8.4	Aiheuttajan vastuu ja sitä täydentävät rahoitusjärjestelmät	212
8.5	Muissa maissa käytetyt purkuvastuun sääntely- ja rahoitusmallit	213
8.6	Epävarmuudet ja jatkotutkimustarpeet	214
	Liite 1. Haastattelujen kysymykset	216
	Lähteet	220

LUKIJALLE

Merituulivoiman purkuveloitteet ja -vakuus Suomen talousvyöhykkeellä – Merituulivoimaloiden purku 2025 toteutettiin Suomen ympäristökeskuksen (Syke) ja Sitowise Oy:n yhteistyönä Valtioneuvoston vuoden 2025 VN Tutkiva-rahoituksella.

Hankkeessa koottiin tietoa ja tutkittiin hankesuunnitelmassa asetettuja tutkimuskysymyksiä, jotka liittyivät tuulivoimaloiden purkamisveloitteisiin, purkamisen tarpeeseen ja vaikutuksiin sekä mahdollisiin purkua turvaaviin täydentäviin rahoitusjärjestelmiin. Tutkimus toteutettiin pääasiassa kirjallisuuskatsausten, internet-hakujen ja asiantuntijahaastattelujen avulla. Kootun tiedon avulla tunnistettiin, ehdotettiin ja arvioitiin erilaisia vaihtoehtoja kehittää nykyistä sääntelyä.

Hankkeen seurantaryhmään kuuluivat edustajat hankkeen kannalta keskeisistä ministeriöistä (TEM, OM ja YM). Seurantaryhmän puheenjohtajana toimi johtava asiantuntija Outi Vilén (TEM) ja jäseninä erityisasiantuntija Tuuli Oikarinen (TEM), erityisasiantuntija Hanna-Erika Savolainen (TEM), hallitussihteeri Mari-Linda Harju-Oksanen (YM), ympäristöneuvos Jan Ekebom (YM) ja lainsäädäntöneuvos Jari Salila (OM). Seurantaryhmä kokoontui viisi kertaa.

Hankeryhmän jäseninä toimivat Suomen ympäristökeskuksesta erikoistutkija Jouko Tuomainen ja johtava asiantuntija Outi Pyy, ja Sitowise Oy:stä erityisasiantuntija Jukka Suonvieri, johtava konsultti Arto Itkonen, johtaja Tore Granskog, vanhempi asiantuntija Outi Hyttinen, vanhempi asiantuntija Iida-Maria Seppä ja suunnitteluassistentti Olli Virta. Työnjako hankeryhmässä oli joustava ja kaikki osallistui raportin tuottamiseen. Luvun 2 kirjoittamisesta päävastuussa olivat Jouko Tuomainen ja Jukka Suonvieri, luvusta 3 Jukka Suonvieri, Arto Itkonen, Outi Hyttinen ja Iida-Maria Seppä, luvusta 4 Jukka Suonvieri ja Iida-Maria Seppä, luvuista 5 ja 6 Jouko Tuomainen, luvusta 7 Tore Granskog ja Jouko Tuomainen sekä grafiikasta Olli Virta. Outi Pyy toimi koko hankkeen vastuullisena johtajana.

Tutkimuksen aikana haastateltiin useita hankekehittäjä-, tutkimuslaitos-, viranomais- ja etujärjestötahoja. Haluamme kiittää heitä kaikkia, ja erityisesti kansainvälisistä kokemuksista Haskoning Nederland B.V. ja Skyborn Renewables -yhtiöitä.

Hankkeen tiedotusta ja viestintää tukivat Valtioneuvoston kanslian tutkimustoiminnan (VN Tutkiva) ja Suomen ympäristökeskuksen (Projektit) nettisivut.

Merituulivoimaloiden purku 2025 -hankeryhmä

Helmikuu 2026

Lyhenteiden ja termien selitys

Raportissa käytettyjä keskeisiä termien lyhenteitä ja käsitteistä on koottu tähän luetteloon.

EU Euroopan unioni

BEIS The UK government's Department for Business, Energy & Industrial Strategy

BREF Best Available Techniques Reference Document

DNV Det Norske Veritas

Hankekehittäjä Vastaa hankkeen suunnittelusta ja toteutuksen valmistelusta

IMO The International Maritime Organization

LVV Valtion lupa- ja valvontavirasto

Merenpohja Viittaa tässä ylimmän, mahdollisesti löyhänkin, sedimenttikerroksen tai esimerkiksi eroosiosuojaukseen käytettyjen maa-ainesten ja veden rajapintaan purkuvaiheessa.

OSPAR Koillis-Atlantin merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus ja organisaatio

Täydentävä rahoitusjärjestely Toiminnanharjoittajan vastuuta täydentäviä rahoitusjärjestelyitä ovat esimerkiksi vakuudet, sopimusjärjestelyt, valtion suora rahoitus ja valtion budjetin ulkopuoliset korvausrahastot.

Toiminnanharjoittaja Luonnollinen henkilö tai oikeushenkilö, joka harjoittaa toimintaa tai joka tosiasiallisesti määrää toiminnasta. Käsite kattaa myös tuulivoiman rakentamisen yhteydessä käytetyn hankekehittäjän käsitteen ja myös tuulivoimatoiminnan uuden omistajan.

UNCLOS United Nations Convention on the Law of the Sea

YVA Ympäristövaikutusten arviointimenettely

1 Johdanto

1.1 Tausta

Merituulivoiman purkuveloitteet ja -vakuus Suomen talousvyöhykkeellä -hanke (lyhennettynä Merituulivoimaloiden purku 2025) tukee myöhempiä lainsäädännön uudistamis- ja kehitystyötä, joka koskee tuulivoimaloiden toiminnan päättymisen jälkeisiä veloituksia ja niiden toteuttamisen takeita vastuutahon maksukyvyttömyyden varalle.

Merituulivoiman hyödyntämisen edistäminen on osa hallitusohjelman tavoitetta lisätä puhtaan energian tuotantoa. Siinä ensimmäinen askel on järjestää merituulivoima-alueiden jakaminen toiminnanharjoittajille avoimessa kilpailutusmenettelyssä. Kilpailutuksen toteuttamiseksi on tarvetta varmistaa merituulivoiman tuotannon turvallisuus sekä oikeussuoja muille merenkäytön intresseille, kuten muiden valtioiden oikeudet ja velvollisuudet, meriliikenne, kalastus, ympäristö ja turvallisuus.

Kansainvälisoikeudellista yleistä sitovaa selkeää veloitetta purkaa aina merituulivoimalalaitos kaikkine rakennelmineen ja perustuksineen ei ole, mutta silti purkamisvelvollisuus voidaan ainakin osittain rinnastaa dumpauskiellon edellyttämiin toimenpiteisiin, joista on sovittu Lontoon dumpauspöytäkirjassa ja sen poikkeuslistassa. Lontoon dumpauspöytäkirja kieltää lähtökohtaisesti kaiken tahallisen alusten, ilma-alusten, alustojen tai muiden merellisten rakennelmien mereen sijoittamisen hylkäämistarkoituksessa (katso tarkemmin luvussa 2.2). Tätä tutkimusta tehtäessä ei Suomessa ollut vielä kansallisesti päätetty, miltä osin ja millä edellytyksillä talousvyöhykkeelle rakennettavat merituulivoimalat tulee tulevaisuudessa purkaa niiden käyttöään päätyttyä.

1.2 Lähtökohdat

1.2.1 Hankkeen tavoitteet

Hankkeen lähtökohtana on ollut tutkimussuunnitelmassa esitetty visio, jonka mukaisesti tulevaisuudessa Suomessa on oikeudenmukainen, selkeästi säännelty, kustannustehokas ja joustavasti toimiva vastuiden järjestelmä talousvyöhykkeen merituulivoimaloiden maksukyvyttömyystilanteiden varalta.

Tutkimus on kohdistunut erityisesti seuraaviin asiakokonaisuuksiin:

1. Merituulivoimaloiden rakenteiden purkamisen tekniset reunaehdot ja tarve
2. Purkukustannukset
3. Toiminnanharjoittajien vastuuta täydentävien rahoitusjärjestelyjen vertailu
4. Vakuusmallin käyttöönottamisen vaikutukset
5. Kansainväliset kokemukset merituulivoiman purkamisesta ja täydentävistä rahoitusmalleista

Työn päätavoitteena on ollut tukea talousvyöhykkeen merituulivoiman hyödyntämisen lainsäädäntöpohjan valmistelua tuottamalla tietoa, ideoita ja innovaatioita sääntelyn ennakoitavuuteen ja oikeusvarmuuteen liittyvistä keskeisistä kysymyksistä, kuten voimaloiden purkamisvelvoitteista ja niiden tarpeesta sekä mahdollisista purkua turvaavista vakuusjärjestelyistä.

Hankkeen päätavoitetta on edistetty seuraavien neljän osatavoitteen kautta:

1. Tutkitaan purkamisen tarvetta erilaisissa tilanteissa, jolloin otetaan huomioon muiden merellisten toimintojen turvaaminen, purkamisen ympäristöhaitat ja vaikutukset sekä purkamiskustannukset purettaessa kaikki tai osa laitteista ja rakennelmista.
2. Tunnistetaan ja vertaillaan erityisesti perustusten suunnitteluvaiheen ratkaisuja, joilla voidaan huomattavasti vähentää voimaloiden purkamista ja purkamisesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia ja muita haittoja. Tarkasteluissa on huomioitu ympäristönäkökulmat: mitä hyötyä ympäristölle on rakenteiden purkamisesta ja toisaalta mitä hyötyä ympäristölle olisi, jos rakenteita jätettäisiin purkamatta.
3. Kuvataan vaihtoehtoisia täydentäviä rahoitusjärjestelmiä, joilla voidaan varmistaa purkamiseen tarvittavat varat merituulipuiston omistajan lyödessä laimin voimaloiden purkamista koskevat velvoitteet sekä arvioidaan eri vaihtoehtojen vaikutuksia hankekehittäjien ja valtion kannalta.
4. Tunnistetaan oikeusvertailun avulla muiden maiden käyttämiä sääntely- ja rahoitusmalleja merituulivoimaloihin kohdistuvista purkuvelvoitteista sekä purkuvakuuksista tai vastaavista järjestelmistä.

1.2.2 Hankkeen aiheen rajaukset

Raportti on laadittu ensisijaisesti valtioneuvoston päätöksentekoa tukevaksi tutkimukseksi, mutta samalla se tuottaa tutkittua tietoa aiheeseen liittyville intressiryhmille ja osaltaan mahdollistaa yhteiskunnallista keskustelua aiheesta. Työssä on pyritty keräämään erityisesti sellaista tietoa ja tekemään sellaisia analyysejä, joita ei ole aiemmin kerätty tai tehty.

Hanke koskee lähtökohtaisesti ainoastaan merialueen toimintoja. Kaapelireitit tuulivoimapuiston sisällä kuuluvat tutkimukseen, mutta sen sijaan puistosta rantautumispaikoille johtavat kaapeli- ja putkireitit eivät siihen sisälly. Raportissa on kuitenkin käsitelty myös rantautumispaikkojen kaapelireittejä siinä tapauksessa, että niitä ei ole ollut järkevää erottaa kyseisestä asiakokonaisuudesta.

Hankkeessa on tarkasteltu myös osittaisen purkamisen vaihtoehtoa, vaikka muiden maiden hankkeissa on usein tulkittu, että kansainvälisten sopimusten ja säännösten mukaan tuulivoimalan toiminnan päättyessä kaikki voimalan rakenteet tulisi poistaa. Purkamisen tarvetta on tarkasteltu teknisestä sekä ympäristön, meristrategian, merenpohjan suojeluvaihtoehtojen, meriliikenteen ja eri elinkeinojen näkökulmista, joista katsoen kokonaan purkaminen ei aina olisi tarpeen.

Elinkaaren pidentämistä (*Life extension*) ja voimaloiden korvaamista uusilla samoille paikoille (*Repowering*) on tarkasteltu vain suppeasti, sillä nykyinen lainsäädäntö ei tue niitä.

Raportissa on kuvattu Suomen merituulipuistojen ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä (*YVA-menettely*) esitettyjä tietoja voimaloiden purkuvaiheen toteutustavoista. On huomattava, että kyseessä ovat aloitusvaiheen arviot ja että todellisista toteutuneista hankkeista Suomen talousvyöhykkeellä ei vielä ole kokemusta. Lisäksi viranomaisilla saattaa olla YVA-vaikutusarvioinneissa esitetystä poikkeavat tavoitteet. Siten vaikutusarvioinneissa esitetyt kuvaukset sisältävät suurta epävarmuutta.

Raportissa on kuvattu tutkimuskysymyksiin liittyvää kansainvälistä ja kansallista lainsäädäntöä ja selostettu, missä määrin ne velvoittavat raportin johtopäätöksissä ehdotettujen vaihtoehtojen toteuttamista. Tutkimuksen tuloksena on saatu tarkkuustasoltaan yleistä tietoa purkukustannuksista ja purkamisen kustannusrakenteesta. Tarkoituksena ei ole ollut antaa vastauksia tapauskohtaisista kustannuksista. Todellisten, jo toteutuneiden purkuhankkeiden kustannusten tiedon kerääminen on osoittautunut vaikeaksi, koska ne ovat yksittäisten toimijoiden omien hankkeiden ei-julkista tietoa.

Vertailua öljy- ja kaasualan merellä sijaitsevien rakenteiden purkuun ei juurikaan tehty, sillä toimialan käytäntöjen todettiin poikkeavan monessa suhteessa tuulivoima-alasta, mm. toiminnan aikaskaalan ja perustamistapojen osalta. Myöskään hyödynnettävien öljyesiintymien merenpohjan olosuhteiden ei arvioitu vastaavan riittävässä määrin Pohjanlahden tuulivoima-alueiden olosuhteita, jossa leimaa antavaa on mm. ajoittainen jääpeite, suhteellisen pieni veden syvyys, suuri maankohoamisnopeus ja tyypillisesti jäätikkösyntyinen tai hyvin orgaanispitoinen pohjanlaatu. Parempia referenssejä tätä työtä varten löydettiin riittävästi kansainvälisistä merituulivoimahankkeista.

Purkukustannusten kuvaamisessa on otettu muuttujina huomioon teknisten seikkojen ohella kustannuksiin suuresti vaikuttavina tekijöinä purkamisen toteuttamisen nopeus ja ajoittaminen. Hankkeessa on tarkasteltu pääasiassa tämänhetkistä teknologiaa, mutta kuvataan myös näköpiirissä olevia tulevaisuuden teknisiä ratkaisuja. Tarkastelun pääpaino on ollut ensimmäisen merituulivoimalasukupolven elinkaaren aikavälissä. Purkumateriaalin hyödyntämisen kustannusvaikutukset on arvioitu nykyisen sääntelyn pohjalta.

Hankkeen lähtökohtana on ollut kustannusten ja vaikutusarviointien sitominen tiettyyn ajankohtaan. Purkukustannusten osalta tämä tarkoittaa sitä, että raportissa esitetyt kustannukset on arvioitu nykytietojen perusteella. Tulevassa rahoitusjärjestelmässä kustannusten määrittely tulee kytkeä tarkoituksenmukaiseen indeksiin vakuuden arvon säilyttämiseksi.

Suomessa ei ole tehty poliittista päätöstä talousvyöhykkeitä koskevan täydentävän rahoitusjärjestelmän toteuttamisesta tai rahoitusmallin valinnasta. Tässä tutkimuksessa on tunnistettu ensin mahdolliset vaihtoehdot, joista arviointikriteerejä soveltaen tarkemman arvioinnin kohteeksi valittiin vakuusmalli. Raportti on tältä osin luonteeltaan tutkimus täydentävän rahoitusjärjestelmän tarpeesta, mallin valintaan vaikuttavista seikoista, käytettävissä olevista vaihtoehdoista ja muissa maissa aiheesta saaduista kokemuksista. Tässä raportissa ei ole tehty valintaa erilaisten järjestelmien välillä, sillä Suomessa käytettävän järjestelmän valinta tehdään poliittisessa päätöksentekomenettelyssä. Myöskään mallien hallinnollisten organisointivaihtoehtojen yksityiskohtainen kuvaus ei sisältynyt työhön.

Kaiken kaikkiaan työ on luonteeltaan asiantuntijatutkimus, johon ovat vaikuttaneet yksittäisten henkilöiden tausta ja näkemykset. Raportissa esitetyt tutkimustuloksia tulee käyttää nämä seikat huomioiden, eikä niitä saa irrottaa asiayhteydestään. Kirjoittajat ja heidän edustamansa organisaatiot eivät vastaa tulosten myöhemmästä soveltamisesta.

Tutkimuksessa tunnistettiin useita merkittäviä epävarmuuksia ja jatkotutkimustarpeita, joita on kuvattu luvussa 8.6.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja raportin rakenne

1.3.1 Yleistä

Raportti koostuu johdantojaksosta (luku 1), nykyisen sääntelyn kuvauksesta (luku 2), aiheen käsittelyn, tulosten ja johtopäätösten kuvauksista (luvut 3–7) ja yhteenvedosta (luku 8). Seuraavaksi esitellään yleisesti tutkimusmenetelmiä, ja sen jälkeen niiden soveltamista luvuissa 3–7 sekä näiden lukujen rakennetta.

Hankkeessa on käytetty keskeisenä tiedon keräämisen menetelmänä kirjallisuuskatsausta, jossa hyödynnettiin lähteinä erilaisia raportteja, julkaisuja, www-sivustoja, valmistuneita ympäristövaikutusten arviointiselostuksia (YVA-selostus) sekä kansainvälisiä esimerkkejä merituulivoimahankkeista. Kirjallisuushauissa on pyritty vastaavuuteen ja kattavuuteen. Haut on toteutettu asiasanahakuina tieteellisistä julkaisupalveluista sekä kirjoittajien, ohjausryhmän ja haastateltujen henkilöiden ehdotusten perusteella. Raportissa on viitattu vain edustavimpaan osaan kaikista työtä varten läpikäydyistä julkaisuista.

Luvuissa 3 ja 4 on tiedon keräämisessä ja jäsentämisessä käytetty alkuvaiheen työkaluna generatiivista tekoälyä. Myös yhteenvetoluonnosten laatimiseen (luku 8) on hyödynnetty kielimallia, jonka tuotos perustui raportin alkuosan valmiiseen tekstiin. Kaikki tekoälyn tuottamat tekstit on jäsennetty uudelleen, niiden sisältämät tosiasiat ja viittaukset on tarkastettu, ja osioita on syvennetty ja laajennettu kirjoittajien toimesta. Penttilän et al. (2024, s. 56) mukaan tekoäly soveltuu erityisesti tällaiseen tiedonhaun tehostamiseen ja rajattujen kokonaiskuvien muodostamiseen isoista tietoa-aineistoista. Esimerkkeinä he mainitsevat lainvalmisteluaineiston esikäsitteilyn ja lausuntoyhteenvedojen tuottamisen.

Kirjallisuuskatsauksen tueksi ja rikastamiseksi tehtiin tutkimustyön aikana asiantuntija-arvioita sekä eri sidosryhmien haastatteluita. Haastattelut toteutettiin avoimina tai ennakkoon toimitettuun kysymyslistaan perustuvina Teams- tai puhelinhaastatteluina. Haastateltavat valittiin kunkin tutkimuskysymysten osalta siten, että haastateltavilla organisaatioilla ja henkilöillä on erityisosaamista sekä pitkäaikaista perehtyneisyyttä ja kokemusta kyseisestä aihealueesta. Haastatellut tahot on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 1).

Taulukko 1. Raportin työstämisen aikana haastatellut tai muutoin tietoja antaneet tahot.

Organisaatio	Henkilö	Ajankohta	Aihealue
Syke	Eevaleena Häkkinen	27.10.2025	Purkukustannusten laskentaperusteet maatuulivoimaloissa
Scottish Government, Marine Laboratory	Asiantuntijat	12.11.2025	Skotlannin purkuvakuus
Haskoning	Gertjan Jobse	10.10.2025	Hollannin ja Iso-Britannian purkuvakuus ja merituulivoimapuistojen lupapäätökset
Tanskan Energiavirasto	John Adams, Peter Skjellerup	14.10.2025	Tanskan purkuvakuus ja merituulivoimapuistojen lupapäätökset
Metsähallitus	Markku Tuominen, Annina Hästö	4.12.2025	Vakuus ja purkuvastuun määrittely osana sopimusta toiminnanharjoittajan kanssa
Ammatti-kalastajaliitto	Mikko Malin	11.12.2025	Purkamisen tarve kalastuksen näkökulmasta
Lännen Kalaleader	Mika Halttu	12.12.2025	Purkamisen tarve kalastuksen näkökulmasta
MG Offshore	Manu Grönlund	11.12.2025	Perustusten suunnittelun vaikutukset purkukustannuksiin
Traficom	Jani Koiranen	15.12.2025	Purkamisen tarve meriliikenteen näkökulmasta
Väylävirasto	Lauri Kuuliala	15.12.2025	Purkamisen tarve meriliikenteen näkökulmasta
Skyborn Renewables	Anu Vaahtera	17.12.2025	Purkamisen ympäristövaikutukset hankekehittäjän näkökulmasta

Eri lähteistä ja menetelmillä koottujen tietojen analyysin jälkeen hankkeen hankeryhmä jäsenteli informaatiota ja teki johtopäätökset hankkeen tavoitteita vastaavista ratkaisumalleista. Hankeryhmä piti lukuisia Teams-neuvotteluja, joissa muodostettiin yhteinen kanta tutkimuskysymyksiin vastaamisesta, ja päätettiin raportin rakenne.

1.3.2 Purkamisen tekniset reunaehdot ja tarve (luku 3)

Tarpeellisen purkamisen laajuutta on tutkittu asiantuntijahaastatteluilla ja kirjallisuuskatsauksella keräämällä tietoa Suomen jo valmistuneista merituulivoiman YVA- ja lupadokumenteista sekä mm. BREF-dokumenteista ja lupa-asiakirjoista.

Tietoa on kerätty purkutoimenpiteiden kustannuksista ja alan toimijoiden käsityksistä tarvittavasta purkamisen laajuudesta. Samalla on tutkittu Suomeen suunniteltujen hankkeiden merkittäviä ominaisuuksia, kuten turbiinien lukumäärää, kokoa, perustamis- ja siirtotapoja sekä sitä, sisältävätkö suunnitellut hankkeet vedyn tuotantoa ja siirtoa. Näillä ominaisuuksilla voi olla huomattavia vaikutuksia purkamiskustannuksiin ja purkamisen muihin vaikutuksiin.

Eriyistä huomiota on kiinnitetty purkamisen tai purkamatta jättämisen ympäristövaikutuksiin: mitä hyötyä ympäristön elävälle osalle eli ekosysteemeille, luontotyypeille ja lajeille on rakenteiden purkamisesta, ja toisaalta mitä hyötyä ympäristölle olisi, jos rakenteita jätettäisiin purkamatta.

Merituulivoimala voidaan jakaa purkamisen näkökulmasta seuraaviin pääosioihin: turbiineihin, perustuksiin, sähkösiirtokaapeleihin, sähköasemiin sekä mahdollisiin vedyn tuotantolaitoksiin ja vetyputkiin. Hankkeessa on arvioitu purkukustannuksia kokonaan purkamisen ja osittaisen purkamisen vaihtoehtoisissa. Purkukustannuksissa on arvioitu kokonaiskustannukset ottaen huomioon kierrättämiskustannukset ja -tuotot.

Tuulivoimalan pääosiot on asemoitu matriisiin, jossa purkukustannukset muodostavat toisen ja vaikutukset toisen akselin. Näin voidaan hahmottaa purkamisen vaikuttavimpia osioita. Johtopäätöksiä on tunnistettu ne osiot, joista aiheutuu merkittäviä etuja, ja osiot, joiden purkamisesta muodostuu merkittäviä kustannuksia tai haittoja. Lisäksi raportissa on arvioitu vaikutukset purettaessa tuulivoima-alue kokonaisuudessaan.

Vaikutuksissa on arvioitu muun muassa estevaikutuksen poistumisen aiheuttamia hyötyjä ja purkamisen aiheuttamia ympäristöhaittoja. Lisäksi on arvioitu eri osioiden uusiokäyttö- ja kierrättämismahdollisuuksia. Purkamisen ympäristöhaittavaikutukset on ensin kartoitettu, jonka jälkeen niiden kesto ja merkitystä on arvioitu asiantuntijatyönä. Vastaavasti on kerätty erilaisia ratkaisuja, joilla ympäristöhaittoja voidaan lieventää. Myös niiden aikajännettä ja vaikuttavuutta on arvioitu asiantuntijatyönä.

1.3.3 Purkukustannukset (luku 4)

Purkukustannuskappaleessa on kuvattu purkukustannusten rakennetta ja pullonkauloja sekä purkukustannuksia purettaessa rakenteet kokonaan tai osittain. Lisäksi on kehitetty mallinnus Suomen talousvyöhykkeen purkukustannusten laskemisesta ja mallin mukaisista purkukustannusarvioista valtioneuvoston päätösluonnoksessa määritellyille hankealueille.

Kustannusrakenne on kuvattu Iso-Britanniassa käytössä olevan mallin (BEIS) ja kansainvälisen tutkimuskirjallisuuden mukaisesti. Mallinnuksen mukaisten Suomen talousvyöhykkeen hankkeiden purkukustannuksien laskennassa on hyödynnetty pohjatietona merituulivoiman purkamisen kansainvälisiä tutkimuksia, etenkin Adedipe & Shafiee (2020) tutkimuksen tuloksia.

1.3.4 Vaihtoehtoiset täydentävät rahoitusjärjestelmät (luvut 5 ja 6)

Edellisten vaiheiden tulosten perusteella on tunnistettu, millaisia kustannuksia ja toimenpiteitä täydentävän rahoitusjärjestelmän tulisi pystyä rahoittamaan vastuutahon ollessa maksukyvytön tai laiminlyödessä purkamiseen liittyvät toimet. Toteutusmallivaihtoehtoja on vertailtu eri intressien suojaamisen kannalta sekä arvioimalla eri vaihtoehtojen vaikutuksia hankekehittäjille ja valtiolle.

Vaihtoehtoisina täydentävinä rahoituksen toteuttamismalleina on tarkasteltu vakuutta, valtion rahoitusta ja rahastoja. Arvioidut kustannusvastuun kohdentamisen vaihtoehdot ovat olleet valtio, yksittäinen hankekehittäjä tai muu toimija ja yhteisesti koko merituulivoimatoimiala. Vaihtoehtoisina juridisina toteuttamiskeinoina on lisäksi huomioitu yksityisoikeudelliset sopimukset ja lain säätäminen.

Tutkittaessa käyttökelpoisia ja potentiaalisia rahoitusjärjestelmiä ja -malleja on tunnistettu niihin liittyviä mahdollisuuksia, heikkouksia ja vahvuuksia. Tutkimuksessa on painotettu relevanttien kansainvälisten säännösten tulkintaa.

1.3.5 Eri maiden sääntely- ja rahoitusmallit (luku 7)

Oikeudellisella sääntelyllä on tässä tarkoitettu valtioiden välisiä sitovia kansainvälisiä sopimuksia sekä kansallisvaltioiden ja Euroopan unionin lainsäätäjän laatimia ja voimaan saattamia erinimisiä säädöksiä, joiden päätyyppejä ovat, lait, asetukset ja direktiivit. Lisäksi tutkimuksessa on kuvattu muutamia tuomioistuimen ja hallintoviranomaisen päätöksiä sekä viranomaisten julkaisemia ohjeistoja, jotka täsmentävät oikeudellista sääntelyä.

Tiedot eri maiden sääntely- ja rahoitusmalleista on hankittu käyttämällä kirjallista aineistoa, tekemällä internetin kautta tiedonhakuja ja tekemällä asiantuntijahaastatteluja. Heidän verkostojensa kautta on tavoitettu ulkomaisia tuulivoiman ja muun merialueiden rakentamisen asiantuntijoita.

Kootut tiedot on analysoitu hankkeen tutkijoiden yhteistyönä ja päätelmissä on painotettu hyödylliseksi tunnistettujen sääntelyideoiden (*legal transplants*) soveltuvuutta suomalaisen lainsäädännön kehittämisessä.

2 Toiminnan, purkamisen ja vakuuksien sääntely

2.1 Kansallinen sääntelyjärjestelmä

2.1.1 Tuulivoimalan toiminnan sääntely

Sääntelyä koskevan luvun tavoitteena on välittää kuva, miten merituulivoimaloihin liittyvien rakennelmien hylkäämiseen suhtaudutaan toisaalta kansallisessa lainsäädännössä ja toisaalta kansainvälisissä sopimuksissa. Rakennelmien, alusten hylkäämisen kieltäminen ja rakennelmien purkuvelvoite on kansallisen lainsäädännön yleisenä lähtökohtana, mutta se, miten laajasti tuulivoimalan perustuksia on purettava täsmentyy tapauskohtaisesti. Kansainvälisiä sopimuksia ja niiden lähtökohtia kuvataan jaksossa 2.2.

Talousvyöhykkeen merituulivoimalan rakentamisvaiheen kannalta vesilaki (587/2011) ja siihen perustuva vesitalouslupa ovat tärkeimmät oikeudelliset ohjauskeinot. Lisäksi esimerkiksi liityntäjohtot talousvyöhykkeen merituulivoimaloista mantereelle edellyttävät talousvyöhykelain mukaista valtioneuvoston suostumusta (6 §). Tapauskohtaisesti tarvitaan myös useita muita viranomaislupia. Esimerkiksi aluevesillä johtojen laskeminen edellyttää ainakin vesilupaa, sähkömarkkinalain (588/2013) mukaista hankelupaa suurjännitejohton rakentamiselle (14 §) ja aluevalvontalain (755/2000) 19 §:n mukaista lupaa merenpohjan tutkimiseen ja kartoittamiseen.

Talousvyöhykkeen merituulivoimalan lopettamisvaihetta koskevan sääntelyn kannalta keskeisiä ovat Suomen talousvyöhykkeestä annettu laki (1058/2004, talousvyöhykelaki), laki merituulivoimasta talousvyöhykkeellä (937/2024), jätelaki (646/2011) ja ympäristönsuojelulaki (527/2014), joita seuraavassa erityisesti analysoidaan.

2.1.2 Laki Suomen talousvyöhykkeestä

Suomen talousvyöhyke on kansainvälistä merialuetta, jonka taloudelliseen hyödyntämiseen Suomen valtiolla on oikeus.

Talousvyöhykkeen taloudellisesta hyödyntämisestä ja siihen tähtäävästä tutkimuksesta sekä rakentamisesta talousvyöhykkeellä säädetään yleisesti talousvyöhykelain 3 luvussa. Lukua ei kuitenkaan sovelleta tuulienergian hyödyntämiseen ja siihen tähtäävään tutkimukseen Suomen talousvyöhykkeellä talousvyöhykelain 5 a §:n säännösten perusteella, vaan siihen sovelletaan talousvyöhykelain sijaan talousvyöhykkeen merituulivoimalakia. Tuulienergian hyödyntämiseen liittyvien kaapeleiden ja putkien asentamiseen ja käyttöön sekä niihin liittyvään 2 §:ssä tarkoitetun talousvyöhykkeen merituulivoima-alueen ulkopuolella tapahtuvaan tutkimukseen sovelletaan kuitenkin talousvyöhykelain 6 §:ä. Merituulivoimahanke ja siihen mahdollisesti liitännäinen vedyntuotantohanke tarvitsee siis talousvyöhykkeen merituulivoimalain mukaisen hyödyntämisluvan.

Talousvyöhykelain 2 §:ssä säädetään, että Suomen valtiolle kuuluu talousvyöhykkeellä oikeus elollisten ja elottomien luonnonvarojen tutkimiseen, hyödyntämiseen, säilyttämiseen ja hoitamiseen sekä muuhun toimintaan, jonka tarkoituksena on vyöhykkeen taloudellinen hyödyntäminen ja tutkiminen. Lisäksi Suomen valtiolla on talousvyöhykkeellä kansainvälisen oikeuden mukainen lainkäyttövalta tekosaarten, laitteiden ja muiden rakennelmien rakentamiseen ja käyttöön sekä meriympäristön suojeluun ja meritieteelliseen tutkimukseen samoin kuin muut kansainvälisen oikeuden mukaiset oikeudet ja velvollisuudet.

Talousvyöhykelain 3 §:n 1 momentissa säädetään, että talousvyöhykkeellä sovelletaan ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annettua lakia (252/2017), ympäristönsuojelulakia, vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annettua lakia (1299/2004), vesilakia, alueidenkäyttölain (132/1999) merialuesuunnittelua koskevaa 8 a lukua sekä hiilidioksidin talteenottamisesta ja varastoinnista annettua lakia (416/2012) ja niiden nojalla annettuja säännöksiä.

Talousvyöhykkeellä ei sovelleta kansallista rakentamista ja kaavoittamista koskevaa lainsäädäntöä, ja siten merituulivoimalan rakentaminen ei edellytä alueidenkäyttölain (132/1999) mukaisia kaavoittamisratkaisuja tai rakentamislain (751/2023) rakentamislupaa. Talousvyöhykkeellä tapahtuvaan rakentamiseen ei myöskään sovelleta rakentamisen turvallisuutta, rakentamisen teknisiä vaatimuksia (esimerkiksi rakenteiden lujuus ja vakaus) tai rakentamisen valvontaa koskevia säännöksiä.

Talousvyöhykelain 3 §:n 2 momentissa säädetään muun ohessa, että öljyvahinkojen torjuntaa koskevista toimenpiteistä talousvyöhykkeellä säädetään pelastuslaissa (379/2011). Lisäksi talousvyöhykkeellä sovelletaan jätelakia (646/2011).

Talousvyöhykelain 3 a §:ssä säädetään, että sen lisäksi mitä 3 §:ssä säädetään, talousvyöhykkeelle rakennettavien tekosaarten, laitteiden ja muiden rakennelmien sekä niiden toiminnan yhteydessä asennettavien tai käytettävien putkien ja kaapeleiden osalta sovelletaan Suomen ja Euroopan unionin sähkö- ja kaasumarkkinoista annettua lainsäädäntöä, vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta annettua lakia (390/2005), painelaitelakia (1144/2016), päästökauppalakia (1270/2023) sekä ilmailulain (864/2014) lentoesteitä koskevia säännöksiä. Laitteena tai rakennelmana ei pidetä putkea tai kaapelia.

Talousvyöhykelain 4 §:ssä säädetään, että kalastuksen ja metsästyksen harjoittamisesta sekä elollisten luonnonvarojen säilyttämisestä ja luonnon-suojelusta talousvyöhykkeellä on voimassa, mitä kalastus-, metsästy- ja luonnonsuojelulainsäädännössä sekä Euroopan yhteisön yhteistä kalastuspolitiikkaa koskevissa säännöksissä sekä niiden nojalla säädetään tai määrätään sekä mitä vieraan valtion kanssa on sovittu.

Talousvyöhykelain 5 §:ssä säädetään, että talousvyöhykkeellä on voimassa, mitä eräiden vedenalaisten johtojen suojelemisesta annetussa laissa (145/1965) säädetään. Maa-ainesten ottamiseen talousvyöhykkeellä sovelletaan vesilakia.

Merituulivoimahankkeeseen liittyvien putkien ja kaapeleiden asentaminen ja käyttö edellyttää talousvyöhykelain 6 §:n mukaista suostumusta.

Talousvyöhykkeen merituulivoimahankkeet eivät tarvitse talousvyöhykelain 7 §:n mukaista suostumusta rakentamiseen. Hankkeelle tarvittavat valtioneuvoston päätöksen lupaehdot asetetaan talousvyöhykkeen merituulivoimalain mukaisessa hyödyntämislupapäätöksessä.

Talousvyöhykelain 17 §:ssä säädetään, että talousvyöhykkeelle rakennetuilla tekosaarilla, laitteilla ja muilla rakennelmilla sovelletaan Suomen lakia samalla tavoin kuin jos rakennelma sijaitsisi sellaisella lähinnä olevalla Suomen alueella, joka ei kuulu Ahvenanmaan alueeseen. 17 §:n nojalla merituulivoimahankkeisiin soveltuvat sellaiset lait, jotka tulevat sovellettavaksi pykälässä käytettyjen sanojen sijamuodon mukaisesti tekosaarilla, laitteilla ja muilla rakennelmilla.

Talousvyöhykelain 17 §:ssä käytetään – samoin kuin 3 a §:ssä – käsitejoukkoa ”tekosaari, laite ja muu rakennelma”. Merituulivoimalat, sähköasemat, vetylaitokset ja vastaavat on katsottava kuuluvan tämän käsitejoukon piiriin, sillä käsitteiden

sisältö vastaa samoja YK:n merioikeusyleissopimuksessa käsitteitä.¹ Sopimuksen 60 artiklan mukaan rantavaltiolla on talousvyöhykkeellä yksinomainen oikeus rakentaa sekä antaa lupa rakentaa ja käyttää: a) tekosaaria; b) 56 artiklassa mainittuihin ja muihin taloudellisiin tarkoituksiin käytettäviä laitteita ja rakennelmia; c) laitteita ja rakennelmia, jotka saattavat haitata rantavaltion oikeuksien käyttämistä vyöhykkeellä; sekä säännellä näiden rakentamista ja käyttöä. Rantavaltiolla on yksinomainen lainkäyttövalta tällaisiin tekosaariin, laitteisiin ja rakennelmiin.

2.1.3 Laki merituulivoimasta talousvyöhykkeellä

Laki merituulivoimasta talousvyöhykkeellä säädettiin täydentämään talousvyöhykelakia. Tämän tutkimuksen tekijöiden arvion mukaan lain keskeinen tavoite oli järjestellä kilpailutusmenettelyn avulla useiden samasta merialueesta kiinnostuneiden hankekehittäjien intressien yhteensovittaminen yleisen edun mukaisesti. Tavoitteen taustalla oli se, ettei talousvyöhykelain valmistelussa juurikaan huomioitu merituulivoimalatoimintaa, minkä vuoksi merituulivoimahankkeisiin sovellettavan lainsäädännön tarkentaminen todettiin tarpeelliseksi. Säädetty laki ei kuitenkaan kattanut kaikkia sääntelyä edellyttäviä asioita, vaan niitä jäi myöhemmän säädösvalmistelun varaan. Hallituksen esityksessä todettiin, että kaikkia lakihankkeessa sinänsä tarpeellisiksi todettuja säännöksiä ei ole kuitenkaan hankkeen aikataulusta johtuen sisällytetty esitykseen. Hallituksen esityksessä mainittiin tarve rakentamisen teknisten vaatimusten ja turvallisuuden huomioimiselle ja niitä koskevien säännösten tuomiselle talousvyöhykkeelle sovellettaviksi sekä tarve samalla ratkaista tuulivoimaloiden purkamista koskevat kysymykset².

Lakia sovelletaan tuulienergian hyödyntämiseen ja siihen tähtäävään tutkimukseen Suomen talousvyöhykkeellä (1 §). Tuulienergian hyödyntämiseen liittyvien kaapeleiden ja putkien asentamiseen ja käyttöön ja niihin liittyvään, lain 2 §:ssä tarkoitetun talousvyöhykkeen merituulivoima-alueen ulkopuolella tapahtuvaan tutkimukseen sovelletaan kuitenkin talousvyöhykelain 6 §:ää.

1 HE 147/2024 vp, Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi merituulivoimasta talousvyöhykkeellä ja siihen liittyviksi laeiksi, s. 6.

2 HE 147/2024 vp, Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi merituulivoimasta talousvyöhykkeellä ja siihen liittyviksi laeiksi, s. 9.

Merituulivoimasta talousvyöhykkeellä annetun lain 3 §:n mukaan tuulienergian hyödyntäminen ja siihen tähtäävä tutkimus Suomen talousvyöhykkeellä edellyttää valtioneuvoston lupaa (*hyödyntämislupa*). Oikeus hakea hyödyntämislupaa ratkaistaan Energiaviraston järjestämällä kilpailutuksella (3 §). Kilpailutusmenettelyssä Energiavirasto määrittää kilpailutuksen voittajan ja toiseksi sijoittuvan vertaamalla tarjousten hinta-laatusuhdetta siten, että tarjoajat saavat pisteitä sekä tarjoamastaan hyödyntämismaksusta että laadullisista tekijöistä. Laadulliset tekijät voivat koskea tarjoajan taloudellista tilaa, kokemusta, osaamista ja muuta kykyä edistää hanketta, hankkeen ympäristövaikutuksia, hankkeen hyväksyttävyyden edistämistä, energiajärjestelmän joustavuuden edistämistä, turvallisuutta sekä Euroopan unionin lainsäädännössä edellytettäviä seikkoja (5 § 1 momentti). Laissa annetaan (5 §:n 3 momentti) valtuutus antaa valtioneuvoston asetuksella tarkempia säännöksiä muun ohessa kilpailutusmenettelystä, tarjousten arvioinnista, tarjottavasta hyödyntämismaksusta ja valintakriteereistä. Kyseistä valtioneuvoston asetusta ei ole vielä annettu.

Lain 5 §:ssä tai sen perusteluissa (HE 147/2024 vp) taikka julkaistussa luonnoksessa valtioneuvoston asetukseksi ei ole viitattu siihen, että merituulivoimalan toiminnan päättymisen jälkeinen purkamisen toteuttamistapa tai purkamiseen liittyvät vakuusjärjestelyt kuuluisivat kilpailutuksessa huomioon otettaviin seikkoihin ja siten vaikuttaisivat kilpailutuksen lopputulokseen.

2.1.4 Jätelaki

Tuulivoimalan ja sen perustusten purkamisen laiminlyöntiin sekä purkamisjätteiden käsittelyyn voidaan tapauskohtaisten olosuhteiden perusteella soveltaa jätelain roskaamiskieltoa ja jätehuollon järjestämisvelvollisuutta. Jätelakia sovelletaan pääsääntöisesti jätteisiin, mutta myös roskaantumiseen ja toimintaan, josta syntyy jätettä. Tosin merituulivoimaloiden purkamisvastuuseen ja sen kohdentumiseen liittyy jätelainsäädännön näkökulmasta tulkinnanvaraisia kysymyksiä jätehuoltovastuun kohdentumisesta. Lain tulkinnassa painottuvat tavoitteet saada vastuullinen nimettyä ja jätehuolto asianmukaisesti järjestettyä.

Jätelain 5 §:ssä jätteellä tarkoitetaan ”ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä tai on velvollinen poistamaan käytöstä”. Euroopan unionin tuomioistuimen oikeuskäytännössä jätteen määritelmä on tulkittu laajasti ja määritelmästä tehdyt poikkeukset ovat suppeita ottaen huomioon jätteistä terveydelle ja ympäristölle aiheutuvan vaaran tai haitan merkitys. Suomen jätelaissa tai sen esitöissä (HE 199/2010 vp) ei tarkasti määritellä jätelain 5 §:ssä tarkoitettua jätteen käsitteen sisältöä. Lain yksityiskohtaisissa

perusteluissa todetaan, että säännöksellä toimeenpannaan jätedirektiivin³ 36 artiklassa jäsenvaltioille asetettua velvoitetta toteuttaa tarvittavat toimet jätteen hylkäämisen tai valvomattoman sijoittamisen taikka valvomattoman jätehuollon kieltämiseksi. Jätteen hylkäämisen ja hallitsemattoman käsittelyn kiello koskee kaikkea jätteeseen liittyvää epäasianmukaista toimintaa tai toimimatta jättämistä, esimerkiksi jätteen hautaamista maahan taikka jätteen jättämistä synty-, välivarastointi- tai käsittelypaikalle.

Jätelain roskaamiskiellon 72 §:n mukaan ympäristöön ei saa jättää muun muassa jätettä, laitetta, tai muuta esinettä siten, että siitä voi aiheutua epäsiisteyttä, maiseman rumentumista, viihtyisyyden vähentymistä, ihmisen tai eläimen loukkaantumisen vaaraa tai muuta niihin rinnastettavaa vaaraa tai haittaa. Säännöksen esitöiden⁴ mukaan sitä sovelletaan myös sellaiseen esineeseen ja aineeseen, joka ei kiistatta ole jätettä, mutta joka sen kunnon, huolenpidon puutteen tai sijaintipaikan perusteella voidaan päätellä hylätyksi tai käytöstä poistetuksi. Roskaamiskiellon soveltaminen edellyttää sellaista jätelain 72 §:ssä mainittua seurausta, joka yleisesti koetaan häiritseviksi. Esitöiden mukaan ympäristönä pidetään kaikkea ympäristöä, niin asuin- kuin muuta kulttuuriympäristöä ja luonnonympäristöä. Roskaantumista voi aiheuttaa myös maaperässä näkymättömissä oleva esine.

Roskaamiskieltoon perustuvasta siivoamisvelvollisuudesta vastaa roskaaja ja toissijaisesti siivoamisvelvollisuus voi kohdistua alueen haltijaan. Edellä sanotun perusteella talousvyöhykkeen merialueiden tuulivoimalan purkamattomat rakenteet tai purkujätteet voivat tapauskohtaisesti kuulua roskaamiskiellon soveltamisalaan, ainakin jos ne täyttävät seurausten häiritsevyyden edellytyksen. Toissijainen vastuu voi kohdentua Suomen valtioon alueen haltijaan rinnastettavana tahona, mitä perustellaan seuraavassa kappaleessa.

Jätehuollon järjestämisestä vastaa jätelain 28 §:n 1 momentin nojalla ensisijaisesti ”jätteen haltija”, mikä tuulivoimalahankkeen toteuttamisen ja toimintaan sovellettuna tarkoittaa yleensä hankekehittäjää tai myöhempää muuta toiminnanharjoittajaa. Jätelain 28 §:n 2 momentin mukaisen toissijaisen jätehuoltovastuun nojalla kiinteistön haltijan on järjestettävä jätehuolto, jos jätteen haltija ei huolehdi velvollisuudestaan, ja jos kiinteistön haltija on sallinut

3 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY, annettu 19 päivänä marraskuuta 2008, jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta.

4 HE 199/2010 vp Hallituksen esitys Eduskunnalle jätelaiksi ja eräiksi siihen liittyviksi laeiksi. s. 107.

jätettä tuottavan toiminnan kiinteistöllä tai jätteen tuomisen kiinteistölle. Jätelain esitöiden mukaan kiinteistön haltijan velvollisuuden laajuutta on arvioitava aina tapauskohtaisesti⁵, joten kynnys kiinteistönomistajan toissijaiselle vastuulle voidaan katsoa olevan korkea. Jos tuulivoimatoiminnan harjoittaminen perustuu maanvuokrasopimukseen, on selvää, että kiinteistönomistaja on maanvuokrasopimuksen nojalla sallinut tuulivoimalan tuomisen kiinteistölle ja tiennyt sen tulevasta purkamistarpeesta. Tulkinnanvaraista on, voidaanko vuokranantajalta aina edellyttää varautumista vakuusvaatimuksella ja toiminnan talouden seurannalla vuokralaisen maksukyvyttömyyteen, mutta tuulivoimatoiminnan kannattavuuden suhdanneherkkyyden perustella sitäkin vaatimusta voitaneen puoltaa. Vaikka osapuolet ovat nimenomaisesti sopineet vuokralaisen velvollisuudesta hallita aluetta ja suorittaa toiminnan päättymisen jälkeen alueella tarpeelliset tuulivoimaloiden ja niiden rakenteiden purkamistoimenpiteet, ei se poista sitä tarvetta että toiminnanharjoittajan maksukyvyttömyyteen ja siihen liittyvään purkujätteen poistamiskustannusten kattamiseen on välttämätöntä varautua.

Vaikka talousvyöhykkeen merituulivoimalan edellyttämän alueen luovuttaminen toiminnanharjoittajalle tapahtuu maanvuokrasopimuksen sijasta valtioneuvoston päätöksellä, tämä alueen luovutusmenettely voitaneen jätelain toissijaisen vastuun syntymisen näkökulmasta rinnastaa maanvuokraukseen. Jätelain sanamuodon mukaan toissijainen vastuu kohdistuu kiinteistön haltijaan. Kun Suomen valtion asema talousvyöhykkeellä voidaan, mikäli edellä kuvattu jätelain tulkinta hyväksytään, rinnastaa haltijan asemaan, silloin toissijainen jätehuoltovastuu voi kohdistua Suomen valtioon.

Merituulivoimaloiden purkamisvastuuseen liittyen on aiheellista huomata, että EU:n jätesäätelyn soveltamisalan ulkopuolelle on rajattu maaperään alkuperäisellä paikalla pysyvässä yhteydessä olevat rakennukset⁶. Vastaavasti jätelain esitöissä on tehty samansisältöisiä linjauksia rakennusten kuulumisesta lain soveltamisalaan. Jätelain tulkinta vastaa täten jätedirektiivin soveltamisrajausta⁷. Kuitenkin esineen jätestatuksen toteamista on jätelain 5 §:ssä tarkoitettulla tavalla arvioitava tapauskohtaisesti; aine ja esine on jätettä, jos se täyttää jätelaissa tarkoitettut jätteen tunnusmerkit.

5 HE 199/2010 vp s. 107–108.

6 Jätepuitedirektiivin (Waste Framework Directive; 2008/98/EY) 2 artiklan 1 b kohdan soveltamispoikkeus.

7 HE 1999/2010 vp, s. 43.

Tuulivoimaloiden purkamisvastuun osalta käytöstä poistetun tuulivoimalan torni ja lavat sekä perustukset voitaneen tulkita jätteeksi jätelain tavoitteiden ja keskeisten säännösten perusteella. Tärkeimpänä kriteerinä voidaan pitää käytöstä poistetun tuulivoimalan aiheuttamia ympäristövaikutuksia sekä arviota perustusten kunnosta ja niiden mahdollisista ympäristövaikutuksista. Mikäli käytöstä poistettu tuulivoimala katsotaan kokonaisuudessaan jätteeksi, jätteen haltijan jätehuoltovastuu sekä myös muuhun kuin jätteeseen sovellettavan roskaamiskiellon voitaneen katsoa tarkoittavan velvoitetta koko toimintansa lopettavan tuulivoimalan jätehuollon järjestämiseen, eli tuulivoimalan purkamista, purkujätteen viemistä tuulivoimapuiston tai tuulivoimalan alueelta ja kuljetusta sekä tuulivoimalan osien hyödyntämisen järjestämistä muualla kiertotaloudessa⁸. Jätelain jätehuoltovelvollisuutta koskevissa säännöksissä tosin käytetään käsitettä ”kiinteistö”, mutta kun talousvyöhyke on kiinteistöjärjestelmän ulkopuolista aluetta, jolla ei ole kiinteistöjä, esitetään tässä tutkimuksessa tulkintaa, että jätelakia voidaan tulkita lain tavoitteisiin tukeutuen siten, että jätelain soveltamisen kannalta talousvyöhykkeellä toiminnanharjoittamisen tapahtumapaikkana oleva ”alue” voidaan rinnastaa kiinteistöön.

2.1.5 Ympäristönsuojelulaki

Ympäristönsuojelulaissa on muiden pilaamista koskevien säännösten ohella säädetty merta koskevista erityisistä kielloista, jotka ovat lain 18 §:ssä. Seuraavassa arvioidaan näiden säännösten soveltamismahdollisuuksia talousvyöhykkeellä olevan tuulivoimalan purkamisen yhteydessä. Selventävä tarkastelu on tarpeen merituulivoimaloiden purkamisen näkökulmasta sen selvittämiseksi, että sääntelyn sisällössä ja muotoilussa ei ole erityisesti huomioitu purkamiseen liittyviä erityiskysymyksiä.

Lain 18 §:n 1 momentin mukaan Suomen talousvyöhykkeellä ei saa ryhtyä toimeen, josta voi aiheutua merensuojelulaissa tarkoitettua meren pilaantumista Suomen talousvyöhykkeen ulkopuolella. Tämä kieltä soveltuu merituulivoimalan ja sen perustusten purkamiseen tai johtojen poistamiseen, mutta sen soveltuminen edellyttää merta pilaavien vaikutusten ulottuvan Suomen talousvyöhykkeen ulkopuolelle. Käytännössä kyse voisi olla lähinnä purkamisen toteuttamistavasta. Esimerkiksi pilaantumista voisi aiheutua rakennelmiin sisältyvien voiteluaineiden tai muiden kemikaalien päästöistä purkamisen yhteydessä tai perustusten

⁸ Asianajotoimisto Hannes Snellman. Selvitys tuulivoimaloiden purkamista koskevasta lainsäädännöstä. Muistio 8.9.2023.

purkamisen aiheuttamasta meren samentumisesta, jotka voivat mahdollisesti ulottua talousvyöhykkeen ulkopuolelle. Sen sijaan purkamatta olevan tuulivoimalarakennelman ja perustusten purkamisvastuun laajuuden määrittelyyn tämä 1 momentin säännös ei sovellu, sillä purkamaton rakennelma ei aiheuta momentissa tarkoitettua meren pilaantumista.

Lain 18 §:n 2 momentin mukaan Suomen aluevesille tai talousvyöhykkeelle ei saa upottamis- tai hylkäämistarkoituksessa laskea jätettä tai muuta ainetta suomalaisesta tai ulkomaisesta aluksesta, jäällä liikkuvasta ajoneuvosta, ilma-aluksesta tai merensuojelulain 4 §:n 2 kohdassa tarkoitettusta avomeriyksiköstä taikka upottaa tai hylätä alusta, avomeriyksikköä tai ilma-alusta ottaen huomioon, mitä vastaavasta toimesta talousvyöhykkeen ulkopuolella säädetään merensuojelulain 7 §:n 3 momentissa. Edellä mainittu sääntely ei sanamuodon mukaisesti sovellu talousvyöhykkeellä olevan merituulivoimalan purkamiseen, sillä pykälässä on tarkoin yksilöity sääntelyn kohteena olevat rakennelmat. Myöskään säännöksen lainvalmisteluaineistossa ei ole viitattu tarkoitukseen sisällyttää merituulivoimala ja sen purkaminen soveltamisalaan. Avomeriyksikön hylkäämistä koskeva säännöstä ei ole tarkoitettu sovellettavaksi tuulivoimalan rakennelmien ja perustusten ja johtojen purkamisvastuuseen, sillä ympäristönsuojelulaissa käsitteellä ”avomeriyksikkö” tarkoitetaan ”merellä olevaa kiinteää tai kelluvaa laitteistoa tai rakennetta, jota käytetään kaasun tai öljyn etsintään, hyödyntämiseen tai tuotantoon sekä liitännäistoimintoihin tai jota käytetään öljyn lastaamisessa tai purkamisessa.

Yhteenvedona voidaan todeta, että edellä mainittu sääntely soveltuu talousvyöhykkeellä sijaitsevan tuulivoimalan purkamiseen pilaantumisvaikutusten perusteella (lain 18 §:n 1 momentti), mutta ei 18 §:n 2 momentin jätteiden mereen upottamiskiellon tai rakennelmien mereen hylkäämiskiellon perusteella, sillä säännöksen sanamuoto rajoittaa sen sovellettavaksi vain säännöksessä nimenomaan mainittuihin toimintoihin ja tilanteisiin. Lain 18 §:ssä on viitattu merensuojelulain 4 §:n 2 momenttiin, jossa tarkoitettu avomeriyksikkö kattaa ainoastaan öljyn- ja kaasunporaukseen käytetyt rakenteet, mutta ei tuulivoimaloita.

Avomeriyksikön hylkäämistä koskeva ympäristönsuojelulain säännöstä ei ole tarkoitettu sovellettavaksi tuulivoimalan rakennelmien ja perustusten ja johtojen purkamisvastuuseen, sillä ympäristönsuojelulaissa käsitteellä ”avomeriyksikkö”

tarkoitetaan ”merellä olevaa kiinteää tai kelluvaa laitteistoa tai rakennetta, jota käytetään kaasun tai öljyn etsintään, hyödyntämiseen tai tuotantoon sekä liitännäistoimintoihin tai jota käytetään öljyn lastaamisessa tai purkamisessa⁹.

2.1.6 Toiminnan päättymiseen ja rakennelmien purkamiseen varautuminen osana hankkeen lupakäsittelyjä

Talousvyöhykkeen merituulivoimahankkeen valmisteluvaiheissa voidaan eräissä viranomaisten lupa- ja muissa päätöksissä asettaa toiminnanharjoittajalle toiminnan päättymisen jälkeistä purkamisvastuuta ja siihen purkuuunnitelmalla varautumista koskevia velvoitteita, joiden laajuus riippuu tilanteesta ja kyseisen lain soveltamisharkinnasta. Kyse on vesilain mukaisesta vesitalouslupapäätöksestä tai valtioneuvoston päätöksestä hankekohtaisesta hyödyntämisluvasta (laki talousvyöhykkeen merituulivoimasta 17 §). Hyödyntämisluvan ehdoilla voidaan tarvittaessa määritellä purkamisvastuun laajuus ja tarvittava vakuus, sillä lupaehtoja koskevassa säännöksessä on annettu toimivalta edellyttää lupaehtoja, jotka ovat talousvyöhykelain mukaan valtiolle kuuluvien oikeuksien tai velvollisuuksien kannalta tarpeellisia. Purkuvelvollisuuden toteuttaminen ja sen varmistaminen vakuudella ovat valtion intressien kannalta tarpeellisia, joten lupaehdoissa voidaan edellyttää vakuutta mainitun säännöksen nojalla. Lainvalmisteluaineistossa on nimenomaisesti mainittu, että hyödyntämisluvassa voidaan antaa ympäristöön liittyviä lupaehtoja, vaikkakin pääosin hankkeiden ympäristövaikutuksista annetaan määräyksiä muissa luvissa, kuten vesiluvassa¹⁰.

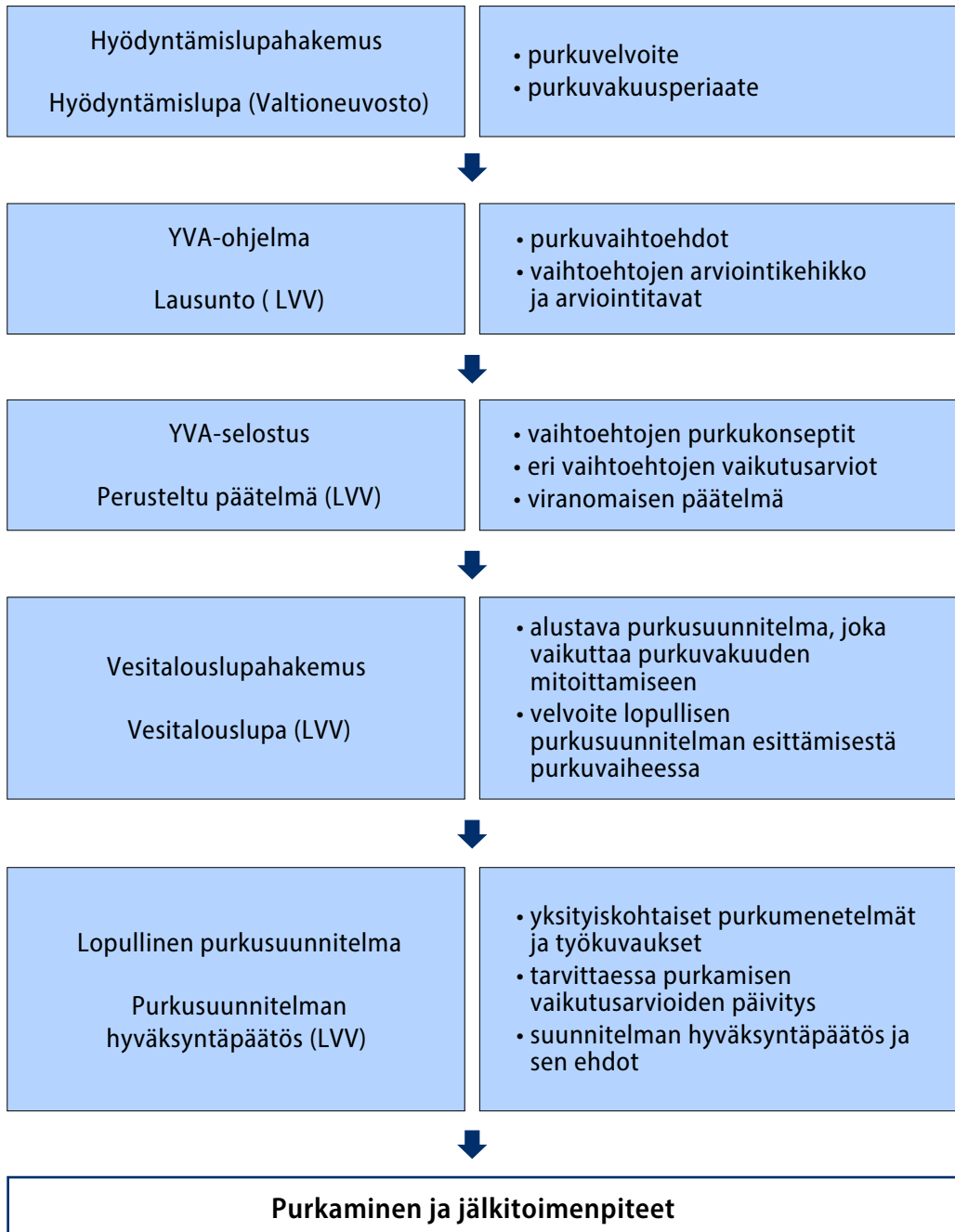
Tuulivoimalan johtojen poistamisvelvollisuus voi perustua talousvyöhykelakiin ja poistamisen toteuttaminen voi edellyttää vesilain mukaista vesitalouslupaa.

Tässä luvussa tarkastellaan purkamisvelvollisuuden ja vakuuden asettamisen kannalta keskeisiä viranomaispäätöksiä hankkeen eri vaiheissa. Asian käsittelyn eteneminen on esitetty alla kaaviossa, joka perustuu hankeryhmässä tunnistettuihin asian käsittelyn päävaiheisiin, sellaisina kuin ne ovat nykyisen sääntelyn ja sen tulkintamahdollisuuksien perusteella ennakoitavissa.

9 HE 84/1999 vp, s. 46, Hallituksen esitys Eduskunnalle ympäristönsuojelu- ja vesilainsäädännön uudistamiseksi, jossa todetaan että avomeriyksikkö on määritelty merensuojelulaissa. Määritelmä on em. lain 4 §:n 2) kohdassa.

10 HE 147/2024 vp, Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi merituulivoimasta talousvyöhykkeellä ja siihen liittyviksi laeiksi, sivu 30.

Kuvio 1. Nykylainsäädäntöön perustuva tulkinta mahdollisesta purkamisen lupa- ja viranomaismenettelyketjusta.



Merituulivoimasta talousvyöhykkeellä annetun lain 3 luvun mukainen valtioneuvoston hyödyntämislupa perustaa alueeseen kohdistuvan käyttöoikeuden. Tässä tutkimuksessa tehdyn tulkinnan mukaan luvan ehdoilla voidaan määritellä Suomen valtion edellyttämä purkuvelvollisuuden sisältö ja täsmentää velvollisuus asettaa purkuvakuus. Hankkeen ympäristövaikutukset on selvitettävä ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain mukaisessa menettelyssä, jos arviointimenettely on lain perusteella tarpeen. Menettelyn tuloksena syntyvä arviointiselostus toimitetaan vesitalouslupaa käsittelevän lupaviranomaisen käyttöön. Vesilain vesitalouslupa tarvitaan rakentamishankkeen toteuttamisesta, ja vesitalousluvasta päättäneen viranomaisen uusi päätös purkusuunnitelman vahvistamisesta merituulivoimalan toiminnan lopettamisvaiheessa.

2.1.7 Tuulienergian hyödyntämislupa (valtioneuvosto)

Energiaviraston järjestämän kilpailutuksen voittaja voi hakea valtioneuvostolta hyödyntämislupaa (talousvyöhykkeen merituulivoimalain 15 §). Valtioneuvoston hyödyntämislupaa koskevan päätöksen sisältönä on käyttöoikeuden antaminen ja velvoitteiden asettaminen tuulivoimaloiden toiminnan ajaksi sekä tarpeellisten lupaehtojen asettaminen. Luvassa on annettava tarpeelliset ehdot, joihin pykälässä nimettyjen seikkojen ohella kuuluvat 17 §:n 6 kohdan mukaan muut seikat, ”jotka ovat turvallisuuden tai talousvyöhykelain mukaan valtiolle kuuluvien oikeuksien tai velvollisuuksien kannalta tarpeellisia”. Mainittu säännös on varsin avoin ja tulkinnanvarainen, eikä siinä erikseen mainita vakuudesta tai purkamisvelvollisuudesta. Kuitenkin säännöksen yleisenä tavoitteena on turvata valtion erilaisia intressejä talousvyöhykkeellä. Tuulivoimalan toiminnan jälkeinen purkamisen varmistaminen ja sen laajuuden määrittely sekä niitä turvaavan vakuuden edellyttäminen toiminnanharjoittajalta kuuluvat näihin seikkoihin, joten lupapäätöksen ehdoissa niitä voidaan lähtökohtaisesti edellyttää, jos tapauskohtaisten olosuhteiden perusteella valtion oikeudet ja velvollisuudet sitä edellyttävät.

2.1.8 Kaapeleiden ja putkien asentamislupa (valtioneuvosto)

Tuulienergian hyödyntämiseen liittyvien kaapeleiden ja putkien asentamiseen ja käyttöön sovelletaan talousvyöhykelakia (5 a §). Kaapeleiden asentaminen talousvyöhykkeellä edellyttää lain 6 §:n nojalla, että valtioneuvosto antaa sille tehdyn hakemuksen perusteella suostumuksen (*hyödyntämisoikeus*). Suostumus voidaan antaa määräajaksi tai toistaiseksi. Päätöksessä on määrättävä ehdot, jotka ovat turvallisuuden tai talousvyöhykelain mukaan valtiolle kuuluvien oikeuksien

turvaamisen kannalta välttämättömiä. Päätöksen ehtoissa voidaan valtioneuvoston tapauskohtaisen arvion perusteella edellyttää, että toiminnan päättymisen jälkeen kaapelit poistetaan, jos poistaminen on turvallisuuden tai talousvyöhykelain mukaisten valtion oikeuksien kannalta välttämätöntä. Jos toiminta ei vastaisi päätöksessä määrättyjä ehtoja, päätöstä voidaan tarkistaa tai toiminta määrätä keskeytettäväksi työ- ja elinkeinoministeriön päätöksellä. Päätös voidaan myös peruuttaa, jos toiminnassa rikottaisiin olennaisesti päätöksessä määrättyjä ehtoja.

Tuulivoimalan johtojen poistamisvelvollisuudesta on voitu määrätä talousvyöhykelain 6 §:n nojalla hyväksymispäätöksen ehtoissa, jos sitä on pidetty tarpeellisenä tapauskohtaisten seikkojen perusteella. Johtojen poistamisvelvollisuus voi perustua myös muuhun lainsäädäntöön kuten esimerkiksi jätelakiin, jonka kannalta käytöstä poistettuja johtoja voidaan pitää jätteenä. Purkamisen yksityiskohtaista toteuttamistapaa koskevat velvoitteet vahvistetaan toiminnan lopettamisvaiheessa purkamissuunnitelman vahvistamista koskevassa vesilain mukaisessa vesitalousluvassa, jos lupa on vesilain perusteella tarpeen. Purkamisesta aiheutuvien ympäristövaikutusten merkittävydestä riippuen voi olla mahdollista, että vaikutukset on arvioitava vesitalouslupakäsittelyä edeltävässä ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä (YVA-laki).

2.1.9 YVA-menettelyn soveltaminen

Laissa ympäristövaikutusten arviointimenettelystä on säädetty, milloin ympäristövaikutusten arviointimenettelyä sovelletaan. Soveltamisalasäännöksen mukaan YVA-menettelyä sovelletaan hankkeisiin ja niiden muutoksiin, joilla todennäköisesti on merkittäviä ympäristövaikutuksia (3 §). Lain järjestelmässä osa hankkeista edellyttää aina arvioinnin suorittamista, osassa arviointi on tehtävä vain, jos tapauskohtaisesti todetaan hankkeen vaikutusten olevan merkittäviä.

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä aina arvioitavat hankkeet ja niiden muutokset luetellaan liitteen 1 hankeluettelossa. Luettelon 7. e) kohdan mukaan aina menettelyssä arvioitaviin kuuluvat tuulivoimalahankkeet, kun yksittäisten laitosten lukumäärä on vähintään 5 kappaletta tai kokonaisteho vähintään 45 megawattia. Hankeluettelon ulkopuolelle jääviä hankkeita koskee velvollisuus tehdä laissa tarkoitettu arviointi, jos yksittäistapauksissa todetaan hankkeen vaikutustensa perusteella rinnastuvan sellaiseen hankkeeseen tai jo toteutetun hankkeen muutokseen, joka todennäköisesti aiheuttaa laadultaan ja laajuudeltaan, myös eri hankkeiden yhteisvaikutukset huomioon ottaen lain liitteessä 1 tarkoitettujen hankkeiden vaikutuksiin rinnastettavia merkittäviä ympäristövaikutuksia.

Tuulivoimalan tai sen liityntäjohtojen purkaminen eivät kuulu YVA-hankeluetteloon. YVA-menettelyn soveltamista ei kuitenkaan ole poissuljettu purkuhankkeissa. Näissä tapauksissa YVA-menettelyn tarve ratkaistaan Lupa- ja valvontaviraston yksittäistapauksessa tehtävällä YVA-päätöksellä.

YVA-ohjelma ja yhteysviranomaisen lausunto (Lupa- ja valvontavirasto)

Jos YVA-menettelyä sovelletaan tuulivoimalan purkuhankkeeseen, laatii hankkeesta vastaava ympäristövaikutusten arviointiohjelman, jonka sisältövaatimukset on kuvattu YVA-asetuksen 3 §:ssä. Tuulivoimalan purkamishankkeessa on keskeistä kuvata hanke, purkamisen vaihtoehdot, menetelmät ja perusteltu ehdotus niistä ympäristövaikutuksista, joihin arviointi kohdennetaan todennäköisesti merkittävien ympäristövaikutusten selvittämiseksi ja arvioimiseksi.

Arviointiselostus ja perusteltu päätelmä (Lupa- ja valvontavirasto)

Hankkeesta vastaava laatii arviointiselostuksen ja esittää siinä purkamista koskevan konseptin ja sen todennäköisesti merkittävät ympäristövaikutukset (YVA-asetus 4 §). Yhteysviranomaisen kuulee arviointiselostuksesta ja antaa siitä perustellun päätelmän (23 §), joka otetaan huomioon lupamenettelyssä ja sisällytetään lupaan. YVA-menettelyssä ei tuoteta toiminnanharjoittajalle sitovia veloitteita esimerkiksi purkamisen toteuttamisesta, vaan muun muassa tietopohjaa hankkeen merkittävistä ympäristövaikutuksista lupapäätöstä varten.

Vesitalouslupa rakentamiselle ja purkusuunnitelman vahvistaminen (Lupa- ja valvontavirasto)

Merituulivoimalan rakentamista varten tarvitaan vesilain mukainen vesitalouslupa. Luvassa ei lopullisesti määrätä purkamisvaiheen toteuttamisesta, vaikka lupahakemuksessa voidaan ennakoida purkamisen toteuttamista keinona poistaa hankkeesta tulevaisuudessa aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Hanke-ryhmän tulkinnan mukaan hankesuunnitelmassa esitetyt tekniset tuulivoimalan toteuttamisratkaisut voivat vaikuttaa välillisesti hakijalta lopettamisvaiheessa vaadittavan purkuvelvollisuuden perustuvan vakuuden suuruuteen. Purkuvakuudesta ei kuitenkaan ole tällä hetkellä säännöksiä. Sen sijaan lupaviranomainen ei sitovasti käsittele purkuvelvollisuutta rakentamisvaiheen lupahakemusta ratkaistessaan. Lupahakemuksessa tulisi olla

purkamisen toteuttamista koskeva alustava ehdotus¹¹, mutta yksityiskohtaiset toiminnanharjoittajaa sitovat purkamisen toteuttamistapaa koskevat velvoitteet määritellään vasta, kun toiminnan lopettamisvaiheessa haetaan erillisellä hakemuksella purkamissuunnitelman vahvistamista. Tämä tapahtuu vesilain mukaisessa vesitalousluvassa, mihin on viitattu AVI:n (nykyisin Valtion lupa- ja valvontavirasto) aluevesien lupakäytännön perusteella esimerkiksi seuraavasti¹²:

Aluehallintovirasto on jättänyt voimaloiden käytöstä poistoa koskevat vaatimukset tämän hakemuksen käsittelyn ulkopuolelle. Merituulivoimaloiden poistoa tulee toiminnan loputtua hakea vesilain mukaiselta lupaviranomaiselta erillisellä hakemuksella

Purkamisvaiheen toteuttamisen hankesuunnitelman vahvistaminen voi tapauskohtaisesti vaikutusten laajuuden ja muiden olosuhteiden perusteella edellyttää myös purkamista koskevaa ympäristövaikutusten arviointimenettelyä (YVA-laki). Lupa tuulivoimalan rakentamiselle myönnetään vesilain perusteella lähtökohtaisesti olemaan pysyvästi voimassa, vaikka tuulivoimalan rakennelmat ovat teknisesti käyttökunnossa rajallisen ajan. Yleisesti voidaan todeta, että vesitalouslupaa koskevan hakemuksen lupaharkinnassa painottuvat vesipinnan alainen rakentaminen ja hankkeen vaikutukset ympäristön ja esimerkiksi vesiliikenteen turvallisuuden kannalta. Vesilain mukaisessa hankkeen toteuttamisen lupamenettelyssä ei huomioida rakentamisen teknisiä vaatimuksia ja turvallisuutta yhtä perusteellisesti kuin rakentamislain mukaisessa rakentamislupakäsittelyssä

Talousvyöhykkeen merituulivoimalakia koskevan esityksen valmistelun yhteydessä on tunnistettu tarve talousvyöhykkeen rakentamisvaatimusten tarkentamiselle sekä tuulivoimaloiden purkamisen varmistavien menettelyiden luomiselle. Edellä mainittu seikka todettiin sääntelyssä puutteeksi, ja lisäksi todettiin tarve ratkaista tuulivoimaloiden purkamista koskevat seikat.¹³

11 Vesilaissa (587/2011) tai sen nojalla annetussa valtioneuvoston asetuksessa vesitalousasioista ei tosin ole nimenomaisesti edellytetty tuulivoimalan purkamista koskevaa ehdotusta tai suunnitelmaa, mutta luvan myöntämisen edellytysten arvioinnin kannalta niissä esitetyillä ratkaisulla voi olla merkitystä. Lisäksi yleisesti voidaan todeta, että vesilain tavoitteiden ja periaatteiden näkökulmasta ei ole hyväksyttävää jättää rakennelmia vesialueelle toiminnan päättymisen jälkeen.

12 ESAVI/16849/2023.Tahkoluodon merituulivoimalaa koskeva päätös 31.10.2023 281/2023.

13 HE 147/2024 vp, Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi merituulivoimasta talousvyöhykkeellä.

Yhteysviranomaisen on pyydettävä lausunto arviointiohjelmasta hankkeen vaikutusalueen kunnilta, maakuntien liitoilta sekä muilta viranomaisilta, joita asia todennäköisesti koskee mukaan lukien hankkeen lupaviranomainen. Lisäksi varataan mahdollisuus mielipiteiden esittämiseen. Saatu palaute otetaan huomioon, kun tarkastellaan mahdollisia YVA-selostuksen edellyttämiä purkamisen lisäselvityksiä tai rajoituksia.

Yhteysviranomainen (Lupa- ja valvontavirasto) antaa arviointiohjelmasta lausunnon (18 §) ja ottaa siinä kantaa arvioinnin laajuuteen ja tarkkuuteen eli siihen, miten purkamishankkeen arviointia tulee kohdentaa arviointiselostuksessa. Yhteysviranomaisen lausunnossa huomioidaan muiden viranomaisten näkökulmat.

2.1.10 Viranomaisen keinot lainvastaisen tilanteen oikaisemiseksi

Tuulivoimalan toimintaa säädellään monissa säädöksissä. Niissä jokaisessa on omat erityiset mekanisminsa, joilla säädöstä valvova viranomainen voi reagoida kyseisen lain vastaiseen tilanteeseen. Seuraavassa paneudutaan ympäristönsuojelun näkökulmasta keskeisiin ympäristönsuojelulakiin ja vesilakiin.

Vesilain säännöksiä rakennelmien kunnossapitovastuusta ja lain noudattamisen valvonnasta sovelletaan talousvyöhykkeellä sijaitseviin merituulivoimaloihin. Talousvyöhykkeelle tehdyn rakennelman omistajan on pidettävä rakennelma sellaisessa kunnossa, ettei siitä aiheudu vaaraa taikka yleistä tai yksityistä etua loukkaavia vahingollisia tai haitallisia seurauksia (vesilaki 2:9). Kunnossapitovelvollisuus kattaa tuulivoimalan toimintavaiheen ja myös sähköntuotannon päättymisen jälkeisen ajan. Tämän säännöksen nojalla purkamisvelvollisuus ei synny välttämättä heti toiminnan päättyessä vaan vasta siinä vaiheessa kun tuulivoimalan rakenteista aiheutuu laissa mainittuja seurauksia. Lupa- ja valvontavirasto valvoo talousvyöhykkeellä vesilain ja sen nojalla annettujen säännösten ja määräysten noudattamista (14 luku).

Talousvyöhykkeellä olevan merituulivoimalan normaalitoiminta ei ole ympäristönsuojelulain 27 §:n kannalta ehdottomasti luvanvarainen. Tavanomaisessa ja suunnitellussa tuulivoimalan purkuvaiheessa aiheutuu todennäköisesti lähinnä sellaisia ympäristövaikutuksia, jotka eivät ole ympäristönsuojelulain soveltamisalaan kuuluvaa vesien pilaamista vaan kuuluvat vesilain piiriin. Normaalina purkamista varten ei edellä olevan perusteella yleensä tarvita ympäristölupaa vaan vesitalouslupaa, jossa siinäkin voidaan antaa lupamääräyksiä pilaantumisen ehkäisemiseksi (vesilaki 3:10.3).

Kun kyse on ympäristönsuojelulain vastaisesta toiminnasta tai laiminlyönnistä lain valvontaviranomainen voi ympäristönsuojelulain 175 §:n nojalla, mikäli kyse on rikkomuksen tai laiminlyönnin oikaisemisesta, kieltää jatkamasta tai toistamasta säännöksen tai määräyksen vastaista menettelyä taikka määrätä asianomaisen täyttämään muulla tavoin velvollisuutensa, määrätä lain 175 §:n 1 momentin 1 kohdassa tarkoitettulla tavalla menetellyt palauttamaan ympäristö ennalleen tai poistamaan rikkomuksesta ympäristölle aiheutunut haitta; määrätä toiminnanharjoittajan riittävässä määrin selvittämään toiminnan ympäristövaikutukset, jos on perusteltua aihetta epäillä toiminnasta aiheutuvan tämän lain vastaista ympäristön pilaantumista. Kyse voi olla luvanvaraisesta tai lupaa edellyttämättömästä toiminnasta.

Seuraavassa tarkastellaan kysymystä, voidaanko poikkeuksellisissa vahinkotilanteissa (voimalan kaatuminen tai muu vastaava tapahtuma) tai purkamisen laiminlyönnin perusteella velvoittaa toiminnanharjoittaja ryhtymään toimenpiteisiin tilanteen korjaamiseksi taikka voiko viranomainen ryhtyä korjaamaan tilanteen.

Ympäristönsuojelulain valvontaviranomaisella on lain 182 a §:n nojalla poikkeuksellinen toimivalta itse korjata nopeasti mahdollista vakavaa terveys- tai ympäristövaaraa aiheuttavat tilanteet. Säännös on luonteeltaan välitön hallintopakko-säännös, jota sovelletaan poikkeuksellisesti, kun ympäristönsuojelulain 175 §:n mukainen välillinen hallintopakkomennettely ei ole käyttökelpoinen. Säännöksen mukaan Lupa- ja valvontavirasto voi ryhtyä sellaisiin ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi tai rajoittamiseksi välttämättömiin toimiin, jotka eivät pelastuslain 32 §:n mukaan kuulu pelastustoimintaan. Edellytyksenä on lisäksi, että toimien toteuttamista ei voida vastuutahon tosiasiallisen toimintakyvyn puuttumisen vuoksi varmistaa ympäristönsuojelulain 175 §:ssä tarkoitettussa menettelyssä tai toiminnasta vastaavaa tahoa ei viivytyksettä saada selville. Kyse voi olla sekä luvanvaraiseen että muuhun toimintaan liittyvistä tilanteista. Säännöksen tähänastinen soveltamiskäytäntö on keskittynyt toiminnanharjoittajien konkurssitilanteisiin. Ympäristölle tai terveydelle mahdollisten haitallisten seurausten soveltamiskynnys on laissa asetettu hyvin korkeaksi, joten säännös ei sovellu niihin ympäristön pilaantumistilanteisiin, joita merituulivoimalan purkamisen tai sen laiminlyönnin voidaan ennakoita aiheuttavan.

2.2 Kansainvälinen ja eurooppaoikeudellinen sääntelykehikko

2.2.1 Johdanto

Suomen talousvyöhykkeen merituulipuistojen purkamista ohjaava nykyinen sääntely perustuu osin kansainvälisiin sopimuksiin, osin kansallisiin ratkaisuihin (käsitellään luvussa 2.1). Lisäksi Euroopan unionin (EU) sääntely ja ympäristöpolitiikan tavoitteet vaikuttavat esimerkiksi jätesääntelyn, kiertotalouden ja luonnonsuojelun osalta purkamisen toteuttamiseen.

Merialueilla sijaitsevien (Offshore) rakennelmien ja laitosten käytöstä poistoa käsitellään useissa alueellisissa yleissopimuksissa meriympäristön suojelemiseksi ja säilyttämiseksi. Tässä luvussa 2.2 käydään merituulivoimalan purkamisvastuun laajuuden näkökulmasta läpi EU:n sääntely, YK:n merioikeusyleissopimus (UNCLOS) sekä sitä täsmentävät Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) ohjeet ja standardit, vuoden 1992 Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus (Helsingin sopimus) sekä yleissopimus jätteen ja muun aineen mereen laskemisen aiheuttaman meren pilaantumisen ehkäisemisestä (Lontoon sopimus vuodelta 1972) ja sen maakohtaisen hyväksymisen jälkeen korvaava pöytäkirja (The 1996 London Dumping Protocol). Suomi on hyväksynyt pöytäkirjan, joten Suomessa sitä jo noudatetaan.

2.2.2 EU:n merituulivoimaloihin liittyvä sääntely

Euroopan unionilla ei ole oikeudellista kehystä, joka nimenomaisesti sääntelisi kattavasti merituulivoimaloiden toiminnan lopettamisvaiheen rakennelmien purkuun ja merenpohjan rakennelmien poistamiseen sekä niiden tuottamien purkujätteiden jätehuollon järjestämiseen liittyviä näkökohtia. Oikeudellinen kehys onkin hajanainen. Purkamisella ja sen toteuttamistavalla on monenlaisia vaikutuksia, joihin sovelletaan yleisiä, esimerkiksi ympäristön- ja luonnonsuojelua, jätehuoltoa, kiertotaloutta ja merialueiden suunnittelua koskevia direktiivejä. Näitä ovat esimerkiksi meriympäristöstrategiadirektiivi (MSFD), ympäristövaikutusten arviointidirektiivi (EIA), luontotyyppidirektiivi (Habitats Directive), luonnon ennallistamisasetus (Nature Restoration Law), vesipuidedirektiivi (WFD), jätedirektiivi, kaatopaikkadirektiivi, jätteen siirtosäädös (Waste Shipment Regulation), sähkö- ja elektroniikkalaiteromudirektiivi (WEEE) ja nettonollateknologia-asetus (Net-Zero Industry Act). Myös EU:n biodiversiteettistrategia tulee ottaa huomioon. Vesipuidedirektiivillä voi

olla merkitystä, sillä lähellä rannikkoa on varmistuttava, ettei rannikko-vesimuodostelman tila rakennelmien tai siirtokaapeleiden purkamisen vuoksi heikkene.

EU:lla ei siis ole merituulivoimaloiden rakennelmien purkamisesta erityistä direktiiviä tai politiikkaa. Euroopan komissio on tosin aiemmin ilmoittanut arvioivansa, tarvitaanko EU:n laajuisia käytöstä poistoa koskevia oikeudellisia vaatimuksia, mutta tällaista arviota ei ole tehty tai ainakaan julkaistu.¹⁴ Komissio on tehnyt mahdollista tulevaa sääntelyä varten laajan taustaselvityksen merellä sijaitsevien öljyn- ja kaasunporauslaitosten käytöstä poistamisesta. Eräs taustaselvityksen ehdotuksista keskittyi tarpeeseen säätää EU-direktiivi, jolla yhdenmukaistettaisiin öljyn- ja kaasunporauslaitosten käytöstä poiston ja meriympäristölle aiheutuvien merkittävien vahinkojen estämisen vähimmäisvaatimukset¹⁵. Selvitys sisältää direktiivin luonnostelun ohella taustoittavaa informaatiota merialueiden rakenteiden purkamiseen vaikuttavista kansainvälisistä sopimuksista.

2.2.3 YK:n merioikeusyleissopimus (UNCLOS) sekä sitä täsmentävät Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) ohjeet ja standardit

Suomen valtion alueeseen kuuluvien aluevesien ulkopuolella sijaitseva talousvyöhyke on kansainvälistä merialuetta. Sen käytössä tulee huomioida Yhdistyneiden kansakuntien (YK) merioikeusyleissopimus (United Nations Convention on the Law of the Sea, UNCLOS, SopS 49 ja 50/1996), jossa määrätään rantavaltion oikeuksista ja velvollisuuksista talousvyöhykkeellä. Suomella on rantavaltiona sopimuksen perusteella täysivaltaiset oikeudet merituulivoiman tuottamiseen, yksinoikeus talousvyöhykkeellään merituulivoimaloiden rakentamiseen ja niiden sääntelyyn. Puitelaisiksi sääntelemään kaikkea talousvyöhykkeen käyttöä on säädetty laki Suomen talousvyöhykkeestä (1058/2004). Erityislaiksi merituulivoiman käytöstä on säädetty laki merituulivoimasta talousvyöhykkeellä (937/2024).

14 European Commission, An EU Strategy to Harness the Potential of Offshore Renewable Energy for a Climate Neutral Future COM(2020) 741 final, s. 26. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52020DC0741>

15 European Commission, Directorate-General for Energy, Study on Decommissioning of Offshore Oil and Gas Installations—A Technical, Legal and Political Analysis—Final Report (2022), s. 70–72. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7d7d51a5-8d44-11ec-8c40-01aa75ed71a1>

Sopimuksen artiklan 60 kohdan 1 b) mukaan rantavaltiolla on talousvyöhykkeellään merioikeusyleissopimuksen asianomaisten määräysten mukainen lainkäyttövalta i) tekosaarten, laitteiden ja rakennelmien rakentamisen ja käytön osalta; ii) meritieteellisen tutkimuksen osalta; iii) meriympäristön suojelun ja säilyttämisen osalta. Artiklan 1 kappaleen c kohdan mukaan rantavaltiolla on muut tässä yleissopimuksessa määrätyt oikeudet ja velvollisuudet. Artiklan toisen kappaleen mukaan rantavaltion tulee harjoittaessaan talousvyöhykkeellä tämän yleissopimuksen mukaisia oikeuksiaan ja täyttäessään sen mukaisia velvollisuuksiaan, ottaa huomioon asianmukaisesti muiden valtioiden oikeudet ja velvollisuudet ja toimia sopusoinnussa tämän yleissopimuksen määräysten kanssa.

Rakentamisesta määrätään tarkemmin 60 artiklan ensimmäisessä kappaleessa, jonka mukaan rantavaltiolla on talousvyöhykkeellä yksinomainen oikeus rakentaa ja antaa lupa rakentaa ja käyttää: a) tekosaaria; b) 56 artiklassa mainittuihin ja muihin taloudellisiin tarkoituksiin käytettäviä laitteita ja rakennelmia; c) laitteita ja rakennelmia, jotka saattavat haitata rantavaltion oikeuksien käyttämistä vyöhykkeellä; sekä säännellä näiden rakentamista ja käyttöä. Rantavaltiolla on tällaisiin tekosaariin, laitteisiin ja rakennelmiin nähden yksinomainen lainkäyttövalta.

Merituulivoimaloiden purkamisvastuun kannalta keskeinen on artiklan 60 kappale 3, jonka mukaan hylätyt tai käytöstä pois jääneet laitteet tai rakennelmat tulee poistaa merenkulun turvallisuuden takaamiseksi, ottaen huomioon kaikki toimivaltaisen kansainvälisen järjestön antamat yleisesti hyväksytyt kansainväliset määräykset. Tällöin on kiinnitettävä asianmukaista huomiota myös kalastukseen, meriympäristön suojeluun sekä muiden valtioiden oikeuksiin ja velvollisuuksiin. Kaikkien sellaisten laitteiden ja rakennelmien syvyydestä, sijainnista ja mitoista, joita ei ole poistettu kokonaan, on artiklan mukaan asianmukaisesti tiedotettava.

Merituulivoimalan rakennelmiin ja laitteisiin sekä niiden purkamiseen liittyy UNCLOS 60 artiklan 4–8 kappaleessa rannikkovaltioille annettu valtuutus perustaa kohtuullisen kokoisia suojavyöhykkeitä, joilla valtio voi ryhtyä asianmukaisiin toimiin sekä merenkulun että laitteiden ja rakennelmien turvallisuuden takaamiseksi. Rakenteiden syvyys, sijainti ja mitat on ilmoitettava, jos niitä ei poisteta kokonaan.

UNCLOS -sopimuksessa asetetaan sen osapuolena oleville valtioille yleisiä velvoitteita, jotka edellyttävät niiltä toimenpiteitä. Jäsenvaltioiden on ryhdyttävä kaikkiin yleissopimuksen mukaisiin toimiin, joita eri lähteistä peräisin olevan meriympäristön pilaantumisen ehkäiseminen, vähentäminen ja valvominen edellyttää (194 artikla). Jäsenvaltioilla on velvollisuuksia selvittää, voiko

suunnitellusta toiminnasta aiheutua huomattavaa meriympäristön pilaantumista tai merkittäviä vahingollisia muutoksia meriympäristössä, ja mahdollisuuksien mukaan arvioida, millaisia seurauksia toiminnalla ehkä on meriympäristölle sekä tiedottaa arvioinnin tuloksista (206 artikla). Voitaneen katsoa, että nämä velvollisuudet soveltuvat myös merituulivoimalan purkamisvelvollisuuden laajuuden määrittelyyn.

UNCLOS -sopimusta täydentävät IMO:n antamat ohjeet. Edellä on artiklassa 60 mainittu yleisesti hyväksytyjä määräyksiä antava toimivaltainen elin. Kyse on Kansainvälisestä merenkulkujärjestöstä (International Maritime Organization, IMO), joka on antanut erityisen ohjeistuksen täsmentämään sopimuksen yleisiä velvoitteita. Tämä IMO:n ohjeistus on annettu sopimuksen tarkoittamalla tavalla toimivaltaisen elimen toimesta, joten se on tarkoitettu ohjaamaan valtioiden käytäntöjä. IMO:n vuonna 1989 antama päätöslauselma A.672(16) ohjeistaa valtioita käytöstä poistamisen ja purkamisen (decommissioning) toteutuksessa¹⁶. IMO:n selkeän linjauksen mukaan ohjaavana periaatteena tulisi olla, että hylätyt tai käytöstä poistetut merellä sijaitsevat laitokset tai rakenteet poistetaan kokonaan¹⁷. Täydellinen purku on siis lähtökohtainen ratkaisu, ja osittainen purku voidaan hyväksyä vain toimivaltaisen rannikkovaltion tekemän tapauskohtaisen arvioinnin perusteella.

Osittainen purkaminen on ohjeistuksen mukaan mahdollista, kunhan arvioinnissa otetaan huomioon (i) kaikki mahdolliset vaikutukset pinta- tai vedenalaisen liikenteen tai muun merenkäytön turvallisuuteen, (ii) materiaalien rapautuminen ja sen nykyinen ja mahdollinen tuleva vaikutus meriympäristöön, (iii) mahdollinen vaikutus meriympäristöön, mukaan lukien eläviin luonnonvaroihin, (iv) riski, että materiaali siirtyy paikaltaan tulevaisuudessa, (v) laitoksen tai rakenteen poistamiseen liittyvät kustannukset, tekninen toteutettavuus ja henkilöstön loukkaantumiseriskit, (vi) uuden käyttötarkoituksen määrittäminen tai muu vastaava perusteltu syy laitoksen tai rakenteen tai niiden osien jäämiselle merenpohjaan. Ohjeistuksessa on tarkennettu edellä mainittuja osittaisen purkamisen hyväksyttävyyden kriteerejä, vaikutusten tarkkailusuunnitelman tarvetta, asian käsittelyn hallinnollista menettelyä sekä tilanteita, joissa purkaminen on aina tehtävä tai purkamisesta luopuminen on mahdollista¹⁸.

16 RESOLUTION A.672(16) adopted on 19 October 1989. Guidelines and standards for the removal of offshore installations and structures on the continental shelf and in the exclusive economic zone. Lyhennettynä jäljempänä IMO 1989.

17 IMO:n teksti: "The guiding principle should be that abandoned or disused offshore installations or structures are removed entirely".

18 IMO 1989 s. 5–9.

Ohjeistuksessa painotetaan, että rakenteet tulee poistaa tai katkaista riittävän syvälle sedimentin alle, jos ne sijaitsevat reitillä, jolla voi liikkua syväkulkuisia aluksia. Itämeren kontekstissa tämä tarkoittaa, että jos merituulipuisto sijaitsee liikennöintialueiden tai väylien läheisyydessä, osittainen poistaminen voi olla hyväksyttävää vain, jos rakenteiden yläosa poistetaan kokonaan ja perustuksen jäännös jää niin syvälle, että se ei muodosta turvallisuusriskiä.

Vedenalaisen liikenteen osalta riskejä taloudelle ja henkilövahingoille voi erityisesti aiheutua siitä, että sukelluslaitteet, miehittämättömät kauko-ohjatut ajoneuvot/robotit (ROV:it) ja pohjatroulit voivat tarttua jätettyihin rakenteisiin. Tästä syystä ohjeistus edellyttää, että mereen osittain jätettyjen rakenteiden syvyys ja muoto arvioidaan suhteessa mahdollisiin pohjakosketuksiin.

Osittaisen poistamisen hyväksyttävyyden riippuu myös siitä, miten jäljelle jätetyt rakenteet käyttäytyvät ajan myötä. Ohjeistus velvoittaa arvioimaan, voiko materiaalin rapautuminen aiheuttaa ympäristöriskejä, kuten kemikaalien vapautumista, sedimentin pilaantumista tai vaarallisten kappaleiden irtoamista. Ohjeistus edellyttää myös ottamaan huomioon vaikutukset, jotka koskevat kalastusta ja muita merellisiä käyttömuotoja, kuten merenpohjan kaapelointia, mineraalien tutkimusta, sotilaallista toimintaa ja virkistyskäyttöä. Myös UNCLOS:n artiklan 60 kohta 3 edellyttää, että kun merestä poistetaan merenkulun turvallisuuden takaamiseksi käytöstä poistettuja rakennelmia, on kiinnitettävä asianmukaista huomiota myös kalastukseen, meriympäristön suojeluun sekä muiden valtioiden oikeuksiin ja velvollisuuksiin. IMO:n edellä selostettu ohjeistus käsittelee merenkulun turvaamisen ohella laajasti myös näitä muita merellisiä käyttöjä.

IMO:n päätoimialaan, merenkulkuun liittyen se on antanut päätöslauselmia täydentävistä suojatoimenpiteistä (Associated Protective Measures). IMO on suositellut aluekohtaisia ratkaisuja, esimerkiksi päätöslauselma A.982(24) (1999) koskee erityisen herkkien merialueiden (PSSA) menettelyjä ja niihin kytkeytyviä suojatoimia¹⁹. Vaikka päätöslauselma A.885(21) ei juridisesti suoranaisesti liity merialueella olevien rakennelmien purkamiseen, se korostaa Itämeren alueen kuuluvan näihin erityisen herkkiin alueisiin, mikä osaltaan puoltaa tuulivoimaloiden toiminnan ja purkamisen sääntelyn tarvetta.

¹⁹ Resolution A.982(24) Adopted on 1.12.2005. Revised guidelines for the identification and designation of particularly sensitive sea areas.

2.2.4 Vuoden 1992 Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus (Helsingin sopimus)

Itämeren merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus (SopS 2/2000) toimii Itämeren alueella täydentävänä ja velvoittavana sääntelykehikkona muun ohessa merituulivoiman purkamiselle. Sopimuksen osapuolet perustivat toteuttamista varten organisaation nimeltä HELCOM.

Vuoden 1992 Helsingin sopimuksen veloitteet vietiin Suomen lainsäädäntöön merensuojelulainsäädännön laajassa uudistuksessa (HE 323/1994). Samalla tehtiin lainsäädäntöön ne muutokset, joita edellytti Koillis-Atlantin merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus eli OSPAR-sopimus (SopS 51/1998). Tämä sopimus korvasi aiemmat aluksista ja ilma-aluksista tapahtuvasta jätteiden laskemisesta aiheutuvan meren pilaantumisen ehkäisemistä koskevan yleissopimuksen eli Oslon sopimuksen (SopS 36/79) ja maalta peräisin olevan meren pilaantumisen ehkäisemistä koskevan yleissopimuksen, joka allekirjoitettiin Pariisissa vuonna 1974. Lainsäädäntöuudistuksessa otettiin huomioon myös maasta toiseen ulottuvien vesistöjen ja kansainvälisten järvien suojelua ja käyttöä koskeva yleissopimus eli ECE:n rajavesisopimus (SopS 71/1996). Uudistuksen tavoitteena oli muun ohessa täsmentää merensuojelulain ja vesilain välistä suhdetta. Tavoite toteutettiin säätämällä merensuojelulaki, jossa säädetään merensuojelusta Suomen talousvyöhykkeen ulkopuolella (lain 1 §). Laki sisältää säännöksiä Suomen kansalaisten ja suomalaisten yhteisöjen, alusten, ilma-alusten ja avomeriyksiköiden toimista merellä. Merta pilaava toiminta talousvyöhykkeen ulkopuolella on kiellettyä. Merensuojelusta Suomen alueella ja Suomen talousvyöhykkeellä säädetään ympäristönsuojelulaissa (Merensuojelulain 2 §). Merensuojelulain säätämisympäristössä merensuojeluun Suomen aluevesillä sovellettiin vesilakia, mutta myöhempien säädösuudistusten johdosta vesilakia sovelletaan vain niin sanottuihin vesitalousasioihin.

Helsingin sopimuksen soveltamisala on määritelty 4 artiklassa siten, että kyse on Itämeren alueen merelliseen ympäristöön kuuluvan veden ja merenpohjan suojelusta, jolloin mukaan luetaan myös niiden elolliset luonnonvarat ja muut meren elämän muodot. Keskeistä sopimuksessa on sen osapuolille osoitettu velvollisuus (5 artikla) ehkäistä ja lopettaa kaikista lähteistä tulevien haitallisten aineiden aiheuttama Itämeren alueen merellisen ympäristön pilaantuminen. Sopimuksen kokonaisuuden kannalta pilaantumisen määritelmä 2 artiklassa on keskeinen. Määritelmä on laaja ja se kattaa myös aineiden mereen johtamisesta aiheutuvan kalastuksen ja muun meren oikeutetun käytön estymisen. Merituulivoimalan purkaminen yksittäistapauksessa voi kuulua sopimuksen soveltamisalaan joko pilaantumisvaikutusten tai rakennelmien meren käytölle aiheuttamien esteiden tai molempien perusteella.

Mereen laskeminen eli dumppaaminen on kielletty (11 artikla). Dumppaamisella tarkoitetaan sopimuksen 4 artiklan a) kohdan määritelmän mukaan kaikkea tahallista jätteen tai muun aineen upottamista tai hylkäämistä mereen tai meren pohjaan aluksista tai muilta merellä olevilta rakennelmilta tai ilma-aluksista, sekä kaikkea tahallista aluksien, muiden merellä olevien rakennelmien tai ilma-alusten mereen upottamista tai hylkäämistä.

Sopimuksen soveltumista merituulivoimalan purkamiseen voidaan ensiksi tarkastella tuulivoimalan mahdollisten merta pilaavien haitallisten aineiden päästöjen (5 artikla), luonnonsuojelun ja biologisen monimuotoisuuden (15 artikla) tai oikeutetun meren käytön estymisen (2 artikla) kannalta. Toiseksi sopimuksen soveltamista on tarkasteltava sen perusteella, onko sopimuksessa sellaisia kaikissa tilanteissa soveltuvia teknisiä määräyksiä rakennelmien, perustusten ja johtojen purkuvelvollisuudesta tai poistamisesta, joiden soveltaminen ei edellytä tapauskohtaista harkintaa ympäristövaikutusten aiheutumisesta.

Sopimuksen edellä mainittuja artikloita 5 ja 15 sovelletaan yksittäisen tuulivoimalan purkuvelvoitteiden laajuuden määrittelyyn, jos tuulivoimalan tapauskohtaiset ympäristö- ja muut vaikutukset ylittävät kyseisen artiklan soveltamiskynnyksen. Näitä vaikutuksia on arvioitava erikseen kunkin artiklan soveltamisedellytysten kannalta. Lisäksi tuulivoimalan tornin, perustusten ja johtojen haitallisia vaikutuksia on tarkasteltava erikseen. Tapauskohtaisten vaikutusten tarkastelun lopputuloksena voi olla, että todetaan Helsingin sopimuksen edellyttävän toimintansa lopettavan tuulivoimalan kaikkien rakenteiden purkamista joko kokonaan tai osittain.

Tuulivoimaloiden purkamiseen ei voida soveltaa avomeritoimintojen aiheuttaman pilaantumisen ehkäisemistä koskevia sopimuksen erityisiä artikloita ja liitettä (Avomeritoimintojen aiheuttaman pilaantumisen ehkäiseminen VI liite). Liitteen mukaan avomeriyksiköiden poistamisvelvollisuutta koskevia määräyksiä sovelletaan "avomeritoimintoihin" (offshore-toiminnot), joilla tarkoitetaan kaikkea öljyn ja kaasun etsintää ja hyödyntämistä kiinteästä tai kelluvasta, merellä sijaitsevasta laitteesta tai rakennelmasta mukaan luettuna myös kaikki siihen liittyvät toiminnot. Vastaavasti "avomeriyksiköllä" tarkoitetaan mitä tahansa kiinteää tai kelluvaa merellä olevaa laitetta tai rakennelmaa, jota käytetään kaasun tai öljyn etsintään, hyödyntämiseen tai tuotantoon taikka öljyn lastaamiseen tai purkamiseen. Näistä määritelmistä seuraa, että tuulivoimaloihin ei sovelleta sopimuksen liitteen käytöstä poistettuja avomeriyksiköitä koskevaa määräystä (Liite 6, Kielto 8), jonka mukaan käytöstä poistetut avomeriyksiköt tulee siirtää kokonaan maihin.

Helsingin sopimuksen yleinen dumpppauskielto soveltuu kaikkien merellä olevien rakennelmien hylkäämiseen, myös merituulivoimalan purkamiseen. Kuitenkin dumpppauskielto on määritelty yleisellä tasolla ottamatta huomioon merituulivoimalan erityispiirteitä (11 artikla ja 4 artikla a) -kohta). Sopimuksessa tai sen liitteissä ei ole nimenomaisia määräyksiä merituulivoimalan kaikkien rakenteiden, rakennelmien ja johtojen purkuvelvollisuudesta. Niissä ei ole tarkemmin yksilöity, kattaako poistamisvelvollisuus tuulivoimalan torniosuuden ohella kaikkien merenpinnan alaisten rakennelmien, perustusten ja johtojen poistamisen ja ulottuuko poistamisvelvollisuus myös meren pohjan sisällä oleviin rakenteisiin. Purkuvelvollisuuden laajuudesta päättäminen jää siten yksittäisessä lain soveltamistilanteessa toimivaltaisen lupa- tai valvontaviranomaisen harkintaan, jossa voidaan ottaa muun aineiston ohella huomioon Itämerisopimuksen yleiset tavoitteet. Käytännössä nykylainsäädännön mukainen viranomaismenettely on, että Suomen talousvyöhykkeellä olevan tuulivoimalan rakennelmien purkamissuunnitelmaa käsitellään vesilakiin perustuvana vesitalousasiana, jonka lupaharkinnassa voidaan tapauskohtaisesti ottaa Helsingin sopimuksen dumpppauskielto huomioon. Helsingin sopimus ei siis voi olla päätöksen ja sen perusteluiden yksinomainen oikeusperusta, vaikka sen sisältöön voidaankin päätöksen perusteluissa viitata muun lupaharkintaan liittyvän materiaalin ohella.

2.2.5 Yleissopimus jätteen ja muun aineen mereen laskemisen aiheuttaman meren pilaantumisen ehkäisemisestä (Lontoon sopimus vuodelta 1972) ja sen pöytäkirja (The 1996 London Dumping Protocol)

Jätteen ja muun aineen mereen laskemisen aiheuttaman meren pilaantumisen ehkäisemisestä tehdyn vuoden 1972 yleissopimuksen (SopS 33 ja 34/1979) vuoden 1996 pöytäkirja eli Lontoon pöytäkirja (SopS 87 ja 88/2017) kieltää lähtökohtaisesti kaiken jätteen ja muun aineen mereen laskemisen lukuun ottamatta pöytäkirjan liitteessä 1 lueteltuja poikkeuksia (4 artikla).

Suomi on täytäntöönpannut Lontoon pöytäkirjan (HE 61/2017 vp; Suomen säädöskokoelma 635/2017), joten Suomessa sovelletaan pöytäkirjaa liitteineen, ei aiempaa vuoden 1972 sopimusta liitteineen. Aiemman yleissopimuksen ja vuoden 1996 pöytäkirjan välinen merkittävin periaatteellinen ero on siinä, että pöytäkirja määrittelee kaiken jätteen ja muun aineen mereen laskemisen lähtökohtaisesti kielletyksi siinä missä yleissopimus luokitteli jätteet ja muut aineet eri kategorioihin sen mukaan, millä edellytyksin niiden mereen laskeminen oli sallittua. Pöytäkirjan 1 Artiklan 4.1.4 kohdan mukaan jätteen mereen laskeminen tarkoittaa kaikkea alustojen tai muiden merellisten rakennelmien hylkäämistä tai jättämistä paikalleen yksinomaan tahallisen poistamisen tarkoituksessa.

Sopimuksen mukainen järjestelmä sisältää mahdollisuuden poikkeuksille mereen laskemiskiellosta. Pöytäkirjan liitteessä 1 luetellaan ne jätteet ja aineet, joita voidaan tiettyjen ehtojen täytyessä harkita mereen laskettaviksi. Liitteessä 1 lueteltujen jätteiden tai muiden aineiden mereen laskeminen edellyttää lupaa sekä pöytäkirjan liitteen 2 mukaisen arviointikehyksen noudattamista. Pöytäkirjan liitteen 1 luettelo tunnistaa myös alustat tai muut rakennelmat jätteiksi, joita voidaan harkita mereen laskettaviksi. Suomi on pöytäkirjan hyväksymiskirjan tallettamisen yhteydessä antanut seuraavan ilmoituksen: Pöytäkirjan 4 artiklan 2 kohdan mukaisesti Suomi ilmoittaa kieltäneensä kansallisesti pöytäkirjan liitteessä 1 mainittujen jätteiden ja muiden aineiden mereen laskemisen lukuun ottamatta ruoppausjätteen läjitystä (VnA 88/2017, 2 §).

Vuoden 1996 pöytäkirja Lontoon yleissopimuksen päivittämiseksi on itsenäinen sopimus. Se korvaa yleissopimuksen vain niiden valtioiden osalta, jotka ovat molempiin sopimukseen kuuluvia, kunnes se saavuttaa yleisen hyväksynnän tason valtioiden keskuudessa. Pöytäkirjaa pidetään ympäristöystävällisempänä ja nykyaikaisempänä verrattuna yleissopimukseen. Ensinnäkin ”mereen laskemisen” (dumppaaminen) määritelmä pöytäkirjan 1 artiklassa on paljon laajempi, koska se tarkoittaa tahallista jätteen tai muun aineen mereen sijoittamista aluksista, ilma-aluksista, alustoilta tai muilta rakennelmilta; kaikkea tahallista alusten, ilma-alusten, alustojen tai muiden merellisten rakennelmien mereen sijoittamista sekä kaikkea jätteen tai muun aineen varastointia merenpohjaan ja sen sisustaan aluksista, ilma-aluksista, alustoilta ja muilta rakennelmilta. Merituulivoimaloiden purkamisen kannalta soveltunee viimeinen luettelon kohta, jonka mukaan dumppaamisella tarkoitetaan myös kaikkea alustojen tai muiden merellisten rakennelmien hylkäämistä tai jättämistä paikalleen yksinomaan tahallisen poistamisen tarkoituksessa. Ainakin periaatteessa on myös mahdollista, että vaikka YK:n merioikeusyleissopimuksen 60 artiklan 3 kohdan mukaan laitosta ei tarvitsisi poistaa merenkulun turvallisuuden varmistamiseksi, se voidaan silti vaatia poistamaan Lontoon pöytäkirjan dumppaussäätelyn nojalla.

2.2.6 Koillis-Atlantin suojelusopimus (OSPAR)

Koillis-Atlantin suojelusopimus (SopS 51/1998, OSPAR) koskee kaikkea mertensuojelua Koillis-Atlantilla, vastaavasti kuin Helsingin sopimus Itämerellä. Se on muun ohella kansainvälisesti tärkeä jätteiden, alusten ja rakenteiden mereen laskemista sekä öljyn ja kaasun tuottamiseen liittyvien rakennelmien

merestä poistamista koskeva sopimus.²⁰ Sopimuksen soveltamisalaan kuuluu vain Koillis-Atlantin alueet, joten sillä ei ole suoranaisia oikeusvaikutuksia Suomen talousvyöhykkeellä. Näistä rajauksista huolimatta sopimuksen mekanismeja ja yleisiä periaatteita voidaan tarkastella oikeudellisen vertailun näkökulmasta myös Suomen ja Itämeren kannalta. OSPAR-sopimus on saatettu Suomessa voimaan osana merensuojelulakia (1415/1994), jota sovelletaan vain Suomen talousvyöhykkeen ulkopuolella. Suomi on sopimuksen osapuolena Suomen valuma-alueen merellisten vaikutusten perusteella ja lisäksi sopimuksen aavaa merta koskevat määräykset soveltuvat täysimääräisesti myös Suomeen.

Sopimuksen alkuperäiseen soveltamisalaan eivät kuuluneet merituulivoiman hyödyntämiseen liittyvät rakennelmat, ja edelleenkin OSPAR-yleissopimus ei käsittele erityisesti merituulivoiman toimintaa.²¹ Merituulivoima on kuitenkin nyttemmin yksiselitteisesti sisällytetty käytöstä poistettujen merilaitosten purkamista koskevan OSPAR-päätöksen 1998/3 piiriin, sellaisena kuin se on muutettuna OSPAR-päätöksellä 2024/01 (OSPAR Decision) sekä siihen sovelletaan OSPAR-ohjeistusta ympäristönäkökohtien ottamisesta huomioon merituulivoimalahankkeiden valmistelussa.²²

OSPAR-päätöksessä esitetään pääsääntö merellä sijaitsevien laitosten hävittämiselle ja kuulemismenettelylle säännön poikkeuksista päätettäessä. OSPAR-päätöksen johdannossa on otettu huomioon ympäristönäkökohtina toimien kestävyys ja kiertotalous, sillä merellä sijaitsevien laitosten käytöstä poiston ensisijainen vaihtoehto on uudelleenkäyttö, kierrätys tai lopullinen hävittäminen maalla. OSPAR-päätöksen mukaan käytöstä poistetun merellä sijaitsevan laitoksen tai sen osan poistaminen on lähtökohtainen hävittämismenetelmä. Käytöstä poistettu merellä sijaitseva laitos on kuitenkin määritelty siten, ettei se sisällä mitään rakenteita, jotka sijaitsevat merenpohjan alla. Rakenne voi jäädä paikalleen ilman, että sitä pidettäisiin sopimuksen kannalta mereen laskemisena (dumpaamisena), vaikka rakenteelle ei olisi tiedossa uutta käyttöä. Siten

20 Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic 1992, (OSPAR-yleissopimus). https://www.ospar.org/site/assets/files/1290/ospar_convention.pdf.

21 Kuitenkin keskustelut sopimuksen soveltamisalan laajentamisesta kattamaan uusiutuvan energian tuotantoa ovat alkaneet. Katso niistä tarkemmin OSPAR Commission, OSPAR Annual Report July 2023–June 2024, <https://www.ospar.org/documents?v=64450>.

22 Iva Parlov & Maria Madalena, das Neves (03 Oct 2025): Regulating the Sustainable Decommissioning of Offshore Wind Turbines: Lessons from Europe? *Ocean Development & International Law*, DOI: 10.1080/00908320.2025.255853,7 s. 12.

OSPAR-päätöksen mukainen dumpkauksen määritelmä ei ole täysin yhteneväinen YK:n merioikeusyleissopimuksen (UNCLOS) ja Lontoon yleissopimuksen/pöytäkirjan mukaisten mereen laskemisen määritelmien kanssa²³.

Lähtökohtana OSPAR-sopimuksessa on tuulivoimarakenteiden jättämisen ja muun dumppaamisen kieltö, mutta sopimukseen sisältyy mahdollisuus poiketa kiellosta, sillä tarkoin rajatuin poikkeuksin osittainkin poistaminen voi olla mahdollista (OSPAR, 1998). Rakenteiden purkamatta jättäminen on siis sallittua, mutta vain jos on olemassa merkittäviä syitä pitää sitä parempana vaihtoehtona kuin uudelleenkäyttöä, kierrätystä tai lopullista hävittämistä maalla. Poikkeukset, joiden nojalla toimivaltainen viranomais voi myöntää luvan mereen laskemiseen, ovat rajoitetut. Jotta mereen laskemista voidaan pitää sallittuna, toimivaltaisen viranomaisen on myönnettävä lupa, jota ei voida myöntää ennen kuin ennakoarviointi vaikutuksista on tehty käytöstä poistettujen offshore-laitosten mereen laskemista koskevien ehdotusten arviointia koskevan liitteen mukaisesti.²⁴ Esimerkiksi merenpohjan alapuoliset osat voidaan tapauskohtaisten perustelujen nojalla jättää purkamatta. Tällöin osittainen poistaminen voi olla mahdollista erittäin massiivisten teräs-/betoniperustuksien osalta, joihin liittyy ylivoimaisia teknisiä tai turvallisuusriskejä.

2.3 Yhteenveto

Tässä jaksossa on tarkasteltu ja analysoitu kansallista ja kansainvälistä sääntelyä sekä todettu yhtymäkohdat EU-sääntelyyn.

Näkökulmana analyysissä on ollut tunnistaa keskeinen kansainvälinen sopimusperustainen ja EU-oikeudellinen sääntely, niiden mukainen merituulivoimalan toiminnan päättymisen jälkeisen purkamisvelvollisuuden laajuus ja sen määrittelymekanismi. .

Euroopan unionilla ei ole nimenomaisesti merituulivoimaloiden rakenteiden purkamiseen toiminnan lopettamisvaiheessa sovellettavia direktiivejä tai muuta sääntelyä. Luonnollisesti useat yleiset direktiivit voivat soveltua purkamiseen, sen ympäristö- ja luontovaikutusten arviointiin, merensuojeluun, jätehuollon järjestämiseen, kiertotalouden edistämiseen jne.

23 Zhen Sun, *Finding a Balance in the Exclusive Economic Zone* (Cambridge University Press, 2025), s.176.

24 OSPAR Decision, note 66, Annex 2.

Suomen talousvyöhykkeen tuulivoimaloiden nykyisen sääntelyn kannalta keskeisimmät kansainväliset merensuojeluun liittyvät sopimusjärjestelyt ovat YK:n merioikeusyleissopimus (UNCLOS) sekä sitä täsmentävät Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) ohjeet ja standardit, vuoden 1992 Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus (Helsingin sopimus) sekä Jätteen ja muun aineen mereen laskemisen aiheuttaman meren pilaantumisen ehkäisemisestä tehdyn vuoden 1972 yleissopimuksen (SopS 33 ja 34/1979) vuoden 1996 pöytäkirja eli Lontoon pöytäkirja (The 1996 London Dumping Protocol). OSPAR-sopimusta on tutkittu esimerkkinä muista alueellisista merensuojelusopimuksista, vaikka Suomen talousvyöhyke ei kuulu sen soveltamisalaan. Erityisesti Itämeren ulkopuolisten kansainvälisten merialueiden sopimusten sisältöä tulkittaessa on otettava huomioon, että niiden kohteena on alun perin ollut lähinnä merellisten öljy- ja kaasuesiintymien hyödyntämisestä erityisesti merenkululle ja kalastukselle aiheutuvien haittojen sääntely. Tuulivoiman hyödyntäminen on varsin uusi ilmiö.

Tuulivoimalan toiminnan päättymisen jälkeisen purkamisvelvollisuuden kannalta keskeinen yleinen lähtökohta kaikissa sopimusjärjestelyissä on aiheuttajan vastuu kustannuksista. Myös jätteiden mereen upottaminen tai rakennelmien hylkääminen (dumppauskielto) ja lähtökohtainen rakennelmien purkamis- ja poistamisvelvollisuus sisältyvät sopimusjärjestelyihin. Valtameriolosuhteissa tai hyvin suurten rakennelmien osalta täydellinen purkaminen ei aina ole teknisesti, taloudellisesti tai ympäristöllisesti tarkoituksenmukaista, ja siksi eräissä sopimuksissa sallitaan osittainen poistaminen, mikäli tietyt arviointikokonaisuudet huomioidaan asianmukaisesti. Rakennelmien osittainen purkaminen on esimerkiksi YK:n merioikeusyleissopimuksen (UNCLOS) ja sen soveltamista ohjaavien Kansainvälisen merenkulkujärjestön (IMO) ohjeistusten (A.672(16), 1989) mukaan mahdollista, kunhan päätöksenteko tapahtuu asianmukaisesti ja poikkeuksien edellytykset täyttyvät. Myös OSPAR-sopimuksessa on poikkeusmahdollisuuksia, jotka edellyttävät yksityiskohtaista toimivaltaisen viranomaisen tekemää vaikutusten arviointia. Suomea talousvyöhykkeen osalta sitovat kansainväliset sopimukset, eivätkä muutkaan kansainväliset sopimukset hyväksy jätteiden dumppaamista tai rakennelmien jättämistä mereen. Kuitenkin tapauskohtaisesti määriteltäväksi jää, miten laajasti nämä periaatteet ja velvoitteet soveltuvat perustusten purkamiseen. Vakuutta tai muuta rahoitusjärjestelmää merituulivoimalan purkukustannusten varalta ei ole edellytetty tarkastelluissa sopimuksissa tai sääntelyissä.

Suomen nykyinen ympäristölainsäädäntö ei sisällä nimenomaisia säännöksiä käytöstä poistetun merituulivoimalan rakenteiden purkamisvastuusta ja sen laajuudesta erityisesti perustusten osalta. Kuitenkin rakennelmien

kokonaan purkamatta jättäminen ei ole mahdollista, sillä purkamista voidaan edellyttää eri säädösten nojalla. Rakenteiden purkamisvelvollisuus voidaan oikeudellisesti perustaa vesilain säännöksiin rakennelmien poistamisvastuusta, mahdollisesti jätelain säännöksiin jätehuoltovelvollisuudesta tai mahdollisten pilaantumisvaikutusten osalta ympäristönsuojelulakiin. Lisäksi purkamisvastuu voi perustua tuulivoimalaa koskevan valtioneuvoston hyväksymispäätöksen (Laki merituulivoimasta talousvyöhykkeellä) ehtoihin, joiden määrittelyssä voitaneen yleisellä tasolla ottaa huomioon ympäristölainsäädännön velvoitteet. Keskeinen nykyinen säädös on vesilaki ja siihen perustuva vesitalouslupa, joka tarvitaan yksittäisen tuulivoimalan rakentamisvaiheessa ja erikseen purkuvaiheessa purkusuunnitelman vahvistamista varten. Tuulivoimalan rakentamishankkeen toteuttamista varten tarvitaan YVA-lain mukainen ympäristövaikutusten menettely, joka tuottaa tietoa purkamisen tarpeen arviointia varten, mutta siinä ei sitovasti ratkaista purkamiskysymyksiä.

Nykyisen lainsäädännön kehittämisen kannalta selkeä puute on, että perustusten purkamisen laajuuden määrittelyn tarkkaa sääntelyä ei ole. Useissa kansainvälisissä sopimuksissa ja niiden soveltamisohjeissa (IMO) on kehitelty arviointi- ja harkintakriteerejä siitä, millä edellytyksillä voidaan rakennelmia ja niiden perustuksia jättää purkamatta. Vaikka Suomessa voidaan nykysääntelyn tulkinnan kautta tehdä vastaavaa vaikutusten punnintaa, olisi asiaosaisten oikeusturvan, päätösten ennakoitavuuden ja yhtenäisen soveltamiskäytännön kannalta eduksi, jos harkinta tapahtuisi selkeän säädöspohjan varassa.

3 Purkamisen tekniset reunaehdot ja tarve

3.1 Merituulivoimaloissa käytettävät rakenneratkaisut ja niiden purkaminen

3.1.1 Yleistä

Merituulivoiman kehittäminen Suomen talousvyöhykkeellä perustuu merituulivoimasta talousvyöhykkeellä annettuun lakiin (937/2024). Lain mukaan valtioneuvosto voi osoittaa Suomen talousvyöhykkeeltä alueita tuulienergian hyödyntämiseen, määrittellä käyttöoikeuden ehdot sekä päättää kilpailutuksesta. Päätös tehdään työ- ja elinkeinoministeriön esittelystä, ja kilpailutuksen järjestää Energiavirasto. Valtioneuvosto ei ole vielä tehnyt yhtään päätöstä talousvyöhykkeen merituulivoima-alueiden nimeämisestä ja tiedot perustuvat valtioneuvoston päätösluonnokseen.

Talousvyöhykkeen merituulivoima-alueita koskevassa valtioneuvoston päätösluonnoksessa asetetaan kunkin alueen käytölle seuraavat ehdot²⁵:

- Aluetta voidaan käyttää tuulienergian hyödyntämiseen ja siihen tähtäävään tutkimukseen. Tämä sisältää oikeuden alueen hyödyntämiseen myös sähkön jatkotuotantoon (esim. vetylaitos), jos tälle saadaan tarvittavat luvat.
- Alueen käytön tehokkuuden on oltava vähintään 5 MW asennettua merituulivoimakapasiteettia/km². Jos hyödynnettävää aluetta myöhemmin rajataan talousvyöhykkeen merituulivoimalain 17 §:n 3 momentin mukaisesti, tehokkuusvaatimuksen täytyminen lasketaan tästä rajatusta alueesta
- Aluetta saa hyödyntää 35 vuotta siitä, kun tuulivoimapuisto on otettu suunniteltuun käyttöön.
- Jos alueelle rakennettava tuulivoimahanke liitetään Suomen kantaverkkoon, kantaverkkoon voidaan liittää korkeintaan 1,3 gigawattia kapasiteettia.

25 Työ- ja elinkeinoministeriö, 2025.

Suomenlahden talousvyöhyke on todettu puolustusvoimien asettamien rajoitteiden vuoksi soveltumattomaksi laajamittaiselle merituulivoimalle. Tämän vuoksi alustavat aluevaraukset koskevat ainoastaan Pohjanlahtea, josta on valittu neljä aluetta: Perämeri pohjoinen, Perämeri etelä, Selkämeri länsi ja Selkämeri itä²⁶.

Näiden alueiden yhteenlaskettu pinta-ala on 921 km². Perämeren pohjoisen alueen pinta-ala on 224 km², ja vesisyvyys vaihtelee 16–39 metrin välillä. Vähimmäistehokkuusvaatimuksen mukaisesti laskettuna alueen kokonaistehon on oltava vähintään 1 120 MW, jos alue käytetään kokonaisuudessaan merituulivoiman tuotantoon. Perämeren eteläisen alueen pinta-ala on 284 km², syvyys 18–64 metriä ja vähimmäistehokkuus 1 420 MW käytettäessä alue kokonaisuudessaan merituulivoiman tuotantoon. Selkämeren länsialue kattaa 211 km² ja sen syvyys vaihtelee 38–71 metrin välillä. Sen tehokkuus on oltava vähintään 1 055 MW käytettäessä alue kokonaisuudessa merituulivoiman tuotantoon. Selkämeren itäinen alue kattaa 202 km², syvyys vaihtelee 32–82 metrin välillä, ja sen vähimmäistehokkuus 1 010 MW käytettäessä alue kokonaisuudessaan merituulivoiman tuotantoon.

Taulukko 2. Päätösluonnoksen alueiden syvyysluokat.

Syvyysluokka	Perämeri pohjoinen	Perämeri etelä	Selkämeri länsi	Selkämeri itä
< 20 metriä	49 km ² (22 %)	2 km ² (1 %)	0	0
20–50 metriä	175 km ² (78 %)	252 km ² (89 %)	14 km ² (7 %)	29 km ² (14 %)
50–70 metriä	0	30 km ² (10 %)	160 km ² (76 %)	128 km ² (63 %)
>70 metriä	0	0	37 km ² (17 %)	45 km ² (22 %)
Yhteensä	224 km²	284 km²	211 km²	202 km²

Syvyysluokkien pinta-alat määriteltä Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien merikartta-aineistoista.

²⁶ Työ- ja elinkeinoministeriö, 2025.

Kuvio 2. Alustavien talousvyöhykkeen merituulivoima-alueiden sijainnit.²⁷



Suunnitellut talousvyöhykkeen alueet osuvat osittain yhteen aiempien talousvyöhykkeen merituulivoimaa koskevien hankealueiden kanssa, joista on julkaistu ympäristövaikutusten arviointiohjelma tai -selostus. Hanketiedot on otettu selostuksesta, jos se on julkaistu.

²⁷ Työ- ja elinkeinoministeriö, 2025.

Selkämeren läntinen alue ei vastaa suoraan aiemmin suunniteltuja hankealueita, mutta sijaitsee lähellä Bothnian ja Wellamon hankealueita. Selkämeren itäinen alue vastaa suurin piirtein Navakan hankealuetta, Perämeren eteläinen alue suurin piirtein Laineen ja Reimarin hankealueita sekä Perämeren pohjoinen alue suurin piirtein Hallan hankealuetta. Lisäksi arvioinnissa hyödynnetään Tyrsky ja Vågskär hankkeiden YVA-menettelyyn kuuluvia ympäristöselvityksiä, jotka sijoittuvat talousvyöhykkeelle, sekä Tahkoluodon laajennuksen ja Korsnäsän hankkeiden selvityksiä, jotka sijoittuvat aluevesille²⁸. YVA-ohjelmista ja -selostuksista voidaan kerätä hankekehittäjien näkemyksiä alueille soveltuvista turbiini- ja perusratkaisuista sekä alustavia suunnitelmia niiden purkamisesta.

Taulukko 3. Tarkasteltavien hankkeiden pinta-alat, kokonaistehot ja tehokkuudet.

Hanke	Pinta-ala (km ²)			Kokonaisteho (GW)			Tehokkuus (MW/km ²)		
	min	max	ka	min	max	ka	min	max	ka
Halla	550	575	563	2,4	3,0	2,7	4,2	5,5	4,8
Vågskär	-	-	367	-	-	2,0	-	-	5,4
Navakka	241	402	322	-	-	1,5	3,7	6,2	5,0
Wellamo	-	-	1 000	-	-	2,0	-	-	2,0
Laine	-	-	450	2,3	2,8	2,6	5,1	6,2	5,7
Bothnia	-	-	1 173	-	-	4,0	-	-	3,4
Reimari	-	-	405	-	-	3,6	-	-	8,9
Tyrsky	-	-	480	1,4	1,8	1,6	2,9	3,8	3,3
Korsnäs	-	-	274	-	-	2,5	-	-	9,1
Tahkoluoto	128	135	132	0,6	0,8	0,7	4,7	5,9	5,3
Yhteensä	-	-	516	-	-	2,3	-	-	5,3

28 Laine YVA-selostus, 2025; Halla YVA-selostus, 2025; Wellamo YVA-ohjelma, 2023; Navakka YVA-ohjelma, 2023; Bothnia YVA-ohjelma, 2024; Reimari YVA-ohjelma, 2022; Tyrsky YVA-ohjelma, 2024; Vågskär YVA-ohjelma, 2023; Tahkoluoto YVA-selostus, 2021; Korsnäs YVA-ohjelma, 2024.

Tarkasteltavien hankkeiden tehokkuus on keskiarvoisesti ollut 5,3 MW/km², vaihteluvälin ollessa 2,0–9,1 MW/km². Keskiarvoinen tehokkuus ylittää niukasti vähimmäisvaatimuksen 5,0 MW/km². Alueiden pinta-alat ovat keskimäärin olleet 516 km² ja kokonaistehot 2,3 GW, jotka ovat huomattavasti päätösluonnosta suuremmat.

Voimaloiden tekninen toteutus on keskeinen osa suunnittelua. Talousvyöhykkeen tarkasteltavissa hankesuunnitelmissa yksittäisten turbiinien teho vaihtelee 15–30 megawatin välillä ja kokonaiskorkeus 260–400 metriin²⁹. Suuremmat turbiinit tuottavat enemmän sähköä ja vähentävät tarvittavien yksiköiden määrää. Lisäksi turbiinin koko määrittää sijoittelutiheyden: suuret yksiköt vaativat varjostusvaikutuksen takia enemmän välimatkoja turbiinien välillä, mikä muokkaa koko puiston tilarakennetta³⁰.

Merituulipuisto on laaja infrastruktuurikokonaisuus, joka koostuu turbiineista, niiden perustuksista, sisäisestä sähkönsiirtoverkosta, merisähköasemista ja siirtokaapeloinneista. Viime vuosina kokonaisuuteen on yhä useammin sisällytetty myös vedyn tuotannon ja siirron ratkaisuja. Nämä kaikki osat ovat teknisesti, toiminnallisesti ja luvituksellisesti kytkeytyneet toisiinsa, ja niiden suunnitteluratkaisut vaikuttavat suoraan myös purkuvaiheeseen. Käytöstä poistaminen ja purkaminen (*decommissioning*) ei ole irrallinen loppuvaiheen toimenpide, vaan sen edellytykset rakentuvat jo perustamistavan, rakenteiden ja siirtoverkkojen suunnittelussa.³¹

3.1.2 Perustusratkaisut ja niiden vaikutus purkamiseen

Pohjanlahti eroaa geologisilta ja hydrografisilta ominaisuuksiltaan merkittävästi Pohjanmerestä ja Atlantin avomerestä. Pohjanlahti on matala: sen keskisyvyys on vain noin 40 metriä, ja alueella esiintyy laajoja pehmeiden sedimenttien kerrostumia sekä moreeniharjanteita. Geologiset olosuhteet tekevät perustusten suunnittelusta ja toteutuksesta teknisesti haastavia. Lisäksi jääolosuhteet, erityisesti Perämerellä, kohdistavat huomattavia kuormia merituulivoimaloiden rakenteisiin ja vaikuttavat suoraan perustustapojen valintaan.³²

29 IEA, 2020; ENTSO-E, 2020.

30 Motiva, 2020; Topham & McMillan, 2017.

31 Noordzeeloket, 2020.

32 HELCOM, 2018; Motiva, 2020.

Merituulivoimaloiden perustamistavat määräytyvät ensisijaisesti vesisyvyyden, merenpohjan geologisten ominaisuuksien ja jääolosuhteiden perusteella. Suomen talousvyöhykkeen alueella ratkaisut vaihtelevat siten merkittävästi, sillä Perämeren matalammat merialueet sekä ankarammat jääolosuhteet vaativat erilaisia perustamistapoja kuin Selkämeren talousvyöhykkeen syvemmät merialueet.³³

Perustusratkaisut voidaan jakaa kahteen pääluokkaan: 1) pohjaan perustettaviin ja 2) kelluviin ratkaisuihin. Pohjaan perustettaviin vaihtoehtoihin kuuluvat paaluperustus (*monopile*), painovoimaperustus (gravitaatioperustus), ristikkorakenteinenperustus (*jacket*) ja kolmijalkaperustus (*tripod*).

Matalissa, kovissa ja sekasedimenttisissä pohjissa voidaan käyttää gravitaatioperustuksia, kun taas hiekkaisilla alueilla paalu- ja ristikkorakenneratkaisut ovat teknisesti ja taloudellisesti soveltuvampia. Paaluperustukset ovat nousseet yleisimmiksi Pohjanmeren ja Itämeren eteläosien hiekkapohjaisissa matalissa merialueissa, joissa syvyydet jäävät alle 50–60 metriin. Ristikkorakenteet soveltuvat syvempiin olosuhteisiin, tyypillisesti yli 40 metrin syvyyteen, ja niiden monijalkainen rakenne tarjoaa vakautta myös epätasaisilla pohjilla.³⁴

Kelluvat ratkaisut muodostavat uudemman kehityssuunnan ja soveltuvat yli 60–70 metrin syvyyksiin, joissa merituulivoimaloiden pohjaan perustettavat ratkaisut käyvät liian kalliiksi tai teknisesti vaikeiksi. Kelluvat voimalat ankkuroidaan merenpohjaan pääsääntöisesti vajereiden ja ankkureiden avulla. Niiden etuna on kelluvan rakenteen siirrettävyys sekä rakentamisen että purkamisen aikana ja vähäisempi tarve massiivisille pohjarakenteille. Teknologia on kuitenkin vielä kehitysvaiheessa, ja erityisesti Pohjanlahden ankarat jääolosuhteet asettavat haasteita kelluvien rakenteiden turvalliselle ja pitkäaikaiselle käytölle.³⁵

Perustustavat eroavat toisistaan huomattavasti myös purkamisen näkökulmasta. Perustustapa määrittää, kuinka syväälle ja millä menetelmillä turbiini ankkuroituu merenpohjaan, millaisia materiaali- ja kiviaineismassoja rakentamisessa käytetään sekä kuinka vaikeaa purkaminen on elinkaaren lopussa.

Kansainvälisen oikeuden veloitteet lähtevät siitä, että kaikki rakenteet poistetaan käytöstä. Käytännössä kuitenkin tekniset ja ekologiset reunaehdot voivat johtaa siihen, että täydellinen purku ei ole mahdollinen tai ekologisesti kestävä vaihtoehto.

33 Fowler et al., 2018; Lindeboom et al., 2023.

34 Motiva, 2020; Topham & McMillan, 2017.

35 IEA, 2020; ENTSO-E, 2020.

Tämä koskee erityisesti painovoimaperustuksia, joiden massiiviset betonirakenteet ja laajat eroosiosuojaukset tekevät täydellisestä poistamisesta haastavaa sekä ympäristön että kustannusten näkökulmasta.³⁶

Painovoima- eli gravitaatioperustus

Painovoimaperustus on merituulivoimaloiden varhaisimpia ja yksinkertaisimpia perustustapoja. Se koostuu halkaisijaltaan noin 15–25 metrin betonilaatasta, jonka paino on useita tuhansia tonneja. Tämä massiivinen peruslaatta lepää suoraan merenpohjan päällä, ja sen päälle asennetaan teräksinen ja/tai betoninen kartio, johon turbiinin runkoputki kiinnitetään. Perustuksen vakautta parannetaan usein tuomalla rakenteeseen satojatuhansia tonneja kiviaineksia. Eroosiosuojaus estää virtauksia ja jääkuormia horjuttamasta rakennetta ja tukee perustuksen pysyvyyttä erityisesti Perämeren jääolosuhteissa.³⁷

Rakenteen kantavuus perustuu painovoiman vaikutukseen: leveä ja painava alaosa asennetaan osittain merenpohjaan, jolloin koko tuulivoimala pysyy vakaasti pystyssä ilman paalutusta. Painovoimaperustus soveltuu erityisesti mataliin syvyyksiin, koviin ja sekasedimenttisiin pohjiin, joissa tarvitaan suurta tukipintaa tasapainottamaan tuuli- ja jääkuormia. Se ei kuitenkaan ole taloudellisesti kannattava ratkaisu syvissä vesissä, eikä siellä missä tarvitaan laajoja merenpohjan muokkaustöitä. Myös pehmeäpohjaisissa olosuhteissa painovoimaperustus voi olla paaluperustusta kustannustehokkaampi ratkaisu, jos ruopattavaa pehmeää ainesta ei ole paksultsi ennen sekasedimenttikerroksia tai kalliota. Ennen asennusta maaperän on oltava tasainen ja kantava. Kalliopohja on erityisen suotuista, koska se minimoi pohjan romahtamisen riskin.³⁸

Painovoimaperustusten rakentaminen ja niiden logistiikka ovat haasteellisia. Perustusosien kuljettaminen vaatii erikoiskuljetuksia, ja massiiviset rakenteet vaativat suuria varastointitiloja ennen asennusta. Lisäksi ne edellyttävät huomattavia määriä betonia ja kiviaineksia, mikä lisää rakentamisen ympäristökuormitusta. Painovoimaperustusten purku on usein vaikeaa ja kallista: peruslaatan alla ja perustuksen ympärillä olevien massojen poistaminen voi aiheuttaa laajaa

36 Lindeboom et al., 2023; Verha, 2024.

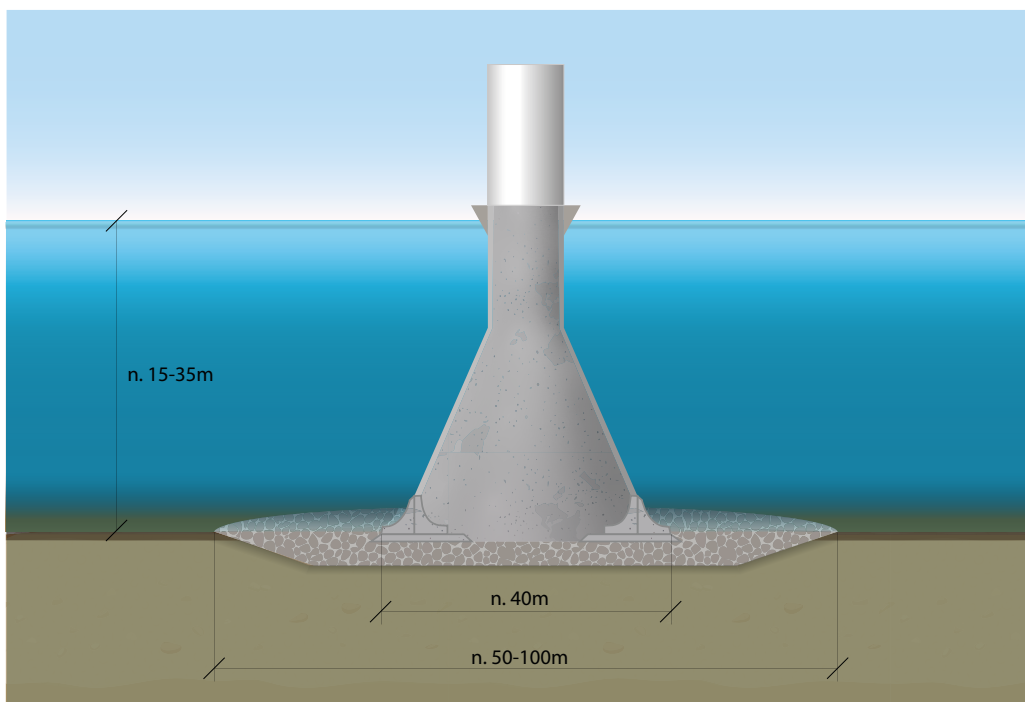
37 Motiva, 2020; Verha, 2024.

38 Motiva, 2020; Topham & McMillan, 2017.

sedimentin häiriintymistä ja ekologisia haittoja. Käytännössä massiivisten gravitaatioperustusten täydellinen purkaminen voi olla ekologisesti kestävä ratkaisu.³⁹

Pohjanlahdella gravitaatioperustuksia on suosittu erityisesti matalissa seka-sedimentti- ja moreenipohjissa ja alueilla, joissa on kovat jääkuormat. Esimerkiksi merenkulun turvalaitteita, kuten pohjamajakoita ja reunamerkkejä, on perustettu painovoimaperustuksilla. Niiden suuri massa ja leveä pohjalaatta tarjoavat vakautta jääkuormien alaisissa olosuhteissa ja soveltuvat teknisesti hyvin alueen sedimenttipohjiin.

Kuvio 3. Gravitaatioperustus. Lähde: Tahkoluodon merituulipuiston laajennus, YVA-selostus.⁴⁰



39 Lindeboom et al., 2023.

40 Hyötytuuli, 2021.

Paaluperustus eli monopile

Paaluperustus on yksinkertainen ja laajimmin käytetty merituulivoimaloiden perustustapa. Se koostuu yhdestä suuresta teräspaalusta, jonka halkaisija on tyypillisesti 6–10 metriä ja pituus 30–50 metriä. Paalu paalutetaan tai porataan syvälle merenpohjaan, tyypillisesti yli 20 metrin syvyyteen merenpohjasta, jolloin saavutetaan riittävä vakavuus turbiinin massoille ja ympäristökuormille. Monopile-rakenteiden etuna on niiden yksinkertaisuus sekä pienemmät materiaalmäärät ja massat verrattuna painovoimaperustuksiin.⁴¹

Paaluperustukset ovat yleisin ratkaisu hiekka- ja sorapohjaisissa ja matalissa merialueissa, ja niiden osuus on ollut kansainvälisesti yli 90 prosenttia matalien merituulipuistojen perustuksista⁴². Tämä perustamistapa on suhteellisen edullinen valmistaa ja asentaa, ja se muodostuu yhdestä perustuspaalusta sekä sitä tukevista rakenteista, kuten siirtymäkappaleesta (*transition piece*).

Soveltuvin syvyys paaluperustukselle on 20–40 metriä, mutta perustustavan käyttö on mahdollista aina 50 metriin asti. Tällöin paalun halkaisija ja paino kasvavat, mikä lisää kustannuksia ja kuormittaa myös turbiinin kokonaisrakennetta.⁴³ Lisäksi syvemmillä vesialueilla aaltojen luonnollinen taajuus voi vastata monopilen ensimmäistä ominaistaajuutta, mikä lisää riskiä resonanssista ja väsymisvaurioista. Tämä rajoittaa käytettävyyttä yli 50 metrin syvyydessä⁴⁴. Myös jäät voivat aiheuttaa resonanssia ja väsymisvaurioita.

Merenpohjan geologiset olosuhteet vaikuttavat ratkaisevasti paaluperustuksen soveltuvuuteen. Paaluperustus on optimaalisin hiekka- ja sorapohjaisilla alueilla, joissa paalu voidaan upottaa suoraan sedimenttiin. Jos pohja koostuu kovasta maa-aineksesta, kuten moreenista tai kallioista, paalut täytyy porata tai louhia merenpohjaan. Tämä tekee toteutuksesta selvästi kalliimpaa ja teknisesti monimutkaisempaa. Mikäli koko hankealueella vaaditaan porausta tai louhintaa, paaluperustus ei ole kustannustehokas ratkaisu⁴⁵.

Purkamisen näkökulmasta paaluperustus on perustustavoista suoraviivaisimpia. Paalu on juntattu tai kairattu syvälle pohjaan yli 20 metrin syvyyteen. On mahdollista, että paalu ei irtoa pohjasta, jolloin rakenteen poistaminen onnistuu

41 Motiva, 2020.

42 WindEurope, 2020.

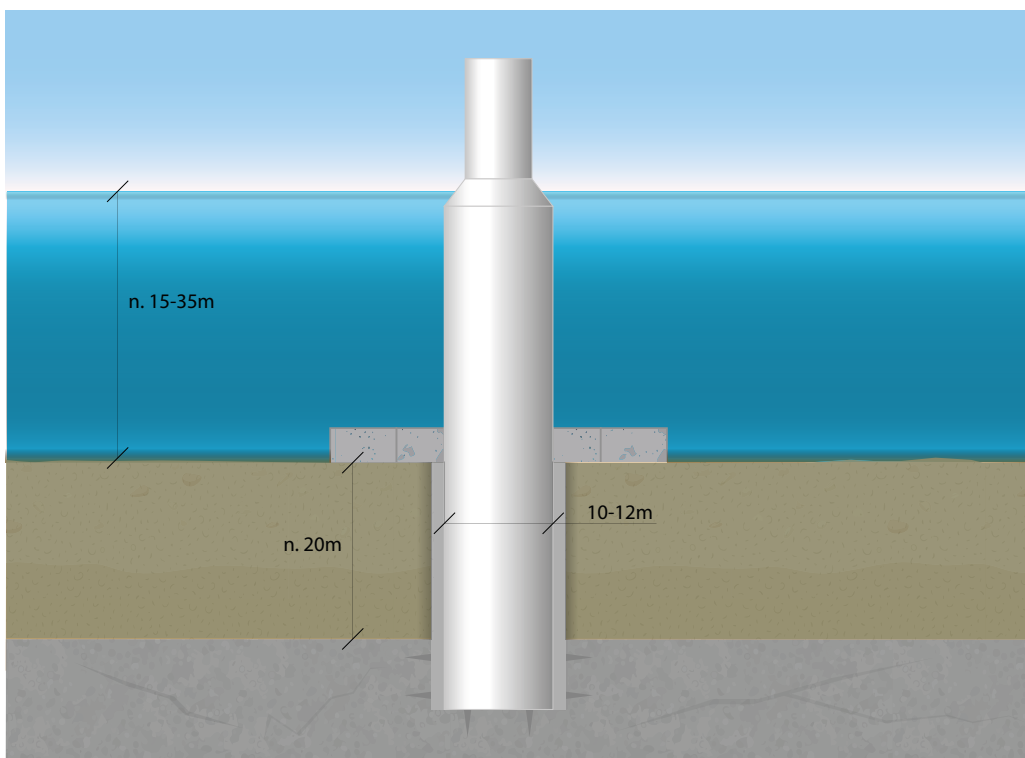
43 Topham & McMillan, 2017.

44 Fichtner, 2017.

45 Motiva, 2020; Fowler et al., 2018.

yleensä katkaisemalla paalu merenpohjan alapuolta (ns. mudline-taso) esimerkiksi vesileikkauksella, minkä jälkeen yläosa voidaan nostaa pois. Yleensä katkaisu tehdään noin 5 metriä (15 jalkaa) merenpohjan alapuolelta⁴⁶. Paalua voidaan yrittää myös tärisyttää sen irtoamisen mahdollistamiseksi⁴⁷.

Kuvio 4. Paaluperustus eli monopile.⁴⁸



46 Topham & McMillan, 2017; Lindeboom et al., 2023.

47 Jadali et al. 2021.

48 Suomen Hyötytuuli, 2021.

Ristikkorakenteinen perustus eli jacket

Ristikkorakenteinen perustus eli jacket on yleinen ratkaisu syvemmille merialueille, joissa paaluperustus ei enää ole teknisesti tai taloudellisesti tarkoituksenmukainen. Ristikkorakenne on useimmiten nelijalkainen teräsristikko, joka ankkuroidaan merenpohjaan pienemmillä paaluilla. Ristikon jalat voidaan asentaa myös kasuunimaisesti (suction bucket/suction caisson) veden muodostamien paine-erojen ja imun avulla. Ristikkorakenteinen perustus kestää hyvin aaltojen ja tuulen aiheuttamia dynaamisia kuormia ja jakaa painorasituksen useampaan pisteeseen. Verrattuna painovoimaperustuksiin rakenteen paino on huomattavasti pienempi, mikä vähentää logistiikan ja rakentamisen vaatimuksia⁴⁹.

Teräksiset ristikkorakenteet ovat monipuolisia perustustapoja, joita voidaan soveltaa hyvin erilaisissa syvyysolosuhteissa. Teoriassa niitä voidaan suunnitella jopa 400 metrin syvyyksiin, mutta käytännössä merituulivoimaloissa niitä hyödynnetään tyypillisimmin 40–70 metrin syvyyksissä ja enenevässä määrin yli 55–60 metrin syvyyksissä, joissa paalu ei enää toimi riittävän vakaasti. Ristikkorakenteen mittasuhteita voidaan muokata syvyyden mukaan, mikä tekee niistä joustavan vaihtoehdon erilaisiin kohdealueisiin⁵⁰.

Ristikkorakenteinen perustus muodostuu teräksestä valmistetusta kolmi- tai nelijalkaisesta kehikosta, jonka jalat kiinnitetään merenpohjaan lyömällä tai poraamalla paalut. Näin tuulivoimalan painokuorma, erityisesti roottorin ja lapojen aiheuttama dynaaminen kuormitus, jakaantuu merenpohjaan useamman tukipisteen kautta. Perustustapa soveltuu syvempiin ja epätasaisempiin pohjiin, mutta on kuitenkin huomattavasti kalliimpi toteuttaa kuin paaluperustus. Lisäksi perustustapa ei ole optimaalinen ankarissa jääolosuhteissa.⁵¹

Ristikkorakenne perustukset voidaan asentaa usealla eri tekniikalla. Ne voidaan valmistaa ja koota valmiiksi maalla, jolloin koko rakenne nostetaan ja lasketaan merenpohjaan yhtenä kappaleena, tai vaihtoehtoisesti ne voidaan koota osissa paikan päällä. Lisäksi asentamiseen voidaan käyttää niin sanottuja kasuunimaisia ratkaisuja, joissa veden paine-eroja ja imun vaikutusta hyödynnetään perustuksen kiinnittymiseen merenpohjaan. Tämä menetelmä voi vähentää meluhaittoja, jotka ovat merkittäviä erityisesti lyöntipaalutuksessa.⁵²

49 Motiva, 2020; Topham & McMillan, 2017.

50 Fichtner, 2017; IEA, 2020.

51 Motiva, 2020; Fowler et al., 2018.

52 IEA, 2020; Lindeboom et al., 2023.

Purkamisen näkökulmasta ristikkorakenteet eroavat muista perustustyypeistä. Jos lyötyjä tai kairattuja paaluja ei saada nostettua ylös, niiden poistaminen voi edellyttää paalujen katkaisua merenpohjan alapuolelta (ns. mudline-taso) useissa pisteissä sekä koko kehikon nostoa. Yleensä paalujen katkaisu tehdään noin 5 metriä (15 jalkaa) merenpohjan alapuolelta. Useampi jalka ja ristikkorakenne tekevät prosessista monivaiheisen ja teknisesti vaativamman kuin paaluperustusten kohdalla. Toisaalta, koska ristikkorakenteinen perustus ei sisällä massiivisia betonirakenteita eikä laajoja kiviaineksia eroosiosuojana, purkaminen aiheuttaa vähemmän sedimenttihäiriötä kuin painovoimaperustusten poistaminen.⁵³

Kuvio 5. Ristikkorakenteinen perustus eli jacket ja kolmijalkaperustus eli tripod.⁵⁴



53 Topham & McMillan, 2017; Verha, 2024.

54 Ilmatar, 2023.

Kolmijalkaperustus eli tripod

Kolmijalkaperustus eli tripod on merituulivoimaloiden rakentamisessa toistaiseksi harvinainen ratkaisu, mutta sitä on kehitetty vaihtoehtona syvemmillä vesialueilla, joissa paaluperustus ei ole enää teknisesti riittävä ja ristikkorakenteinen perustus voi olla liian monimutkainen. Kolmijalkaperustus koostuu kolmesta putkimaisesta jalasta, jotka kiinnitetään merenpohjaan paalujen avulla. Rakenteessa yhdistyvät paalu- ja ristikkorakenteisen perustusten piirteet: se on yksittäinen runkorakenne kuten monopile, mutta jakaa kuorman useammalle tukipisteelle kuten ristikkorakenne.⁵⁵

Kolmijalkaperustuksen jalat ovat halkaisijaltaan suurempia kuin ristikkorakenteiden jalat, mikä parantaa niiden kantavuutta erityisesti pehmeämmässä merenpohjan olosuhteissa. Kolmijalkaperustus soveltuu parhaiten noin 30–40 metrin syvyisiin vesiin. Vaikka sen käyttöä voidaan teoriassa laajentaa myös tätä syvempiin kohteisiin, kustannustaso kasvaa nopeasti ja tekee perustustavasta vähemmän kilpailukykyisen muihin ratkaisuihin verrattuna.⁵⁶

Kolmijalkaratkaisut ovat yleensä kalliimpia kuin muut perustamistavat. Kustannuksia nostavat valmistusprosessin vaatimukset, suurempi materiaaltarve sekä monimutkaisempi kokoonpano ja asennus. Etuna muihin perustuksiin nähden on kuitenkin hyvä rakenteellinen vakaus, sillä kolmijalkainen rakenne jakaa kuormia tasaisesti ja vähentää merenpohjaan kohdistuvaa pistemäistä painetta. Toisaalta valmistusvirheiden riski on kolmijalkarakenteissa suurempi, koska rakenne on suhteellisen uusi eikä sen sarjavalmistusta ole standardoitu samalla tavalla kuin paalujen ja ristikkorakenteiden kohdalla.⁵⁷

Purkamisen näkökulmasta kolmijalkaperustus on samankaltainen kuin ristikkorakenteinen perustus. Jokainen jalka kiinnitetään merenpohjaan paaluilla, jotka on usein katkaistava merenpohjan (ns. mudline-taso) alapuolelta elinkaaren lopussa. Useampi paalujalka tekee purkamisesta monivaiheisen ja kustannuksia nostavan verrattuna paaluperustukseen. Toisaalta, koska kolmijalkaperustus ei edellytä suuria määriä betonia tai eroosiosuojausta, sedimenttihäiriöt jäävät vähäisemmiksi kuin painovoimaperustusten purussa.⁵⁸

55 Motiva, 2020; Topham & McMillan, 2017.

56 Fichtner, 2017; IEA, 2020.

57 Fowler et al., 2018; Lindeboom et al., 2023.

58 Topham & McMillan, 2017; Verha, 2024.

Hybridiperustukset

Edellä esiteltyjä kiinteitä perustustyyppisiä voidaan myös yhdistää ns. hybridiperustukseksi. Tällöin edellä kuvattuja eri teknikkoja yhdistetään. Paalutettuun rakenteeseen voidaan esimerkiksi lisätä betonijalkoja tai voidaan käyttää mikropaaluja yhdessä muiden paalutyyppeiden kanssa tai niiden sijasta.⁵⁹

Pohjaan perustettavien ratkaisujen eroosiosuojaukset

Eroosiosuojauksilla varmistetaan perustusten stabiilisuus ja estetään niiden heikkeneminen hydrologisten ja sedimenttiprosessien seurauksena. Meriympäristössä virtaukset, aallokko ja jään liike voivat aiheuttaa pohjamateriaalin eroosiota, mikä heikentää perustusten kantavuutta ja voi vaarantaa koko rakenteen turvallisuuden. Eroosiosuojaus on siten olennainen osa pohjaan perustettavien merituulivoimaloiden suunnittelua ja toteutusta.⁶⁰

Teollisuudessa on käytössä useita eroosiosuojauksen tyyppisiä. Yleisimmät ratkaisut ovat kiviaineksen, hiekkasäkkien tai erilaisten patjarakenteiden käyttö perustusten ympärillä. Käytännössä yleisin ja kustannustehokkain ratkaisu on sijoittaa perustuksen ympärille kerros kiveä ja soraa, joka hajottaa virtauksia ja vähentää pohjamateriaalin liikkumista. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää geotekstiileihin perustuvia mattoja ja patjoja, jotka peittävät pohjamateriaalia ja estävät sen eroosiota. Hiekkasäkkiratkaisuja voidaan hyödyntää erityisesti silloin, kun tarvitaan tilapäisiä tai paikallisia suojauksia esimerkiksi rakennusvaiheen aikana.⁶¹

Perustuksen päälle asennetaan yleensä liitoskappale (*transition piece*), joka yhdistää tuuliturbiinin perustukseen. Eroosiosuojaus liittyy kiinteästi myös tähän rakenteeseen, sillä liitoskohdassa virtaukset ja kuormitukset voivat olla suurimmillaan. Suojausten mitoitus riippuu useista tekijöistä: turbiinin koosta, meren syvyydestä, paikallisista hydrologisista olosuhteista, jääkuormien voimakkuudesta sekä pohjan geoteknisistä ominaisuuksista. Erityisesti Pohjanlahden alueella jääolosuhteet lisäävät tarvetta käyttää massiivisia kiviaineksia perustusten ympärillä.⁶²

59 Laine Offshore Wind Oy, 2025.

60 Fowler et al., 2018; Lindeboom et al., 2023.

61 Motiva, 2020; Topham & McMillan, 2017.

62 Motiva, 2020; Verha, 2024.

Purkamisen näkökulmasta eroosiosuojaukset muodostavat merkittävän haasteen. Niiden poistaminen elinkaaren lopussa edellyttää suurten massojen käsittelyä, mikä voi aiheuttaa merkittäviä sedimenttiprosessien häiriöitä ja ympäristövaikutuksia. Perustamistyypeistä eniten eroosiosuojakiviä vaativat painovoimaiset perustukset. Vähiten eroosiosuojakiviä vaativat ristikkorakenteiset ja kolmijalkaperustukset. Osa eroosiosuojauksista voidaan esittää jätettäväksi paikoilleen purkamisen yhteydessä, mikäli ne eivät muodosta vaaraa merenkululle tai ekosysteemeille ja niiden poistaminen aiheuttaisi merkittäviä ympäristövaikutuksia⁶³.

Kelluvat voimat ja niiden ankkuroinnit

Kelluvat voimat ovat uusin merituulivoimaloiden perustamisteknologia, ja ne soveltuvat erityisesti yli 60 metrin syvyyksiin, joissa pohjaan perustettavat ratkaisut käyvät taloudellisesti ja teknisesti haastaviksi. Kelluva ratkaisu koostuu alustasta, joka vakautetaan merenpohjaan ankkuroimalla. Ankkuroinnissa voidaan käyttää ketjuja, vaijereita tai paalutettuja ankkureita riippuen pohjaolosuhteista ja suunnitellusta perustustyyppistä.⁶⁴

Kelluvien ratkaisujen merkittävin haaste Pohjanlahden olosuhteissa liittyy jääkuormiin. Jää voi kohdistaa ankkurointeihin suuria dynaamisia voimia, mikä lisää suunnittelun ja ylläpidon vaatimuksia. Vaikka kelluvat ratkaisut tarjoavat potentiaalia syvien vesien hyödyntämiseen, niiden soveltaminen vaativiin jääolosuhteisiin edellyttää edelleen teknologista kehitystä ja lisätutkimusta.⁶⁵ Kelluvat ratkaisut ei tämän takia sovellu vielä Suomen talousvyöhykkeen olosuhteisiin.

Muiden rakenteiden perustukset

Merituulipuiston infrastruktuuri ei koostu ainoastaan turbiineista, vaan siihen liittyy myös muita merkittäviä rakenteita, kuten merisähköasemat ja mahdolliset vedyn tuotantoasemat. Nämä rakenteet vaativat perustamisen samalla tavoin kuin turbiinit, ja perustustyyppin valintaan vaikuttavat vastaavat tekijät: vesisyvyys, merenpohjan geologia ja alueelliset ympäristöolosuhteet.

63 Noordzeeloket, 2020.

64 IEA, 2020; ENTSO-E, 2020.

65 HELCOM, 2018; Verha, 2024.

Merisähköasemat toimivat tuotetun sähkön kokoamispisteinä ja jännitetason korottajina ennen siirtoa mantereelle. Niiden koko on huomattavasti suurempi kuin yksittäisen turbiinin, ja ne kuormittavat perustuksia moninkertaisesti. Perusratkaisut voivat olla painovoimaperustuksia, paaluperustuksia tai ristikkorakenteisia perustuksia, mutta myös kelluvat alustat ovat mahdollisia erityisesti syvillä merialueilla. Useissa hankesuunnitelmissa on esitetty painovoima- ja ristikkorakenneratkaisuja merisähköasemien perustuksiksi⁶⁶.

Vedyn tuotantoasemat ovat uusi elementti merituulipuistojen infrastruktuurissa. Ne vaativat samankaltaisia perustuksia kuin sähköasemat, mutta niiden tekninen mitoitus voi poiketa, koska elektrolyysilaitokset, vetyvarastot ja mahdolliset kompressorit lisäävät kokonaispainoa ja dynaamisia kuormia. Käytännössä näissäkin sovelletaan samoja ratkaisuja kuin turbiinien perustuksissa: matalilla alueilla painovoima- ja paaluperustuksia, syvemmillä vesillä ristikkorakenteita ja syvimmillä alueilla kelluvia ratkaisuja.⁶⁷

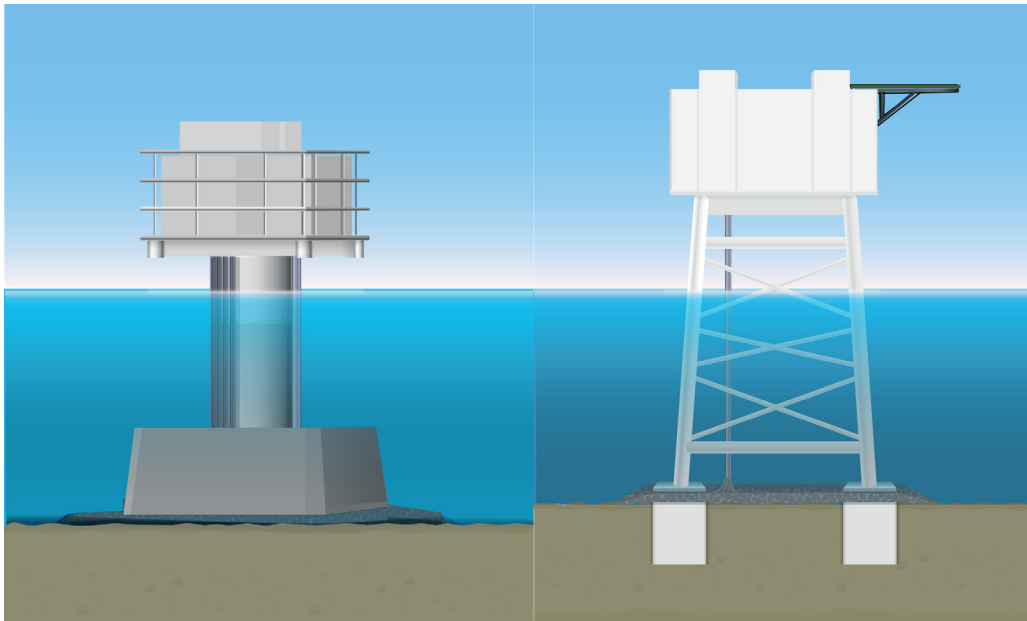
Koska sähköasemat ja vedyn tuotantolaitokset ovat kooltaan suuria ja painavia, niiden perustusten poistaminen voi olla teknisesti ja taloudellisesti vielä vaativampaa kuin yksittäisten turbiinien perustusten purkaminen. Erityisesti painovoimaperustaisissa ratkaisuissa purku edellyttää suurten betonimassojen ja eroosiosuojausten poistamista, mikä voi aiheuttaa merkittäviä sedimenttiprosessien häiriöitä.⁶⁸

66 Laine Offshore Wind Oy, 2025; Halla Offshore Wind Oy, 2025.

67 European Commission, 2020 b.

68 Lindeboom et al., 2023.

Kuvio 6. Merisähköaseman perustusvaihtoehtoja: painovoimaperustus ja ristikkorakenne perustus.⁶⁹



Eri perustustapojen purkaminen

Perustamistapojen erot näkyvät selvästi purkuvaiheessa, sillä kukin rakenneratkaisu edellyttää erilaisia teknisiä menetelmiä ja aiheuttaa eriasteisia ympäristövaikutuksia. Yhdysvaltain öljy- ja kaasuteollisuudessa noudatettavan käytännön mukaisesti paalujen leikkaus tehdään tavallisesti 15 jalan eli noin 5 metrin syvyydeltä merenpohjan alapuolelta⁷⁰. Tällä varmistetaan, ettei pohjaan jääviä rakenteen osia altistu eroosiolle ja ettei niistä muodostu vaaraa merenkululle tai pohjakalastukselle.

Paaluperustus on purkuteknisesti suoraviivaisin ratkaisu. Jos lyötyä tai kairattua paalua ei saada nostettua pohjasta, se yleensä katkaistaan vesileikkauksella tai timanttisauhauksella merenpohjan alapuolelta, minkä jälkeen yläosa nostetaan ylös yhtenä kappaleena. Paalua voidaan yrittää myös tärisyttää sen irtoamisen helpottamiseksi. Paaluperustuksella on ristikkorakenteisia perustuksia enemmän eroosiosuojauksia, mutta huomattavasti vähemmän kuin painovoimaperustuksilla.⁷¹

69 Laine Offshore Wind Oy, 2025.

70 Kaiser & Pulsipher, 2005.

71 Topham & McMillan, 2017.

Ristikkoperustuksen purku vaatii yleensä useita paalujalkojen katkaisuja. Jos lyötyjä tai kairattuja paaluja ei saada nostettua, paalujalat täytyy leikata merenpohjan tason alapuolelta ja nostaa pois osissa. Useimmat jalat ja ristikkorakenne tekevät purusta teknisesti monivaiheisen ja aikaa vievän, mutta ympäristövaikutukset ovat rajallisemmat kuin painovoimaperustuksen purussa, koska suuria kivimassoja ei tarvitse käsitellä. Kustannuksiltaan ristikkorakenteisen perustuksen purku sijoittuu usein paalu- ja painovoimaperustusten väliin.⁷²

Painovoimaperustukset muodostavat purkuvaiheen suurimman haasteen. Betonilaatan murskaaminen ja siihen liittyvien kiviaineksien poistaminen aiheuttavat merkittävää sedimentin samentumista, joka voi vaikuttaa haitallisesti paikallisiin ekosysteemeihin ja vapauttaa sedimenttiin sitoutuneita ravinteita ja haitta-aineita.⁷³ Täydellinen purku on kallista, teknisesti monimutkaista ja ekologisesti kuormittavaa. Tästä syystä esimerkiksi OSPAR-päätös 98/3 sallii poikkeuksia suurten betonirakenteiden jättämiselle merenpohjaan, mikäli niiden poistaminen aiheuttaisi kohtuuttomia riskejä⁷⁴. Painovoimaperustusten kohdalla koko laatan nostaminen yhtenä kappaleena on käytännössä mahdotonta, joten se täytyy purkaa ja poistaa osissa. Lisäksi kiviainesten poisto edellyttää laajamittaisia ruoppaustöitä.

Kelluvat ratkaisut ovat purun näkökulmasta lähtökohtaisesti helpoimpia. Jääolosuhteisiin tehtävät ankkuroinnit voivat kuitenkin vaatia pelkää teräsankkuria monimutkaisempia pohjarakenteita, mikä vaikuttaa vastaavasti huomattavasti purkamiseen ja sen kustannuksiin. Purkuvaiheessa kelluva alusta voidaan irrottaa ankkuroinneista ja hinata pois, minkä jälkeen ankkurit ja mahdolliset kiinnityskaapelit poistetaan. Tämä tekee purusta teknisesti ja ympäristöllisesti vähemmän häiritsevää kuin kiinteäperusteissa ratkaisuissa. Haasteena on kuitenkin se, että ankkureita voi olla jokaiselle voimalalle useita, ja niiden poistaminen voi vaatia sukellustöitä ja paikallista ruoppausta. Tästä huolimatta kelluvien rakenteiden purun ympäristövaikutukset ovat yleensä rajallisempia kuin pohjaan perustuvien ratkaisujen etenkin jäättömissä olosuhteissa.⁷⁵

72 Fowler et al., 2018.

73 Lindeboom et al., 2023.

74 OSPAR, 1998.

75 IEA, 2020; ENTSO-E, 2020.

Taulukko 4. Perustamistavat ja niiden purkaminen.

Perustamistapa	Pohjassa sijaitseva perustusrakenne ja materiaalit	Purkutapa	Vaikeus ja kustannukset	Suurimmat ekologiset vaikutukset
Painovoimaperustus	Massiivinen betonilaatta, tasoitettu murskealusta ja suojakiveys	Betonilaatan murskaus ja palojen poisto. Murskealustan, täyttö- ja eroosiosuojakiven poisto.	Erittäin korkea, logistisesti raskas	Laaja sedimentin aiheuttama samentuminen, mahdollisen eliöstön tuhoutuminen
Paaluperustus	Suuri teräspaalurakenne. Eroosiosuojakivet.	Paalun nosto. Jos paalua ei saada nostettua kokonaan, lisäksi katkaisu. Eroosiosuojakivien poisto.	Kohtalainen, suoraviivainen	Paikallinen sedimenttihäiriö, mahdollisen eliöstön tuhoutuminen.
Ristikkorakenteinen perustus	Teräsristikko ja jalkojen teräspaalut. Eroosiosuojakivet (määrä vähäisempi kuin paaluperustuksessa).	Paalujalkojen nosto. Jos paaluja ei saada nostettua kokonaan, katkaisu. Eroosiosuojakivien poisto.	Kohtalainen. Työläämpi ja vaikeampi kuin paaluperustus	Paikallinen sedimenttihäiriö, mahdollisen eliöstön tuhoutuminen.
Kelluva perustus	Teräsankkurit. Voi olla myös esimerkiksi paalutettuja ankkurointeja.	Irrotus ja vajereiden tai kettinkien sekä ankkurien poisto.	Alhaisempi kuin kiinteissä ratkaisuisissa. Jääolosuhteisiin suunnitellut ankkuroinnit voivat muuttaa tilannetta.	Lähinnä ankkureiden poistoon liittyvät paikallinen samentuma. Järeiden tai paalutettujen ankkurointien poistot voivat aiheuttaa paikallisen sedimenttihäiriön. Jääolosuhteisiin suunnitellut ankkuroinnit voivat muuttaa tilannetta.

YVA-selostuksissa ja -ohjelmissa esitetyt perusratkaisut ja niiden purkaminen

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä tarkastellaan tyypillisesti useita vaihtoehtoisia perustustyyppejä ja niiden yhdistelmiä, eikä sitouduta yhteen ratkaisuun. Tämä koskee myös purkuskenaarioita, jotka jäävät tässä vaiheessa alustaviksi. Vesitalouslupavaiheessa perustamistapa ja purkutavat voidaan määritellä tarkemmin.

Merituulivoimaloiden perustustavat määräytyvät alueen syvyyden, pohjan geologisten ominaisuuksien ja jääolosuhteiden mukaan. Suomen talousvyöhykkeen hankkeissa tarkastellaan lähes poikkeuksetta kolmea pohjaan perustuvaa vaihtoehtoa: painovoimaperustusta, paaluperustusta ja ristikkorakenteista perustusta. Lisäksi useissa syvän veden hankkeissa vaihtoehtona ovat kelluva ratkaisu tai ristikkorakenteinen perustus.

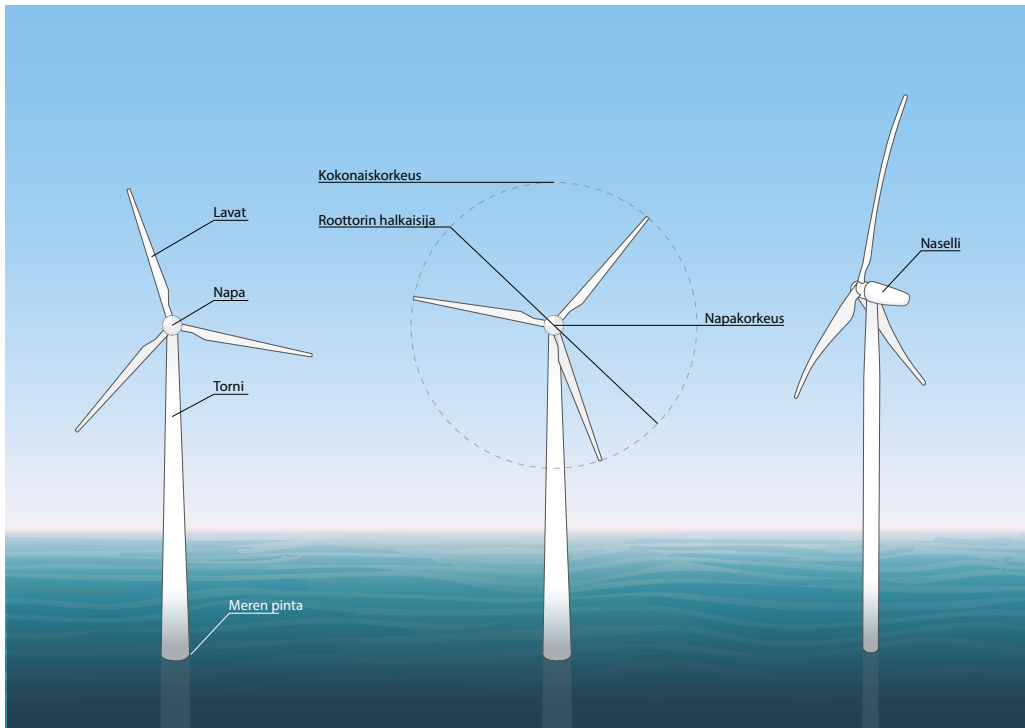
Taulukko 5. Perustustyyppit ja purkuvaihtoehdot YVA-selvityksissä.

Hanke	Perustustavat					Purkaminen	
	painovoima- perustus	paaluperustus	ristikko- rakenteinen perustus	muut kiinteät perustukset	kelluva perustus	Täydellinen purku lähtökohtana	Osittainen purku vaihtoehtona
Halla	X	X	X	-	-	X	X
Vågskär	X	X	X	-	-	-	X
Navakka	X	X	(X)	(X)	(X)	X	X
Wellamo	-	-	-	-	X	X	X
Laine	X	X	X	-	-	X	X
Bothnia	-	-	X	-	-	X	X
Reimari	X	X	X	X	-	X	-
Tyrsky	X	X	X	X	X	X	X
Korsnäs	X	(X)	(X)	-	-	-	X
Tahkoluoto	X	X	-	-	-	-	X
Yhteensä	8	8	8	3	3	7	9

3.1.3 Rakenteet ja järjestelmät ja niiden vaikutukset purkamiseen

Merituulivoimaloiden koko ja teho ovat kasvaneet nopeasti viime vuosikymmenen aikana. Hankkeista tehtyjen YVA-selostuksien tai -ohjelmien perusteella Perämeren ja Selkämeren hankkeissa tarkastellaan tyypillisesti 15–25 MW yksikkötehon turbiineja, joiden napakorkeus voi olla jopa 200 metriä ja roottorin halkaisija 300–340 metriä⁷⁶. Turbiinien suuren koon vuoksi myös perustusten mitat kasvavat, mikä korostaa nostokaluston ja asennusalusten saatavuuden sekä satamien syväyksien merkitystä⁷⁷.

Kuvio 7. Tuulivoimalan rakenteet ja mittakäsitteet.⁷⁸



76 Laine Offshore Wind Oy, 2025; Ilmatar Offshore Ab, 2024.

77 IEA, 2020; ENTSO-E, 2020.

78 Metsähallitus, 2024.

Merituulivoimaloiden turbiini

Turbiineja voidaan teknisesti luokitella kahteen pääryhmään: hitaasti pyörivät, suoravetogeneraattorilla varustetut direct drive -turbiinit ja vaihteistolliset turbiinit. Direct drive -ratkaisussa vaihteisto korvataan suurella kestromagneettigeneraattorilla, mikä vähentää liikkuvien osien määrää ja huoltotarvetta, mutta tekee generaattorista raskaan ja halkaisijaltaan suuren. Vaihteistollisissa turbiineissa roottorin liike siirretään generaattorille vaihteiston kautta, jolloin generaattori voi olla pienempi ja kevyempi, mutta vaihteiston kulumisen voi lisätä huollon tarvetta⁷⁹. Suoravetoteknologia on yleistynyt merkittävästi erityisesti suurissa merituulivoimaloissa.

Kaikissa merituulivoimaloissa perusrakenne on samankaltainen: torni, naselli (konehuone), napa ja roottori. Roottori muodostuu tyypillisesti kolmesta komposiittimateriaalista valmistetusta lavasta, jotka kiinnitetään napaan. Lapojen kulmaa säädetään ("pitch control"), mikä mahdollistaa sähköntuotannon optimoinnin eri tuuliolosuhteissa. Turbiini alkaa tuottaa sähköä, kun tuulen nopeus ylittää noin 3 m/s. Nimellisteho saavutetaan yleensä 12–15 m/s nopeudessa, ja tuotanto jatkuu noin 30 m/s asti, jonka jälkeen turbiini kytkeytyy automaattisesti pois toiminnasta rakenteiden suojaamiseksi.⁸⁰

Merituulivoimaloiden kasvavat mitat asettavat uusia vaatimuksia materiaali-tekniologialle. Tornit valmistetaan pääosin teräksestä, mutta hybriditeräs-betoniratkaisut ovat nousseet vaihtoehtoina korkeissa rakenteissa, sillä ne voivat vähentää teräksen käyttöä ja parantaa rakenteen vakautta. Roottorin lavat valmistetaan lasi- ja hiilikuitukomposiiteista, joiden pituus voi ylittää 100 metriä. Lapojen koko tuo haasteita kuljetukseen, nostokaluston kapasiteettiin sekä kierrätykseen. Lapojen materiaalien uusiokäyttö on edelleen merkittävä kiertotaloushaaste.⁸¹

Asennustekniikat vaihtelevat turbiinin koon ja suunnitteluratkaisun mukaan. Tornit kootaan tyypillisesti kahdesta tai kolmesta osasta. Roottorin siivet voidaan asentaa napaan jo maalla ("pre-assembly"), jolloin nosto merellä on hallitumpaa mutta kuljetus vaatii enemmän tilaa. Vaihtoehtoisesti siivet voidaan asentaa yksi kerrallaan

79 Fichtner, 2017; WindEurope, 2020.

80 Motiva, 2020.

81 Topham & McMillan, 2017; Liu & Barlow, 2017.

merellä, mikä vähentää maapuolen logistisia haasteita, mutta tekee merinostoista teknisesti vaativampia ja sääolosuhteille herkempiä.⁸² Purkutekniikat toimivat lähtökohtaisesti samalla tavalla kuin asennustekniikat.

Sähköasemat

Merituulipuistojen sähkönsiirto perustuu keskitettyihin sähköasemiin, jotka kokoavat yksittäisten turbiinien tuottaman sähkön ja mahdollistavat sen siirtämisen mantereelle. Jokainen turbiini on kytketty kaapeleilla puiston sisäiseen verkkoon, joka johdetaan merisähköasemalle. Sähköasemien ensisijainen tehtävä on joko toimia kytkinlaitoksena tai muuntoasemana. Kytkinlaitoksessa yhdistetään eri turbiineista tulevat saman jännitetason kaapelit ja siirretään ne eteenpäin, kun taas muuntoasemassa tuotettu sähkö muunnetaan muuntajien avulla korkeampaan jännitetasoon, joka soveltuu pitkän matkan siirtoon.⁸³

Tarvittava jännitetaso määräytyy valitun kaapeliteknologian mukaan. Vaihtovirtayhteyksissä (HVAC) jännite nostetaan tyypillisesti 132–245 kV tasolle, kun taas tasavirtayhteyksissä (HVDC) käytetään huomattavasti korkeampia jännitteitä, jopa ± 320 –525 kV, mikä mahdollistaa pidemmät siirtomatkat ja suuremmat tehot. Valinta vaikuttaa suoraan sähköasemien rakenteeseen, kokoon ja laitteistoon: HVDC-asemat sisältävät merkittävästi enemmän laitteistoa (muuntimet, tasasuuntaajat, suodattimet), mikä kasvattaa niiden tilantarvetta ja kustannuksia.⁸⁴

Suomen talousvyöhykkeen suurimmissa hankkeissa sähköasemia voidaan tarvita useampia, jotta sähkön siirto mantereelle olisi teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoista. Esimerkiksi Laineen ja Hallan hankkeissa on arvioitu tarvittavan 3–8 sähköasemaa.⁸⁵

Sähköasemien suuri koko ja paino tekevät poistosta teknisesti vaativaa ja logistisesti raskasta. Sähköasemien purku edellyttää erityistä huomiota sähköteknisten komponenttien käsittelyyn ja vaarallisten aineiden kierrätykseen. Tämä tekee niistä usein turbiineja vaativampia purkukohteita.⁸⁶

82 Fichtner, 2017.

83 ENTSO-E, 2020; IEA, 2020.

84 European Commission, 2020; Fichtner, 2017.

85 Laine Offshore Wind Oy, 2025; Halla Offshore Wind Oy, 2025.

86 Lindeboom et al., 2023.

Vedyn tuotantolaitokset

Merellä tapahtuva vedyn tuotanto on uusi kehityssuunta merituulipuistojen infrastruktuurissa. Sen taustalla on pyrkimys hyödyntää merellä tuotettua sähköä tehokkaammin ja vähentää kantaverkkojen kuormitusta muuntamalla osa tuotannosta suoraan vedyksi. Vedyn tuotantolaitokset ovat teknisesti ja rakenteellisesti samankaltaisia kuin merisähköasemat, mutta niihin liittyy elektrolyysiprosessin vaatima laitteisto ja vedyn käsittelyyn liittyviä lisäjärjestelmiä.

Teknisesti vedyn tuotantolaitokset voidaan toteuttaa kolmella päämallilla. Ensimmäinen vaihtoehto on integroida elektrolyysilaitteisto osaksi merisähköasemaa, jolloin sähkö muunnetaan vedyksi välittömästi sähkönsiirtopisteessä. Tämä ratkaisu hyödyntää olemassa olevaa infrastruktuuria ja vähentää erillisten rakenteiden tarvetta. Toinen vaihtoehto on rakentaa erillisiä kiinteitä tuotantolaitoksia, jotka muistuttavat kooltaan ja rakenteeltaan merisähköasemia mutta sisältävät lisäksi elektrolyysilaitteet, paineastiat ja kompressorit. Kolmas vaihtoehto on kelluvat vedyn tuotantolaitokset. Kelluvat ratkaisut mahdollistavat sijoittumisen syville alueille ja lisäävät joustavuutta infrastruktuurin käytössä.⁸⁷

Vedyn tuotantolaitokset keskeiset tekniset komponentit ovat elektrolyysierit, kompressorit, paineastiat, mahdolliset nesteytyslaitteet ja apulaitteisto, kuten jäähdytys- ja ohjausjärjestelmät. Paineastiat ja kompressorit mahdollistavat vedyn varastoinnin ja siirtämisen, ja nesteytyslaitteita voidaan käyttää, jos vety halutaan kuljettaa nestemäisenä esimerkiksi laivoilla.⁸⁸

Vedyn tuotantolaitoksien purku on teknisesti ja ympäristöllisesti vaativaa. Ennen purkua kaikki prosessilaitteet on tyhjennettävä ja neutraloitava. Erityistä huomiota vaativat elektrolyysien mahdolliset kemikaalit ja materiaalit, kuten syövyttävät elektrolyytit. Paineastiat ja kompressorit on purettava hallitusti, jotta räjähdys- ja vuotoriskit voidaan välttää. Nesteytyslaitteiden ja sähkötekniikan komponenttien kierrätys edellyttää erikoiskäsittelyä.

Vedyn tuotantolaitokset voivat osoittautua purun kannalta turbiineja ja sähköasemia vaativammiksi kohteiksi, koska niihin liittyy korkeapaineisia ja kemiallisesti aktiivisia järjestelmiä. Toisaalta ne voivat muodostua arvokkaaksi osaksi energiainfrastruktuuria myös puiston käytön jälkeen, jolloin purkuvelvoitteet voidaan osittain sovittaa jatkokäytön mahdollisuuksiin.

87 Skyborn Renewables Offshore Finland Oy, 2022; Halla Offshore Wind Oy, 2025; ENTSO-E, 2020.

88 IEA, 2020; European Commission, 2020.

Rakenteiden poisto ja kierrätys

Käytöstä poistamiseen liittyvät työt suoritetaan yleensä päinvastaisessa järjestyksessä kuin asennus. Yleisenä lähtökohtana on, että kaikki rakenteet poistetaan ja kierrätetään. Merituulivoimaloiden tekninen käyttöikä on noin 25–30 vuotta, mutta sitä voidaan pidentää huoltojen ja osien vaihdon avulla jopa yli 40 vuoteen, mikäli rakenteiden kunto sen sallii.⁸⁹

Tuulivoimaloiden raaka-aineista pystytään nykyisin kierrättämään yli 80 %. Metallien, kuten teräksen, kuparin ja alumiinin, kierrätysaste on lähes 100 %, sillä ne voidaan sulattaa ja käyttää uudelleen ilman merkittävää laadun heikkenemistä⁹⁰. Vaikeimmin kierrätettäviä osia ovat roottorin lavat, jotka valmistetaan useimmiten lasi- tai hiilikuituvahvistetuista muovikomposiiteista, sekä tuulivoimaloissa käytettyihin kestopagneetteihin sisältyvät harvinaiset maametallit⁹¹. Yhdestä voimalasta syntyy lapajätettä noin 123–259 tonnia⁹². Lapoihin liittyvä materiaali-jäte on jo muodostumassa merkittäväksi osaksi koko uusiutuvan energiasektorin jätevirtaa, sillä niiden käyttöikä on samaa luokkaa kuin voimaloiden, ja ne kertyvät suurina massoina purkuvaiheessa.⁹³

Komposiittimateriaalien purku ja kierrätys ovat toistaiseksi rajoittuneet mekaaniseen murskaukseen, jossa jäte hyödynnetään esimerkiksi täyteaineena, sekä sementtiteollisuuteen, joissa lavoista saadaan osittain energiaa ja mineraalikomponentteja sementin valmistukseen. Joissakin maissa lapoja on myös hyödynnetty erilaisissa rakenteissa, kuten kävelysilloissa, melusteina ja kaupunkitiloissa sellaisinaan⁹⁴. Nämä menetelmät eivät kuitenkaan muodosta kestävä kiertotalousratkaisua, koska ne eivät mahdollista materiaalin uudelleenkäyttöä korkean arvon tuotteissa.⁹⁵ Lisäksi lapojen hyödynnys sellaisenaan on vain osittainen ratkaisu huomioiden ennustettu siipijätteen kasvava määrä⁹⁶. Viime vuosina turbiinivalmistajat ja materiaaliteollisuus ovat panostaneet uusien

89 IEA, 2020; Verha, 2024.

90 Fichtner, 2017; Topham & McMillan, 2017.

91 Kestomagneeteissa käytettävistä harvinaisista maametalleista keskeisiä ovat neodymium (Nd), dysprosium (Dy), praseodymium (Pr) ja terbium (Tb). Luokittelu tulee CRMA:sta eli kriittisten raaka-aineiden asetuksesta ((EU) 2024/1252).

92 Suomen Hyötytuuli Oy, 2021.

93 Liu & Barlow, 2017; ELY-keskus, 2021.

94 Yang ja muut 2023, s. 10.; Nagle ja muut 2022, s. 2., Deeney ja muut 2025, s. 4–5.

95 Liu & Barlow, 2017; ELY-keskus, 2021.

96 Yang ja muut, 2023 s. 3, Ramaswamy ja muut 2025, s. 1.

kierrätysratkaisujen kehittämiseen, kuten paralyysin, kemialliseen depolymerointiin ja uusien biopohjaisten komposiittien käyttöönottoon. Pitkän aikavälin tavoitteena on saavuttaa turbiinien lähes täydellinen, jopa 100-prosenttinen kierrätettävyys.⁹⁷

Kestomagneettien kriittisten harvinaisten maametallien kierrätys on nykyisin haasteellista esimerkiksi kierrätettävän magneettijätteen keräämisen ja prosessointiin liittyen⁹⁸. Tämä on kiertotaloudellinen ongelma, johon liittyy useita kestävyyskysymyksiä (esimerkiksi kaivostoiminnan ja harvinaisten maametallien prosessoinnin ympäristövaikutukset) ja se lisää riippuvuutta useiden harvinaisten maametallien päätuottajamaasta Kiinasta.

Tuulivoimaloissa on kemikaaleja, kuten öljyjä, voiteluaineita ja jäähdytysnesteitä, noin 5–15 tonnia/voimala. Määrät vaihtelevat tuulivoimalan mallin ja koon mukaan. Merisähköaseman muuntajat sisältävät noin 300–400 tonnia muuntajaeristeenä toimivaa öljyä.

Rakenneratkaisut YVA-menettelyssä esitetyissä suunnitelmissa ja niiden purkusunnitelmat

Suomen talousvyöhykkeen merituulipuistot suunnitellaan kansainvälisen kehityksen mukaisesti käyttäen suurikokoisia 15–30 megawatin turbiineja, joiden kokonaiskorkeus on 330–400 metriä ja rottorien halkaisija 300–370 metriä. Nämä mitat kasvattavat merkittävästi yksittäisten voimaloiden tuotantokapasiteettia, mutta lisäävät samalla teknisiä vaatimuksia purkamiselle.⁹⁹

97 WindEurope, 2020; Verha, 2024.

98 Ghorbani ja muut 2025, s. 12.

99 IEA, 2020.

Taulukko 6. Perustustyyppit ja purkuvaihtoehdot YVA-selvityksissä.

Hanke/alue	Turbiinien lukumäärä	Max korkeus (m)	Yksikköteho (MW)	Koknaisteho (GW)	Merisähkö- asemien lukumäärä	Vetyasemien lukumäärä
Halla (~Perämeri pohjoinen)	120–160	370	15–25	2,4–3,0	3–8	3–8
Laine (~Perämeri etelä)	113–150	370	15–25	2,3–2,8	3–8	3–8
Reimari (~Perämeri etelä)	120	390	30	3,6	2–3	1–3
Wellamo (~Selkämeri länsi)	70–100	360	15–30	2	1+	0
Bothnia (~Selkämeri länsi)	160–261	400	15–25	4	2–4	0
Navakka (~Selkämeri itä)	70–100	330	15–25	1,5	1+	0
Tyrsky (talousvyöhyke)	70–95	370	15–25	1,5–1,8	1–4	1+
Vågskär (talousvyöhyke)	78–130	400	15–25	2,0	2	0
Tahkoluoto laajennus (aluevedet)	40–45	310	11–20	0,6–0,8	0–1	0
Korsnäs (aluevedet)	150	350	25	2,5	1–2	0
Keskiarvo	115	365	21	2,3	2,7	1,4

Voimaloiden suurimmat purettavat massat aiheutuvat kiviaineksista ja betonista (noin 78 %). Keskimääräistä hanketta kohden tämä on yli 1,17 miljoonaa tonnia. Niiden osalta esimerkiksi Laineen merituulipuistohankkeessa on arvioitu poistettavan vain murto-osa (10 %). Teräksestä aiheutuu noin 0,27 miljoonan tonnin materiaalmäärä. Teräksen ja alkuaineiden kierrätysasteeksi arvioidaan 90–100 %. Lapojen kierrätysasteeksi arvioidaan 50 %. Sähköasemien ja vedyn tuotantolaitoksien hankekohtaiset purettavat massat ovat voimaloita huomattavasti pienemmät noin 39 000 tonnia.

Taulukko 7. Voimaloiden purettavat materiaalmäärät ja niiden arvioidut kierrätysasteet.

Voimalat	Massa per turbiini (tonnia)	115 voimalan (21 MW) keskimääräinen hanke (tonnia)	Osuus massasta	Arvioitu kierrätysaste
Kiviainekset; perustus	5 506	633 706	42 %	10 %*
Betoni; perustus	4 689	539 710	36 %	10 %*
Teräs; perustus ja torni	2 306	265 413	18 %	90 %
Polymeerit; lavat ja napa	89	10 217	1 %	50 %
Lasi- ja hiilikuitu komposiitit; lavat ja napa	154	17 768	1 %	50 %
Alkuaineet; torni, lavat ja napa	407	46 885	3 %	100 %
Öljyt ja muut kemikaalit	15	1 725	0 %	0 %
Yhteensä	-	1 515 424	100 %	-

Lähde: Laine YVA-selostus, 2025.

* Esitetty kierrätysprosentti on se osuus perustuksesta, joka oletetaan poistettavan, ja sen oletetaan olevan täysin kierrätettävissä.

Taulukko 8. Sähköasemien purettavat materiaalmäärät ja niiden arvioidut kierrätysasteet.

Sähköasemat	Massa per sähköasema (tonnia)	4 aseman keskimääräinen hanke (tonnia)	Osuus massasta	Arvioitu kierrätysaste
Betoni; perustus	7 000	28 000	70 %	10 %*
Teräs; perustus	1 000	4 000	10 %	90 %
Teräs; sähköasema	1 750	7 000	17 %	100 %
Öljyt ja muut kemikaalit; sähköasema	300	1 200	3 %	0 %
Yhteensä	-	40 200	100 %	-

Lähde: Laine YVA-selostus, 2025.

* Esitetty kierrätysprosentti on se osuus perustuksesta, joka oletetaan poistettavan, ja sen oletetaan olevan täysin kierrätettävissä.

3.1.4 Kaapelit ja putket ja niiden poistaminen

Merituulipuistojen sähkönsiirtojärjestelmä koostuu turbiineista, sisäisistä kaapeleista, merisähköasemista ja siirtokaapeleista, jotka siirtävät sähköä mantereelle. Tulevaisuudessa järjestelmään voi sisältyä myös vetyputkia. Sisäisen sähkönsiirron ratkaisut perustuvat nykyisin 66 kV:n kaapeleihin, mutta YVA-aineistoissa on arvioitu, että 132 kV -ratkaisut yleistyvät suurissa hankkeissa (Laine YVA-selostus, 2025). Siirtoyhteys toteutetaan joko vaihtovirralla (HVAC) tai tasavirralla (HVDC) riippuen etäisyydestä, tehonsiirtotarpeesta ja liityntäpisteen sijainnista. Yli 80 kilometrin etäisyyksillä tasavirta (HVDC) on useimmiten teknisesti ja taloudellisesti edullisin vaihtoehto.¹⁰⁰

100 ENTSO-E, 2020.

Merikaapeleiden tyypit voidaan jakaa kahteen pääluokkaan. Sisäiset kaapelit (infield cables) yhdistävät turbiinit merisähköasemaan ja muodostavat puiston sisäisen verkon. Siirtokaapelit siirtävät sähköä mereltä mantereelle ja liittävät puiston kansalliseen verkkoon.¹⁰¹

Siirtokaapeleilla voi joissakin tapauksissa olla myös valtioiden välinen yhteyskaapelin rooli esimerkiksi hybridiratkaisuna. Itämeren alueen kantaverkkoyhtiöt ovatkin esitelleet verkkosuunnitelman, mikä mahdollistaisi merituulivoiman sähkönsiirron hybridiratkaisuja merellisten solmupisteiden kautta¹⁰².

Kaapelit lasketaan merenpohjaan valmistellulle käytävälle. Pehmeillä pohjilla ne voidaan upottaa sedimenttiin auraamalla, ja matalilla alueilla sekä rantautumiskohdissa ne suojataan kivillä tai betonipatjoilla. Käytettävä laskutekniiikka riippuu merenpohjan laadusta ja muodosta. Reittisuunnittelussa huomioidaan pohjan geologia, vedensyvyys, alueen luontoarvot, kalastuksen tarpeet, merenkulun väylät sekä olemassa olevat putkistot ja kaapelit turvapäätisyyksineen. Lisäksi otetaan huomioon sotien aikaiset räjähteet ja suojeltavat hylt, jotka voivat estää tiettyjen reittien käyttämisen.¹⁰³

Yleensä kaapeleiden reittisuunnittelussa vältetään jyrkkiä rinteitä, kivisiä ja kovia pohjia, kuten avokallioita. Reitti yritetään löytää alueen syvemmistä kohdista, joihin on yleensä kertynyt pehmeämpää maa-ainesta. Tällöin kaapeli voidaan todennäköisesti aurata pohjaan ja se vaatii lähtökohtaisesti vähemmän suojausta. Kaapelit vaativat suojausta muun muassa matalilla alueilla (alle 15 metrin syvyydet), jos kaapeleita ei ole saatu aurattua pohjasedimenttiin. Tarpeen aiheuttaa etenkin jäiden aiheuttama kaapelin vahingoittumisriski. Muita suojaustarpeita aiheuttavat muun muassa väyliä ja muiden kaapeleiden ja putkien ylitykset.

Jos kaapelit on turvallisesti haudattu sedimenttiin, ne voidaan tutkimuskirjallisuuden mukaan jättää paikalleen. Jos ne ovat paljastuneet tai rapautuneet, ne on poistettava tai haudattava uudelleen. Topham & McMillan (2017) korostavat, että kaapeleiden täydellinen poisto voi olla teknisesti ja ympäristöllisesti häiritsevempää kuin niiden jättäminen.

101 Topham & McMillan 2017.

102 Lopic, 2026.

103 Niras Consulting, 2015; Noordzeeloket, 2020.

Kaapeleiden poistossa ja kierrätyksessä korostuu materiaalien hallinta. Merikaapelit sisältävät merkittäviä määriä kuparia ja alumiinia, jotka ovat lähes täysin kierrätettäviä. Niissä on myös muovi- ja teräsrakenteita sekä suoja-aineita, joiden kierrätysaste on heikompi. Yleensä kaapeleiden kierrätys toteutetaan siten, että arvokkaat metallit erotetaan ja hyödynnetään uudelleen, kun taas muovit ja eristemateriaalit hyödynnetään energiantuotannossa tai loppusijoitetaan. Purkusuunnittelussa on huomioitava, että kaapeleiden täydellinen poistaminen voi lisätä ympäristön kuormitusta, mutta toisaalta metallien kierrätys vähentää luonnonvarojen käyttöä.¹⁰⁴

Vetyputket ja niiden purkaminen

Merellä tuotetun vedyn siirtäminen mantereelle voidaan toteuttaa joko putkistoilla tai laivoilla. Vetyputkisto voidaan rakentaa teräs-, komposiitti- tai muoviputkista. Teräsputkisto rakennetaan tehdasvalmisteisista moduuleista, jotka liitetään yhteen pitkittäishitsatuilla liitoksilla. Teräsputken sisäpinta käsitellään kitkaa vähentävällä pinnoitteella ja ulkopinta korroosiota estävällä pinnoitteella. Putken ympärille valetaan yleensä myös betonipinnoite. Muovi- ja komposiittiputkilla on pieni taivutussäde, mikä helpottaa niiden asennusta ja kuljetusta. Lisäksi ne ovat kevyitä, joten niiden asentamiseen voidaan tarvita painoja tai ankkurointia (Laineen YVA-selostus, 2025).

Tyypillinen siirtovetyputki on halkaisijaltaan noin 60 cm ja sijoitetaan merenpohjaan kaivettuun käytävään. Käytävä voidaan toteuttaa ruoppaamalla tai kasaamalla kiviaineksesta tasainen alusta. Kaivannon leveys on keskimäärin noin 3,5 metriä, ja matalilla merialueilla, alle 15 metrin syvyydessä, putket suojataan kivimassoilla tai betoniratkaisuilla¹⁰⁵.

UNCLOS:n mukaan vetyputket rinnastuvat kaapeleihin ja putkilinjoihin. Niille ei ole asetettu automaattista poistovelvoitetta, vaan valtioiden on varmistettava, etteivät ne vaaranna merenkulkua tai muiden valtioiden oikeuksia¹⁰⁶. Tällöin, jos putket jätetään, ne tulisi olla haudattuina ja paljastuneet tai vaurioituneet osat on poistettava tai haudattava uudelleen.

104 Fowler et al., 2018; Kaiser & Pulsipher, 2005.

105 Halla Offshore Wind Oy, 2025.

106 UNCLOS, 1982.

Vetyputkien poistaminen voi olla teknisesti ja taloudellisesti vaativampaa kuin sähkökaapeleiden, sillä putkien suurempi halkaisija ja niihin liittyvä suojausmassa tekevät poistosta monimutkaisemman. Lisäksi putket voivat sisältää sisäpinnoitteita, joilla on pyritty vähentämään vedyn aiheuttamaa haurastumista, ja nämä materiaalit on otettava huomioon kierrätyksessä.

Purkusuunnittelun näkökulmasta vetyputkien poistaminen tapahtuu yleensä joko mekaanisesti vetämällä tai katkomalla ne hallituissa osissa. Osittainen purku, jossa putki katkaistaan merenpohjan pinnan alapuolelta ja jätetään turvallisesti haudattuna paikalleen, voi olla hyväksyttävä ratkaisu, jos täydellinen poisto aiheuttaisi merkittäviä ympäristövaikutuksia tai teknisiä riskejä.

Kierrätyksen näkökulmasta teräksiset vetyputket sisältävät suuria määriä terästä, joka on lähes täysin kierrätettävissä. Teräksen lisäksi putkissa voi olla polymeeripinnoitteita ja eristemateriaaleja, joiden kierrätys on vaikeampaa. Yleisesti metallikomponentit sulatetaan uudelleenkäyttöön, kun taas muovit ja pinnoitteet hyödynnetään energiantuotannossa tai loppusijoitetaan. Koska vety voi pitkän käyttöiän aikana aiheuttaa materiaalin haurastumista, kierrätysvaiheessa on varmistettava, että putkimateriaalit käsitellään turvallisesti ja erotetaan jatkokäyttöön sopiviin seoksiin.¹⁰⁷

Lähes kaikissa tarkastelluissa hankkeissa pidetään auki mahdollisuus haudattujen kaapeleiden ja putkien riskiperusteiselle jättämiselle purkamisen yhteydessä.

107 Kaiser & Pulsipher, 2005; Fowler et al., 2018.

Taulukko 9. Kaapelit ja putket YVA-selostuksissa ja -ohjelmissa.

Hanke/alue	Kaapeleiden määrä	Vetyputkien määrä	Kaapeleiden pituudet	Purkuvaihtoehdot
Halla (~Perämeri pohjoinen)	enintään 10	1	33–35 km	Kaapelit ja putket voidaan jättää riskiperusteisesti
Laine (~Perämeri etelä)	enintään 10	1	31–43 km	Kaapelit ja putket voidaan jättää, jos haudattu turvallisesti
Reimari (~Perämeri etelä)	3	2	34–60 km	Kaapelit ja/tai putket voidaan jättää; yksityiskohtainen arvio selostusvaiheessa
Wellamo (~Selkämeri länsi)	useita	0	77–94 km	Kaapelit voidaan jättää, jos haudattu; riskiperusteinen käsittely
Bothnia (~Selkämeri länsi)	useita	0	79–108 km	Kaapelit voidaan jättää, sijainti julkistettava merikartoille
Navakka (~Selkämeri itä)	useita	0	30–55 km	Kaapelit voidaan jättää, jos haudattu
Tyrsky (talousvyöhyke)	5	1	noin 40 km	Kaapelit voidaan jättää; vetyputkien purku riskiperusteisesti
Vågskär (talousvyöhyke)	useita	0	72–110 km	Kaapelit voidaan jättää, jos haudattu
Tahkoluoto laajennus (aluevedet)	useita	0	noin 10 km	Kaapelit poistetaan vain, jos muodostavat riskin
Korsnäs (aluevedet)	useita	0	noin 20 km	Lähtökohtana täydellinen poisto; turvallisesti haudatut kaapelit voidaan jättää, paljastuneet poistettava tai haudattava uudelleen.

Kaapeleiden tarpeen määrää voidaan arvioida YVA-selostuksista ja -ohjelmista. Esimerkiksi Laine merituulivoimahankkeessa arvioidaan kaapelitarpeeksi 723 kilometriä. Sisäisiä kaapeleita turbiineilta merisähkösäemille arvioidaan tarvittavan yhteensä 271 kilometriä ja siirtokaapeleita merisähkösäemiltä mantereelle yhteensä 452 kilometriä, kun siirtoyhteyden pituus on 31–43 kilometriä ja kaapeleiden määrä enintään 10. Näin arvioiden sisäisten kaapeleiden tarve on noin kaksi kilometriä per voimala ja siirtokaapeleiden tarve siirtoyhteyden pituus kerrottuna siirtokaapeleiden määrällä. Kaapelikäytävien rakentamiseen ja kaapeleiden suojaukseen on arvioitu käytettäväksi 3,18 miljoonaa tonnia kiviaineksia, mikä vastaa 4 400 tonnia kilometriä kohden. Kiviaineksista arvioidaan poistettavaksi vain pieni osa, vaikka kaapelit päätettäisiin poistaa.

Lähes kaikissa tarkastelluissa hankkeissa pidetään auki mahdollisuus haudattujen kaapeleiden ja putkien riskiperusteiselle jättämiselle purkamisen yhteydessä.

Taulukko 10. Esimerkki keskimääräisistä purkumassoista ja kierrätysasteesta.¹⁰⁸

Kaapelit ja putket	Yksikkö- määrä tonnia per km	Esimerkki- hankkeen massat (tonnia)	Osuus massasta	Arvioitu kierrätys- aste
Teräs, alumiini, kupari; merikaapelit	64	39 844	1,2 %	100 %**
Kiviainekset; merikaapelit	-	3 180 000	97,4 %	10 %*
Polymeerit, kaapelit	11	7 031	0,2 %	100 %**
Polymeerit; vetyputket	-	39 700	1,2 %	100 %**
Yhteensä	-	3 266 575	100,0 %	-

* Esitetty kierrätysprosentti on se osuus kiviaineksesta, joka oletetaan poistettavan.

** Kierrätysaste, jos kaapelit ja putket poistetaan.

108 Laine Offshore Wind Oy, 2025.

3.2 Toistaiseksi saadut kansainväliset kokemukset purkuhankkeista

Nykyinen kansainvälinen ohjeistus, kuten Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimuksen (engl. United Nations Convention on the Law of the Sea, UNCLOS) Artikla 60 (3) ja OSPARin (Koillis-Atlantin merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus) päätös 98/3, ohjeistavat että purkamisen tulisi kattaa kaikki merenpohjassa olevat rakenteet.¹⁰⁹

Käytännön kokemuksia merituulivoimaloiden purkuhankkeista on vähänlaisesti. Alla olevasta taulukosta (Taulukko 11) ilmenee eräitä purkuhankkeita. Hankkeet ovat pääosin rakennettu 2000-luvun vaihteessa ja ovat turbiinikooltaan ja teholtaan pieniä verrattuna tällä hetkellä suunnitteilla oleviin hankkeisiin.

Taulukko 11. Puretut tuulivoimahankkeet.¹¹⁰

Tuulivoima- puisto	Maa	Turbiinimäärä ja kokonais- teho	Perustus	Rakennettu	Purettu
Nogersund / Blekinge / Svante	Ruotsi	1x220 kW	Kolmijalkainen perustus	1991	2007
Utgrunden	Ruotsi	7x1,5 MW	Paaluperustus	2000	2018
Yttre Stengrund	Ruotsi	5x2 MW	Porattu paalu- perustus	2001	2015
Robin Rigg (2/60)	Iso- Britannia	2x3 MW	Paaluperustus	2010	2015
WindFloat	Portugali	1x2 MW	Kelluva	2011	2016
Hooksiel	Saksa	1x5 MW	Kolmipaalu- perustus	2008	2016
Lely	Alanko- maat	4x500 kW	Paaluperustus	1994	2016
Vindeby	Tanska	11x450 kW	Gravitaatio- perustus	1991	2017

109 European Commission, 2025. Critical considerations in partial decommissioning of offshore wind farms include residual liability and biodiversity trade-offs.

110 Smartport, 2020, muokattuna.

Taulukossa 11 mainittu **Lely** -offshore puisto piti purkaa koska tuulipuisto oli lähestymässä elinkaarensa loppua ja muuttumassa taloudellisesti kannattamattomaksi. Tärinävasaraa käytettiin turbiinien perustusten irrottamiseen. Neljä paalua, kukin 26 m pitkä ja halkaisijaltaan 3,20–3,70 m, poistettiin merenpohjasta yksi kerrallaan ja kuljetettiin ponttoneilla pois.¹¹¹

Taulukossa 11 mainittu **Vindeby** purettiin koska osa turbiineista oli toiminnassa, mutta tarvitsi yhä enemmän huoltoa. Lapojen, tornien, perustusten ja kaapeleiden katsottiin pystyvän jatkamaan tuotantoa, mutta esimerkiksi lappojen korroosiosta johtuvien pulttien huolto oli tarpeen. Tarkastus osoitti, että vaihteistot olisi kunnostettava toiminnan jatkamiseksi – tämä ei ollut taloudellisesti kannattavaa turbiinien koon, sähkön hintojen ja kunnostuskustannusten vuoksi. Purku suoritettiin turbiinien osalta vaiheittain: ensin yksi lapa, sitten naselli kahden lavan kanssa ja lopuksi torni. Perustukset purettiin ylhäältä, merihiekka pumpattiin lautalle ja perustukset leikattiin pienemmiksi paloiksi rumpujyrsimellä ja kuljetettiin satamaan betonin purku- ja kierrätykseen. Kaapelit kerättiin merenpohjasta kelaamalla ja katkottiin pienemmiksi paloiksi.¹¹²

Alankomaan hankkeen Egmond Aan Zee (purku 2027 mennessä) ja Prinses Amalia hankkeen (purku 2028 mennessä) purkusunnittelun yhteydessä tehtiin tutkimus, jotta voitaisiin tunnistaa ja analysoida tärkeimmät purkuun liittyvät kriteerit. Tutkimuksessa¹¹³ tunnistettiin 10 päätöksentekokriteeriä, jotka vastaajien mukaan olivat merkittävimmät. Ne on jaoteltu kolmeen kategoriaan:

Ympäristöön liittyvät: biodiversiteetin muutokset, elinympäristöjen muuttuminen ja luonnonsuojelun mahdollisuudet;

Taloudelliset: poistokustannukset, materiaalien kierrätysmahdollisuudet, kaupalliseen kalastukseen liittyvät vaikutukset ja vastuukustannukset;

Sosiaaliset: tuleva pääsy merialueille, vapaa-ajanviettomahdollisuudet ja poliittinen yhteensopivuus.

Saksassa on käynnistetty 15 vuoden ikäisen merituulivoimapuiston OWF Alpha Ventus purkamistöiden 2-osainen kilpailutus (lisätietoja kappaleessa 7.2.4).¹¹⁴

111 Diesekogroup, 2016.

112 DONGenergy, 2017.

113 European Commission, Directorate-General for Environment, 2025.

114 <https://ted.europa.eu/de/notice/-/detail/664779-2025>.

3.3 Purkamisohjelmat ja näkökulmat

3.3.1 Purkamisohjelmat ja purkusuunnitelmat

Eri maissa veloitetaan merituulivoiman hankekehittäjiä valmistelemaan purkamisohjelmia tai purkusuunnitelmia. Euroopassa yksi kehittyneimpiä merituulivoiman purkumalleja on Iso-Britannian Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS) -ministeriön malli.

Iso-Britanniassa purkamisesta säädetään erillisessä Energy Act 2004 -laissa ja sen perusteella annetuissa ohjeissa. Ne muodostavat kattavan ja velvoittavan sääntelyjärjestelmän offshore-rakenteiden poistamiselle. Tämän mukaisesti hankkeen kehittäjän on toimitettava ja toteutettava hyväksytty purkamisohjelma (*decommissioning programme*) sekä asetettava sen toteuttamisen varmistava rahoitusvakuus (*financial security*)¹¹⁵.

Purkamisohjelman elementtejä ovat mallin perusteella:

- tekninen ja logistinen purkamissuunnitelma,
- yksityiskohtainen kustannusarvio ja sen mukainen rahoitusvakuus, sekä
- jälkiseuranta- ja vastuusäännökset.¹¹⁶

Iso-Britannian BEIS:n mallissa hallinnollinen menettely ja taloudellinen vastuu muodostavat kokonaisuuden: viranomaiset hyväksyvät ohjelman, valvovat sen toteutusta ja määrittävät purkuvakuuden määrän ja vapauttamisen ehdot. Näin järjestelmä varmistaa, että valtio on suojattu taloudellisilta riskeiltä ja että purkuvelvoite säilyy valvottuna koko hankkeen elinkaaren ajan.

Malliin sisältyy jäännösvastuu (*residual liability*) – toimijan velvollisuus huolehtia jätettyjen rakenteiden turvallisuudesta ja mahdollisista vahingoista, kunnes viranomainen vapauttaa vastuun. Jälkiseurantaohjelma (*post-decommissioning monitoring*) kestää noin 3–5 vuotta, ja se sisältää merenpohjan kartoituksia, tutkimuksia ja sedimenttiseurantaa.¹¹⁷

115 BEIS 2019; Topham et al. 2019.

116 BEIS 2019.

117 BEIS 2019.

Purkusuunnitelman sisältö

Hankekehittäjät suunnittelevat yleensä purkamisen ennen purkuehtojen hyväksyntää ja mahdollisen vakuuden asettamista. BEIS:n ohjeistuksen mukaan purkusuunnitelmassa tulisi esittää seuraavia elementtejä:

- Taustatiedot: purettavien rakenteiden sijainti, huomioon otettavat viereiset rakenteet, olosuhteet sekä kalastukseen, merenkulkuun, muuhun toimintaan ja suojelualueisiin liittyvät tiedot.
- Rakenteiden tekninen kuvaus: kaikki merelle asennetut rakenteet, perustustyyppit, kaapelit ja merenalaiset johdot yksilöityinä.
- Purkamisstrategia ja vaihtoehdot (täydellinen purku tai osittainen purku) ja valittujen menetelmien ympäristövaikutukset ja perustelut.
- Tekniset menetelmät ja logistiikka: käytettävä kalusto, nostomenetelmät, aikataulut, mahdollinen vaiheistus ja turvallisuusjärjestelyt.
- Jätteiden käsittely ja kierrätys: materiaalivirrat, kierrätysasteet, loppusijoitus ja niiden ympäristövaikutukset sekä alueen ennallistaminen.
- Turvallisuus ja merenkulku: navigointiturvallisuuden hallinta, merikarttojen päivitys ja jälkiseurantamenettelyt.
- Kustannusarvio ja vakuus: eritelty kustannusarvio, riskivaraukset, vakuuden määrä ja muoto sekä päivitysmenettely.
- Valvonta ja päivitys: määräaikainen ohjelman tarkistaminen, uusien teknologioiden huomiointi ja vastuunsiirron menettely.¹¹⁸

3.3.2 Meriliikenteen näkökulma

Suomen talousvyöhykkeen merituulivoimahankkeet sijoittuvat käytännössä Pohjanlahdelle, jossa meriliikenteen liikennemäärät ovat vähäisempiä verrattuna esimerkiksi Suomenlahteen. Lähtökohtaisesti on kuitenkin tärkeää vapauttaa merituulipuistoalue meriliikenteelle merituulivoimakäytön päätyttyä, sillä tuulipuistoalueet voivat olla laajoja ja niitä voi olla useita, jolloin merituulipuiston vaikutus merenkulun sujuvuuteen voi olla merkittävä.¹¹⁹

¹¹⁸ BEIS 2019, Liite C.

¹¹⁹ Traficom ja Väyläviraston haastattelu 15.12.2025.

Purkamatta jätettyjen pohjarakenteiden vaikutus ei ole välttämättä merenkulun turvallisuuteen ja sujuvuuteen merkittävä, jos hallintatoimet toteutetaan asianmukaisesti. Tällöin jätettävät pohjarakenteet eivät estä liikennöintiä alueella.

Meriliikenteen ja sen infrastruktuurin jatkuva kehittyminen 35 vuoden käyttö-oikeusjakson aikana edellyttää laajempaa tarkastelua siitä, miten purkupäätökset voivat vaikuttaa muuttuvaan meriliikennejärjestelmään. Samoin mahdollisten kompensatiotoimien, kuten tutkien ja merenkulun turvalaitteiden, purkamisen vaikutukset on hyvä arvioida.

Pinta- ja vedenalaisen liikenteen turvallisuus

IMO:n A.672(16) ohjeistus määrittelee, että meriliikenteen turvallisuutta arvioitaessa erityistä huomiota on kiinnitettävä sekä pintaliikenteeseen (kauppamerenkulku, kalastusluvat, matkustajaliikenne) että vedenalaiseen liikenteeseen (sukellusveneet, tutkimuslaitteet, pohjatruulukalastus).

Lähtökohtaisesti on tärkeää vapauttaa merituulipuistoalue meriliikenteelle käytön päätyttyä. Pintaliikenteen osalta tämä tarkoittaa, että rakenteet tulee poistaa luonnollisen merenpohjan tasolle tai niin että rakenteet ovat yli 20 metrin syvyydessä. Sitä korkeammalle ulottuvat rakenteet muodostavat lähtökohtaisesti huomattavamman törmäysriskin pintaliikenteelle.¹²⁰

Merenpohjaan tai pohjan pinnan tasolle jäävät rakenteet, kuten kaapelit ja perustusten alaosat, muodostavat Pohjanlahden talousvyöhykkeellä vain rajallisen riskin pintaliikenteelle. Lähinnä riskit koskevat ankkurointeja. Koska talousvyöhykkeellä ei ole juurikaan ankkurointialueita eikä käytännön tarvetta ankkuroinnille, eivät tällaiset pohjarakenteet käytännössä vaaranna liikennettä. Riskienhallinnassa keskeistä on kuitenkin tiedon saatavuus: jätettävät rakenteet on kartoitettava tarkasti ja niiden sijainti on sisällytettävä ajantasaisiin merikarttoihin. Lisäksi jos pohjarakenteita jätetään, yhtenä mahdollisena riskien hallintakeinona voidaan määritellä purkamatta jätettävien rakenteiden ympärille ankkurointikielto tai -varoitusta.

Vedenalaisen liikenteen osalta vaikutukset voivat olla suuremmat kuin pintaliikenteen osalta. Tällöinkin liikenteen turvallisuuden kannalta yleensä riittää, että rakenteet puretaan luonnollisen merenpohjan tasolle. Vedenalaisen liikenteen osalta merkittävä huoli liittyy siihen, että sukelluslaitteet, vedenalaiset

120 Traficom ja Väyläviraston haastattelu 15.12.2025.

tutkimuslaitteet ja pohjatrootit voivat tarttua jäännöksiin. Tämä voi aiheuttaa sekä taloudellisia vahinkoja että turvallisuusriskejä. Tästä syystä IMO A.672(16) edellyttää, että osittain jätettyjen rakenteiden syvyys ja muoto arvioidaan suhteessa mahdollisiin törmäyksiin tai takertumisiin¹²¹.

Jos kaapelit ovat hautautuneena/haudattu, ei niillä yleensä ole merkitystä merenkulun näkökulmasta. Väyläalueelta (kaapeleiden väylänylytykset) voidaan vaatia kaapeleiden poistamista. Esimerkiksi kaapelin poistaminen on tarpeen, jos väylää myöhemmin syvennetään. Kaapeleiden poistamista voidaan vaatia myös muilta ruopattavilta alueilta tai satamien laajentamisen yhteydessä. Putkien tai kaapeleiden mahdollisen nousemisen aiheuttamien turvallisuusriskien takia putken tai kaapelin jättäjällä tulisi säilyä vastuu sen seuraamisesta ja poistamisesta tai hautaamisesta uudestaan. Tärkeää on, että jätetty kaapeli sijainteineen ja yhteystietoineen jää rekistereihin, jolloin myöhempi selvittäminen on helpompaa.¹²²

UNCLOS 60(3) artikla edellyttää, että jos rakenteita ei poisteta kokonaan, niiden sijainti, syvyys ja mitat on julkistettava asianmukaisesti. IMO:n A.672(16) täsmentää, että tämä tarkoittaa virallista ilmoittamista ja merikarttamerkintöjä, jotta kaikki merenkulun ja muiden käyttäjien osapuolet voivat ennakoida riskit. Kansainväliset tapaukset osoittavat, että puutteellinen julkistaminen on johtanut kalastusalusten pyydysten vaurioitumiseen ja tutkimuslaitteiden menetyksiin.

Toimijan tulisi kartoittaa mahdolliset rakenteet ja pohja poistotoimenpiteiden jälkeen ja toimittaa mittaustulokset viranomaisille. Lisäksi toimijan tulee seurata jätettäviä rakenteita ja kaapeleita niin, etteivät ne aiheuta riskejä merenkululle.

Muuttuva meriliikennejärjestelmä

Merituulipuistojen elinkaaren pituus on pitkä: suunnittelun aloittamisesta purkamiseen voi kestää noin 50 vuotta. Pitkä elinkaari tarkoittaa, että tänä aikana meriliikenteessä ja sen infrastruktuurissa voi tapahtua merkittäviä muutoksia. Puiston läheisyyteen voidaan rakentaa uusia tuulipuistoja, jolloin koko liikennejärjestelmä muotoutuu uudelleen useiden alueiden yhteisvaikutuksesta. Alueelle voidaan kehittää liikenteenohjaus- ja valvontajärjestelmiä, jotka ohjaavat aluksia uudella tavalla. Alusten koko ja syvyys kasvavat, automaatio ja etäohjaus lisääntyvät, navigointijärjestelmät kehittyvät ja liikenteen valvonta

121 IMO 1989.

122 Traficom ja Väyläviraston haastattelu 15.12.2025.

siirtyä yhä enemmän satelliitti- ja tietoverkkopohjaisiin järjestelmiin. Näin ollen purkupäätöksessä ei voida rajoittaa tarkastelemaan vain lähtötilannetta, vaan on arvioitava vaikutukset muodostuneeseen uuteen meriliikennejärjestelmään.

On mahdollista, ettei liikennettä ole järkevää tai turvallista palauttaa puretulle alueelle. Tällaisessa tapauksessa myös liikenteen palauttamisesta tulisi tehdä merenkulun virallinen riskianalyysi (FSA), jotta varmistetaan, ettei liikenteen palautus vaaranna merenkulun turvallisuutta tai vaikuta muiden tuulipuistojen toimintaedellytyksiin. Yhden puiston purkaminen voi vaikuttaa muiden puistojen turvallisuuteen ja meriliikennejärjestelyihin, koska koko järjestelmä muodostaa toisiinsa kytkeytyvän kokonaisuuden¹²³. Erityistä huomiota tulee kiinnittää talvimerenkulkuun, jossa jäänmurtajien avustus ja liikenteen hallinta muodostavat oman riskikehikkonsa, ja jossa yksittäisten reittien muutokset voivat vaikuttaa koko järjestelmän toimivuuteen.

BEIS korostaa, että merenkulkujärjestelmä on dynaaminen, ja purkamisohjelmien on oltava mukautuvia teknologian, väyläsuunnittelun ja liikennevirtojen muuttuessa. BEIS:n ohjeen mukaan jos meriliikennejärjestelmät, liikenteenohjaus tai alusten teknologia muuttuvat, viranomaisilla on velvollisuus tarkistaa hyväksyttyä ohjelmaa ja tarvittaessa täydentää sitä. Tätä periaatetta BEIS kutsuu ”reviewable programme” -malliksi¹²⁴.

Rakentamisvaiheessa tehdyt yhteensovittamiset ja niiden merkitys purkamisessa

Merituulivoimapuistojen rakentamisen yhteydessä toteutetaan useita toimenpiteitä, joilla sovitetaan yhteen merenkulun turvallisuus, väyläjärjestelyt ja navigointijärjestelmien toimivuus merituulipuiston kanssa. Nämä yhteensovittamistoimet ovat keskeisiä myös purkuvaiheen suunnittelussa, sillä osa rakennusvaiheessa toteutetuista turvalaitteista, kompensatioista ja seurantajärjestelmistä on järkevää jättää pysyvään käyttöön.

Traficom ja Väylävirasto ovat antaneet vuonna 2023 yhteisen ohjeen ”Merituulivoimahankkeiden yhteensovittaminen merenkulun kanssa”. Ohjeessa korostetaan jatkuvuutta: merenkulun turvallisuuden hallinta alkaa jo suunnitteluvaiheessa ja jatkuu rakentamisen, toiminnan ja purkamisen ajan. Yhteensovittaminen tarkoittaa käytännössä sitä, että tuulivoimahankkeet on sovitettava olemassa olevaan

123 Pakenham et al. 2021.

124 BEIS 2019.

meriliikennejärjestelmään ja merenkulun infrastruktuuriin, ja että hanketoimijan on toteutettava tarvittavat turvallisuus- ja kompensatiotoimet viranomaisten hyväksymällä tavalla.¹²⁵

Rakentamisen aikana toteutettavat toimet voivat sisältää esimerkiksi turvalaitteiden asettamista, siirtoa ja poistamista, majakoiden ja poijujen uudelleenjärjestelyjä, väylien linjausten tarkistamista sekä tutka- ja viestintäjärjestelmien kompensatioita. Lisäksi hanketoimijalla on velvollisuus toteuttaa väylä- ja liikenneturvallisuusvaikutusten arviointi, joka kattaa myös purkuvaiheen vaikutukset.¹²⁶

Tutka- ja viestintäjärjestelmien kompensointi on erityisen merkittävä osa yhteensovittamista. Tuulivoimalat voivat aiheuttaa tutkasignaaleihin varjostuksia ja monitieheijastuksia, jotka heikentävät merenkulun valvontaa ja alusliikenteen seurantaa. Traficom ja Väyläviraston ohjeen mukaan hanketoimijan on kompensoitava nämä vaikutukset esimerkiksi asentamalla uusia tutkamajakoita (RACON), AIS-lähettimeä¹²⁷ tai muita valvontalaitteita tuulipuistoalueen reunoille¹²⁸.

Rakentamisen yhteydessä voidaan lisäksi perustaa merenkulun valvonta- ja seurantajärjestelmiä, jotka liitetään osaksi meriliikenteenohjaus (Vessel Traffic Service, VTS) -verkkoa. Tällaiset järjestelmät parantavat alueellista liikenteenhallintaa ja tukevat meripelastustoimintaa¹²⁹.

Lisäksi esimerkiksi tutkamajakon tai AIS-lähettimeen poistaminen voi heikentää alueellista liikenneturvallisuutta, ja meripelastuksen tukirakenteiden¹³⁰ purkamisen voi vaikuttaa pelastustoiminnan tehokkuuteen.

125 Traficom & Väylävirasto 2023 s.26, s. 31–32.

126 Traficom & Väylävirasto 2023.

127 AIS (Automatic Identification System) on laite, joka on suunniteltu parantamaan merenkulun turvallisuutta lähettämällä automaattisesti aluksen alus-, sijainti-, nopeus- ja kulkusuuntatietoja.

128 Traficom & Väylävirasto 2023 s.26, s. 31–32.

129 Traficom & Väylävirasto 2023.

130 Laitteita, järjestelmiä tai alustoja, jotka mahdollistavat tehokkaan pelastustoiminnan. Tällainen voi olla esimerkiksi kamerajärjestelmä, viestintäjärjestelmä tai helikopterin laskeutumisalusta.

Viranomaisen vaatimia kompensatioita voi olla esimerkiksi rakennettu tutka, viestintälähetin tai merenkulun turvalaite. Niiden purkamisen osalta olisi tärkeää arvioida vaikutukset merenkulun turvallisuuteen ja sujuvuuteen virallisella merenkulun riskienarvioinnilla (Formal Safety Assessment, FSA) ja tehdä päätökset mahdollisesta kompensatioiden purkamisesta sen tulosten pohjalta¹³¹.

Iso-Britannian BEIS:n ohjeistus¹³² laajentaa rakentamisvaiheen yhteensovittamistoimien tarkastelua erityisesti purkuvaiheen näkökulmasta. Tämä tarkoittaa, että kaikki rakennusvaiheessa toteutetut turvalaitteet, kompensatiojärjestelmät ja navigointijärjestelmät on arvioitava uudelleen purkuohjelmassa, jotta voidaan päättää, mitkä niistä poistetaan ja mitkä säilytetään pysyvästi osana merenkulun infrastruktuuria¹³³.

3.3.3 Kalastuksen ja muiden elinkeinojen näkökulma

Kalastuksen ja muiden merellisten elinkeinojen yhteensovittaminen on yksi keskeisimmistä osa-alueista merituulivoimaloiden purkamisvaiheessa. Purkaminen muuttaa merialueen fyysistä, taloudellista ja ekologista rakennetta, ja sen vaikutukset ulottuvat usein laajemmalle kuin itse tuulipuistoalueelle. Näiden vaikutusten arviointi on olennainen osa purkusuunnitelmaa, erityisesti tilanteissa, joissa purkamisella voi olla suoria tai välillisiä vaikutuksia kalastuksen harjoittamiseen, kaapelointiin, tutkimustoimintaan ja muihin merellisiin elinkeinoihin.¹³⁴

Täydellisen purkamisen vaikutukset

Täydellinen purkaminen on kansainvälisen merenkulkuoikeuden lähtökohta¹³⁵. Sen toteuttaminen palauttaa alueen lähtökohtaisesti ennalleen, mikä mahdollistaa kaikkien merellisten käyttömuotojen – myös kalastuksen – jatkumisen ilman rakenteellisia esteitä.

131 Traficom ja Väyläviraston haastattelu 15.12.2025

132 BEIS 2019.

133 BEIS 2019.

134 UNCLOS 1982, art. 60(3); IMO 1989.

135 UNCLOS 1982, art. 60(3); IMO 1989.

Rakentamisen ja toiminnan aikana osa eurooppalaisista hankkeista on sovittanut toimintaansa kalastuksen kompensatiojärjestelyin, kuten vapaaehtoisin kalastusrajoitusaluein, korvausmaksuin tai yhteistyöohjelmin kalastajayhteisöjen kanssa. Näillä toimilla on pyritty lieventämään rakenteiden vaikutuksia kalastuksen kannattavuuteen ja alueellisiin kalastusmahdollisuuksiin. Kun purkamisessa kaikki rakenteet poistetaan, nämä kompensatiojärjestelyt menettävät alkuperäisen perustansa. Kalastukselle menetetyt alueet palautuvat, mutta samalla myös tuulivoimalarakenteiden luomat keinotekoiset elinympäristöt ja kalojen lisääntymisalueet häviävät.¹³⁶

Täydellinen purku voi siis lyhyellä aikavälillä hyödyttää kalastusta tilankäytön näkökulmasta, mutta samalla poistaa ekologisia ja muita hyötyjä, jotka ovat muodostuneet toiminnan aikana. Purkamisen yhteydessä sedimentin samentuminen, melu ja haitta-aineiden vapautuminen voivat lisäksi heikentää paikallisten kalakantojen tilaa väliaikaisesti.¹³⁷

Osittaisen purkamisen vaikutukset

Osittainen purkaminen voi olla ekologisesti ja taloudellisesti perusteltu ratkaisu, mutta sen yhteensovittaminen kalastuksen ja muiden elinkeinojen kanssa edellyttää tarkkaa riskienhallintaa. IMO:n A.672(16)¹³⁸ mukaisesti osittain jätettävät rakenteet on arvioitava suhteessa muihin merellisiin käyttöihin, erityisesti kalastukseen ja pohjatoimintoihin, kuten kaivannaistoimintoihin.

Rakenteiden säilyttäminen voi tietyissä tapauksissa tukea kalakantoja tarjoamalla keinotekoisia elinympäristöjä ja suojapaikkoja, mikä pitkällä aikavälillä voi parantaa kalastuksen tuottavuutta¹³⁹.

Käytännön riskit liittyvät pyydysten takertumiseen ja pohjatoimintojen rajoituksiin. Jos osittain jätettyjä perustuksia, kaapeleita tai putkia ei dokumentoida ja merkitä riittävästi, kalastusvälineet voivat tarttua niihin ja aiheuttaa vahinkoja aluksille ja kalastusvälineille. Siksi UNCLOS (1982, art. 60(3)) ja IMO (1989) edellyttävät, että kaikkien säilytettävien rakenteiden sijainti, syvyys ja mitat on julkistettava virallisesti, ja nämä tiedot sisällytetään merikarttoihin.

136 Coolen et al. 2023.

137 Pakenham et al. 2021.

138 IMO 1989.

139 Coolen et al. 2023.

Osittainen purkaminen voi myös vaikuttaa kaapelointi- ja energiainfrastruktuureihin, kuten sähkö- ja vetyputkistoihin, jotka voivat jäädä käyttöön verkkooperaattorin hallintaan. Samalla kaapeleiden säilyttäminen voi rajoittaa uusien kalastusalueiden tai merenpohjan käyttöä muun muassa kaivannaistoiminnoissa, mikä olisi huomioitava purkusuunnitelman vaikutusarvioissa.¹⁴⁰

Muiden elinkeinojen osalta osittainen purkaminen voi tukea monikäyttöratkaisuja, kuten merentutkimusta, vesiviljelyä ja merimatkailua. Jäänösrakenteita voidaan hyödyntää esimerkiksi havaintolaitteiden sijoituspaikkoina.¹⁴¹ Sotilaallisen toiminnan näkökulmasta osittain jätetyt rakenteet voivat rajoittaa sukellus- ja miinantorjuntatoimintaa, mutta ne voivat myös toimia havaintolaitteiden sijoituspaikkoina tai puolustusteknisenä infrastruktuurina.

Purkamisen tarve Suomen talousvyöhykkeellä¹⁴²

Kalastuksen näkökulmasta purkamisen tarve määräytyy jo hankevaiheessa hankealueen sijaintia määritettäessä. Jos merituulivoimapuisto sijoittuu alueelle, jolla kalastetaan, kalastuksen näkökulmasta kaikki rakenteet pitäisi myös poistaa toiminnan loppuessa. Erityisesti alueilla, joilla troolataan pohjaa pitkin (pohjatrooti tai pelaginen trooli), merenpohjan palauttaminen merituulivoimakäyttöä edeltäneeseen tilaan on tärkeää, jotta kalastusta voidaan jatkaa. Talousvyöhykkeen syvillä vesialueilla kalastuksen kannalta merkittävien ekologisten hyötyjen syntyminen voimaloiden perustusten yhteyteen on myös epätodennäköistä, jolloin tilankäyttöoikeuden palautuminen on kalastukselle merkittävämpi näkökulma.

Vastaavasti jos merelliset toiminnot on yhteensovitettu jo hankevaiheessa, ja merituulivoimaa on rakennettu kalastukselle tärkeiden alueiden ulkopuolelle, kalastuksen näkökulmasta ei ole erityistä tarvetta täydelliselle purkamiselle. Tässäkin tapauksessa on toki turvallisuuden kannalta tärkeää, että mahdolliset jätettävät rakenteet merkitään merikartoille. Jos vedenalaisia rakenteita poistetaan osittain, ne pitää purkaa alusturvallisuuden kannalta riittävän syvältä.

Merituulivoimapuistojen lisäksi niiden kaapeliyhteyden rantaan ovat kalastuksen kannalta ongelmallisia siellä, missä ne estävät elinkeinon harjoittamisen. Kaapeleiden osalta poistamisen tarve määräytyy samoin periaattein kuin itse voimaloiden kohdalla. Hautaamalla kaapelit rakentamisvaiheessa riittävän syväälle

140 Traficom & Väylävirasto 2023 s. 36; Traficom ja Väyläviraston haastattelu 15.12.2025.

141 European Commission 2021.

142 Toimialan haastattelut, joulukuussa 2025.

(pohjaa pitkin troolauksen kannalta vähintään 2 metrin syvyyteen) tuotanto-aikaiset haitat voidaan kuitenkin minimoida. Tässä tapauksessa haudattuja kaapeleita ei olisi myöskään tarve poistaa toiminnan päättyessä. Jos kaapeleiden poistamisen tarve nousee muualta kuten niiden raaka-aineiden hinnan kautta, haudattujen kaapeleiden poistamisen ympäristövaikutukset haitannevat kalastusta rakennusaikaa vastaavasti.

Kalastuksen näkökulmasta suurimmat huolenaiheet liittyvätkin rakentamista edeltävään toimintojen yhteensovittamiseen sekä tuotantoaikaisten laajempien vaikutusten tietopohjan puutteellisuuteen. Toimiala kaipaa lisätietoa esimerkiksi siitä, miten kaapeleiden aiheuttamat magneettikentät mahdollisesti vaikuttavat kalaparvien liikkeisiin, voimaloiden vaikutuksista veden kerrostuneisuuteen ja lämpötilamuutoksiin alavirrassa sekä jääpeitteisiin ja jääolosuhteisiin. Kun tieto näistä vaikutuksista täsmentyy, alan näkemykset purkamisen laajuuden tarpeestakin voivat vielä muuttua.

3.3.4 Joustoelementit ja vastuiden siirto

Tuulivoima-alueiden hyödyntämisoikeus myönnetään usein määräajaksi. Jos alueelle suunnitellaan uutta hyödyntämisoikeuskilpailutusta, voidaan käyttö-oikeuden päättyminen, uusi kilpailutus ja purkusunnitelma integroida toisiinsa siten, että esimerkiksi repowering tai osittainen vanhojen rakenteiden hyödyntäminen olisi mahdollista. Tällöin on keskeistä, että uusi kilpailutus käynnistetään hyvissä ajoin ennen käyttöoikeuden päättymistä, jotta uusi toimija voi tarvittaessa neuvotella edellisen toimijan kanssa purkamisen laajuudesta ja mahdollisesta vastuiden siirrosta.

Tällaisissa tapauksissa, jos uusi toimija hyväksyy vastuiden siirron, osa rakenteista voitaisiin jättää paikalleen uuden hankkeen hyödyksi. Tällöin uusi toimija ottaisi rakenteet vastuulleen ja asettaisi niille esimerkiksi uuden vakuuden, joka kattaa jätettävien rakenteiden myöhemmän purkamisen. Näin jätettäville rakenteille ei syntyisi purkuvelvoitetta vastuunsiirron yhteydessä.

Menettelyn etuna olisi se, että hankekehittäjille syntyy insentiivi suunnitella rakenteet pitkäikäisiksi ja modulaarisiksi, jolloin niitä voidaan teknisesti päivittää ja hyödyntää seuraavien käyttöoikeuskausien aikana.¹⁴³

143 Pakenham et al. 2021

Kansainvälisessä vertailussa samansuuntaisia ajatuksia on esitetty esimerkiksi Iso-Britannian offshore-tuulivoimahankkeiden "end-of-life"-politiikoissa, joissa on pohdittu, kuinka repowering voidaan integroida lupajärjestelmään ilman, että purkuvelvoitteesta kokonaan luovutaan¹⁴⁴. Tutkimukset osoittavat, että rakenteiden osittainen säilyttäminen voi vähentää ympäristövaikutuksia ja kustannuksia¹⁴⁵. Samalla korostuu tarve selkeille vastuunsiirron mekanismeille ja vakuusjärjestelyille, jotka takaavat, että myös pitkällä aikavälillä rakenteiden purkaminen voidaan toteuttaa, mikäli se myöhemmin osoittautuu välttämättömäksi¹⁴⁶.

Purkamisjärjestelmän joustavuus on keskeinen osa sen toimivuutta. Tunnistettuja vastuunsiirron rakenteita ja tahoja, voisivat olla esimerkiksi seuraavat:

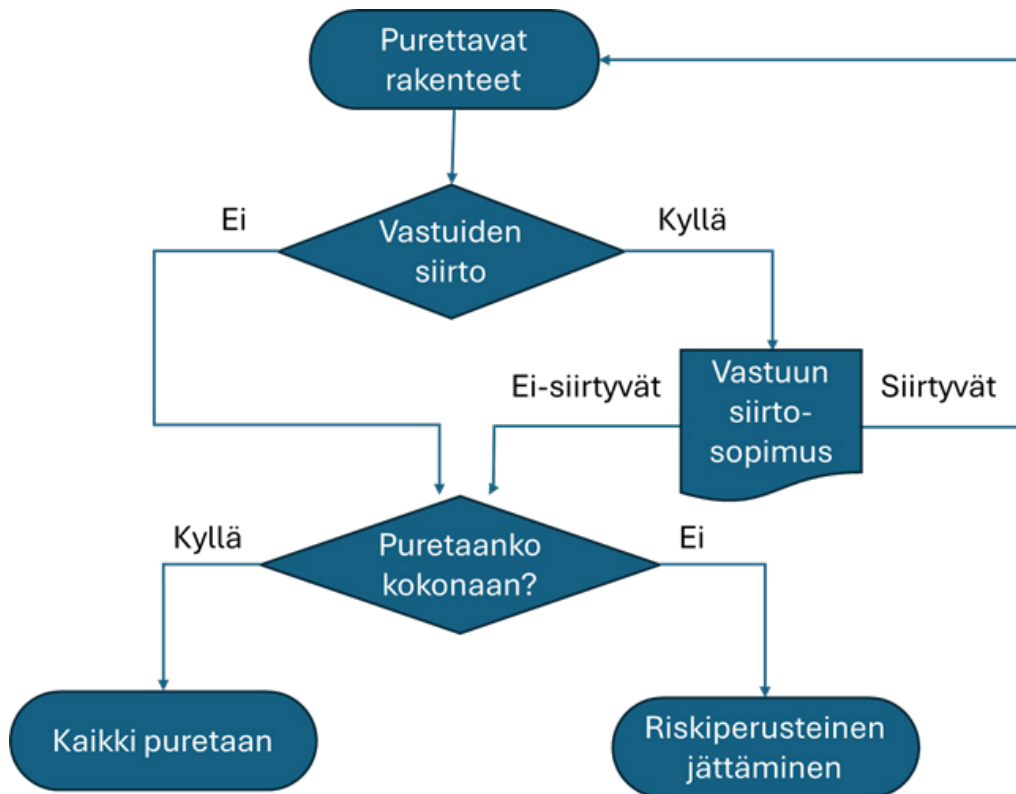
- a. Tuulivoimarakenteiden siirto uudelle tuulivoimatoimijalle.
- b. Sähkö- ja vetyverkkojen rakenteiden siirtäminen toisille toimijoille.
- c. Muiden käyttötarkoitusten rakenteiden siirtäminen toisille toimijoille.
- d. Viranomaiskäyttöön liittyvien rakenteiden säilyttäminen ja siirtäminen.

Alla oleva kaavio havainnollistaa purkuprosessin päättelyketjun päätöspuuna. Lopputuloksena on aina joko täysi purku tai riskiperusteinen jättäminen. Mahdollinen vastuunsiirto ainoastaan lykkää purkamista.

144 RenewableUK 2023.

145 Pakenham et al. 2021; Jadali et al. 2021

146 Adedipe & Shafiee 2020.

Kuvio 8. Purkuprosessin päättelyketju ottaen huomioon vastuiden siirtomahdollisuus

3.4 Purkamisen ympäristövaikutukset ja niiden lieventäminen

3.4.1 Ympäristöhaittavaikutukset

Merituulivoimaloiden purkamisvaiheeseen liittyy useita ympäristövaikutuksia, jotka kohdistuvat sekä merenpohjaan että meriekosysteemeihin laajemmin. Vaikutukset ovat pitkälti samoja kuin voimaloiden rakentamisvaiheessa. Yksittäisten voimaloiden purkamisen lisäksi kokonaisten tuulivoimala-alueiden purkamiseen liittyy kumulatiivisia vaikutuksia, jotka kokonaisuutta tarkastellen voimistavat yksittäisten voimaloiden purun vaikutuksia. Kumulatiiviset vaikutukset ovat toistuvien ihmistoimintojen ajan ja tilan kuluessa aiheuttamia asteittain lisääntyviä,

yhdistettyjä ja yhteisvaikutteisia vaikutuksia. Tyypillinen esimerkki on kalojen elinympäristöjen ja kutualueiden heikkeneminen vähitellen vesirakentamisen seurauksena.¹⁴⁷

Öljy- ja kaasuteollisuuden rakenteiden purkamisen kymmeneksi tärkeimmiksi ympäristövaikutusten arviointiteemaksi on esitetty seuraavia kokonaisuuksia¹⁴⁸

- haitta-aineiden vaikutusten arviointi ja niiden ympäristölle turvallisten raja-arvojen määrittely
- riskin ja hyväksyttävyyden määrittely viranomaistasolla ja hallinnossa
- vastuiden määrittely
- ekosysteemipalveluiden vaikutusten ja hyötyjen kvantifiointi
- ekologisten yhteyksien kvantifiointi
- rakenteiden poiston alueellinen vaikutus selkärangattomien, kalojen ja suurten merieläinten lisääntymiseen ja kantoihin ,
- infrastruktuurin uudelleenkäytön kannatettavuustarkastelu,
- asianosaisten mielipiteiden ja arvojen kartoitus,
- purkamisen kasvihuonepäästöjen laskenta
- laaja-alaisen purkukriteeristön kehittäminen.

Merituulivoiman osalta keskeisten teemojen voidaan arvioida olevan samoja.

Merituulivoimarakenteiden, kuten perustusten ja eroosiosuojien, poistaminen sekä mahdollinen ruoppaus ja meriläjitys aiheuttavat samentuman leviämistä ja merenpohjan merkittävää häiriintymistä, mikä voi tuhota pohjaeliöstöä¹⁴⁹ ja muuttaa alueen pohjadynamiikkaa pysyvästi¹⁵⁰. Esimerkiksi Euroopassa Pohjanmeren merituulivoimahankkeissa on keskusteltu paljon hiekkaisten pohjatyypin pohjadynamiikan muuttumisesta rakentamisen yhteydessä.

Suomessa tyypilliset orgaanispitoiset hienorakeiset sedimenttipohjat käyttäytyvät eri tavoin kuin hiekkapohjat. Laaja-alainen aiemmasta poikkeava eroosio tai sedimentin kertyminen on niilläkin mahdollista.¹⁵¹ Suomessa sedimentti

147 Hall et al. 2022; Rezaei et al., 2023, s. 12.

148 Watson et al. 2023, s. 2.

149 Muun muassa Fowler et al 2018, s.2–3, *Natuur & Milieu* 2024, s. 6.

150 Muun muassa Hall et al. 2022

151 Häkkinen et al. 2024, s. 40.

habitaattina huomioidaan yleensä vesirakennushankkeiden riskinarvioissa pohjien peittymisenä veteen liettyneen tai läjitetyn materiaalin alle sekä habitaattien menetyksenä ruoppausten ja rakentamisen vuoksi.

Merituulivoimaloiden perustusten vaikutuksista pohjaeliöstöön pehmeiden pohjien alueella tai Itämeren olosuhteissa on saatavilla niukasti tietoa¹⁵². Todetut pohjan biodiversiteettiä lisäävät vaikutukset ovat valtaosin peräisin Pohjanmereltä, jossa mm. lajisto, veden suolaisuus, aaltojen vaikutus pohjadynamiikkaan, vuoroveden vaikutus sekä pohjan laatu poikkeavat Suomen merialueille tyypillisistä olosuhteista. Yleisesti ottaen merituulivoimaloilla (ja niiden purkamisella) voi olla paikallista vaikutusta mm. orgaanisen hiilen sitoutumiseen sedimenttiin, veden kerrostuneisuuteen ja ravinnekiertoon.¹⁵³

Perustusten ja eroosiosuojien poistamisen yhteydessä häviää myös vuosikymmenten aikana muodostunut keinotekoinen elinympäristö. Tuulivoimaloiden rakenteiden on väitetty lisäävän paikallista biodiversiteettiä¹⁵⁴. Asia on kiistanalainen: merenpohjaan jätettyjen rakenteiden toimimisesta hyödyllisinä riuttoina Pohjanmerellä on kiistelty jo vuosikymmeniä¹⁵⁵. Esimerkiksi Lemansson et al. (2024) tulosten mukaan käytöstä poistettujen tuulivoimaloiden muuntamisesta keinotekoisiksi riutoiksi saavutetaan vain vähän ekologista hyötyä. Pohjatyyppin muuttuminen luonnollisesta ympäristöstään poikkeavaksi voi aiheuttaa myös vieraslajien leviämistä¹⁵⁶.

Suomen merialueella riutat ovat vedenalaisia merenpohjasta kohoavia kallioita tai eloperäisiä kiviesiintymiä. Suomessa ei ole eloperäisiä riuttoja, mutta levävyöhykkeiset kalliorannat ja kallioiset karit luetaan tähän luontotyyppiin, joka on yleinen ulkosaaristossa. Myös vedenalaiset lohkarreit luetaan riuttoihin. Riuttoja luonnehtii levien ja pohjaeläinten vyöhykkeisyys. Riuttoja esiintyy Suomen koko rannikkoalueella, mutta Merenkurkun pohjoispuolella ne ovat vähälukuisempia kuin etelämpänä¹⁵⁷.

152 Muun muassa Spielmann et al. 2023.

153 Muun muassa Twelves et al.; Renner 2025 s. 4–8; Maar et al. 2025; Heinatz ja Scheffold 2023: s. 2 ja 4–6.

154 Muun muassa Birchenough ja Degraer 2020, s.2.; Fowler et al. 2018 s. 2, Werner et al. 2024 s. 1.

155 Ounanian et al. 2020

156 Spielmann et al. 2023, s. 10

157 Riutat, luontotyyppiesite 2025.

Riuttojen tila ja kehityssuunta on Suomessa arvioitu huonoiksi. Niitä uhkaavat erityisesti rehevöityminen, mutta myös ilmastonmuutos ja alusliikenne¹⁵⁸. Näin ollen myös merituulivoimaloiden rakentamisen yhteydessä syntyneillä keinotekoisilla riutoilla on merkitystä bio- ja geodiversiteetille. Vaikutuksen määrä ja laatu riippuu mm. alueen syvyydestä ja alkuperäisestä pohjatyypistä. Vihavainen et al. (2024) haastattelemien meriluonnon asiantuntijoiden mukaan tämän ns. riuttaefektin vaikutus pohjoisella Itämerellä on todennäköisesti pieni, sillä alueella ei nähdä olevan merkittävässä määrin lajeja, jotka tästä hyötyisivät.¹⁵⁹

Suurimmat meluvaikutukset voimaloiden elinkaaren aikana liittyvät rakennusvaiheeseen¹⁶⁰, mutta myös purkutyöt tuottavat vedenalaista melua ja veden samentumista, mikä voi häiritä kaloja ja merinisäkkäitä. Perustamistapa vaikuttaa purkutöissä syntyvän melun määrään¹⁶¹. Melu aiheuttaa mm. kalaston, merinisäkkäiden ja lintujen karkottumista sekä voi häiritä viestintää ja aiheuttaa fyysisiä vammoja. Impulsiivisen paalutusmelun on todettu aiheuttavan hylkeillä karkottumista/poikkeuksellista käyttäytymistä 25–40 km etäisyydellä paalutuspaikasta. Kalastolla paalutusmelun suorien haitallisten vaikutusten on arvioitu vaikuttavan kilometrin (turska) – usean kilometrin (kilohaili ja makrilli) päähän, ja karkottumista on arvioitu tapahtuvan jopa 50 km (turska) etäisyydelle paalutuspaikasta¹⁶².

Purkamisvaiheen aikana pohjalle kohdistuvista toimenpiteistä kuten ruoppauksesta ja louhinnasta syntyvä melu arvioidaan voimakkaammaksi ja lyhytaikaisemmaksi kuin purkamiseen liittyvästä alusliikenteestä syntyvä jatkuvampi melu, mutta vähemmän haitalliseksi kuin rakentamisen aikainen impulsiivinen paalutusmelu¹⁶³. Matkanopeudella kulkevien tankkereiden ja rahtialusten yksittäisen laivan aiheuttaman melun on arvioitu ylittävän taustamelun matalilla taajuuksilla ainakin 5–10 kilometrin päässä, tuulivoima-alueiden purkutöissä käytettyjen alusten meluvaikutusalue arvioidaan vähäisemmäksi¹⁶⁴. Melun etäisyysvaimenemiseen veden alla vaikuttavat mm. merenpohjan fysikaaliset ominaisuudet ja materiaalin

158 Riutat, luontotyyppiesite 2025.

159 Vihavainen et al. 2024, s. 166.

160 Lappalainen et al. 2025, s. 14–19.

161 Vihavainen et al. 2024, s. 163.

162 Lappalainen et al. 2025, s. 16.

163 Lappalainen et al. 2025, s.18.

164 Lappalainen et al. 2025, s.1.8

laatu, veden äänennopeusprofiili sekä syvyysolosuhteet. Pehmeä pohja vaimentaa äänen heijastumista, mutta kova kivinen pohja heijastaa ääntä vaimentaen sitä vain vähän¹⁶⁵.

Linnustolle voi aiheutua häiriötä vesirakennustoista erityisesti äkillistä voimakasta impulsiivista melua tuottavista töistä, erityisesti purettavien rakenteiden leikkauksesta ja poistosta. Lintujen voidaan arvioida välttelevän purkutyömaa- aluetta useiden satojen metrien etäisyydellä. Meluvaikutukset voivat muodostua lintujen kannalta merkittäviksi, mikäli ne ajoittuvat linnuston pesimäkaudelle ja kohdistuvat pesimä- tai levähdysalueille¹⁶⁶. Merituulipuistot sijaitsevat usein kauempana rannikosta ja lintujen pesimäalueista mikä korostaa muuttoajankohtien merkitystä vaikutusten aiheutumisessa.

Tuulivoimaloiden rakenteiden poisto aiheuttaa sedimentin resuspendoitumista eli kiintoaineen uudelleensekoittumista vesimassaan. Lisäksi purku voi aiheuttaa tarvetta ruoppauksille, ruoppausmassojen merikuljetuksille ja meriläjityksille, joissa resuspensio on erityisen suuri. Resuspendoitumisella ja vesien samentumisella sekä ravinteiden ja mahdollisten haitta-aineiden vapautumisella on vaikutuksia fyysiseen meriympäristöön (veden laatu ja virtaukset, merenpohja ja melu), elolliseen meriympäristöön (pohjaeliöstö, vesikasvillisuus, kalasto ja muu eläimistö), suojelualueisiin sekä ihmisen ympäristöön (maankäyttö, liikenne, maisema, kalastus ja hyvinvointi)¹⁶⁷.

Pahimmillaan suspendoitunut aines peittää elinympäristöjä ja tuhoaa pohjaeliöstöä, aiheuttaen esimerkiksi kalojen kutu- tai ruokailualueiden hylkäämisen, tai tuhoten mädin¹⁶⁸. Pohjaeläimistön arvioidaan kuitenkin palautuvan alueille verrattain nopeasti, joten ravintoverkkoon kohdistuva vaikutus on tältä osin arvioitu tilapäiseksi. Myös kalojen karkottuminen veden samentumisen seurauksena on kuitenkin nykytiedon valossa yleensä vain väliaikaista¹⁶⁹.

Veden paikallisen samentumisen lisäksi meriläjitys voi kohottaa veden ravinne- ja haitta-ainetasoja, kun kiintoainekseen sitoutuneet aineet liukenevat veteen. Meriläjitys voikin olla paikallisesti merkittävä tekijä merialueen tilan

165 Meriläinen et al. 2018.

166 e.g. Itkonen et al. 2024, s. 50.

167 Itkonen et al. 2024, s. 48-.

168 e.g. Itkonen et al. 2024, s. 51.

169 Vihavainen et al. 2024, s. 162.

yleisessä heikentymisessä¹⁷⁰. Mahdollinen purkamisen yhteydessä tapahtuva ruoppausmassojen maalleläjäytys voisi taas pitkien kuljetusmatkojen sekä orgaanisen aineksen voimistuneen hapellisen hajoamisen takia lisätä kasvihuonekaasupäästöjä¹⁷¹, tuottaa ongelmallisia suotovesiä ja aiheuttaa maa-alueiden tilankäyttöön liittyviä ongelmia¹⁷².

Jalili et al. (2024) tekivät taloudellista ja ympäristöarviointia tukemaan merituulivoimala-alueiden käytöstä poiston päätöksentekoa. He päätyivät johtopäätökseen, jonka mukaan purkuprojektien sosiaaliset vaikutukset purkamisen arvioiduille NO_x-, SO_x-, partikkeli- sekä CO₂-päästöille laskettujen kustannusten perusteella eivät ole mitättömiä, vaan vaihtelivat mallinuksissa 5–11 %:n välillä kokonaiskustannuksista. Tutkimuksen tulokset korostivat erityisesti kuljetuksen merkitystä päästöjen aiheuttajana. Ne aiheuttivat kokonaispäästöistä purkuprojekteissa noin 46 %. Lisäksi tulosten mukaan kaapeleiden ja eroosiosuojauksen poisto on suhteellisen kallista ja aiheuttaa suuret kasvihuonekaasupäästöt, vastaten mallinuksessa 33 %:sta kokonaiskustannuksista ja 31 %:sta hiilidioksidin kokonaispäästöistä.

Itämerelle spesifinen ongelma ovat erityisesti Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevat kohonneet radioaktiivisten aineiden pitoisuudet sedimentissä. Tilanne on kuitenkin paranemassa cesium-isotooppi 137:n kohtuullisen lyhyen puoliintumisajan johdosta. Suurimmat pitoisuudet sedimentissä on todettu lähellä rantaa jokisuistojen vaikutuspiirissä¹⁷³, joten suurin riski liittyyneen kaapeleiden asentamiseen ja poistoon. Kaiken kaikkiaan keinotekoisien radioaktiivisuuden, joka on peräisin ihmisen toiminnasta, ei arvioida aiheuttavan vaaraa Itämeren ekosysteemille tällä hetkellä¹⁷⁴.

Merituulivoimaloista on tunnistettu jopa yli 200 erilaista kemikaalia, jotka voivat vapautua mereen. Merkitykseltään todennäköisesti tärkeimpiä ovat erilaiset, tyypillisesti alumiinin, sinkin ja indiumin seoksista valmistetut anodimateriaalit, joita käytetään korroosiosuojauksessa¹⁷⁵.

170 e.g. Itkonen et al. 2024, s. 51.

171 e.g. Itkonen et al. 2023.

172 Itkonen et al. 2024, s. 55.

173 e.g. Kotilainen et al. 2024, s. 9.

174 <https://www.ymparisto.fi> 2025.

175 Hengstman et al. 2025, s. 5.

Vahinkojen ja periaatteessa myös purkamisen yhteydessä luontoon voi päästä lisäksi erilaisia hiilivetyjä, mm. öljyjä ja voiteluaineita, sekä fenoleja. Samoin voi vapautua erilaisia jäähdytysaineita ja palonsammutusvaahtoja, joissa voi olla mm. PFAS-aineita. Maalit ja pinnoitteet vapauttavat rapautuessaan kuparipohjaisia biosideja, ja yleiset suojapinnoitteet voivat vapauttaa orgaanisia yhdisteitä, kuten bisfenoli A:ta (BPA)¹⁷⁶. Merituulivoimaloissa käytetyistä maaleista sekä roottoreiden lavoista voi syntyä toiminnan aikana myös mikromuovipäästöjä¹⁷⁷.

Svensk vindenergi:n (2025) mukaan tuulivoimaloista syntyvät mikromuovi, PFAS ja bisphenol A-päästöt ovat vähäisiä¹⁷⁸. Vaikka kuormituksen määrä on todennäköisesti varsin pieni moniin muihin lähteisiin verrattuna, aineiden kirjo on laaja, ja vaikutukset ovat huonosti tunnettuja¹⁷⁹. Purkamisvaiheessa haitallisista aineista aiheutuva ympäristökuormitus voi lyhtyaikaisesti lisääntyä, erityisesti mitä enemmän purkamisessa pilkotaan tai katkaistaan rakenteita.

Tutkimusten perusteella sedimentin pitoisuudet voivat haitallisten aineiden vuoksi kohota sedimentissä voimaloiden lähialueilla. Osa haitta-aineista on lisäksi bioakkumuloituvia, joten niitä voi kertyä myös ihmisiin johtavissa altistumisketjuissa¹⁸⁰. Sedimentin kohonneista haitta-ainepitoisuuksista aiheutuvat riskit voivat kohota, jos sedimenttiä häiritään, ruopataan ja läjitetään purkuhankkeiden yhteydessä.

Purkuvaiheessa vedestä poistetaan suuri määrä materiaaleja, joista vain osa voidaan kierrättää. Materiaalien kierrätystä on käsitelty enemmän luvussa 3.1.3 ja 3.1.4. Suurimmat kierrätyksen haasteet liittyvät kestopagneettien harvinaisiin maametalleihin, sekä komposiittimateriaaleihin, erityisesti turbiinien lapoihin. Suomessa ja monessa muussa EU-maassa lapojen sijoitus kaatopaikalle on kielletty ja kieltoa ajetaan laajemminkin EU:n tasolla¹⁸¹. Lisäksi perustusrakenteiden kierrättämisessä ja hyötykäytössä ongelmaksi voi muodostua materiaalien puhtaus. Ne sekoittuvat helposti nostovaiheessa ympäröiviin luontaisiin sedimentteihin.

176 Hengstman et al. 2025, s. 6.

177 e.g. Czerner et al., 2025, s. 2.

178 Svensk Vindenergi 2025

179 Hengstmann ym. 2025, s. 7-.

180 e.g. Hengstmann ym. 2025.

181 Tyurkay ym. 2024, s. 32, Suomen tuulivoimayhdistys ry 2023, s. 12.

Taulukko 12. Purkamisen negatiiviset ympäristövaikutukset ja kirjoittajien asiantuntija-arvio eri vaikutusten merkittävyydestä niiden toteutuessa Pohjanlahden olosuhteissa. Taulukko ei huomioi kumulatiivisia vaikutuksia, jotka ovat myös merkittäviä.

Vaikutus / Näkökohta	Vaikutuksen kesto	Kuvaus	Arvio vaikutuksen merkittävyydestä
Biodiversiteetin menetykset	Pitkäaikainen	Rakenteet toimivat keinotekoisina riuttoina, joiden häviäminen vähentää paikallista monimuotoisuutta. Suora vaikutusalue pistemäinen, mutta laajemmat vaikutukset esimerkiksi ravintoverkkojen kautta mahdollisia. Tietopohja rakenteiden vaikutuksesta eliöstöön on puutteellinen.	Todennäköisesti vaikutuksen merkitys on melko vähäinen, mutta suuriakaan vaikutuksia ei voida sulkea pois.
Kemikaalien ja materiaalien haitta-aineriskit	Pitkäaikainen	Vanhoista rakenteista ja kaapeleista voi vapautua haitallisia aineita. Vaikutusalue on todennäköisesti pieni, mutta sedimentin häiritseminen voi levittää myös haitta-aineita.	Keskimääräinen merkitys
Purkamisen yhteydessä syntyvät jätteet	Pitkäaikainen	Purettaessa varsinkin perusrakenteita voi syntyä runsaasti epäpuhtaita materiaaleja, joiden kierrättäminen on vaikeaa. Vaikutusalue esimerkiksi kuljetusten ja tilankäytön kautta laaja.	Suuri merkitys
Merenpohjan häiriintyminen	Keskipitkä aikaväli	Perustusten ja eroosiosuojien poisto sekoittaa merenpohjaa ja tuhoaa pohjaeliöstöä. Suora vaikutus pääasiassa paikallinen mutta vaikutukset esimerkiksi samentuman leviämisen ja vaikutusten ravintoverkkoihin kautta voivat olla laajojakin.	Suuri merkitys
Pohjadynamiikan muuttuminen	Keskipitkä aikaväli	Purkutöistä johtuen pohjadynamiikka saattaa muuttua, jolloin eroosiota ja toisaalta massojen kertymistä voi tapahtua tuulivoimalan toiminta-aikaisesta poikkeavilla alueilla. Vaikutusalue pääasiassa paikallinen.	Keskimääräinen merkitys
Ruoppausmassojen sijoittamiseen liittyvät ongelmat	Keskipitkä aikaväli	Mm. maalle läjitettäessä kuljetusmatkat, alueiden käyttö, suotovesiongelmat ja kasvihuonekaasupäästöt, mereen läjitettäessä resuspensio, kulkeutuminen ja merenpohjan häiriintyminen. Vaikutusalue vaihtelee paikallisesta laajaan.	Melko suuri merkitys
Melu	Lyhytaikainen	Rakenteiden purku- ja ruoppaustoimenpiteet aiheuttavat melua, joka karkottaa kaloja ja merinisäkkäitä. Vaikutusalue voi olla laaja. Tietopohja melun vaikutuksista eri lajeihin on puutteellinen.	Todennäköisesti vaikutuksen merkitys on vähäinen, mutta suuriakaan vaikutuksia ei voida sulkea pois.
Kiintoaineen resuspensio	Lyhytaikainen	Rakenteiden purku- ja ruoppaustoimenpiteet aiheuttavat veden samentumista, elinympäristöjen peittymistä suspendoituneen kiintoaineen alle ja rehevöitymistä. Suora vaikutus pääasiassa paikallinen mutta vaikutukset esimerkiksi samentuman leviämisen ja vaikutusten ravintoverkkoihin kautta voivat olla laajojakin.	Suuri merkitys
Purkualusten ja koneiden päästöt	Lyhytaikainen	Purkaminen vaatii erikoisaluksia ja koneita, joiden mm. kasvihuonekaasupäästöillä on ympäristövaikutuksia. Vaikutusalue laaja.	Melko vähäinen merkitys

3.4.2 Ympäristöhaittavaikutusten lieventämismahdollisuudet

Suunnitteluvaiheen ratkaisuilla voidaan merkittävästi vähentää merituuli-voimaloiden käytöstä poiston ja purkamisen ympäristövaikutuksia. Pohjanlahden hankekehittäjät ovat toistaiseksi kuitenkin keskittyneet purkamisen tekniseen suunnitteluun, ja ympäristövaikutusten huomiointi on jäänyt vähemmälle. Perustukset suunnitellaan aina kohdekohtaisesti, mikä vähentää mahdollisuuksia määritellä yleisiä ympäristön kannalta parhaita suunnitteluratkaisuja¹⁸².

Kaldellis et al. (2016) ovat tutkineet merituulivoimaloiden ympäristö- ja sosiaalista jalanjälkeä. Heidän mukaansa yksi tärkeimmistä vaikutusten lieventämismahdollisuuksista, joita tutkitaan tulevaisuudessa, on tuulipuistojen oikea sijoittaminen. Tässä voidaan hyödyntää mm. alueellista ja valtakunnallista strategista suunnittelua. Keskeinen työkalu on ympäristövaikutusten arviointi, minkä pitäisi heidän mukaansa alkaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, ja sitä pitäisi päivittää projektin elinkaaren aikana.

Elinkaariajattelun sisällyttäminen suunnitteluun auttaa ennakoimaan purkamisvaihetta. Kun rakenteet suunnitellaan kestävämpään ja mahdollistamaan modernisointia, vähenee tarve kokonaisvaltaiselle purkamiselle ja sen aiheuttamille ympäristöhaitoille¹⁸³. Skyborn Renewables:in mukaan ns. repowering on nykytiedon valossa erittäin haastava toteuttaa mm. perustusratkaisuista ja kaapeleiden siirtokapasiteetista johtuen, mutta voimaloiden käyttöiän pidentäminen voi tulla kyseeseen, jos se mahdollistetaan lupaprosessissa¹⁸⁴. Toisaalta laadukas elinkaaritarkastelu optimaalisten purkuratkaisujen löytämisen avuksi edellyttää riittävän tarkkojen ja yksityiskohtaisten teknisten purkus suunnitelmien olemassaoloa¹⁸⁵.

Jo hankkeen alkuvaiheessa tehty materiaalivalinta vaikuttaa ratkaisevasti siihen, kuinka hyvin rakenteet voidaan kierrättää tai hyödyntää uudelleen. Purkamisvaiheessa suuri osa käytetyistä materiaaleista, kuten teräs, kupari ja betoni, voidaan kierrättää. Kierrätettävien ja ympäristölle vähemmän haitallisten

182 Skyborn Renewables, haastattelu 17.12.2025.

183 Natuur & Milieu 2024, s. 9.

184 Skyborn Renewables, haastattelu 17.12.2025.

185 Demuytere et al. 2025, s. 1.

materiaalien käyttö vähentää purkuvaiheessa syntyvää jätettä ja helpottaa kiertotalouden toteutumista¹⁸⁶. Lupahakemusvaiheessa kerätty tieto erilaisten purkumateriaalien tarkasta määrästä helpottaa niiden kierrätystä¹⁸⁷.

Myös rakenteiden modulaarisuus ja standardointi ovat keskeisiä, sillä helposti irrotettavat ja vaihdettavat komponentit mahdollistavat turbiinien osien uudelleenkäytön sekä tehokkaan kierrätyksen¹⁸⁸. Muun muassa Euroopassa on käynnissä teknologiatuotekehitystä, joka tähtää esimerkiksi rakenteiden poiston mahdollistamiseen suurempina kokonaisuuksina meren pohjasta¹⁸⁹. Materiaalien kierrätystä on käsitelty enemmän luvuissa 3.1.3 ja 3.1.4.

Ympäristön kannalta täydellinen purku, jossa kaikki rakenteet poistetaan ja merenpohja pyritään palauttamaan alkuperäiseen tilaan, aiheuttaa usein suurimman välittömän ekologisen häiriön¹⁹⁰. Merenpohjan sisään sijoitetuilla kaapeleilla tämä vielä korostuu niiden pituudesta johtuen¹⁹¹. Toisaalta hankkeittajilla ei välttämättä ole erityistä intressiä kaapeleiden merenpohjaan jättämiseen johtuen niiden sisältämistä suurista metallimääristä¹⁹².

Osittainen purku, jossa esimerkiksi voimaloiden perusrakenteiden alaosat tai kiviverhoukset ja muut eroosiosuojaukset jätetään paikalleen, voi sen sijaan säilyttää osan biodiversiteetistä, mutta vähentää kierrätettävän materiaalin määrää¹⁹³. Toisaalta eroosiosuojaurakenteiden ja niiden poistossa syntyvän muun ruoppausmassan jatkokäytölle ei välttämättä ole selkeitä kohteita, vaan ne saattavat päätyä maankaatopaikalle¹⁹⁴.

Sekä paalu- ja ristikkoperustuksien täydellinen ja osittainen purku muuttavat merenpohjan geoteknisiä ominaisuuksia siten että uusien voimaloiden rakentaminen samoille paikoille saattaa tulla mahdottomaksi¹⁹⁵. Ominaisuuksien muutoksista ei ole vielä juurikaan kohdekohtaista tietoa. Todennäköisesti

186 Veters et al. 2024 s.1, Jensen 2018 s. 9.

187 Skyborn Renewables, haastattelu 17.12.2025.

188 Jensen et al. 2020, s. 12., Gode & Asplund 2024 s. 5.

189 Shabouee et al. 2025, Hinzmann 2025, Skyborn Renewables, haastattelu 17.12.2025.

190 Natuur & Milieu 2024, s. 7.

191 Topham & McMillan 2017, s. 474.

192 Skyborn Renewables, haastattelu 17.12.2025.

193 Natuur & Milieu 2024, s. 8.

194 Skyborn Renewables, haastattelu 17.12.2025.

195 Skyborn Renewables, haastattelu 17.12.2025.

myös gravitaatioperustuksille tehdyillä voimaloilla sekä kelluvien voimaloiden ankkuroinneilla on meren pohjaan pitkäaikaisesti kohdistuneen suuren kuormituksen takia jonkinlaista vaikutusta merenpohjan geoteknisiin ominaisuuksiin sekä osittaisen että täydellisen purun tilanteissa.

Tuoreessa tanskalaisessa tutkimuksessa on arvioitu ympäristövaikutuksia ja kartoitettu julkisia mielipiteitä merituulivoiman purkuhankkeisiin liittyen. Tulosten mukaan pienimmät elinkaariympäristövaikutukset saavutetaan poistamalla arvokkaimmat kierrätysmateriaalit mutta jättämällä eroosiosuojusmateriaalit paikalleen. Julkisen mielipiteen suosima täydellinen purku mahdollistaa merenpohjan ennallistamisen mutta tuottaa suuremmat kokonaisilmastovaikutukset. Biodiversiteetin kannalta tulokset riippuvat vertailu- ja tavoitetilasta¹⁹⁶. Myös Knights et al. (2024) saivat tuloksia, joiden mukaan rakenteiden (osittainen) jättäminen purkuvaiheessa, tukee parhaiten ympäristötavoitteiden saavuttamista. Rakenteiden jättämisen hyötyjä tulee kuitenkin tarkastella tapauskohtaisesti¹⁹⁷.

Vihavainen et al. (2024) ovat päätyneet esittämään, että mikäli rakenteita puretaan pohjaa myöten ja pyritään ennallistamaan vedenalaista luontoa, voidaan purkutöistä syntyvien vaikutuksien olettaa olevan vastaavanlaisia hankkeiden rakentamisen aikaisten vaikutuksien kanssa, joskin ajallisesti todennäköisesti rajatumpia.¹⁹⁸ Osittaisen purkamisen tapauksessa he ollettivat puolestaan vaikutusten olevan vähäisempiä.

Joissakin tapauksissa tuulivoimalainfrastruktuuria voidaan määritellä uuteen käyttötarkoitukseen tuotannon loputtua, esimerkiksi keinotekoisena riuttana, joita on käsitelty kohdassa 3.4.1. Esimerkiksi öljy- ja kaasuteollisuuden rakenteiden jatkokäyttöksi on esitetty myös käyttöä mm. vetyasemina, vesiviljelyyn, sukelluskohteina ja rakettien laukaisualustoina.¹⁹⁹ Käyttötarkoituksen muutokselle on välttämätöntä että vastuut on määriteltä ja sovittu selkeiden sopimusten avulla²⁰⁰.

196 Strandfors et al. 2026.

197 Knights et al. 2024, s. 6; Lemasson et al. 2023 s. 4.

198 Vihavainen et al. 2024, s. 171; Skyborn Rewables, haastattelu 17.12.2025.

199 Offshore Technology Focus 2025.

200 Natuur & Millieu 2024, s. 9. Vastuiden määrittelyn tärkeydestä rakenteita jätettäessä mm.: Jurrius & Van Hoof 2024, s. 7.

Uusimman Suomen merialueen tila-arvion²⁰¹ mukaan Suomen merialueet ovat toistaiseksi olleet hyvässä tilassa merenpohjan koskemattomuuden (integriteetin) suhteen. Esimerkiksi merituulivoimaloiden tai erilaisten penkereiden rakentaminen, vesialueiden täyttämisen, ruoppaus ja vedenalaiset putket ja kaapelit tuhoavat alla olevan pohjan aiheuttaen merenpohjan menetystä. Merenpohjan menetys on tuoreimman tila-arvion mukaan suurinta rantavyöhykkeen kovilla ja pehmeillä pohjilla.

Perämerellä, Merenkurkussa ja Selkämerellä ihmistoimintojen osuus merenpohjan elinympäristöjen menetyksestä on toistaiseksi ollut alle 0,1 %, mikä on vielä melko kaukana asetetusta 2 %:n kynnyksarvosta²⁰². Kuitenkin vahingollisen häiriön määrä on näilläkin merialueilla jo 5–20 %:n luokkaa. Se aiheutuu valtaosin rehevöitymisestä – 5–10 % fyysisestä häiriöstä ja haitta-ainepitoisista sedimenteistä²⁰³. Merenpohjan koskemattomuutta pyritään parantamaan Suomen meristrategian mukaisten merenhoitosuunnitelmien avulla. Merenhoito pohjautuu EU:n meristrategiadirektiiviin (2008/56/EY), ja Suomessa merenhoito on kirjattu lakiin vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004).

Merenpohjan palauttaminen mahdollisimman lähelle toimintaa edeltänyttä tilaa, tulee kyseeseen lähinnä täydellisen purkamisen vaihtoehdossa. Se mahdollistaa rakenteiden paremman kierrättämisen ja esimerkiksi kalojen vaellusreittien täydellisen palautumisen. Itämeren keskeiset vaelluskalalajit, joiden lisääntyminen tapahtuu makeassa vedessä ja joiden syönnösalueet ovat merellä, ovat lohi, meritaimen ja vaellussiika. Nahkiainen puolestaan lisääntyy merellä ja vaeltaa poikasena jokiin. Pohjanlahti on erityisen tärkeä kalojen vaelluskäytävä Itämerellä²⁰⁴.

Luontoa rikastuttavat suunnitteluratkaisut, kuten sellaisten pintarakenteiden tai muotojen käyttäminen, jotka tarjoavat elinympäristöjä meren eliöstölle, voivat muuttaa tuulivoimalan elinkaaren ympäristövaikutuksia positiivisemmiksi²⁰⁵. Joissakin osittaisen purkamisen tapauksissa voi alueelle jäädä uudentyypinen pohja, jota eri eliölajit voivat hyödyntää alkuperäistä paremmin. Esimerkiksi perustusten kiviset eroosiosuojat voivat toimia keinotekoisina riuttoina ja ylläpitää paikallista biodiversiteettiä, jolloin niiden jättäminen paikoilleen

201 Piepponen et al. 2024.

202 Korpinen 2024, s. 13.

203 Piepponen et al. 2024, s. 77.

204 Vihavainen et al. 2024, s. 169.

205 Pardo et al. 2023, s. 7, Bureau Waardenburg 2020 ,

tukee meriympäristön monimuotoisuutta²⁰⁶. Purettuja rakenteita voidaan hyödyntää keinokeisten riuttojen perustamiseen myös muualla²⁰⁷. Tällöin purkutoimenpiteissä joudutaan tasapainottelemaan luonnon hyötyjen säilyttämisen ja materiaalien talteenoton välillä.

Pohjaeläinten biodiversiteetin lisääntyminen voi edesauttaa myös muun lajiston, kuten kalojen ja merinisäkkäiden, viihtymistä alueella. Pohjanmerellä melko lähellä rannikkoa sijaitsevien merituulivoimaloiden biodiversiteettiä tarkastelleessa tutkimuksessa esitettiin arvio, että valtaosa keinokeisen elinympäristön säilyttämisestä purkuvaiheessa saatavasta hyödystä tulee eroosiosuojausten jättämisestä paikalleen²⁰⁸. Biodiversiteetin paikallisen lisääntymisen pitkäaikaisvaikutukset ovat kuitenkin jossakin määrin epäselviä. On muun muassa esitetty arvioita, että tuulivoimaloiden perustusrakenteet voivat toimia eräänlaisina ”astinkivinä” vieraslajien leviämislle²⁰⁹. Suomen merialueiden tila arvioitiin heikkoon tilaan vieraslajien osalta johtuen vakiintuneiden vieraslajien levittäytymisestä ja runsastumisesta²¹⁰.

Sääntelyllä ja lupaehtojen ohjauksella voidaan lisäksi varmistaa, että suunnittelu- vaiheessa huomioidaan purkamisen jo etukäteen. Useissa maissa edellytetään purkamissuunnitelmaa osana lupaprosessia, mikä pakottaa kehittäjät arvioimaan sekä ekologisia vaikutuksia että kiertotalouden vaatimuksia jo ennen rakentamista²¹¹. Purkamissuunnitelmaa päivitetään hankkeen elinkaaren aikana.

Merituulivoimaloiden materiaalien loppukäytön ja purkumenetelmien ennakkosuunnittelulla voidaan minimoida purkamisen aikaiset haitat, kuten melun ja sedimentin leviämisen vaikutukset herkkiin meriekosysteemeihin²¹². Myös rakentamisen ja purkamisen tarjouskilpailujen kriteereihin voidaan sisällyttää ehtoja, jotka ohjaavat kohti biodiversiteettiä lisääviä sekä kestävämpiä ja kierrätettävämpiä ratkaisuja²¹³.

206 Esimerkiksi Degraer et al. 2020.

207 *Natuur & Milieu* 2024, s. 13.

208 Spielmann et al. 2023.

209 Esim. Fowler et al. 2018, s. 6.

210 Piepponen et al, 2024, s. 96.

211 Euroopan komissio 2021, s. 17; *Natuur & Milieu* 2024, s. 5.

212 Euroopan komissio, 2021, s. 23.

213 Esimerkiksi Kristensen et al. 2026.

Haittojen minimoimiseksi purkutyöt olisi hyvä ajoittaa ekologisesti herkkien kausien ulkopuolelle, jotta vaikutukset lintuihin, kaloihin ja merinisäkkäisiin jäävät vähäisemmiksi²¹⁴. Toisaalta myös haittaa aiheuttavien toimintojen toteutus mahdollisimman yhtäjaksoisesti ja nopeasti vähentää niiden negatiivisia vaikutuksia²¹⁵.

Purkutyössä tulisi käyttää mahdollisimman vähän ympäristöhäiriötä aiheuttavia työtapamenettelyjä ja menetelmiä. Ne vähentävät syntyvää melua ja resuspendoitumista, joilla on vaikutusta eliöstön karkottumiseen ja kiintoaineen leviämiseen. Tällaisia menetelmiä on kuvattu esimerkiksi julkaisussa Itkonen et al. (2024) ja Korpinen et al. (2025).

Purkutyön jälkeen tarvitaan seuranta- ja tutkimustoimia, joiden avulla voidaan arvioida ympäristövaikutusten toteutumaa ja suunnitella tarvittaessa korjaavia toimia²¹⁶. Keskeinen riskienhallintamenetelmä vesistöhankeissa on tarkkailu. Hyvä tarkkailuohjelma onkin avainasemassa, jotta mahdollisista suunnitelmista poikkeavista päästöistä, uusista haitta-aineista ja odotettua suuremmista ympäristövaikutuksista saadaan ajoissa tietoa ja niihin pystytään reagoimaan ajoissa. Hyvä tarkkailuohjelma vaatii riittävästi taustatietoa alueen lähtötilanteesta, jotta vaikutusten luonne ja suuruus voidaan arvioida luotettavasti, ja saada vertailukohta mahdollisille alueen ennallistamisvaatimuksille ja kehitykselle tuulivoimalan toiminta-aikana verrattuna lähtötilanteeseen. Tyypillisesti siihen sisällytetään mm. sedimentin, vedenlaadun, linnuston, kalaston ja pohjaeliöstön tarkkailua. Myös erilaiset virtaus- ja vedenlaatumallit sekä luotaukset toimivat lähtötilanteen arvioinnin ja tarkkailun tukena²¹⁷.

214 Euroopan komissio 2021, s. 86.

215 Itkonen et al. 2024, s. 50; Skyborn Renewables, haastattelu 17.12.2025.

216 Euroopan komissio, 2021, s. 130.

217 Itkonen et al. 2024, s. 68.

Taulukko 13. Mahdollisuudet lieventää purkamisen ympäristöhaittavaikutuksia ja kirjoittajien asiantuntija-arvio eri lieventämistoimenpiteiden merkittävydestä niiden toteutuessa Pohjanlahden olosuhteissa.

Vaikutus / Näkökohta	Vaikutuksen kesto	Kuvaus	Arvio merkittävydestä
Voimaloiden sijoittelu suunnitteluvaiheessa	Pitkäaikainen	Herkkien kohteiden mahdollisimman hyvä huomiointi.	Suuri merkitys
Täydellinen vs. osittainen purku	Pitkäaikainen	Täydellinen purku aiheuttaa usein suurimman välittömän ekologisen häiriön, mutta mahdollistaa mm. rakenteiden paremman kierrättämisen. Osittainen purku aiheuttaa vähemmän haittavaikutuksia ja voi säilyttää ja jopa parantaa biodiversiteettiä.	Suuri merkitys
Merenpohjan ennallistaminen	Pitkäaikainen	Merenpohjan palauttaminen mahdollisimman alkuperäiseen tilaan (täydellinen purkaminen) vähentää luontokatoa ja palauttaa alkuperäisiä lajien elinympäristöjä.	Melko vähäinen merkitys
Purkumateriaalien käyttö uuden tyyppisten pohjien rakentamisessa	Pitkäaikainen	Kohteeseen jätetyt tai muualle rakennetut keinotekoiset riutat tai esimerkiksi sopivat rantavyöhykkeen rakenteet voivat lisätä biodiversiteettiä ja säästää luontaisia kiviainesvaroja.	Melko vähäinen merkitys
Luontoa rikastuttavat suunnitteluratkaisut	Pitkäaikainen	Ekosysteemiä hyödyttävä voimaloiden sijoittelu, materiaalit ja muodot parantavat mahdollisuuksia rakenteiden jättämiseen ja vähentävät purkamisen ympäristövaikutuksia.	Keskimääräinen merkitys
Elinkaariajattelu suunnittelussa	Keskipitkä aikaväli	Rakenteet suunnitellaan kestävämpään ja mahdollistamaan modernisointia, jolloin purkutarve vähenee.	Melko suuri merkitys
Suunnitteluvaiheen materiaalivalinnat ja kierrätettävyys	Keskipitkä aikaväli	Parempi kierrätys ja vähäisempi jätemäärä. Teräs, kupari ja betoni voidaan kierrättää tehokkaasti.	Keskimääräinen merkitys
Modulaarisen ja standardoidun rakenteen suunnittelu	Keskipitkä aikaväli	Helpompi modernisointi ja uudelleenkäyttö.	Keskimääräinen merkitys

Vaikutus / Näkökohta	Vaikutuksen kesto	Kuvaus	Arvio merkittävydestä
Voimalainfrastruktuurin käyttötarkoituksen muutos loppuvaiheessa	Keskipitkä aikaväli	Esimerkiksi vedyn tuotanto, merenkulun turvalaitteet ja virkistyskäyttöä palvelevat rakenteet. Pidentää voimaloiden elinkaarta ja vähentää siten purkutarvetta.	Melko vähäinen merkitys
Korkeatasoinen purkamissuunnitelma osana lupa- ja hankintaprosessia	Keskipitkä aikaväli	Lupa- ja hankintaprosessien yhteydessä käsiteltävä, ja myöhemmin päivitettävä, purkamissuunnitelma varmistaa purkuvaiheen ympäristövaikutusten hallinnan.	Keskimääräinen merkitys
Toimenpiteiden ajoitus	Lyhytaikainen	Purku tulisi ajoittaa ekologisesti herkkien kausien ulkopuolelle ja suorittaa mahdollisimman yhtäjaksoisesti.	Melko vähäinen merkitys
Vähän ympäristöhäiriötä aiheuttavien työtapamenettelyjen ja menetelmien käyttö	Lyhytaikainen	Vähentää kiintoaineen suspendoitumista ja melua purkutyön aikana.	Keskimääräinen merkitys
Toimenpiteiden tarkkailu	Pitkäaikainen	Toimenpiteiden vaikutusten riskejä voidaan hallita tarkkailun avulla.	Keskimääräinen merkitys

3.5 Yhteenveto

Laki merituulivoimasta talousvyöhykkeellä (937/2024) mahdollistaa sen, että valtioneuvosto osoittaa Suomen talousvyöhykkeelle merituulivoima-alueita, määrittää käyttöoikeuden ehdot ja mahdollistaa kilpailutuksen järjestämisen. Alueiden käyttö on rajattu tuulienergian tuotantoon, sitä palvelemaan tutkimukseen ja esimerkiksi vedyn jatkotuotantoon, ja edellytyksinä ovat vähintään 5 MW/km² tehokkuus ja 1,3 GW:n kantaverkkoliittynän enimmäiskapasiteetti. Aluetta saa hyödyntää 35 vuoden ajan.

Valtioneuvoston päätösluonnoksessa suunnitellut neljä aluetta – Perämeri pohjoinen ja etelä sekä Selkämeri länsi ja itä – kattavat 921 km² ja vähintään 4 605 MW kapasiteetin, jos kaikki alueet hyödynnettäisiin kokonaisuudessaan merituulivoiman tuotantoon. Hankealueet ovat osin samoja kuin aiemmissa hankesuunnitelmissa. Päätösluonnoksen hankealueet ovat aiemmin suunniteltuihin hankealueisiin nähden kuitenkin pienempiä ja osittain syvemmillä vesialueilla. Aiempien hankkeiden YVA-ohjelmat ja -selostukset ovat tuottaneet tietoa muun muassa alueiden perustus- ja rakenneratkaisuista sekä ympäristövaikutuksista.

Perustusratkaisut jakautuvat yleisesti ottaen pohjaan perustettaviin (painovoima-, paalu-, ristikko- ja kolmijalkaperustukset sekä hybridiratkaisut) ja kelluviin ratkaisuihin. Perustustyyppin valintaan vaikuttavat vesisyvyys, merenpohjan geologia ja erityisesti Pohjanlahden vaativat jääolosuhteet. Perustamistapa ja siihen liittyvät rakenteet ja eroosiosuojaus määräävät pitkälti purkamisen teknisen vaikeuden, kustannukset ja ympäristövaikutukset: paaluperustuksien ja ristikkorakenteisten perustusten purkamiset ovat vaikutukseltaan vähäisempiä kuin massiiviset painovoimaperustukset ja niiden kivisuojuukset, jotka ovat kalliita ja ekologisesti kuormittavia. Kelluvat voimalat ovat purun kannalta helpoimpia, koska ne voidaan irrottaa ankkuroinneista ja hinata pois. Tosin nykyiset kelluvat ratkaisut eivät sovellu Suomen jääolosuhteisiin ja niiden soveltaminen vaativiin jääolosuhteisiin edellyttää edelleen teknologista kehitystä ja lisätutkimusta.

Tuulivoimaloiden raaka-aineista pystytään nykyisin kierrättämään yli 80 %. Metallit voidaan kierrättää lähes kokonaan. Vaikeimmin kierrätettäviä osia ovat roottoreiden lavat, jotka valmistetaan useimmiten lasi- tai hiilikuituvahvistetuista muovikomposiiteista. Lapojen arvioitu kierrätysaste on noin 50 %.

Merikaapelit sisältävät merkittäviä määriä kuparia ja alumiinia, jotka ovat lähes täysin kierrätettäviä. Niissä on myös muovi- ja teräsrakenteita sekä suoja-aineita, joiden kierrätysaste on heikompi. Kaapelien ja putkien poistoon vaikuttaa niiden

hautaamisen ja suojaamisen laajuus. Useissa tarkastelluissa hankkeissa pidetään auki mahdollisuus haudattujen kaapeleiden ja putkien riskiperusteiselle jättämiselle purkamisen yhteydessä.

Keskeisiä elementtejä kehittyneissä purkuohjelmamalleissa, kuten BEIS-mallissa, ovat tekninen purkusuunnitelma, eritelty kustannusarvio ja rahoitusvakuus sekä jälkiseuranta ja vastuu jätetyistä rakenteista. Yleensä näiden arvioimiseksi edellytetään hankekehittäjän laatimaa purkusuunnitelmaa, jonka sisällöstä on annettu ohjeistuksia.

Merenkulun näkökulmasta merituulipuistoalueet tulisi vapauttaa merenkulun käyttöön merituulipuiston käytön loputtua. Lähtökohtaisesti merenkulun pintaliikenteen näkökulmasta riittää, että rakenteet puretaan 20 metrin syvyydelle ja vedenalaisen liikenteen osalta merenpohjan luonnolliseen tasoon. Purkamatta jätettävät rakenteet on kartoitettava, ilmoitettava ja merkittävä merikarttoihin. Meriliikennejärjestelmä voi muuttua tuulivoimapuiston pitkän elinkaaren aikana. Lisäksi tuulipuistolle on voitu edellyttää muun muassa merenkulun turvalaitteisiin tai tutkiin liittyviä kompensatioita. Näin ollen purkamisen vaikutukset merenkulkuun ja sen turvallisuuteen olisi arvioitava virallisella merenkulun riskiarviointimenettelyllä (FSA) ennen purkua.

Kalastuksen ja muiden merellisten elinkeinojen näkökulmasta on tärkeää, että merelliset toiminnot on yhteensovitettu jo alueen valintavaiheessa. Kalastuksen näkökulmasta on tärkeää, että merituulivoimaa on rakennettu kalastukselle tärkeiden alueiden ulkopuolelle. Tällöin ei synny erityistä tarvetta täydelliselle purkamiselle. Tässäkin tapauksessa on toki turvallisuuden kannalta tärkeää, että mahdolliset jätettävät rakenteet ovat turvallisia aluksille ja ne merkitään merikartoille. Kalastuksen näkökulmasta haittaa ei lähtökohtaisesti aiheudu, jos jätettävät rakenteet tai kaapelit ovat yli kahden metrin syvyydessä merenpohjasta. Muiden merellisten elinkeinojen, kuten kaivannaistoiminnan kannalta on myös tärkeää yhteensovittaminen jo alueen valintavaiheessa. Täydellinen purkaminen vapauttaa alueen paremmin muuhun käyttöön, jos muu käyttö edellyttää pohjan kaivamista. Täydelliset purkutyöt voivat kuitenkin aiheuttaa enemmän tilapäisiä haittoja, kuten sedimentin samentumista ja melua.

Purkamiseen voidaan liittää joustoja myös vastuiden siirron kautta: rakenteita voidaan jättää uuden toimijan tai viranomaisen vastuulle, mikä mahdollistaa uudelleen käytön, monikäyttöratkaisut ja olemassa olevan infrastruktuurin hyödyntämisen. Vastuunsiirrossa toinen toimija ottaa vastuulleen rakenteen ja on vastuussa sen purkamisesta myöhemmin hyötykäytön loputtua. Vastuun siirto voi

vähentää ympäristövaikutuksia ja kustannuksia sekä voi kannustaa pitkäikäisten ja modulaaristen rakenteiden suunnitteluun, mikä tukee myös EU:n tavoitteita merialueiden tehokkaasta ja kestävästä hyödyntämisestä.

Merituulivoimaloiden purkamisella on merkittäviä ympäristövaikutuksia johtuen mm. purkutyön aiheuttamista lyhytaikaisista negatiivisista vaikutuksista, pidempiaikaisista negatiivisista vaikutuksista merenpohjan biodiversiteettiin, haitta-ainepitoisuuksiin, koskemattomuuteen ja pohjadynamiikkaan, sekä jätteiden synnystä ja niiden sijoittamisesta. Lisäksi hankkeilla on merkittäviä yhteisvaikutuksia. Vaikutuksia voidaan lieventää erityisesti jo hankkeiden suunnitteluvaiheessa ottamalla voimaloiden sijoittuminen lähelle herkkiä kohteita, elinkaari, materiaalien kierrätettävyys, hyötykäyttömahdollisuudet sekä purkuvaiheen kestävä toteutus ennakkoon hyvin huomioon. Purkutoimenpiteiden aikana riskejä voidaan hallita ajoituksen ja tarkkailun avulla.

Osittainen purku merenpohjaan tai jonkin verran sen alapuolelle, vaikuttaa ympäristönäkökulmasta olevan täydellistä purkua parempi menetelmä. Se voi usein olla ympäristön kannalta perusteltu ratkaisu tuulivoiman purkuhankkeissa paitsi biodiversiteetin myös purkutöiden aiheuttaman häiriön (ml. sedimentistä vapautuvat ravinteet), kalastovaikutusten ja pohjadynamiikan säilyttämisen ennallaan näkökulmista. Täydellinen purku mahdollistaa merenpohjan ennallistamisen ja purkumateriaalin täydellisemmän kierrätyksen, mutta sen aiheuttama välitön ekologinen haittavaikutus on merkittävästi osittaista purkua suurempi. Häiriöt kohdistuvat myös samoille alueille kuin rakentamisaikana, ja aikajaksolla, jolloin ekosysteemi ei välttämättä ole vielä täysin saavuttanut tasapainotilaa alkuperäisestä muuttuneessa tilanteessa. Tämä pätee paitsi voimaloiden perustusrakenteisiin myös erityisesti kaapeleihin, joiden sisältämällä metalleilla on toisaalta kierrätysarvoa.

Merituulivoimaloiden purkamisen suositeltavan laajuuden pitäisi pohjautua riskiperusteiseen ja tapauskohtaiseen arviointiin, jossa huomioidaan perustustavan tekniset reunaehdot, merenkulun turvallisuus, kalastus ja muut merelliset elinkeinot sekä ympäristövaikutukset. Lähelle merenpintaa ulottuvat rakenteet tulisi poistaa pääsääntöisesti kokonaan törmäysvaaran vuoksi, mutta pohjaan jäävien rakenteiden – kuten massiivisten painovoimaperustusten alaosien, kivisuojuuksen tai kaapelien – osittainen purku voi olla perusteltua. Osittainen purku voi vähentää kustannuksia, minimoida ympäristöhäiriöitä ja säilyttää toiminnan aikana syntyneitä ekologistia hyötyjä, kuten keinotekoisia elinympäristöjä.

Koska teknologia kehittyy, tutkimustietoa tulee lisää ja merenkulku ja merialueen käyttö muuttuvat 35–50 vuoden aikana, purkusuunnitelman on oltava joustava ja päivitettävissä, ja arvioinnissa on tarkasteltava purun vaikutuksia ympäristöön, koko alueen liikennejärjestelmään ja elinkeinoihin.

4 Purkukustannukset

4.1 Kustannusrakenne ja pullonkaulat

Purkukustannusten arviointi kytketään yleensä elinkaarikustannuksiin ja viranomaisen mahdollisesti edellyttämään rahoitusvakuuteen siten, että kustannusten perustaso on eritelty, todennettavissa ja riskikorjattu.

Kirjallisuus ja viranomaisohjeet raportoivat tyypillisen suuruusluokan täydelle purulle noin 170–550 t€/MW ja osittaiselle purulle noin 100–250 t€/MW, tuulipuistoalueen syvyyden ja etäisyyden sekä käytettävän teknologian mukaan. Luvut annetaan nykyrahassa, ja suunnitelmassa esitetään erikseen indeksointi sekä kustannusten tarkistamisen päivityssykli.

Purkukustannukset jaetaan yleensä kuuteen pääluokkaan:

1. Mobilisaatio ja logistiikka,
2. Rakenteiden poisto (turbiinit, perustukset, sähköasemat),
3. Kaapeleiden ja putkien irrotus tai käsittely,
4. Jätteiden ja materiaalivirtojen hallinta,
5. Projektinhallinta, sekä
6. Varaukset ja jälkiseuranta.

Näiden kustannusluokkien välinen suhde vaihtelee hankekohtaisesti, mutta usein suurimmat kustannukset muodostuvat logistiikasta (25–35 %) ja rakenteiden poistosta (25–30 %). Kaapeleiden ja jätteiden käsittely aiheuttavat kumpikin 10–20 % purkukustannuksista. Projektinhallinnan, lupaprosessien ja jälkiseurannan osuus on yleensä 5–10 % kokonaiskustannuksista.²¹⁸

BEIS:n ohjeistus edellyttää, että riskivaraukset esitetään erillisenä kustannuseränä ja perustellaan logistisilla, sää- ja turvallisuusperusteilla. Tyypillinen varaus on 10–20 % kokonaisarvosta.

218 Topham & McMillan 2017; Jadali et al. 2021.

Purkamisen kustannusrakenne vaihtelee merkittävästi riippuen merituulipuiston teknisestä toteutuksesta, sijainnista, syvyydestä ja purkustrategiasta. Taloudellisesti ratkaisevia tekijöitä ovat muun muassa perustustyyppi, alusten saatavuus ja vuokrataso, kuljetusetäisyydet, jätteiden käsittely ja ympäristövaatimukset. Kustannusvaihtelut voivat olla huomattavia: tutkimusten mukaan yhden megawatin purkukustannukset vaihtelevat 100–550 t€/MW riippuen teknisistä ratkaisuista ja purkamisen laajuudesta²¹⁹. Purkukustannukset voivat olla 60–70 % asennuskustannuksista²²⁰.

Esimerkiksi Alankomaissa tehdyssä simulaatiotutkimuksessa merituulivoiman poistokustannuksiksi arvioitiin 172,5 t€/MW tuulipuistolle, jonka kokonaisteho on 2 GW ja koostuu reilusta 130 kappaleesta paaluperusteisia 15 MW voimaloita. Osittaisen poiston kustannuksiksi arvioitiin 110,6 t€/MW. Osittainen poisto sisälsi perustusten leikkaamisen 6 metriä merenpohjan alapuolelta ja kaapelien sekä pohjan eroosionsuojauksen jättämisen paikalleen. Pienemmällä 1 GW kokonaisteholtaan olevan tuulipuiston poistokustannukseksi arvioitiin 191,1 t€/MW. Kustannukset ovat korkeammat vähentyneiden mittakaavaetujen vuoksi. Simulaatiossa arvioitiin, että suuremmat tuuliturbiinit alentavat €/MW-kustannuksia mittakaavaetujen ansiosta, vaikka niiden poistaminen vaatiikin suurempia aluksia. Sataman etäisyydellä on kohtalainen vaikutus kustannuksiin. Toimintojen kesto on merkittävä herkkyystekijä johtuen kenttäkokemuksen rajallisuudesta. Toimintojen arvioitua pidempi kesto voi kasvattaa kustannuksia jopa 45 %.²²¹

Adedipe & Shafiee 2020 tutkimuksessa mallinnettiin 500 MW ristikkorakenteisen merituulivoimahankkeen purkamisen. Oletuksena oli, että ristikkorakenteiset paalujalat leikataan 15 jalan (noin 4,6 metriä) syvyydeltä merenpohjasta ja siirtokaapelit jätetään paikoilleen ja sisäiset kaapelit poistetaan. Adedipe & Shafiee (2020) tutkimuksen tuloksena kokonaiskustannus oli 334–555 t€/MW sisältäen 10 % riskivaruksen.²²²

EU:n tukemassa Leanwind-hankkeen mallinnuksessa merituulivoiman purkukustannuksiksi saatiin esimerkkinä olleen C-Power merituulipuiston osalta 513 t€/MW. Tulosta pidettiin realistisena, mutta todettiin, että kustannusarvioihin liittyy epävarmuutta purkamiseen liittyvän vähäisen empiirisen

219 Adedipe & Shafiee 2020; Topham & McMillan 2017.

220 Jadali et al. 2021; Topham & McMillan 2017 s.477.

221 Mancini, S., Bloothoofd, J. & Donnelly, G. 2026.

222 Adedipe & Shafiee 2020.

kokemuksen takia.²²³ Belgian C-Power merituulipuistossa on käytetty sekä painovoimaperustuksia että ristikkorakenteisia perustuksia. Hankkeessa on 54 turbiinia ja sen kokonaisteho on noin 325 MW.

Kustannusten pääkomponentit ja vaihteluvälit

Kansainvälisten tutkimusten ja käytännön purkukokemusten perusteella purkukustannusten jakauma voidaan arvioida seuraavasti:

Taulukko 14. Purkukustannusten jakauma ja kustannusajurit.

Kustannuserä	Osuus kokonais-kustannuksista	Vaihteluväliin vaikuttavat tekijät	Keskeiset kustannusajurit
1. Mobilisaatio ja logistiikka	25–30 %	Riippuu etäisyydestä ja kaluston saatavuudesta.	Alusten määrä ja päivävuokrat, satamapalvelut, sääviiveet.
2. Rakenteiden poisto (turbiinit, perustukset)	25–30 %	Rakennekohtaista vaihtelua.	Perustustyyppi, syvyys, nosto- ja leikkausmenetelmät.
3. Kaapeleiden poisto ja käsittely	10–20 %	Riippuu poistosyvyydestä, suojauksesta ja pituudesta.	Hautausvyvyys, kaapelipituus, ympäristövaatimukset.
4. Jätteiden käsittely ja kierrätys	10–15 %	Materiaali-kohtaista vaihtelua.	Metallin hinnat, komposiittilapojen käsittely, kierrätysaste.
5. Projektin-hallinta, HSE ja seuranta	5–10 %	Hankkeen koosta riippuva.	Luvat, valvonta, jälkiseuranta, auditointi.
6. Varaukset ja riskilisät	10–15 %	Riippuu ympäristöolosuhteista.	Sääviiveet, tekninen epävarmuus, kustannusinflaatio.

223 McAuliffe, F.D. et al. 2017.

Mobilisaatio ja logistiikka muodostavat purkuvaiheen kriittisen kustannuskomponentin. Kustannuksiin sisältyvät erikoisalusten päivävuokrat, hinausten ja nosto-operaatioiden koordinointi, satamapalvelut ja sääolosuhteiden aiheuttamat viiveet. Logistiikan kustannusrakenne on arvioitava erikseen jokaisessa purkuskenaariossa, sillä alusten saatavuus ja työn ajankohdat vaikuttavat enemmän kokonaiskustannuksiin kuin itse tekniset purkutoimet. Topham & McMillan²²⁴ arvioivat, että logistiikan kustannukset voivat nousta jopa 40 %:iin kokonaisuudesta.

Rakenteiden poisto on toiseksi suurin kustannuserä ja teknisesti haastavin osa. Kustannukset riippuvat perustustyyppistä, syvyydestä ja nostomenetelmistä. Perustusten purkukustannukset kannattaa määritellä omaksi alakohtaiseksi riviksi purkukustannuslaskelmiin. Esimerkiksi painovoimaperustusten purku on 30–40 % kalliimpaa kuin paaluperustusten²²⁵, koska painovoimaperustuksen purku vaatii ruoppausta ja sen betoni- ja kiviainesmassat ovat suuria.

Kaapeleiden ja putkien poistaminen aiheuttaa huomattavia kustannuksia erityisesti, jos ne ovat syvällä sedimentissä tai suojattuna. Keskimäärin 10–20 % kokonaiskustannuksista syntyy kaapeleiden käsittelystä ja logistiikasta. Monissa purkuohjelmissa kaapeleiden poistaminen on todettu kalleimmaksi yksittäiseksi operatiiviseksi toimenpiteeksi suhteessa saavutettuun hyötyyn, minkä vuoksi niiden turvallinen jättäminen paikalleen on usein taloudellisesti perusteltua, mikäli ympäristö- ja turvallisuusriskit ovat hallittavissa.

Jätteiden käsittely ja materiaalivirrat muodostavat 10–15 % kokonaiskustannuksista²²⁶. Kierrätysaasteet liittyvät erityisesti komposiittilapoihin, betonirakenteisiin ja korroosion saastuttamiin metalleihin. Kustannuslaskelmissa on hyvä huomioida erikseen jätteiden lajittelu, välivarastointi, kuljetus ja loppusijoitus.

Projektinhallinnan ja jälkiseurannan kustannukset liittyvät lupaprosesseihin, merikarttamuutoksiin, viranomaistarkastuksiin ja jälkiseurantaan. Jälkiseuranta 3–5 vuoden ajan lisää kustannuksia arviolta noin 1–2 % kokonaisuudesta.

224 Topham & McMillan 2017.

225 Adedipe & Shafiee 2020.

226 Jadali et al. 2021.

Pullonkaulat

Suurimmat kansainvälisesti tunnistetut kustannuspullonkaulat liittyvät (i) erikoisaluskapasiteetin rajallisuuteen, (ii) purku- ja kierrätysalan infrastruktuuriin puutteeseen, sekä (iii) ympäristöllisiin ja hallinnollisiin viiveisiin.

Erikoisalusten niukkuus (nosto-, leikkaus- ja ruoppausalukset) voi lisätä logistiikkakustannuksia 15–30 %, jos samanaikaisia purkuhankkeita on useita. Satamien ja varastointialueiden rajallinen kapasiteetti voi aiheuttaa merkittäviä aikaviiveitä ja lisäkustannuksia. Lisäksi kierrätyskapasiteetin puutteet voivat muodostua merkittäväksi lisäkustannustekijäksi.

Ympäristö- ja lupaesteet ovat kolmas kustannuspullonkaula. Lupien ja vaikutusarvioiden käsittely voi viivästyttää purkua 6–12 kuukautta, mikä kasvattaa kustannuksia jopa 5–10 %.

Yhteenvetona voidaan todeta, että kustannuspaineet syntyvät ennen kaikkea logistiikasta, kaluston saatavuudesta ja jätehuollon kapasiteetista. Näiden pullonkaulojen ennakkoiva hallinta – erityisesti erikoisalusmarkkinoiden seuranta, kierrätysinfrastruktuurin kehittäminen ja lupaprosessien integrointi purkuohjelmaan – on keskeistä realistisen kustannusarvion laatimisessa ja mahdollisen purkuvakuuden mitoituksessa²²⁷.

Osittaisen purun laajuus ja suunnittelun vaikutukset kustannuksiin

Kansainvälisten sopimusten ja käytäntöjen perusteella osittaisen purun jätettävät rakenteet ovat lähinnä merenpohjassa tai merenpohjan sisällä olevia rakenteita, joiden purkamisesta aiheutuisi merkittäviä teknisiä ongelmia ja/tai haittoja ympäristölle. Merenpohjan ja merenpohjan sisäiset rakenteet voidaan myös jättää helpommin purkamatta aiheuttamatta merkittäviä riskejä muille alueen käyttäjille.

227 Topham et al. 2019.

Tämän tutkimuksen taloudellisissa arvioissa arvioidaan osittaisen purun sisältävän seuraavat jätettävät rakenteet:

1. massiiviset pohjan betonirakenteet (painovoimaperustuksen peruslaatta)
2. syvälle merenpohjaan asetetut teräspaalut (paalu ja ristikkorakenteisen perustuksen paalujen katkaisu merenpohjan sisältä)
3. merenpohjan sisällä olevat ankkurit (kelluvien voimaloiden ankkurit)
4. täyttö-, suoja- ja eroosiokiviainekset ja
5. haudatut kaapelit.

Merituulipuiston suunnittelussa voidaan ottaa huomioon sekä täyden purun että osittaisen purun tekijöitä, joilla voidaan helpottaa purkamista ja vähentää purkamisen tai jättämisen vaikutuksia tai kustannuksia.

Merituulipuiston suunnittelun näkökulmasta on tärkeää tietää, puretaanko rakenteet kokonaisuudessaan vai jätetäänkö joitain rakenteita. Jos esimerkiksi kaapelit on tarkoitus jättää, voidaan ne suunnitella haudattavaksi kokonaan ja mahdollisimman syvälle, jottei niistä aiheudu jälkivastuuseuraamuksia. Tämä voi lisätä rakentamisvaiheen kustannuksia, mutta vähentää tätä enemmän purkuvaiheen kustannuksia.

Suunnittelulla voidaan helpottaa purkua esimerkiksi suunnittelemalla painovoimaisen perustuksen rakenne niin, että täyttökiviainekset voidaan tyhjentää rungon sisältä ennen nostoja. Runkorakenteiden kiinnitykset peruslaattaan voidaan myös suunnitella niin, että niiden irrotus perustuksesta on nopeampaa ja helpompaa. Peruslaatta voidaan myös suunnitella syvemmälle pohjaan tai haudattavaksi, jotta se voidaan jättää aiheuttamatta muulle alueen käytölle haittoja.

Paaluratkaisut voidaan suunnitella niin, että paalun mahdollinen katkaisu voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti halutusta syvyydestä tai rakenteellisesti helpottaa paalun irrottamista kokonaan. Kelluvan perustuksen ankkurointiratkaisut voidaan myös suunnitella joko helpommin poistettaviksi tai helpommin jätettäväksi.

Jos kiviaineksia on tarkoitus jättää, voidaan tämä ottaa huomioon niiden laadun valinnassa, jotta jättämisen vaikutukset olisivat mahdollisimman vähäisiä. Jos kiviainekset on tarkoitus ruopata pois, voidaan tämäkin ottaa huomioon suunnittelussa.

Näillä kaikilla suunnittelun toimenpiteillä voi olla merkittäviä vaikutuksia purkukustannuksiin.

4.2 Purkukustannukset poistettaessa kaikki rakenteet ja laitteet Suomen talousvyöhykkeellä

Täyden purun tavoitteena on poistaa kaikki rakenteet – turbiinit, perustukset, eroosiosuojaukset, kaapelit, putkistot ja sähköasemat – ja ennallistaa ja palauttaa alue turvallisesti muiden merenkäyttömuotojen piiriin.

Olosuhteet ja tekniset lähtötiedot

Arvio teknisistä lähtötiedoista perustuu sekä talousvyöhykkeen merituulivoima-alueita koskevaan valtioneuvoston päätösluonnokseen että Suomen talousvyöhykkeen merituulivoimahankkeiden YVAssa esitettyihin määrittelyihin (julkaistut YVA-selostukset ja -ohjelmat vuosina 2023–2025). Näiden mukaisesti talousvyöhykkeen tyypilliset hankkeet sijaitsevat 30–80 kilometrin etäisyydellä rannikosta ja 20–60 m syvyydessä. Hankkeiden teho on noin 1–2 GW, ja ne koostuvat 70–130 turbiinista, joiden yksikköteho on 15–25 MW, napakorkeus 150–200 m ja roottorin halkaisija 240–340 m. Hankkeissa on lisäksi 1–5 offshore-sähköasemaa ja 2–8 siirtomerikaapelia, joiden pituus on noin 30–80 km.

Merituulipuistoja koskeva jätteenkäsittelyinfrastruktuuri on Suomessa vielä keskeneräistä, mutta sen oletetaan tapahtuvan satamien läheisyyteen syntyvissä vastaanottolaitoksissa, mikä pienentää logistiikkakustannuksia.

Kokonaiskustannusten arvio

Suomen olosuhteisiin sovellettuna täydellisen purkamisen kokonaiskustannukset ovat arviolta 4–7 miljoonaa €/turbiini eli **200–350 t€/MW** 20 MW:n turbiineilla, riippuen syvyydestä, etäisyydestä ja perustustekniikasta.

Kustannusrakenne

BEIS:n mallin ja kansainvälisen tutkimuskirjallisuuden mukaan kustannukset voidaan jakaa kuuteen pääluokkaan. Alla oleva taulukko (15) esittää arvioidut kustannukset Suomen talousvyöhykkeen olosuhteissa.

Taulukko 15. Purkukustannusten jakauma ja arviot Suomen talousvyöhykkeellä.

Kustannuserä	Osuus kokonaisuudesta	Keski-määräinen kustannus milj.€/turbiini	Keskeiset kustannusajurit
1. Mobilisaatio ja logistiikka	25–30 %	1,0–2,1	Alusten mobilisaatio Säiikkunat Alusten päivähinnat Satamaetäisyys
2. Rakenteiden poisto (turbiinit, perustukset, sähköasemat)	25–30 %	1,0–2,1	Turbiinien lkm Perustustyyppi Syvyys Sähköasemien lkm
3. Kaapeleiden ja putkien irrotus ja käsittely	10–15 %	0,4–1,0	Kaapelien pituus Kaapeleiden suojaus
4. Jätteiden ja materiaali- virtojen hallinta	10–15 %	0,4–1,0	Jättemassat Betoni ja kivi- ainekset painovoima- perustuksissa
5. Projektin- hallinta	~5 %	0,2–0,4	Luvat, turvallisuus, raportointi
6. Varaukset ja jälkiseuranta	~10 %	0,4–0,7	Sääviiveet ja tekniset epävarmuudet Jälkiseurannan tarve
Yhteensä	-	4–7 milj. €/ turbiini	-

Perustusteknologioiden kustannusvaikutus

Perustusten ja rakenteiden purku muodostaa noin 25–30 % kokonaiskustannuksista. Perustustyyppi on tärkein yksittäinen kustannusajuri. Etenkin painovoimaperustuksen purku (poistettaessa kaikki rakenteet) aiheuttaa suuret kustannukset verrattuna muihin perustustapoihin.

Suomen olosuhteissa painovoimaperustukseen ja ristikkorakenteeseen perustuvat ratkaisut ovat suhteellisesti todennäköisimpiä verrattuna kansainvälisti yleiseen paaluperustukseen ja nostavat siten arvioituja purkukustannuksia.

Kaapelit, eroosiosuojaukset ja sähköasemat

Kaapeleiden poistaminen on yksi kustannusherkeimpiä osia Suomen olosuhteissa. Siirtokaapeleiden pituus on tyypillisesti 30–80 km ja niiden määrä 2–8 kappaletta eli yhteensä 60–640 kilometriä. Sisäisiä kaapeleita 70–130 voimalan hankkeessa on yhteensä noin 100–260 kilometriä. Jääolosuhteiden vuoksi niiden hautausvyvyys voi olla paikoin 1–3 metriä, tyypillisemmin 1–1,5 metriä. Suomen olosuhteissa kaapeleiden suojuksissa käytettäviä kiviaineksia voidaan tarvita runsaasti. Poistokustannukset ovat arviolta noin 20 000–40 000 €/km, mutta jääolosuhteissa ja muiden suojaustarpeiden takia yksikkökustannus voi nousta suojatuilta osin yli kaksinkertaiseksi.

Eroosiosuojauksen poisto (scour protection) muodostaa merkittävän kustannuserän erityisesti painovoimaperustuksissa. Kivimassojen nosto ja käsittely voivat olla 15–20 % perustuksen purkukustannuksesta²²⁸. Offshore-sähköasemien purku maksaa arviolta 1–3 miljoonaa €/asema.

228 Adedipe & Shafiee 2020.

Suomen erityisolosuhteet ja kustannusajurit

Suomen talousvyöhykkeen olosuhteet nostavat purkukustannuksia useiden tekijöiden kautta:

- Purkukustannuksia nostavat etenkin talviolosuhteet, jotka keskeyttävät isojen hankkeiden purkutyöt tammi-maaliskuun ajaksi, usein etenkin Perämerellä joulukuun puolivälistä toukokuun puoliväliin. Paras purkuaika on näin ollen lyhyt verrattuna kansainvälisiin purkuhankkeisiin. Tämä keskittää alusten kysyntää kesäkauteen ja voi vaikuttaa alusten saatavuuteen. Lisäksi keskeytys lisää mobilisaatioiden määrää.
- Pitkät erikoisalusten mobilisointimatkat ja etäisyydet satamiin (30–80 km) lisäävät logistiikkakustannuksia.
- Syvyysvaihtelut (20–60 m) lisäävät nostokaluston vaatimuksia (nostokalusto mitoitetaan suurimman syvyyden mukaan) ja suuremmat syvyydet lisäävät työaika.
- Kesäkauden lyhyiden vuoksi purkutöitä joudutaan ajoittamaan syksyksi, mikä lisää tuuliriskejä ja edelleen sääodotuspäiviä ja projektiaikaa.
- Raskaat perustukset ja eroosiosuojaukset, etenkin painovoimaperustusratkaisuissa, jotka voivat nostaa huomattavasti kokonaiskustannuksia.
- Jätteenkäsittelyinfrastruktuurin keskeneräisyys, joka kasvattaa kuljetus- ja loppusijoituskustannuksia, vaikka satamien yhteyteen suunnitellut laitokset voivat pitkällä aikavälillä laskea kustannuksia.

4.3 Purkukustannukset poistettaessa vain osa rakenteista ja laitteista Suomen talousvyöhykkeellä

Osittainen purku voi alentaa kokonaiskustannuksia 30–50 % verrattuna täydelliseen purkuun. Tämä vastaa Suomen oloissa arviolta noin **2–4 miljoonan euron kustannustasoa per turbiini**, kun täydellisen purun kustannukset ovat 4–7 miljoonaa euroa. Säästöjen suuruus riippuu erityisesti siitä, mitä rakenteita jätetään paikalleen ja missä määrin purku toteutetaan vaiheittain (*phased decommissioning*), jolloin resurssien käyttö voidaan jakaa pidemmälle ajalle ja offshore-alusten käyttö optimoida²²⁹.

229 BEIS 2019.

Perustusten osittainen jättäminen

Perustusten osittainen poistaminen on kustannuksiltaan merkittävin yksittäinen tekijä osittaisessa purussa. Adedipe & Shafiee²³⁰ osoittavat, että perustusten ja rakenteiden poisto muodostaa noin 25–30 % kokonaiskustannuksista, ja perustusten osittainen jättäminen voi yksinään vähentää purkamisen kokonaiskustannuksia 10–15 %.

a. Painovoimaperustukset (gravity base, betonilaatta)

Painovoimaperustuksen täydellinen poisto vaatii ruoppausta, massiivisen betonilaatan murskausta sekä eroosiosuojauksen poistamista, mikä tekee siitä purkukustannuksiltaan kalleimman vaihtoehdon. Jos peruslaatta jätetään paikalleen merenpohjan tasolle, mutta rakenteen yläosat poistetaan, kokonaiskustannuksia voidaan alentaa jopa 15 %. Tällöin vältetään laajamittainen ruoppaus ja betonijätteen käsittely, mutta jäännösvastuu säilyy, ja pohjan tilaa on monitoroitava 3–5 vuoden ajan²³¹.

b. Ristikkorakenteiset perustukset

Ristikkorakenteiden osittainen poisto tarkoittaa jalkarakenteiden leikkaamista merenpohjan tason alapuolelta ja yläosan nostamista pois. Tämä on yleinen menettely kansainvälisissä purkuhankkeissa²³². Kokonaiskustannussäästö on 5–10 %, koska nostokaluston käyttöaika vähenee.

c. Paaluperustukset

Paaluperustus on teknisesti yksinkertaisin purkaa, mutta usein paalu ei irtoa pohjasta nostamalla ja sen irrotus voi edellyttää esimerkiksi paalun tärisyttämistä. Osittainen purku tarkoittaa paalun leikkausta merenpohjan tason alapuolelta vesileikkausmenetelmällä. Arviolta osittaisen purkamisen kokonaiskustannussäästö on noin 5–10 %.

d. Kelluvien voimaloiden ankkuroinnit

Kelluvien voimaloiden purkaminen on teknisesti yksinkertaista, mutta ankkurointien jättäminen paikalleen voi tuoda 5 % säästön kokonaiskustannuksiin. Jääolosuhteissa ankkurointiratkaisut voivat olla järeitä tai paalutettuja, jolloin poistokustannukset voivat olla merkittävästi suurempia ja osittaisen poiston säästöt vastaavasti suurempia.

230 Adedipe & Shafiee 2020.

231 BEIS 2019.

232 Topham & McMillan 2017.

Yhteenvetona perustusten osittainen purku tuottaa 5–15 % kokonaiskustannusten pienemisen riippuen perustustyypistä. Suomessa säästöpotentiaali on suurin painovoimaperustusratkaisuissa, joissa logistiikan ja ruoppauksen osuus on huomattava.

Eroosiosuojauksen (scour protection) jättäminen

Eroosiosuojauksen poistaminen on logistisesti raskas ja kallis toimenpide, joka voi muodostaa huomattavat osuudet sekä painovoimaperustusten että paaluperustusten purkukustannuksista²³³. Pakenham et al.²³⁴ osoittavat, että eroosiosuojauksen jättäminen paikalleen vähentää kokonaiskustannuksia 1–3 %. Alankomaiden simulaatiotutkimuksessa paaluperusteisten voimaloiden pohjan eroosiosuojauksen poistaminen arvioitiin suurimmaksi kustannuseräksi, kattaen lähes 40 % täydellisen poiston kustannuksista.²³⁵

Suomen olosuhteissa eroosiosuojaukset koostuvat usein suurista kivimassoista, joiden käsittely vaatii tehokasta ruoppauskalustoa ja tehokasta satamalogistiikkaa. Eroosiosuojakivien jättäminen voi olla paitsi taloudellisesti perusteltua, mutta myös ympäristön kannalta kestävämpää.

Kaapeleiden ja putkien jättäminen

Kaapeleiden poistaminen on kansainvälisesti yksi kalleimmista purun osa-alueista suhteessa saavutettuun hyötyyn. Poistokustannus on arviolta noin 20 000–40 000 €/kaapelikilometri, mutta Suomen talousvyöhykkeen olosuhteissa kustannukset voivat nousta moninkertaisiksi, jos kaapelit tarvitsevat suojausta. Kaapeleiden suojauksessa käytettävän kivimurskan poistaminen voi aiheuttaa merkittävästi kustannuksia.

Jos kaapelit ja putkistot jätetään tai haudataan pysyvästi merenpohjaan, voidaan saavuttaa 10–15 % kokonaiskustannusten säästö. Jättäminen edellyttää jälkiseurantaa, mutta seurannan kustannus (1–2 % kokonaisarvosta) on pieni verrattuna poistokustannuksiin.

233 Adedipe & Shafiee 2020.

234 Pakenham et al. 2021.

235 Mancini, S., Bloothoofd, J. & Donnelly, G, 2026.

Osittaisessa purussa kaapeleiden jättäminen on siis taloudellisesti merkittävä yksittäinen säästökomponentti, ja Suomen sedimenttiolosuhteissa se voi olla myös ympäristöllisesti perusteltu, koska kaapelien poisto voisi lisätä sedimenttihäiriöitä ja haitta-aineiden vapautumista.

Logistiikan, aikataulutuksen ja vaiheittaisen purkamisen vaikutukset

Vaiheittaisessa purkamisessa (phased decommissioning) purkutyöt jaetaan useaan vaiheeseen esimerkiksi 2–5 vuoden aikajänteelle. Vaiheittaisella purkamisella voidaan alentaa kustannuksia keskimäärin noin 10–15 %, erityisesti silloin kun alusten käyttöä voidaan optimoida, sääolosuhteet huomioida joustavasti ja kaluston kilpailutusta hyödyntää paremmin. Lisäksi vaiheittaisessa purkamisessa voidaan saavuttaa synergiahyötyjä muiden hankkeiden kanssa.²³⁶

Suomen olosuhteissa, joissa jäätalvi rajoittaa työaikaa ja offshore-alusten tarjonta on rajallista, vaiheittainen toteutus voi olla ratkaisevan tärkeä kustannusten hallintakeino. Joustavuus vähentää kustannusriskiä ja mahdollistaa kustannusten alentamisen pitkällä aikavälillä.

Kustannusten yhteenveto

Osittaisessa purussa kustannussäästöt jakautuvat seuraavasti²³⁷:

236 Topham & McMillan 2017; Jadali et al. 2021.

237 Adedipe & Shafiee 2020; Pakenham et al. 2021.

Taulukko 16. Täyden purun ja osittaisen purun kustannukset.

Kustannuserä	Täysi purku milj.€/turbiini	Osittainen purku milj.€/ turbiini	Erotus täysi purku vs. osittainen purku milj.€/ turbiini
1. Mobilisaatio ja logistiikka	1,0–2,1	0,5–1,0	0,5–1,0
2. Rakenteiden poisto (turbiinit, perustukset, sähköasemat)	1,0–2,1	0,5–1,0	0,5–1,0
3. Kaapelit ja putket	0,4–1,0	0,1	0,3–0,9
4. Jätteiden ja materiaalivirrat	0,4–1,0	0,2–0,5	0,2–0,5
5. Projektinjohto	0,2–0,4	0,2–0,4	0,0
6. Varaukset ja seuranta	0,4–0,7	0,2–0,5	0,2
Yhteensä	4,0–7,0	2,0–4,0	2,0–3,0

Kokonaisarvio:

- Täysi purku: 4–7 M€/turbiini
- Osittainen purku: 2–4 M€/turbiini
- Keskimääräinen säästö: 38–54 %

Suomen talousvyöhykkeen olosuhteissa osittainen purku on taloudellisesti ja teknisesti perusteltu ratkaisu, jos turvallisuus ja ympäristöriskit voidaan hallita. Kustannussäästö on keskimäärin 38–54 % täydelliseen purkuun verrattuna, ja keskimääräinen säästö on merkittävä, noin 2,5 miljoona euroa per turbiini. Suurimmat säästöt syntyvät perustusten osittaisesta jättämisestä sekä kaapeleiden haudattuna säilyttämisestä.

Jos aluksia ei saada riittävästi tai kilpailukykyiseen hintaan parhaina purkuaikoina, voi olla järkevää toteuttaa purku osissa pidempänä kokonaisuikana, vaikka tämä lisää mobilisaatiokustannuksia.

4.4 Suomen talousvyöhykkeen purkukustannuksien mallinnus

Purkamisen kustannukset vaihtelevat paljon. Pelkällä turbiinikohtaisella yksikköhinnalla ei saada välttämättä luotettavaa kuvaa todellisista purkamisen hankekustannuksista suunnitelluilla hankealueilla.

Suomen talousvyöhykkeen olosuhteissa purkukustannuksiin vaikuttavat osittain eri tekijät ja eri painoarvoilla kuin Pohjanmerellä tai Itämeren eteläosissa. Merkittävimmät tekijät ovat perustustapa ja purkamisen aste.

Seuraavassa on mallinnettu purkukustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. Mallinnuksen periaatteena on kuvata peruskustannus ja skaalata muut vaihtoehdot johdonmukaisilla kertoimilla. Peruskustannuksen pohjana käytetään 15 MW paaluperusteisen turbiinin yksikkökustannusta, joka perustetaan alle 30 metrin syvyyteen ja alle 30 km päähän rannikosta.

Mallinnuksessa on myös huomioitu vaihtoehtoina ne, että puretanko rakenne kokonaan vai osittain. Mallinnuksissa käytettäviä kertoimia on arvioitu saatavilla olevien tietojen ja muun muassa merituulivoiman purkamista koskevien tutkimusten perusteella.

Mallinnuksen peruskustannuksena käytetään Adedipe & Shafiee 2020 tutkimuksen kustannuserittelyä (cost breakdown structure, CBS). Kyseisessä tutkimuksessa on laskettu purun kokonaiskustannus kokonaisteholtaan 500 MW ristikkorakenteiselle merituulivoimahankkeelle. Adodipe & Shafiee 2020 tutkimuksen oletuksina on, että merituulipuiston syvyysalue on 30–45 metriä, ristikkorakenteiset paalujalat leikataan 15 jalan syvyydeltä merenpohjasta. Hankkeella on yksi sähköasema. Siirtokaapelit jätetään paikoilleen ja sisäiset kaapelit poistetaan. Adodipe & Shafiee (2020) tutkimuksen tuloksena oli kokonaispurkukustannushaitari (sisältäen 10 % riskivaruksen) noin 167,1–277,7 miljoonaa euroa (145,3–241,5 miljoonaa puntaa) eli 334–555 t€/MW.²³⁸

Osa Adodipe & Shafiee (2020) kustannuseristä poikkeaa aiemmin esitellystä laskentarakenteesta. Esimerkiksi rakenteiden poistokustannuksissa on mukana rakenteiden merikuljetuskustannukset ja alusten sääodotuspäivät. Poikkeama on tehty aluskustannusten laskennan yksinkertaistamiseksi. Mallinnuksessa on käytetty samaa laskentatapaa.

²³⁸ Adedipe & Shafiee 2020.

Mallinnuksen kokonaiskaava

$$C_{\text{total}} = C_{\text{moblog}} + C_{\text{rak}} + C_{\text{kaap}} + C_{\text{jäte}} + C_{\text{PM}} + C_{\text{var}}$$

missä,

C_{total} = Purkamisen kokonaiskustannus

C_{moblog} = Mobilisaation ja logistiikan kustannus (huom. logistiikan aluskustannus on mukana rakenteiden purkamisen kustannuksessa)

C_{rak} = Rakenteiden purkamisen kustannus

C_{kaap} = Kaapeleiden purkamisen kustannus

$C_{\text{jäte}}$ = Jäte ja materiaalivirtojen kustannus

C_{PM} = Projektinjohdon kustannus

C_{var} = Varaukset ja jälkiseurannan kustannukset

Mobilisaatio ja logistiikka (C_{moblog})

Mobilisaatio ja logistiikka kustannuserässä tarkastellaan satamatoimintojen kustannuksia, operatiivisen maahenkilöstön ja tukitoimintojen kustannuksia ja aluksien mobilisaatio ja demobilisaatiokustannuksia. Kustannukset riippuvat muun muassa hankkeen kestosta ja tarvittavien mobilisaatioiden lukumäärästä. Kustannusluokittelusta poiketen aluskulujen ja sääviiveiden kustannukset on käsitelty rakenteiden poistamisen kustannuksissa, mobilisointia ja demobilisointia lukuun ottamatta.

Kertoimina on alus-kerroin, joka kuvastaa alusten tarvittavaa kokoluokkaa. Kerroin on mitoitettu eri kokoluokan alusten päivähintojen suhteesta. Toinen kerroin on mobilisaation pituus. Se suhteuttaa mobilisaatio- ja demobilisaatiokustannukset eri alueilta tuleville aluksille.

$$C_{\text{moblog}} = \frac{(C_{\text{satama, vuosikustannus}} / 4) \times N_{\text{kausi}} + (C_{\text{onshore, vuosikustannus}} / 4) \times N_{\text{kausi}} + C_{\text{mob, perus}} \times K_{\text{mob, pituus}} \times K_{\text{alus}} \times N_{\text{vuodet}} \times N_{\text{alusryhmä}}}{K_{\text{mob, pituus}} \times K_{\text{alus}} \times N_{\text{vuodet}} \times N_{\text{alusryhmä}}}$$

missä,

C_{moblog} = Mobilisaation ja logistiikan kustannus (huom. merikuljetukset osana rakenteiden purun kustannusta)

$C_{\text{satama, vuosikustannus}}$ = sataman vuosittainen kiinteä kustannus [kiinteä vuosikustannusarvio]

$C_{\text{onshore, vuosikustannus}}$ = operatiivisen maahenkilöstön ja tukitoimintojen vuosikustannus [kiinteä vuosikustannusarvio]

$C_{\text{mob, perus}}$ = mobilisaatio- ja demobilisaatiokustannus yhden purkualusryhmän osalta [kiinteä kustannusarvio per perusalusryhmä].

$K_{\text{mob, pituus}}$: Mobilisoitavien alusten lähtöalue [Itämeri=1,0; Pohjanmeri=1,25; Atlantti=1,50]. Kerroin perustuu siirtomatkan pituuden vaikutukseen mob. ja demob. kestoon ja kustannuksiin.

K_{alus} : mobilisoitavan purkualusryhmän kokoluokka [perus=1,00; +1 aluskokoluokka=1,21; +2 aluskokoluokkaa=1,32]. Luokat määritelty Jack-up ja Heavy Lift Vessel (HLV1–3) alusten kokoluokista. Kerroin perustuu näiden aluskokoluokkien päivähintoihin. Kokoluokka riippuu syvyyssalueista (jalkojen pituusvaatimus) ja turbiinien koosta (nostokorkeusvaatimus).

N_{kausi} = käytettyjen työkausien määrä [4–6]. Yksi kausi on 3 kuukautta. Talvella (tammi-maaliskuu) oletetaan ettei voi tehdä purkutöitä.

N_{vuodet} = montako vuotta työn tekeminen kestää [2]. Purkutyöt vaativat vähintään kaksi vuotta (käytettäessä 2–3 alusryhmää), koska talvi keskeyttää työt.

$N_{\text{alusryhmä}}$ = alusryhmien lukumäärä [2–3]. Määrä kertoo, monellako purkukalustolla työt tehdään samanaikaisesti. Yhdellä alusryhmällä työt kestäisivät arviolta 3–4 vuotta, koska talvi keskeyttää työt.

Rakenteiden purkaminen (C_{rak})

Rakenteiden purkaminen on isoin kustannusryhmä. Se sisältää turbiinien ja niiden perustusten purkamisen ja kuljettamisen satamaan. Rakenteiden purkamiskustannuksissa on mukana logistiikan aluskulut ja sääviiveet.

Kertoimina käytetään turbiinikokoa, joka vaikuttaa tarvittavaan työaikaan per turbiini. Perustustyyppi-kertoimella mitoitetaan eri perustustyyppien aiheuttamia kustannuksia. Syvyys-kertoimella mitoitetaan syvyyden vaikutusta työaikaan per turbiini. Etäisyys-kertoimella mitoitetaan rakenteiden kuljetusmatkan vaikutuksia kustannuksiin. Sää-kertoimella mitoitetaan alusten sääviiveiden määrää. Sääviivekertoimet on arvioitu eri työkuukausille. Purkuaste-kertoimella huomioidaan mahdollisen osittain purkamisen vaikutukset työmäärään ja kustannuksiin.

$$C_{rak} = N_{turb} \times C_{perus,15MW} \times K_{turbiinikoko} \times K_{perustustyyppi} \times K_{syvyys} \times K_{etäisyys} \times K_{sää,eff} \times K_{purkuaste,perustus} + N_{sähköas} \times C_{perus,sähköas} \times K_{perustustapa,sähköas} \times K_{syvyys} \times K_{etäisyys} \times K_{sää,eff} \times K_{purkuaste,sähköas}$$

missä,

C_{rak} = Rakenteiden poiston kustannus

N_{turb} = Turbiinien lukumäärä

$C_{perus,15MW}$ = Perusturbiinin poiston yksikkökustannus (paaluperustus, 15 MW turbiini)

$K_{turbiinikoko}$ = Turbiinikokokerroin [15 MW=1,00, 20 MW=1,20, 25 MW=1,50, 30 MW=1,80]. Yksikköpurkukustannus arvioidaan kasvavan 90 % voimalan tehon kasvamisesta.

$K_{perustustyyppi}$ = Käytetty perustustyyppi [paalu=1,00; ristikko=1,48; painovoima=1,54; kelluva=0,79]

K_{syvyys} = Painotettu kerroin alueen syvyysluokittain [<20 m=1,00; 20–50 m=1,05; 50–70 m=1,10; >70 m=1,15]

$K_{etäisyys}$ = Alueen etäisyys rannikosta [<30 km=1,00; 30–50 km=1,05; >50 km=1,07]

$K_{\text{sää,eff}}$ = Olosuhdekerroin [kuukausittaisella kertoimella painotettu sääodotus, katso erillinen taulukko 18]

$K_{\text{purkuaste,perustus}}$ = Perustusten purkuaste [osittainen purku: paalu=0,78, ristikko=0,70, painovoima=0,54, kelluva=0,65]

$N_{\text{sähköas.}}$ = Sähköasemien lukumäärä

$C_{\text{perus,sähköas.}}$ = Sähköaseman purun perusyksikköhinta, paaluperustus [kiinteä yksikköhinta]

$K_{\text{perustustapa,sähköas.}}$ = Sähköaseman perustustavan kustannuskerroin [paalu=1,20; ristikko=2,00; painovoima=2,16; kelluva=0,79]

$K_{\text{purkuaste,sähköas.}}$ = Sähköasemien purkuaste [täysi purku=1,00; osittainen purku=0,80]

Kaapeleiden purkaminen

Kaapeleiden purkamisen kustannukset riippuvat sisäisten ja siirtokaapeleiden kilometrimäärästä ja niiden suojauksen määrästä sekä reittien syvyydestä ja purkuolosuhteista. Laskennassa käytetään arvioituja yksikkökustannuksia per kilometri sisäisille ja siirtokaapeleille sekä suojauksen purulle.

$$C_{\text{kaap}} = (C_{\text{kaap,sisäinen}} \times L_{\text{kaap,sisäiset}} \times K_{\text{syvyys}} + C_{\text{kaap,siirto}} \times L_{\text{kaap,siirto}} + C_{\text{kaap,suojaus}} \times L_{\text{kaap,suojaus}}) \times K_{\text{sää,eff}} \times K_{\text{purkuaste_kaap}}$$

missä,

C_{kaap} = Kaapeleiden poiston kustannus

$C_{\text{kaap,sisäinen}}$ = Sisäisten kaapeleiden poiston peruskustannus kilometrille [30 000–40 000 €/km].

$C_{\text{kaap,siirto}}$ = Siirtokaapeleiden poiston peruskustannus kilometrille

$C_{\text{kaap,suojaus}}$ = Kaapeleiden suojauksen poiston peruskustannus kilometrille

$L_{\text{kaap,sisäinen}}$ = Sisäisten kaapeleiden kilometrimäärä

$L_{\text{kaap,siirto}}$ = Siirtokaapeleiden kilometrimäärä

$L_{\text{kaap,suojaus}}$ = Kaapeleiden suojauksen kilometrimäärä

K_{syvyys} = Painotettu kerroin tuulipuistoalueen syvyysluokittain [$<20 \text{ m}=1,00$;
 $20-50 \text{ m}=1,05$; $50-70 \text{ m}=1,10$; $>70 \text{ m}=1,15$]

$K_{\text{sää,eff}}$ = Olosuhdekerroin [kuukausittaisella kertoimella painotettu sääodotus]

$K_{\text{purkuaste_kaap}}$ = Kaapeleiden purkuastekerroin [täysi=1,0 eli 100 % puretaan;
osittainen=0,1 eli 10 % puretaan]

Jäte ja materiaaliveirrat

Jättemateriaalin määrä syntyy pääosin perustuksista ja turbiinin rakenteista, kuten rungosta ja lavoista. Myös sähköasemista ja kaapeleista syntyy jätettä. Merkittävimmät jäte-erät ovat kiviaineksia, betonia, terästä ja hiili- ja lasikuitukomposiittia. Metallien osalta on oletettu, että niistä saatava korvaus vastaa niiden käsittelyn kustannuksia, mutta niistä saatavat korvaukset eivät vaikuta muiden jäte-erien kustannuksiin.

$$C_{\text{jäte}} = M_{\text{perustus}} \times C_{\text{jäte,perustus}} \times K_{\text{purkuaste,perustus}} \times N_{\text{turb}} + M_{\text{sähköas.}} \times C_{\text{jäte,sähköas.}} \times K_{\text{purkuaste_sähköas.}} \\ \times N_{\text{sähköas.}} + M_{\text{kaapeli,km}} \times C_{\text{jäte,kaapeli}} \times K_{\text{purkuaste_kaap}} \times (L_{\text{kaap_siirto}} + L_{\text{kaap,sisäinen}}) + M_{\text{turb}} \times C_{\text{jäte_turb}} \times N_{\text{turb}}$$

missä,

$C_{\text{jäte}}$ = Jättekustannukset

M_{perustus} = Perustuksen jätemäärät, laskenta jäte-erittäin (tonnia) per turbiini

$C_{\text{jäte,perustus}}$ = Perustusten jäteyksikkökustannus, laskenta jäte-erittäin (€/tonni)

$K_{\text{purkuaste,perustus}}$ = Perustusten purkuaste

N_{turb} = Turbiinien lukumäärä

$M_{\text{sähköas.}}$ = Sähköasemien jätemäärät (tonnia), laskenta jäte-erittäin per sähköasema

$C_{\text{jäte,sähköas.}}$ = Sähköasemien jäteyksikkökustannus, laskenta jäte-erittäin (€/tonni)

$K_{\text{purkuaste_sähkös.}}$ = Sähköasemien perustusten purkuaste

$N_{\text{sähkös.}}$ = Sähköasemien lukumäärä

$M_{\text{kaapeli,km}}$ = Merikaapeleiden jätemäärät, laskenta jäte-erittäin (tonnia) per kilometri

$C_{\text{jäte,kaapeli}}$ = Kaapeleiden jäteyksikkökustannus jäte-erittäin (€/tonni)

$K_{\text{purkuaste,kaap}}$ = Kaapeleiden pukuaste

$L_{\text{kaap,siirto}}$ = Kaapeleiden kokonaispituus (km), laskenta jäte-erittäin

$L_{\text{kaap,sisäinen}}$ = Kaapeleiden kokonaispituus (km), laskenta jäte-erittäin

M_{turb} = Turbiinin muun kuin perustuksen jätemäärät, laskenta jäte-erittäin (tonnia)

$C_{\text{jäte,turb}}$ = Turbiinin muun kuin perustuksen jäte-erien jäteyksikkökustannus, laskenta jäte-erittäin (€/tonni)

Projektihallinta

Projektinhallinta sisältää projektinhallinnan ja lupa- ja viranomaismenettelyiden kustannukset. Hankekokertomella mitoitetaan eri hankekokojen vaikutusta projektinhallinnan työmäärään ja kustannuksiin. Purkuaste-kertomella mitoitetaan mahdollisen osittain purkamisen vaikutusta projektinhallinnan työmäärään ja kustannuksiin.

$$C_{\text{PM}} = C_{\text{PM,perus}} \times K_{\text{hankeko}} \times K_{\text{purkuaste,PM}}$$

missä.

C_{PM} = Projektinhallinnan kustannus

$C_{\text{PM,perus}}$ = Perushankeeseen (<1100 MW) projektin kustannus [15 M€ per hanke].

K_{hankeko} = Hankekokokerroin [<1100 MW=1,00; 1100–1500 MW=1,10; 1500–2000 MW=1,15 ja >2000 MW=1,20].

$K_{\text{purkuaste,PM}}$ = Purkuasteen vaikutus projektinhallintaan [täysi=1,0; osittainen=0,9].

Varaukset ja jälkiseuranta

Yleinen riskivaraus ja jälkiseurantavaraus on noin 10 % suorista kustannuksista.

$$C_{\text{var}} = C_{\text{suorat}} \times 10 \%$$

missä,

C_{var} = Varaukset ja jälkiseurannan kustannukset

C_{suorat} = Purkamisen suorat kustannukset [$C_{\text{moblog}} + C_{\text{rak}} + C_{\text{kaap}} + C_{\text{jäte}} + C_{\text{PM}}$].

Suomen talousvyöhykkeen päätösluonnoksen hankkeiden kustannukset

Talousvyöhykkeelle on talousvyöhykkeen päätösesityksessä määritelty neljä hanketta (arvioitu kokonaisteho): Perämeri pohjoinen (1 340 MW), Perämeri etelä (1 850 MW), Selkämeri länsi (1 050 MW) ja Selkämeri itä (1 110 MW).

Hankkeiden arvioidut kokonaiskustannukset, sisältäen 10 % varauksen, vaihtelevat laskennan mukaan **326,4–628,1 miljoonan euron** välillä täyden purun tilanteissa. Selkämeri itä -alue on purkukustannuksiltaan halvin ja Perämeri etelä -alue kallein. Turbiinia kohden yksikköhinnat vaihtelevat 4,7–6,5 miljoonan euron välillä ja MW kohden 291–353 tuhannen euron välillä. Adodipe & Shafiee 2020 tutkimuksen yksikkökustannusten ollessa 334–555 tuhatta euroa per MW.

Osittaisen purun tilanteessa hankkeiden kokonaiskustannukset, sisältäen 10 % varauksen, vaihtelevat laskennan mukaan **196,6–301,1 miljoonan euron** välillä. Selkämeri itä -alue on purkukustannuksiltaan halvin ja Perämeri etelä -alue kallein. 20 MW turbiinia kohden yksikköhinnat vaihtelevat 2,4–3,8 miljoonan euron välillä ja tehoa (MW) kohden 152–206 tuhannen euron välillä.

Kustannuksista tehdyn tutkimuksen perusteella osittainen purkaminen vähentää huomattavasti kustannuksia rakenteiden purkamisen osalta. Myös kaapeleiden jättämisellä on merkittävä kustannusvaikutus. Kustannusten alenema 15 MW voimaloilla ovat täydestä osittaisen purkuun: Perämeri pohjoinen -47,4 %, Perämeri etelä -52,1 %, Selkämeri länsi -41,5 % ja Selkämeri itä -40,0 %.

Kustannuslajeittain Suomen talousvyöhykkeen hankkeissa mobilisaatio- ja demobilisaatiokustannukset ovat suuremmat kuin kansainvälisissä hankkeissa, koska talvikautena ei lähtökohtaisesti voida tehdä purkutöitä. Purkuhankkeiden keston arvioidaan olevan vähintään kaksi vuotta, jolloin mobilisaatioita ja demobilisaatioita joudutaan tekemään kaksi kertaa enemmän kuin jatkuvassa hankkeessa.

Suomen hankkeiden jäte- ja materiaalivirroissa korostuvat perustukset ja niiden kiviainekset ja betoni.

Mallinnuksen perusteella suuremmat tuuliturbiinit alentavat €/MW-kustannuksia noin 7 % mittakaavaetujen ansiosta, vaikka niiden poistaminen vaatiikin suurempia aluksia.

Taulukko 17. Talusvyöhykkeen hankkeiden oletukset.

Tekijä	Perämeri pohjoinen	Perämeri etelä	Selkämeri länsi	Selkämeri itä
Alueen koko (km²)	224	284	211	202
Arvioitu tehokkuus (MW/km²)	6,0	6,5	5,0	5,5
Arvioidun tehokkuuden perusteella laskettu kokonaisteho (MW)	1 340	1 850	1 050	1 110
Turbiinien lukumäärä				
15 MW turbiinit	89	123	70	74
20 MW turbiinit	67	93	53	56
Syvyysluokat (%)				
alle 20 m	22 %	1 %	0 %	0 %
20–50 m	78 %	89 %	7 %	15 %
50–70 m	0 %	10 %	76 %	63 %
yli 70 m	0 %	0 %	17 %	22 %
Arvioidut perustustavat alueen syvyysluokkien perusteella				
paaluperustus	40 %	0 %	0 %	0 %
ristikkoperustus	0 %	10 %	76 %	63 %
painovoimanen	60 %	90 %	7 %	15 %
kelluva	0 %	0 %	17 %	22 %
Etäisyys satamasta tai rantautumisesta (km)	40	45	90	40
Kaapeleiden arvioitu pituus (km)				
sisäiset kaapelit (15MW)	178	246	140	148
sisäiset kaapelit (20 MW)	147	205	117	123
siirtokaapelit	200	315	360	160
kaapeleiden suojaus (%)	20 %	20 %	20 %	20 %
Arvioitu sähköasemien lukumäärä	2	3	2	2
Arvioitu siirtokaapeleiden lukumäärä	5	7	4	4

Näitä oletuksia käytetään laskennan pohjana.

Taulukko 18. Sääkertoimet.

Kuukausi	Perämeri pohjoinen	Perämeri etelä	Selkämeri länsi	Selkämeri itä
huhti	2,5	1,9	1,7	1,9
touko	1,6	1,5	1,45	1,45
kesä	1,05	1,05	1,05	1,05
heinä	1	1	1	1
elo	1,1	1,1	1,1	1,1
syys	1,3	1,3	1,3	1,3
loka	1,6	1,6	1,6	1,6
marras	1,8	1,8	1,8	1,8
joulu	2,5	2,2	2,3	2,2

Sääkertoimeen vaikuttavat arvioidut tuuli-, aallokko-, lämpötila (alle 0`C) ja jääolosuhteet. Olosuhteet vaikuttavat aluksien sääodotuspäiviin. Oletuksena on, että tammi-maalikuussa ei voi tehdä purkutöitä jääolosuhteiden takia. Efektiiiviseen kertoimeen on valittu aina pienimmän kertoimen työkuukaudet, kuten kesäkuukaudet.

Taulukko 19. Laskennassa käytettäviä kertoimia.

Kerroin	Perämeri pohjoinen	Perämeri etelä	Selkämeri länsi	Selkämeri itä
K_perustustapa	1,326	1,537	1,368	1,338
K_perustustapa, sähkö- asema	1,777	2,225	1,670	1,725
K_syvyys (painotettu ka)	1,039	1,055	1,108	1,107
K_etäisyys	1,02	1,03	1,07	1,02
K_sää, eff (täysi purku)	1,28	1,26	1,18	1,18
K_sää, eff (osittainen)	1,05	1,05	1,05	1,05
K_purkuaste, perustus (osittainen)	0,63	0,55	0,68	0,67
K_alus	1,21	1,32	1,32	1,32
N_kausi (täysi purku)	6	6	6	6
K_mob, pituus	1,0	1,0	1,0	1,0
N_kausi (osittainen purku)	4	4	4	4
N_vuodet	2	2	2	2
N_alusryhmä	2	3	2	2
K_hankekokko	1,10	1,15	1,10	1,10

Taulukko 20. Laskennassa käytetyt jätemäärät ja yksikkökustannukset.

Jäte-erä (tonnia)	paalu	painovoima	ristikko	kelluva
Perustus – perustustyytit				
Kiviainekset	1 032	5 162	516	0
Betoni	0	4 396	0	0
Teräs	475	699	1 430	1 000
Turbiini – kokoluokat	15 MW	20 MW	25 MW	30 MW
Teräs	1 170	1 248	1 331	1 420
Polymeerit	67	71	76	81
Lasi- ja hiilikuitukomposiitit	116	123	131	140
Öljyt ja muut kemikaalit	5,0	5,3	5,7	6,1
Alkuaine- ja erikoismetallit	305	326	347	371
Sähköasema – perustustyytit				
Kiviainekset, perustus	1 644	8 220	822	0
Betoni, perustus	0	7 000	0	0
Teräs, perustus	678	1 000	2 045	1 430
Teräs, asema	1 750	1 750	1 750	1 750
Öljyt ja muut kemikaalit	300	300	300	300

Kaapelit	tonnia per km	Huom.
Kiviainekset, siirtokaapelit (< 15 m syvyys + riskikohdat)	1 400	20 % suojattu tai muokattu koko kaapelin pituudesta (7 000 tonnia/km)
Polymeerit, siirtokaapelit	16,5	15 % massasta (siirtokaapelin massa noin 110 tonnia/km)
Metallit (teräs, Al, Cu), siirtokaapelit	93,5	85 % massasta (siirtokaapelin massa noin 110 tonnia/km)
Kiviainekset, sisäiset kaapelit (liityntä- ja riskikohdat)	1 000	20 % suojattu tai muokattu koko kaapelin pituudesta (5 000 tonnia/km)
Polymeerit, sisäiset kaapelit	6	15 % massasta (sisäisen kaapelin massa noin 40 tonnia/km)
Metallit (teräs, Al, Cu), sisäiset kaapelit	34	85 % massasta (sisäisen kaapelin massa noin 40 tonnia/km)

Yksikkökustannukset	€/tonni	Huom.
Kiviainekset	15	-
Betoni	25	-
Teräs	0	jätelain mukaan eri jätelajeja ei voi nettouttaa laskelmissa, jolloin käytetään metalleille 0-arvoa
Polymeerit	300	-
Lasi- ja hiilikuitukomposiitit	350	-
Öljyt ja muut kemikaalit	500	kemikaalien jätemääriin suhteutettu keskimääräinen kustannus
Alkuaine- ja erikoismetallit	0	jätelain mukaan eri jätelajeja ei voi nettouttaa laskelmissa, jolloin käytetään metalleille 0-arvoa

Taulukko 21. Laskennassa käytettyjä yksikkökustannuksia.

Yksikkökustannus	Paaluperustus	Ristikkoperustus	Painovoimaperustus	Kelluva perustus
15 MW turbiinin peruspurkukustannus (M€/turbiini)*	1,65	2,45	2,55	1,30
C_satama, vuosi (M€/vuosi)	20,0	20,0	20,0	20,0
C_onshore, vuosi (M€/vuosi)	5,0	5,0	5,0	5,0
C_mob, perus (M€/alusryhmä)	2,0	2,0	2,0	2,0
C_kaap, sisäinen (€/km)	35 000	35 000	35 000	35 000
C_kaap, siirto (€/km)	52 500	52 500	52 500	52 500
C_kaap, suojaus (€/km)	70 000	70 000	70 000	70 000
C_PM, perus (M€/hanke)	15,0	15,0	15,0	15,0
C_sähköasema, perus (M€)	1,5	1,5	1,5	1,5

* Turbiinin peruspurkukustannus eri perustustavoille on johdettu Adedipe & Shafiee 2020 -tutkimuksesta.

Taulukko 22. Laskennalliset purkukustannukset, täysi purku (15 MW voimalat)

Täysi purku (milj.€), 15 MW	Perämeri pohjoinen	Perämeri etelä	Selkämeri länsi	Selkämeri itä
Mobilisaatio ja logistiikka	47,2	53,3	48,1	48,1
Rakenteiden purkaminen	270,7	438,7	228,3	224,8
Kaapeleiden purkaminen	26,2	26,8	27,9	16,5
Jäte ja materiaalivirrat	21,0	35,0	16,2	12,2
Projektijohto ja HSE	16,5	17,3	16,5	16,5
Suorat yhteensä	381,5	571,0	336,9	318,1
Varaukset ja jälkiseuranta	38,2	57,1	33,7	31,8
Kaikki yhteensä	419,7	628,1	370,6	349,9
M€/turbiini (15 MW)	4,7	5,1	5,3	4,7
t€/MW	313	340	353	315

Taulukko 23. Laskennalliset purkukustannukset, osittainen purku (15 MW voimalat)

Osittainen purku (milj.€), 15 MW	Perämeri pohjoinen	Perämeri etelä	Selkämeri länsi	Selkämeri itä
Mobilisaatio ja logistiikka	34,7	40,8	35,6	35,6
Rakenteiden purkaminen	142,2	205,5	139,0	134,0
Kaapeleiden purkaminen	2,5	2,5	2,6	1,6
Jäte ja materiaalivirrat	6,3	9,3	5,0	4,8
Projektijohto ja HSE	14,9	15,5	14,9	14,9
Suorat yhteensä	200,5	273,7	197,1	190,7
Varaukset ja jälkiseuranta	20,1	27,4	19,7	19,1
Kaikki yhteensä	220,6	301,1	216,8	209,8
M€/turbiini (15 MW)	2,5	2,4	3,1	2,8
t€/MW	165	163	206	189

Taulukko 24. Laskennalliset purkukustannukset, täysi purku (20 MW voimalat).

Täysi purku (milj.€), 20 MW	Perämeri pohjoinen	Perämeri etelä	Selkämeri länsi	Selkämeri itä
Mobilisaatio ja logistiikka	47,2	53,3	48,1	48,1
Rakenteiden purkaminen	245,2	399,3	208,1	204,8
Kaapeleiden purkaminen	24,4	25,5	26,6	15,2
Jäte ja materiaalivirrat	21,0	35,0	16,2	12,2
Projektijohto ja HSE	16,5	17,3	16,5	16,5
Suorat yhteensä	354,3	530,3	315,4	296,8
Varaukset ja jälkiseuranta	35,4	53,0	31,5	29,7
Kaikki yhteensä	389,7	583,3	346,9	326,4
M€/turbiini (20 MW)	5,8	6,3	6,5	5,8
t€/MW	291	315	330	294

Taulukko 25. Laskennalliset purkukustannukset, osittainen purku (20 MW voimalat)

Osittainen purku (milj.€), 20 MW	Perämeri pohjoinen	Perämeri etelä	Selkämeri länsi	Selkämeri itä
Mobilisaatio ja logistiikka	34,7	40,8	35,6	35,6
Rakenteiden purkaminen	128,9	187,3	126,8	122,1
Kaapeleiden purkaminen	2,3	2,4	2,5	1,4
Jäte ja materiaalivirrat	6,3	9,3	5,0	4,8
Projektijohto ja HSE	14,9	15,5	14,9	14,9
Suorat yhteensä	187,1	255,4	184,7	178,7
Varaukset ja jälkiseuranta	18,7	25,5	18,5	17,9
Kaikki yhteensä	205,8	280,9	203,2	196,6
M€/turbiini (20 MW)	3,1	3,0	3,8	3,5
t€/MW	154	152	193	177

4.5 Yhteenveto

Merituulipuistojen purkukustannuksia voidaan määritellä kansainvälisten tutkimuksien mukaisesti. Toteutuneita isoja noin 15–25 megawatin voimaloita sisältäviä tuulipuistoja ei ole juurikaan purettu, joten niiden kustannusten arvioinnissa on suurta epävarmuutta. Tyypillisen kustannustason arvioidaan vaihtelevan täydellisessä purussa noin 170 000–550 000 euroon megawattia kohti, kun taas osittainen purku on selkeästi edullisempi, noin 100 000–250 000 euroa megawattia kohti.

Merkittävimmät kustannusluokat ovat mobilisaatio ja logistiikka sekä rakenteiden poisto, joiden yhteenlaskettu osuus muodostaa usein yli puolet kokonaiskustannuksista. Logistiikkaan vaikuttavat erityisesti erikoisalusten saatavuus, sääolosuhteet ja etäisyys satamiin. Rakenteiden poistamisen kustannukset vaihtelevat muun muassa perustustekniikan mukaan: painovoimaperustusten purku on kansainvälisesti todettu selvästi kalliimmaksi kuin paaluperustusten, koska massiivisten betonirakenteiden ja kiviaineksen käsittely on vaativaa ja hidasta. Kaapeleiden ja putkien pysyvä jättäminen merenpohjaan voi olla sekä taloudellisesti että ympäristöllisesti perusteltua niiden poistamiseen verrattuna.

Purkutoimien haasteet liittyvät ennen kaikkea erikoisaluskapasiteetin rajallisuuteen, purku- ja kierrätysinfrastruktuurin puutteisiin sekä lupamenettelyihin. Erikoisalusten niukkuus voi nostaa kustannuksia merkittävästi, ja satamien rajallinen kapasiteetti lisää edelleen aikaviiveitä. Kierrätysjärjestelmän keskeneräisyys kasvattaa erityisesti komposiitti-, betoni- ja metallijätteen käsittelyn kustannuksia. Lupaprosessit voivat viivästyttää hankkeita useilla kuukausilla, mikä korottaa kokonaiskustannuksia ja vaikeuttaa purkuvaiheen aikataulutusta.

Suomen talousvyöhykkeellä purkukustannuksia nostavat etenkin talviolosuhteet, jotka keskeyttävät isojen hankkeiden purkutyöt tammi-maaliskuun ajaksi, usein etenkin Perämerellä joulukuun puolivälistä toukokuun puoliväliin. Paras purkuaika on näin ollen lyhyt verrattuna kansainvälisiin purkuhankkeisiin. Tämä keskittää alusten kysyntää kesäkauteen ja voi vaikuttaa alusten saatavuuteen. Lisäksi keskeytys lisää mobilisaatioiden määrää. Perustustekniikoista erityisesti Suomen talousvyöhykkeen olosuhteissa tyypilliset painovoimaperustukset ja raskaat eroosiosuojaukset lisäävät purkukustannuksia, koska niiden poistaminen vaatii sekä paljon nostokalustoa että laajoja jätehuoltotoimia. Kaapeleiden poistamisen yksikkökustannukset voivat Suomen jää- ja pohjaolosuhteissa nousta

moninkertaisiksi verrattuna kansainvälisiin keskiarvoihin, koska kaapeleita pitää suojata vaurioitumisriskeiltä. Jätteenkäsittelyinfrastruktuuri ei ole vielä kehittynyt, mikä voi lisätä kuljetus- ja loppusijoituskustannuksia.

Täydellisen purkamisen kokonaiskustannukset Suomen oloissa ovat arviolta 4–7 miljoonaa euroa turbiinia kohti, mikä vastaa 200 000–350 000 euroa megawattia kohti 20 megawatin turbiineilla. Perustusten purku on merkittävin yksittäinen kustannustekijä.

Osittaisen purun on arvioitu vähentävän kokonaiskustannuksia 30–50 prosenttia, ja säästöpotentiaali on erityisen suuri Suomessa, missä perustusten massiivisuus ja kaapelien suojaustarve ovat korostuneita. Perustusten ylimpien osien poistaminen ja pohjarakenteiden jättäminen merenpohjaan voi vähentää kustannuksia jopa kolmanneksen, ja kaapeleiden jättäminen pysyvästi paikalleen voi tuoda 10–15 prosentin lisäsäästöt kokonaiskustannuksiin. Vaiheittainen purkaminen usean vuoden aikana voi vähentää aluskustannusriskiä ja helpottaa sääolosuhteiden hallintaa, mikä voi tuottaa merkittävän lisäsäästön kokonaiskustannuksiin.

Mallinnusten perusteella neljän valtioneuvoston päätösluonnoksen mukaisen Suomen talousvyöhykkeen hankkeen täydellisen purun kustannukset vaihtelevat 326–628 miljoonan euron välillä, kun taas osittaisen purun kustannukset vaihtelevat noin 197–301 miljoonan euron välillä. Turbiinikohtaiset kustannukset ovat mallinnuksen mukaan täydellisessä purussa 4,7–6,5 miljoonaa euroa ja osittaisessa purussa 2,4–3,8 miljoonaa euroa. MW-kohtaiset kustannukset ovat mallinnuksen mukaan 291–353 t€ täydellisessä purussa ja 152–206 t€ osittaisessa purussa.

Osittaisen purkamisen tuomat säästöt arvioidaan hankkeittain olevan noin 40–52 prosentin välillä. Osittaisen purkamisen kustannussäästöt aiheutuvat erityisesti pohjarakenteiden ja kaapeleiden jättämisestä merenpohjaan.

Suomen olosuhteissa purkuprosessi edellyttää huolellista suunnittelua, markkina- ja sääolosuhteiden huomioimista sekä infrastruktuurin jatkuvaa kehittämistä. Ennakoiva logistiikan suunnittelu ja realistinen vaiheistus ovat keskeisiä uskottavan kustannusarvion ja purkuvakuuksien mitoittamisen kannalta. Keskeistä on myös päivittää purkukustannuslaskelmat säännöllisin väliajoin purkumenetelmien ja alusten markkinoiden kehittyessä.

5 Toiminnanharjoittajan vastuuta täydentävien rahoitusjärjestelyjen vertailu

5.1 Vertailun lähtökohdat

5.1.1 Toiminnanharjoittajan vastuuta täydentävän rahoituksen tarve

Tässä luvussa arvioidaan ja vertaillaan vaihtoehtoisia aiheuttajan vastuuta täydentäviä rahoitusjärjestelyjä. Niillä varmistetaan rahoitus talousvyöhykkeen merituulivoimalan purkamista varten, jos toiminnanharjoittaja ei poikkeuksellisesti maksaisi purkukustannuksia. Toiminnanharjoittajan vastuuta täydentäviä rahoitusjärjestelyitä ovat esimerkiksi vakuudet, sopimusjärjestelyt, valtion suora rahoitus ja valtion budjetin ulkopuoliset korvausrahastot.

Kaikki toiminnanharjoittajan vastuuta täydentävät rahoitusmallit koostuvat kolmesta pääelementistä: miten järjestetään taloudellisen rahoitusvastuun kohdentaminen (yksittäinen yritys, toimiala, valtio), vastuun juridinen toteuttamistapa (laki vai sopimus) ja millä oikeudellisilla ja hallinnollisella instrumentilla organisoidaan taloudellisten järjestelyjen toteuttaminen (vakuudet, vakuutukset, takaukset, sopimusjärjestelyt, valtion suora rahoitus ja valtion budjetin ulkopuoliset korvausrahastot).

Luvuissa 5 ja 6. käytetään työkäsitteenä ”toiminnanharjoittajaa”, sillä se kattaa parhaiten tuulivoimalatoimintaan liittyvän purkuvastuun. Lisäksi sitä käytetään myös ympäristönsuojelu- ja jätelainsäädännössä varsin vakiintuneesti. Se kattaa tuulivoiman rakentamisen yhteydessä paljon käytetyn hankekehittäjän käsitteen ja toiminnan uuden omistajan harjoittaman merituulivoimatoiminnan.

Tavoitteena on, että normaalitilanteessa toiminnanharjoittaja toteuttaa itse purkamisen ja kerää tuulivoimalan toiminnan aikana riittävät resurssit väistämättä tulevaisuudessa edessä olevia purkukustannuksia varten. Aina näin ei tapahdu. Syitä voi olla monenlaisia. Kun tuulivoimalan purkaminen tapahtuu noin 35 vuoden kuluttua sähköntuotannon aloittamisesta, voi ennakoimattomia muutoksia aiheutua yrityksen taloudelliselle tilanteelle. Muutosten syynä voivat

olla esimerkiksi yleisten taloudellisten suhdanteiden, sähkön hinnan, sähkön tuotannon kannattavuuden tai poliittisten olojen muutokset. Ylipäättänsä merituulivoiman rakentaminen muuttuu Suomessa taloudellisesti kannattavaksi vasta tulevaisuudessa merituulivoimateknologian kehittymisen ja sähkön markkinahintojen suotuisan kehityksen myötä, mutta silti kannattavuudessa on yksittäisten hankkeiden välillä suurta vaihtelua.²³⁹

Taloudellisten riskien aktualisoitumisen seurauksena voi olla tuulivoimayrityksen maksukyvyttömyys, maksuhaluttomuus tai kustannusten perinnän mahdottomuus yrityksen toiminnan päättyessä. Maksukyvyttömyystilanteissa purkukustannukset ja myös purkamisen toteuttaminen jäisivät nykyisen sääntelyn nojalla käytännössä väistämättä valtion viranomaisen vastuulle, sillä Suomen talousvyöhykkeellä ei ole muita mahdollisia maksajia. Kuten luvusta 4. ilmenee, purkamisen kustannukset voivat olla meriolosuhteissa tapahtuvassa isojen laitosten purkamisessa hyvinkin korkeita, joten valtion edun kannalta on välttämätöntä, että maksukyvyttömyystilanteisiin on taloudellisesti varauduttu.

5.1.2 Talousvyöhykkeen merituulivoimaloiden erityispiirteet täydentävien rahoitusjärjestelyiden kannalta

Suomen talousvyöhykkeen merituulivoimaloilla on sääntelyn, viranomaisten toimivallan, luonnonolosuhteiden ja tekniikan näkökulmasta erityispiirteitä, jotka poikkeavat aluevesien ja maa-alueiden muista tuulivoimaloista sekä myös teollisuuslaitoksista. Nämä piirteet vaikuttavat yhtäältä toiminnan päättymisen jälkeisen purkamisvastuun laajuuteen ja toisaalta purkukustannusten täydentävien rahoitusjärjestelyiden valintaan ja toteuttamiseen.

Esimerkiksi voidaan ottaa ennallistamis- ja purkuvakuuden vaatiminen merialueiden tuulipuistoyrityksiltä. Vakuutta ei voida nykyisin vaatia talousvyöhykkeellä sijaitsevilta voimaloilta, sen sijaan valtion yleisiä vesialueita hallinnoiva Metsähallitus edellyttää luovuttaessaan alueitaan tuulivoimakäyttöön, että käyttöoikeussopimuksissa sitoudutaan riittävän ennallistamis- ja purkuvakuuden asettamiseen²⁴⁰. Myös maa-alueilla yksityiset maanomistajat voivat

239 HE 147/2024 vp, luku 2.8.

240 Työ- ja elinkeinoministeriö, 2024. Merituulivoiman edistämisen toimenpidesuunnitelma, s. 21.

vaatia purkuvakuutta vuokratessaan alueitaan tuulivoimaloita varten. Jäljempänä tässä luvussa keskitytään nimenomaan talousvyöhykkeen merituulivoimaloihin soveltuviin täydentäviin rahoitusmalleihin.

Merituulivoimalan toiminta-aika tiedetään varsin tarkasti etukäteen, sillä se on eri voimaloissa samaa suuruusluokkaa. Laitteiden ja rakennelmien tekninen kestoikä on useita kymmeniä vuosia. Yleisenä lähtökohtana tuulivoimaloissa on, että turvallisuussyistä rakennelmia ja laitteita ei voida enää käyttää niiden teknisen toimintaiän päättyessä, vaikka samalla paikalla jatkettaisiin tuulivoiman tuotantoa. Tämä tuulivoimaloille tyypillinen kaikkien rakennelmien purkamisen poikkeaa maa-alueiden teollisuuslaitoksien lopettamisvaiheen purkamisesta, sillä teollisuuslaitosten kaikkia rakennelmia ei lähtökohtaisesti tarvitse purkaa yrityksen toiminnan päättyessä, joten niitä koskevaa purkamisvakuutta ei ole pidetty tarpeellisena.

Pääsääntöisesti purkamisvastuu siis aktualisoituu tuulivoimalan teknisen käyttöiän päättymisen jälkeen, mutta taloudellisten edellytysten muuttuessa toiminta voi päättyä jo aiemminkin. Näihin vaihteleviin toiminta-aikoihin on sopeuduttava täydentävässä rahoitusjärjestelmässä siten, että jo tuulivoimalan toiminnan alkuvaiheessa on riittävästi varauduttu myös sen päättymiseen ja mahdollisiin rakennelmien purkukustannuksiin.

Tuulivoimapuistossa on useita, jopa kymmeniä tuulivoimaloita. Yleensä ne rakennetaan samassa hankkeessa. Poikkeuksellisesti rakentaminen ei tapahdu kerralla vaan pitemmän ajan kuluessa, joten tuulipuiston kaikkien voimaloiden sähköntuotantotoiminta ei välttämättä ala saman aikaisesti. Voimaloiden suuri määrä tuulipuistossa vaikuttaa myös purkamisen tulevaan toteuttamiseen, sillä mahdollisesti rakennetaan ja puretaan koko alue kerralla tai ne tapahtuvat vaiheittain. Edellä mainittuihin seikkoihin on varauduttava täydentävässä rahoitusjärjestelmässä riittävän joustavilla mekanismeilla. Esimerkiksi tuulivoimapuiston käyttöönoton ja purkamisen vaihteellisuus vaikuttaa siihen, aloitetaanko ja lopetetaanko vakuusmaksujen perintä yksittäisen voimalan toiminta-ajan vai koko tuulipuiston toiminta-ajan perusteella.

Tuulivoimapuistossa on useita erillisiä voimaloita, joiden kunkin rakennelmiin kuuluu eri osia, kuten siivet, konehuone, runko, perustukset, erilaiset johdot puiston sisällä sekä johdot tuulipuistosta kohti kantaverkkoa mantereella. Voimaloiden ominaisuudet ja kokoluokka vaihtelevat samoin luonnon- ja muut olosuhteet ovat erilaisia talousvyöhykkeen eri osissa. Nämä seikat vaikuttavat ennallistamis- ja purkuvastuuseen, joka täsmennetään yksittäistapauksittain talousvyöhykkeellä sovellettavan lainsäädännön ja sen soveltamiseen toimivaltaisen viranomaisen

harkinnan perusteella. Vastuut kattavien vakuuksien suuruus määritellään yksittäistapauksittain vakuuden vastaanottavan viranomaisen toimesta. Tuulivoimalatoimintaa harjoitetaan usein siten, että erillinen hankekehittäjä rakentaa ensin tuulivoimapuiston ja myy sen liiketoiminnan harjoittamista varten pitempiaikaiselle omistajalle. Tämä omistussubjektien vaihtuminen on otettava huomioon vastuujärjestelmässä siten, että omistajan vaihdostilanteissa on aina voimassa täydentävä vastuujärjestely, katkottomasti myös siirtymävaiheiden ajan.

Suomessa, kuten muissakin maissa on tavallista, että merituulipuistojen omistajat ovat usein ulkomaalaisia isoja organisaatioita, sillä niillä on riittävästi pääomia rahoittaa puistojen kalliita rakennushankkeita. Usein kyse on eläkesäätiöistä tai vastaavista pitkäaikaista sijoituskohdetta tavoittelevista organisaatioista. Yhtäältä tämä voi mahdollisesti vaikuttaa niissä päätöksentekotilanteissa, joissa kotimainen tai ulkomaalaisomisteinen yritys harkitsevat ns. sosiaalisen toimiluvan tai yhteiskuntavastuun perusteella, mitä ”ylimääräisiä” eli muita kuin lakisääteisiä kustannuksia aiheuttavia purkamis- tai muita toimenpiteitä yritys toteuttaa. Toisaalta maksukyvyttömyystilanteissa omistajayhtiön kaukainen kotimaa voi yksittäistapauksessa vaikeuttaa valvontaviranomaisen kustannusten perintää, sillä oikeustoimet ulkomaan lainsäädäntöä soveltavassa Suomen oikeuskulttuurin näkökulmasta vieraassa tuomioistuimessa edellyttävät erityistä asiantuntemusta ja paikallisia asiamiehiä. Lisäksi ulkomaisen tuomioistuimen tai muun viranomaisen tekemien päätösten toimeenpanossa on omat haasteensa, kuten kustannusten suuruus ja mahdollinen pitkä kesto. Näiden seikkojen vaikutus purkukustannusten perinnän onnistumiseen on epävarmuustekijä, joka puoltaa valtion tarvetta varautua täydentävillä rahoitusjärjestelyillä maksukyvyttömyystilanteisiin. Valtion kannalta on merkittävä etu, jos täydentäviin rahoitusmalleihin sovelletaan Suomen lakia ja perintäasiat käsitellään suomalaisissa viranomaisissa.

Vaikka tässä yhteydessä tarkastellaan pelkästään talousvyöhykkeen merituulivoimaloiden ennallistamis- ja purkuvastuuta, se on vain osa tuulivoiman sääntelykokonaisuutta. Pääministeri Orpon hallitusohjelman tavoitteena on selkeyttää pelisääntöjä toteuttamalla lainsäädäntöhanke, jossa Suomen talousvyöhykkeeseen kuuluvia vesialueita koskeva lainsäädäntö, lupaprosessit sekä korvaus- ja veroasiat määritellään viipymättä sekä yhteensovitetaan aluevesillä ja maa-alueilla toteutettavien hankkeiden pelisääntöjen kanssa²⁴¹. Tämä hallituksen tavoite yhteensovittamisesta ei sinänsä estä säätämästä erilaajuisia rakennelmien purkamisvastuita sovellettavaksi aluevesillä ja talousvyöhykkeellä,

241 Vahva ja välittävä Suomi Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma 20.6.2023, sivu 141.

jos rakennelmista aiheutuu erilaisia haittoja eri merialueilla esimerkiksi luonnolle, kalastukselle tai meriliikenteelle. Hallitusohjelman tavoitteiden mukaista olisi, että talousvyöhykkeellä, aluevesillä ja maa-alueilla on jatkossa riittävästi varauduttu purku- ja ennallistamiskustannusten rahoittamiseen maksukyvyttömyystilanteissa. Tuulivoimayritysten tasavertaisen kohtelun kannalta olisi johdonmukaista, että täydentävän rahoitusjärjestelmän toteuttamismalli olisi lähtökohtaisesti perusratkaisultaan samantyyppinen kaikilla merellisillä alueilla, ellei ole perusteltua syytä erilaisille malleille ja niiden aiheuttamille erisuuruksille yritysten kustannuksille. Varsin ilmeistä on, että maa-alueiden täydentävän vastuun sääntely ei sovellu merialueiden lainsäädännön valmistelussa vertailukohdaksi, sillä maanomistus, kiinteistönhaltijan toissijainen vastuu ja kunnan rooli poikkeavat vastaavien seikkojen sääntelystä talousvyöhykkeellä ja aluevesillä.

5.2 Vaihtoehtoiset täydentävien rahoitusjärjestelyiden toteuttamistavat

Seuraavassa tunnistetaan aluksi kolme vaihtoehtoa siitä, miten eri tahoihin voidaan kohdentaa taloudellista vastuuta purkamisen kustannuksista ja toimimisesta. Sen jälkeen arvioidaan, tarvitaanko vaihtoehtojen toteuttamiseen lainsäädäntöä vai riittävätkö yksityisoikeudelliset sopimusjärjestelyt.

5.2.1 Vastuun kohdentaminen

Vaihtoehtoiset vastuu- ja rahoitusmallit maksukyvyttömyystilanteiden varalle ryhmitellään seuraavassa kolmeen vaihtoehtoon sen perusteella, mikä taho vastaa ennallistamisesta ja purkamisesta kustannuksineen. Kunkin vaihtoehdon sisällä on edelleen useita mahdollisuuksia nimetä organisaatio toteuttamaan velvoitteet. Vaihtoehtoiset rahoitusmallit ja niiden toteuttamiskeinot ovat:

- A. Yksittäinen toiminnanharjoittaja vastaa
- Toteuttamiskeinoina esimerkiksi yksityisoikeudelliset sopimukset, vakuus, vakuutus tai käteistalletus viranomaiselle.
- B. Koko tuulivoimatoimiala vastaa solidaarisesti
- Toteuttamiskeinoina esimerkiksi toimialan yritysten yhteisesti sopima vakuus, takaus tai sopimusperusteinen erillinen uusi organisaatio, kuten rahasto.
- C. Valtio vastaa
- Toteuttamiskeinoina varojen kokoaminen yleisellä verotuksella tai maksuilla ja kertyvien varojen jakaminen valtion budjetin tai budjetin ulkopuolisen rahaston kautta.

5.2.2 Rahoitusjärjestelyiden juridinen perusta

Edellä kuvatut kustannus- ja toimimisvastuumallit rahoitusjärjestelyineen voidaan oikeudellisesti velvoittavasti perustaa joko lainsäädännöllä tai yksityisoikeudellisilla sopimusjärjestelyillä seuraavilla tavoilla. Niiden vaikutuksia hahmotellaan alustavasti mahdollisessa säädösvalmistelussa tehtäviä tarkempia selvityksiä varten:

1. Lainsäädännössä perustettavat veloitteet

Esimerkiksi voidaan säätää yrityksille velvollisuus osallistua lakisääteiseen koko toimialan kattavaan julkisoikeudelliseen purkurahoitusrahastoon tai antaa viranomaiselle joko vakuus tai käteistalletus. Yrityksen veloitteet on mahdollista perustaa esimerkiksi seuraavilla lainsäädäntöratkaisuilla:

- säätämällä talousvyöhykkeen tuulivoimaloiden purku- ja ennallistamisvelvoitteista erityislaki.
- säätämällä kaikista purku- ja ennallistamisvelvoitteista yleislaki tai säännös, jonka soveltamisala kattaisi tuulivoimalat kaikilla merialueilla (talousvyöhyke, muut merialueet) ja myös maa-alueilla.
- lisäämällä nykyiseen talousvyöhykkeellä sovellettavaan lainsäädäntöön, lähinnä vesilakiin, uusia säännöksiä tuulivoimalan purkamisvelvoitteista ja vakuuden asettamisesta viranomaiselle, jolloin veloitteet olisi mahdollista määrätä tuulivoimaloiden erilaisten lupien lupaehdoiksi.

2. **Yksityisoikeudellisella sopimuksella perustettavat velvoitteet**

Esimerkiksi kaikki toimialan yritykset päättävät keskenään toteuttaa yhteisen purkurahoitusrahaston purkukustannusten kattamiseksi.

Yksityisoikeudellisiin sopimuksiin kokonaan perustuvat osapuolten järjestelyt ovat periaatteessa joustavia, sillä ne mahdollistavat tapauskohtaisten olosuhteiden ottamisen kustannustehokkaasti huomioon. Kuitenkaan sopimusten varassa ei voida luoda koko Suomen kattavaa ratkaisua, joka kattaisi kaikki talousvyöhykkeen merituulivoima-alan toimijat sekä olisi yhdenmukainen ja pysyvä koko toimialan kannalta. Syitä on useita. Yksityisoikeudelliset sopimukset ovat ongelmallisia varsinkin pitkällä aikavälillä. Kaikki yritykset eivät ehkä halua liittyä järjestelyyn mukaan. Yksityisoikeudelliset sopimusjärjestelyt eivät turvaa riittävästi alan toiminnanharjoittajien, merialueilla toimivien yksityisten tahojen tai erilaisten yleisten etujen intressejä, sillä niillä ei voida turvata rahoitusjärjestelyjen julkisuutta, kattavuutta, pysyvyyttä, varmuutta purkutöiden toteuttajan nimeämisestä tai yhdenmukaista käytäntöä purkuvelvoitteiden materiaalsen sisällön suhteen.

Tosin nykyinen vakuusjärjestelmä maa-alueiden tuulivoimaloissa toimii ilman lainsäädäntöperustaa yksityisoikeudellisten sopimusten varassa. Tässä maa-alueiden sopimusjärjestelyssä osapuolet voivat kylläkin ottaa tapauskohtaiset seikat huomioon paremmin kuin lakiperusteisissa malleissa, mutta se aiheuttaa haitallisia sivuvaikutuksia järjestelyn kattavuudessa, yhtenäisessä sopimusten sisällössä ja toiminnan julkisuuden puutteena. Malli on siis mahdollista tehdä kattavammaksi käyttämällä velvoittavaa lainsäädäntöä, joka estää järjestelmän ulkopuolelle jäävät tilanteet ja muut puutteet. Lainsäädäntöä siis tarvitaan, sillä voimalan omistajan ja valtion yksityisoikeudellinen sopimussuhde ei ole oikeudellisesti riittävän varma keino ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi.

3. **Yhdistelmä, jossa lain säännöksillä veloitetaan yrityksiä toteuttamaan yksityisoikeudellisia järjestelyitä**

Esimerkiksi tuulivoimalan omistajat ja valtio talousvyöhykealueen käytöstä päättävänä oikeussubjektina voisivat tehdä keskinäisiä sopimuksia tuulivoimatoimijan velvoittamisesta purkamaan tuulivoimala sen käytön päätyttyä ja asettamaan purkamistoimenpiteiden suorittamista turvaava vakuus valtion hyväksi. Lähtökohtaisesti Suomen valtio kylläkin päättää talousvyöhykkeen hyödyntämisestä, mutta kuvattu sopimus lienee tulkittava

hallintotehtävien hoitamiseen liittyväksi hallintosopimukseksi, joiden tekeminen edellyttää yleensä erityistä oikeusperustaa. Tämä ratkaisu vaatisi mahdollisesti lainsäädännön muutoksia, sillä talousvyöhykkeellä valtio ei käsitteellisesti ole merialueen omistaja, eikä siten voi tehdä talousvyöhykettä koskevia vuokrasopimuksia, sillä talousvyöhykelaisissa ei ole siihen tarvittavaa valtuutusta sopimusten tekemiseen.

Tuulivoimalaan liittyvien johtojen poistamiseen voidaan velvoittaa nykyisen lainsäädännönkin perusteella. Talousvyöhykettä koskevan lain 6 §:n perusteella valtio voi rakentamiseen suostuessaan päätöksen ehdoissa edellyttää johtojen purkamista toiminnan päättyessä Laissa merituulivoimasta talousvyöhykkeellä (937/2024) ei ole nimenomaisia säännöksiä, joiden perusteella lain nojalla tehdyissä hallintopäätöksissä voitaisiin toiminnanharjoittajalta edellyttää perustusten ja voimalan purkamista, mutta tässä raportissa tehdyn tulkinnan mukaan lain 17 §:n mukaisen hyödyntämistuvan ehdoissa sitä voidaan edellyttää.

Johtopäätös

Johtopäätöksenä edellä olevan tarkastelun perusteella on, että yksinomaan sopimuksilla toteutettavat järjestelyt eivät ole varsinkaan pitemmällä aikavälillä riittävän varmoja keinoja saavuttaa asetettuja poliittisia tavoitteita. Tästä syystä sopimusperusteista mallia ei jäljempänä pidetä toteuttamiskelpoisena vaihtoehtona järjestellä sitovalla tavalla vastuita ja niiden kohdentumista²⁴². Sen sijaan lainsäädäntöön kokonaan tai osin tukeutuvat järjestelyt (vaihtoehdot 1. ja 3.) tarjoavat ennakoitavamman lopputuloksen kuin sopimus pohjaiset mallit. Tämän perusteella on päädytty arvioon, että maksukyvyttömyystilanteiden rahoituksen turvaavan järjestelyn oikeudellisesta statuksesta ja organisatorisesta toteutuksesta on välttämätöntä säätää lainsäädännössä.

242 Sääntelyn toteuttamisen vaihtoehtoisia keinoja on myös analysoitu, tosin nimenomaan maatuulivoimaloiden näkökulmasta ympäristöministeriön teettämässä muistiossa (Selvitys tuulivoimaloiden purkamista koskevasta lainsäädännöstä Asianajotoimisto Hannes Snellman, 8.9.2023, sivu 2 ja 27–29) sekä ympäristöministeriön teettämässä taustaselvityksessä (Maatuulivoimaloiden purkamiskustannusten ja purkamisen rahoitusmallien arviointi. Suomen ympäristökeskus. 2025).

5.3 Vaihtoehtoisten rahoitusjärjestelyjen vertailu

Seuraavassa jaksossa vertaillaan vaihtoehtoisia rahoitusmalleja soveltaen jaksossa 5.3.1 määriteltyjä vertailukriteerejä. Vertailu tapahtuu yleisellä tasolla, sillä sääntelyn sisältöä ei ole vielä päätetty, joten sen vaikutuksia ei voida tarkemmin arvioida. Tämän tutkimuksen laatimisen aikaan ei ollut päätöksiä muun muassa siitä, miten lainsäädännössä yksityiskohtaisesti järjestetään purku- ja ennallistamiskustannusten rahoittaja, sääntelymallin valinta, toimivaltainen viranomainen, purkamis- ja ennallistamisvastuun sisällön laajuus.

5.3.1 Vertailukriteerien muodostaminen

Seuraavassa muodostetaan vaihtoehtojen vertailussa käytettävät kriteerit ja kuvataan niiden valinnan perustelut. Kriteerit perustuvat osin mallien kykyyn toteuttaa valmisteltavalle sääntelylle asetettuja yleisiä tavoitteita ja osin yleisempiin asianmukaisen sääntelyn ominaisuuksiin. Lisäksi kriteereissä on ennakoitu sitä, että rahoitusmallin tulevassa soveltamisessa ilmenee yksittäisiä käytännön seikkoja ja tarpeita, jotka edellyttävät mallia voitavan sopeuttaa esimerkiksi sen tarjoaman rahoituskyvyn muutostarpeisiin.

1. Kattavuus erilaisissa tilanteissa ja kohteissa

Tavoitteena on, että merituulivoimalan rakennelmat poistetaan ja aluetta ennallistetaan riittävästi toiminnan aloittamista edeltäneeseen tilaan ympäristösyistä ja rajoituksettoman jatkokäytön mahdollistamiseksi.

Rahoitusmallin tulee kuitenkin olla joustava, sillä purkamis- ja ennallistamistoimenpiteiden ajoitus ja vaatimustaso voi vaihdella tapauskohtaisesti yksittäisen alueen olosuhteiden perusteella. Esimerkiksi:

- Puretaanko perustukset ja merenpohjalle maa- tai kiviaineksella tehdyt tasanteet tai muut täytöt ja sähkökaapelit kokonaisuudessaan, osittain vai ei lainkaan?
- Puretaanko yhdellä hankkeella kaikki tuulivoimapuiston voimalat vai poikkeuksellisesti pitemmän ajan kuluessa vaiheistetusti useampana erillisenä purkuhankkeena?
- Millaisia maisemointi- ja ennallistamistoimia vaaditaan?
- Onko rakennelmista tai merenpohjasta poistettava haitallisia purkamisessa syntyviä jätteitä tai haitallisia aineita, kuten öljyä tai muita kemikaaleja?
- Millaisia rakenneratkaisuja on käytetty perustuksissa (betoni/teräsmäärät) ja tornin rakenteissa jne.?

2. **Muutokset mahdollisia voimassaoloon ja rahoituskapasiteettiin**

Tavoitteena on, että vastuut oikeasuhteisesti kattava rahoitusjärjestely on voimassa kunkin tuulivoimalan rakentamistöiden aloittamisesta yhtäjaksoisesti siihen asti, kunnes tuulivoimala on purettu ja sen rakennuspaikka on ennallistettu tai omistajan vaihtuessa voimalan uudella omistajalla on rahoitusjärjestely voimassa.

Rahoitusmallin tulee mahdollistaa kestoon ja kapasiteettiin muutoksia. Esimerkiksi:

- Vakuuden tai muun vastaavan järjestelyn suuruutta ja voimassaolon kestoja tulee voida tarkistaa tarvittaessa.
- Yrityskaupoissa tai vuokrasopimuksen sopijapuolen vaihtuessa järjestelyn sitovuus säilyy tai uusi rahoitusjärjestely saadaan sujuvasti voimaan.
- Vakuuden arvo säilyy varmuudella esim. indeksitarkistuksen kautta.

3. **Sääntelyn toteuttamisen, varojen realisoinnin ja muun hallinnoinnin sujuvuus**

Tavoitteena on, että uuden järjestelyn toteuttaminen sääntelyllä on hallinnollisesti ja kohderyhmien kannalta sujuvaa sekä menettelyt ovat mahdollisimman kevyitä

Rahoitusmallissa on otettava huomioon ainakin seuraavat seikat:

- Perustamiselle ei ole lainsäädännöllisiä esteitä.
- Hallinnointi on selkeää ja sen kustannukset mahdollisimman edulliset.
- Järjestely päättyy voimalan omistajan kannalta yksinkertaisella menettelyllä, kun hän on täyttänyt purku- ja ennallistamisveloitteensa.

4. Tuulivoiman hyväksyttävyyden lisääminen

Tavoitteena on lisätä tuulivoiman hyväksyttävyyttä varmistamalla, että luotettavasta ja kustannustehokkaasta järjestelmästä rahoitetaan maksukyvyttömyystilanteissa toimenpiteet ja voidaan nimetä tarvittaessa niiden maksaja.

Rahoitusmallissa on otettava huomioon ainakin seuraavat seikat:

- Vastuu kustannuksista ja toimimisvelvollisuus on järjestetty lainsäädännössä.
- Viimesijainen toimista vastaava taho on nimetty tai tiedossa kaikkien tilanteiden varalle.

5. Vastuu aiheuttamisperiaatteen mukaista

Tavoitteena on, että vastuu kustannuksista ja toimimisvelvollisuus kohdentuvat aiheuttamisperiaatteen mukaisesti.

Rahoitusmallissa on otettava huomioon ainakin seuraavat seikat:

- Ensisijaisesti purkamisen, alueen ennallistamisen ja purkujätteen jätehuollon järjestää ja kustannukset maksaa toiminnanharjoittaja kustannusten aiheuttajana, ei valtio tai haittoja kärsivä taho.
- Täydentävän rahoitusjärjestelyn ylläpitokustannukset kohdennetaan mahdollisuuksien mukaan riskit aiheuttaneeseen toimijaan.

5.3.2 Yksittäisen toiminnanharjoittajan vastuu

Kyse on voimalan omistajan/toiminnanharjoittajan toimimisvastuusta ja hänen maksukyvyttömyytensä varalle antamastaan taloudellisesta turvajärjestelystä purkukustannusten rahoittamiseksi. Kyse voisi olla esimerkiksi vakuudesta valtiolle tai vaihtoehtoisesti muustakin taloudellisesta järjestelystä. Tässä yhteydessä vakuudella tarkoitetaan kolmannen tahon toiminnanharjoittajan kanssa tekemänsä sopimuksen perusteella ottamaansa vastuuta toiminnanharjoittajan kustannusvastuusta valtiolle. Teoriassa vakuus voi olla myös ns. konsernitakaus, jossa emoyhtiö ottaa vastuun tytäryhtiön veloista. Esimerkiksi Metsähallitus luovuttaessaan alueita tuulivoimakäyttöön neuvottelee tapauskohtaisesti

hankekehittäjän kanssa hyväksyttävästä vakuustyyppistä ja rahoituslaitoksesta. Neuvottelussa otetaan huomioon saatavien varmuutta koskevat taloustiedot ja osapuolille edullisimmat vaihtoehdot.²⁴³

Käytännössä olisi kyse lakisääteisestä velvollisuudesta tai vapaaehtoiseen sopimukseen perustuvasta velvollisuudesta järjestää turvaava rahoitus, mutta molemmissa vaihtoehdoissa vakuus- tai muun sopimuksen osapuolten keskinäiset yksityiskohtaiset järjestelyt voisivat olla yksityiskohdissaan monella tavoin järjestettyjä.

Tarkastelunäkökulmina jäljempänä ovat toisaalta viranomaisen ja voimalan omistajan välinen suhde, ja toisaalta voimalan omistajan ja vakuuden myöntäjän välinen suhde.

1. Kattavuus erilaisissa tilanteissa ja kohteissa

Mallin etuna on mahdollisuus ottaa yrityskohtaiset seikat ja kohdekohtaiset olosuhteet huomioon, kun vakuuden tai vastaavan järjestelyn ehdot ja suuruus määritellään tapauskohtaisesti. Tarvetta tapauskohtaiselle harkinnalle on, sillä purkamis- ja ennallistamistoimenpiteiden ajoitus ja vaatimustaso voivat vaihdella merituulivoimalan sijaintipaikan ja muiden olosuhteiden perusteella.

Mallin toteuttaminen edellyttää yksityiskohtaista ja velvoittavaa lainsäädäntöä, jotta se kattaisi kaikki tuulipuistot ja sen soveltamiskäytäntö olisi yhdenmukaista. Lakisääteisyys estäisi sen, ettei järjestelmän soveltamisalan ulkopuolelle jäisi voimalan omistajia tai että tapauskohtaisesti vakuudet olisivat riittämättömiä. Lakisääteisyys on selkeästi oikeusvarmuuden tae, vaikka tosin nykyinen maa-alueiden tuulivoimaloiden ja yleisten merialueiden vakuusjärjestelmä toimivat ainakin jollain tavoin myös ilman selkeää lakiperustaa.²⁴⁴ Talousvyöhykkeiden osalta tarvitaan kuitenkin välttämättä lainsäädäntöä. Edellä jaksossa 5.2.2 on perusteltu, että lainsäädäntö on välttämätöntä sen johdosta, että voimalan omistajan ja valtion talousvyöhykkeen hyödyntämisestä päättävänä tahona tekemä

²⁴³ Metsähallitus haastattelu 4.10.2025

²⁴⁴ Selvyyden vuoksi on todettava, että maa-alueiden tuulivoimaloiden vakuuksia koskeva sopimuskäytäntö on epäyhtenäinen eikä turvaa vakuuksien käytön kattavuutta tai sisällön yhtenäistä tasoa.

yksityissoikeudellinen sopimussuhde ei ole ilman sopimukseen valtuuttavaa sääntelyä oikeudellisesti riittävän varma keino ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi.

2. **Muutokset voimassaoloaikaan tai rahoituskapasiteettiin ovat mahdollisia**

Voimalan omistajan tapauskohtaisesti asettaman vakuuden tai muun rahoitusjärjestelyn volyymin säätäminen on mahdollista järjestää lainsäädännön kautta joustavasti ja valvovan viranomaisen työn kannalta riittävällä tavalla. Lähtökohtaisesti tulevat lopettamisvaiheen ennallistamis- ja purkamiskustannukset ennakoidaan jo toiminnan lupia harkittaessa, mutta on varauduttava siihenkin, että vuosikymmenten mittaan kustannukset muuttuvat olosuhteiden, ympäristö- ja muun lainsäädännön tai rakennuskustannusten muutosten myötä. Tästä voi seurata tarve tarkistaa rahoitusjärjestelyn kapasiteettia. Mikäli rahoitusmalli ei perustuisi velvoittavaan lainsäädäntöön vaan sopimukseen, muutoksia ei pystyittäisi toteuttamaan kaikille toiminnanharjoittajille keskitetysti ja sisällöltään yhtenäisesti. Silloin muutosten tekemismahdollisuus rahoitusehtoihin riippuisi siitä, mitä sopimuksen osapuolet ovat keskinäisessä sopimuksessaan sopineet vakuuden sisällön muuttamisesta.

3. **Sääntelyn toteuttamisen, varojen realisoinnin ja muun hallinnon sujuvuus**

Valtion viranomaisten kannalta tähän malliin perustuvan vakuus- tai muun vastaavan järjestelyn perustaminen lainsäädäntötoimella on verraten yksinkertaista verrattuna koko toimialaan perustuvaan malliin, sillä velvoitteet voidaan kohdistaa yhteen tahoon eli voimalaitoksen omistajaan.

Yleisten ympäristöpoliittisten tavoitteiden (kuten kiertotalous ja jätehuolto) toteutumisen kannalta tämä malli on selkeä ja mahdollistaa vaikutusten ennustettavuuden ja kattaa lainsäädännöllä toteutettuna hyvin kaikki toimijat.

Valvontaviranomaisen kannalta erityisesti vakuusmalli on selkeä ja hallinnon järjestämistä ajatellen ympäristöoikeuden alalla useammassa yhteydessä koeteltu ratkaisu, joka mahdollistaa viranomaisen toteuttamien ennallistamistoimien edellyttämien varojen melko nopean saamisen, sillä vakuus voidaan muuttaa nopeasti rahaksi. Vakuuksien käytöstä on kokemuksia muiden säännösten soveltamisen yhteydessä.

Voimalan omistajan kannalta vakuusmalli on toiminnallisesti ennustettava ja kustannuksiltaan ennakoitavissa. Esimerkiksi voimalan omistajan ja vakuuden myöntävän rahoituslaitoksen sopimussuhteen kannalta on selkeästi määriteltävissä, että vakuuden tarve päättyy, kun omistaja on täyttänyt purku- ja ennallistamisvelvoitteensa.

Vakuuksia myöntäville rahoituslaitoksille purkuvakuus tmv. on todennäköisesti osa tuulivoimayrityksen muun liiketoiminnan vakiintunutta ja tavanomaista rahoitusta, joten sen myöntäminen ei aiheuttane laajempia taustaselvityksiä tai erityistä uutta seuranta-omistajan taloudellisesta tilanteesta.

4. **Tuulivoiman hyväksyttävyyden lisääminen**

Malli lisää tuulivoiman yleistä hyväksyttävyyttä, sillä malli on ilmeisen luotettava, kattava, toiminnalle on viranomaisvalvonta, toiminta on julkista ja vaatimustaso on yhtenäinen. Lisäksi aiheuttamisperiaate toteutuu kustannusten kohdentuessa toiminnanharjoittajaan.

5. **Kustannusvastuun ja toimimisvelvollisuuden kohdentumisen aiheuttamisperiaatteen mukaisuus**

Malli on aiheuttamisperiaatteen mukainen, sillä tarve maksukyvyttömyystilanteisiin varautumiseen perustuu tuulivoimatoiminnan harjoittamiseen kiinteästi liittyviin tyypillisiin yritystoiminnan maksukyvyttömyysriskeihin, joihin varautumisen kustannukset tulee kanavoida kustannusten aiheuttajaan.

5.3.3 Merituulitoimialan solidaarinen vastuu

Mallissa toimenpiteistä ensisijaisesti vastaava taho on yksittäisen voimalan omistaja, mutta tämän maksukyvyttömyystilanteiden varalta tarpeellisten toimien toteutus/kustannukset järjestetään toimialan solidaariseen vastuuseen perustuvalla mallilla. Kyseessä olisi kaikkien merituulivoimalan omistajien yhteistoiminnassa viranomaiselle tai muulle mahdolliselle toimenpiteistä vastaavalle taholle yhteisesti järjestämä rahoitusjärjestely. Kyseessä voisi olla vakuus, takaus, vakuutus, sopimus tai perustettava keskinäinen rahasto tai muu vastaava toimialan yritysten solidaariseen rahoitusvastuuseen perustuva ratkaisu.

Vakuus-, takaus- tai vakuutusperusteinen keskinäinen malli voitaisiin organisoida hyvin monella tavalla. Kyse voisi olla yhtä voimalaa varten soviteltu tai kaavamainen yleisiin sopimusehtoihin perustuva rahoitusjärjestely. Rahastomallissa on kaksi vaihtoehtoa, toisaalta yksityisoikeudellisella sopimuksella voitaisiin perustaa voimalan omistajien rahoittama uusi yksityisoikeudellinen toimija huolehtimaan rahoituksesta ja toimenpiteistä. Toisaalta lainsäädännöllä voitaisiin perustaa julkisoikeudellinen organisaatio, joka vastaisi sekä ennallistamistoimien rahoittamisesta ja toteuttamisesta tai pelkästään rahoittamisesta.

Seuraavassa mallien tarkastelu on tehty periaatteellisella tasolla. Siinä ei ole erikseen tarkasteltu sitä, koskisiko ehdotettu malli vain talousvyöhykkeen merituulivoimaloita vai kaikkia merituulivoimaloita vai sekä maa- että merituulivoimaloita. Teoriassa nämä kaikki olisivat mahdollisia.

1. **Kattavuus erilaisissa tilanteissa ja kohteissa**

Voimaloiden omistajien yhteistoiminnassa vapaaehtoisesti toteuttamien mallien yhteinen ongelma on, miten saada kaikki voimalan omistajat liittymään järjestelyyn mukaan ja sitoutumaan taloudellisiin velvollisuuksiin useaksi vuosikymmeneksi. Järjestelyn tulisi kestää laskukaudet ja yritysten konkurssit. Vapaaehtoiseen sopimukseen turvautuen kattavuuden tavoite on ilmeisen epärealistinen, kun otetaan huomioon alan yritysten suuri lukumäärä, omistussuhteiden dynaamisuus ja toimijoiden erilaiset intressit sekä kohteiden erilaiset piirteet.

Laajaa ja pysyvää toimijoiden kattavuutta olisi vaikea saavuttaa ilman sitovaa lainsäädäntöä. Säättämällä uutta lainsäädäntöä olisi teoriassa mahdollista asettaa kattavia velvollisuuksia koko alalle ja edellyttää esimerkiksi uuden tuulivoima-alan keskinäisen maksukyvyttömyystilanteiden ympäristökustannusten korvausrahaston perustamista tai muun yhteisen vastuujärjestelmän luomista. Mahdollista olisi toteuttaa asioista vastaava rahasto joko julkisoikeudellisena toimijana tai sopimusperusteisena organisaationa.

2. **Muutokset voimassaoloaikaan tai rahoituskapasiteettiin mahdollisia**

Riippuu toteuttamismallista, missä määrin olosuhteiden edellyttämiä muutoksia voidaan tehdä. Sopimusperusteisessa mallissa olisi muutostarpeet otettava huomioon jo ennakoivasti, sillä lukuisten toimijoiden hyväksyntää on vaikea myöhemmin hankkia nopeasti yksittäisissä uusissa tilanteissa.

Lakisääteisessä rahastomallissa voitaisiin maksuturvasta perittäviä maksuja mahdollisesti säätää muuttuneita rahoitustarpeita vastaavasti, sillä lain vaikutukset voitaisiin kohdistaa velvoittavina kaikkiin toimijoihin.

3. **Sääntelyn toteuttamisen, varojen realisoinnin ja muun hallinnonin sujuvuus**

Valtion viranomaisen kannalta uuden toimialakohtaisen järjestelyn perustaminen on varsin monimutkaista verrattuna esimerkiksi yksittäisen omistajan antaman vakuusjärjestelyn toteuttamiseen. Mallin sisällöstä riippumatta sen toteuttaminen on varsin hankalaa, sillä haasteena on saada kaikki toimialan yritykset järjestelyn piiriin ja heidän yhteistoimintaansa varten synnytettyä oikeushenkilö tai osallistujia sitova sopimusjärjestely. Ilman lainsäädäntöä se tuskin on mahdollista, mutta lakiperusteisuudella menetettäisiin ne mahdolliset joustot ja edut, joita vapaaehtoinen sopimusperusteisuus tuottaisi.

Varojen realisoinnin ja muun hallinnonin sujuvuus riippuisi valitun järjestelyn sisällön yksityiskohdista. Esimerkiksi ensisijaisen vastuutahon maksukyvyttömyyden selvittelyn oikeustie (käsitelläänkö korvausasiانا yleisessä alioikeudessa vai hallinto-oikeudessa) vaikuttaa päätösten saamisen nopeuteen ja kustannuksiin. Tässä suhteessa menettely on ympäristölupiin liittyvässä vakuusjärjestelmässä nopeaa, sillä yrityksen toimimis- ja kustannusvastuu selvitetään hallintomenettelyssä. Siitä voitaisiin lähtökohtaisesti saada omistajan maksukyvyttömyystilanteissa rahoitus ennallistamis- ja purkutöihin varsin nopeasti.

Valvontaviranomaisen kannalta yksittäisen voimalan vakuusjärjestely (Malli A) on nopea ja selkeä vaihtoehto, sillä siitä saa omistajan maksukyvyttömyystilanteissa nopeasti rahoituksen valtion kustannusten kattamiseksi. Sen sijaan toimialakohtaisesta vastuujärjestelmästä (Malli B) rahoituksen saaminen on hankalampaa ja hitaampaa, tosin tämä riippuu mallin toteuttamistavasta. Esimerkiksi toimialan yhteinen vakuus voi sen ehdoista riippuen olla samanveroinen kuin malli A. Sen sijaan sellainen malli B:n hallinnollinen toteutustapa (esim. toimialan sopimusperusteinen organisaatio), jossa valtiolle perittävä purkukustannusten rahoitus olisi mahdollista vasta tuomioistuimen vahvistettua kustannusvastuun, olisi olennaisesti hitaampi.

Voimalan omistajan kannalta vakuusmallin toiminnan ja kustannusten ennustettavuus ovat etuja verrattuna esimerkiksi rahastotyypisiin ratkaisuihin tai toimialan yhteisesti toteuttamiin malleihin, sillä omistaja voisi itse sopia vakuuden ehdoista ja hinnasta valitsemansa rahoituslaitoksen kanssa.

Vakuuksia myöntävien rahoituslaitosten kannalta yksittäisen yrityksen asettama purkuvakuus on selkeästi toteutettava ja on muilla toimialoilla käytössä oleva liiketoiminnan muoto.

Edellä ehdotettu koko toimialan kattavaan solidaariseen vastuuseen liittyvä rahoitusjärjestely vaikuttaisi rahoituslaitosten palveluiden kysyntään. Siinäkin tarvittaisiin rahoituslaitosten tai vakuutusyhtiöiden palveluita, jos malli perustuisi koko toimialan kattaviin vakuuksiin.

4. **Tuulivoiman hyväksyttävyyden lisääminen**

Mallissa tuulivoiman yleistä hyväksyttävyyttä lisää aiheuttamisperiaatteen toteutuminen toimialan yhteisen vastuun kautta siten, että tuulivoimaloiden omistajat rahoittaisivat mallin toiminnan kustannukset. Luonnollisesti mallin yleisen hyväksyttävyyden kannalta vaikuttaa ratkaisevasti se, millaisena malli toteutettaisiin ja millaisilla eri tahoille aiheutuvilla kustannuksilla.

5. **Kustannusvastuu ja toimimisvelvollisuuden kohdentumisen aiheuttamisperiaatteen mukaisuus**

Malli on aiheuttamisperiaatteen mukainen, sillä lähtökohtaisesti tuulivoimalan omistaja rahoittaa tässäkin mallissa toimenpiteiden kustannukset sen sijaan, että valtiolla tai sitä edustavalla viranomaisella on riski päätyä maksukyvyttömyystilanteissa maksajaksi.

5.3.4 Valtion vastuu

Kyseessä olisi valtion perimillään veroilla tai maksuilla kokoamiin varoihin perustuva suora budjettirahoitus tai budjetin sisäinen rahasto. Rahoituksen perusteena voisi olla joko yleinen verotus tai vaihtoehtoisesti tuulivoimalan omistajiin kohdennettu vero tai maksu. Valtion vastuu toiminnanharjoittajan maksukyvyttömyystilanteissa voi käytännössä olla joko nimenomaisesti valtiolle ja sitä edustamaan nimetylle viranomaiselle säädettyä vastuuta lainsäädännön valvontaviranomaisena taikka olla ilman uusia säännöksiäkin tapahtuvaa valtion tosiasiallista toimintaa akuuttien vaaratilanteiden poistamiseksi.

1. **Kattavuus erilaisissa tilanteissa ja kohteissa**

Valtion rahoitukseen perustuva mallin kattavuus on lainsäädännöllä järjestettävissä kaikkiin tilanteisiin sopivaksi. Valtion yksilöity säädösperusteinen vastuu takaisi sen, että kaikissa ennakoitavissa tilanteissa olisi ennakolta nimettävissä joku toimiva viranomaisen purkutöiden organisoijaksi. Näiden toimien rahoitus perustuisi voimalan omistajan maksukyvyttömyystilanteissa valtion budjettiin ja viimekädessä siis valtion verotuloihin, joten teoriassa kustannuksilla ei olisi ylärajaa.

2. **Muutokset voimassaoloaikaan tai rahoituskapasiteettiin mahdollisia**

Olosuhteiden muutosten ottaminen huomioon on lainsäädännöllä järjestettävissä, kuten edellä kohdassa 1.

3. **Sääntelyn toteuttamisen, varojen realisoinnin ja muun hallinnon sujuvuus**

Valtion yleisiin verotuloihin perustuva ja budjettirahoituksen kautta ohjattava malli on useasta syystä, kuten purkamisen ja purkujätehuollon kustannusten valtion varoista maksamisen mahdollisesti todettavan valtioneuvoston ja valtiontukiluonteen sekä aiheuttamisperiaatteen ja yleisen hyväksyttävyyden kannalta, käytännössä ilmeisen epärealistinen. Lähtökohtaisesti valtion rahoitukseen perustuvat ratkaisut eivät sovellu purkuvaiheen jätehuoltovastuiden järjestämiseen, sillä ne ovat toiminnanharjoittajille kuuluvia ennakoitavissa olevia lakisäätöisiä tehtäviä. Tämä on merkittävä periaatteellinen ero verrattuna esimerkiksi äkillisten ympäristövahinkojen korvaamiseen, joihin liittyvien aiheuttajan maksukyvyttömyystilanteiden varalta on ollut mahdollista käyttää valtion varoja. Myöskään uuden erillisen valtion budjetin ulkopuoliset korvausrahaston perustamisedellytykset eivät täyty.

Perustuslain (731/1999) 87 §:ssä ja sen esitöissä on käsitelty talousarvion ulkopuolisten rahastojen asemaa valtion taloudenhoidossa. Rahastot ovat poikkeus, ja perustuslaissa on säädetty edellytykset uusien rahastojen perustamiselle tai rahastojen toiminnan merkittävälle laajentamiselle. Lisäksi uuden rahaston perustaminen tai toiminnan merkittävä laajentaminen vaatii eduskunnan kahden kolmasosan enemmistön. Rahaston perustamiselta vaadittavien edellytysten vuoksi uusi rahasto voidaan perustaa vain, jos valtion pysyvän tehtävän hoitaminen sitä ehdottomasti edellyttää. Edellytyksiin kuuluu, että jos tehtävä kuuluu pysyvästi valtion hoidettavaksi,

eivät budjettitalouden joustavoittamiskeinot, kuten nettobudjetointi, monivuotinen budjetointi tai siirto- ja arviomäärärahat sovellu tehtävän hoitamiseen. Edellytykset voivat täytyä myös silloin, jos tehtävään liittyvien huomattavien menoerien toteutuminen on vaikeasti ennakoitavissa. Vaatimukset rahaston perustamiselle tai vanhojen rahastojen toiminnan laajentamiselle ovat tiukat, minkä perusteena on se, että rahastot kaventavat eduskunnan budjettivaltaa. Perustuslain esitöissä käsitellään myös keinoja, joilla turvataan eduskunnan päätösvaltaa rahastojen taloudenhoidossa. Eduskunnan budjettivallan säilyttämiseksi rahaston tehtävät voidaan määrittellä tyhjentävästi rahastoa koskevassa erityislaissa, rahastolta voidaan kieltää itsenäinen lainanotto, rahaston sijoittamiselle voidaan asettaa rajoituksia tai rahaston tulot voidaan ohjata talousarvion kautta.

Menoja vastaavien maksujen kerääminen rahastoitavaksi merituulitoimialalta olisi valtion talouden mittakaavan kannalta pienen mittakaavan toimintaa ja siltä kannalta kustannustehoton ratkaisu aiheutuvaan hallinnolliseen työmäärään nähden. Valtion budjetoinnin kannalta varojen rahastointi esim. 35–50 vuodeksi ennen mahdollista käyttöä olisi poikkeuksellinen ja hyvinkin ongelmallinen tehtävä.

Varojen hallinnoinnin kannalta se, että rahoitus maksukyvyttömyystilanteissa maksettaisiin valtion varoista, edellyttäisi ennakollisia hallinnollisia järjestelyitä, joissa tehtävä osoitettaisiin johonkin sellaiseen nimettyyn hallinnolliseen yksikköön, jolla olisi riittävät resurssit ja tekninen asiantuntemus.

Valtion verotuloihin tai maksuihin perustuvan mallin varojen realisoinnin ja muun hallinnoinnin sujuvuutta voi tarkemmin arvioida vasta sen jälkeen, kun toteutettavan mallin yksityiskohdista on alustavasti päätetty.

4. **Tuulivoiman hyväksyttävyyden lisääminen**

Tuulivoiman yleistä hyväksyttävyyttä malli lisäisi siltä osin, että valtion taloudellisen rahoitusvastuun kautta purku- ja ennallistamiskustannusten maksaja olisi kattavasti järjestetty erilaisia maksukyvyttömyystilanteita varten.

Hyväksyttävyyttä kuitenkin vähentäisi se, että valtion yleisiin verotuloihin perustuva rahoitusmalli ei toteuttaisi aiheuttamisperiaatetta.

Tilanne olisi tässä suhteessa hyväksyttävyyden kannalta jossain määrin toisenlainen, jos valtion vastuu -malli kokonaan rahoitettaisiin kaikkiin tuulivoimalan omistajiin kohdistuneella erityisellä maksulla, joka täysin määrin vastaisi valtiolle maksukyvyttömyystilanteiden hoitamisesta aiheutuvia menoja. Käytännössä maksun mitoittaminen vastaamaan menoja olisi mahdotonta, sillä maksukyvyttömyystilanteiden määrää ja kustannuksia ei voi tarkasti ennakoida, sillä niissä olisi taloudellisten suhdanteiden mukaisia vaihteluita.

Teoriassa on mahdollista, että valtio toimisi talousvyöhykkeellä kaikkien purkutöiden toteuttajana, mutta siihen pitäisi olla erityisiä syitä. Valtiontukisääntelyn perusteella valtio ei voi ottaa kovin kevyin perusteluin hoitaakseen yritystoimintaan luontevana osana kuuluvia purkuvelvoitteita toimivien yritysten puolesta, sillä se heikentäisi muiden merialueiden ja maa-alueiden tuulivoimaloiden sekä muun energiantuotannon kilpailuedellytyksiä.

5. Kustannusvastuun ja toimimisvelvollisuuden kohdentamisen aiheuttamisperiaatteen mukaisuus

Valtion rahoitus on mallina lähtökohtaisesti tässä tilanteessa aiheuttamisperiaatteen vastainen, sillä yleisillä veroilla rahoitettaisiin ennakoitavissa olevien ja yrityksille kuuluvien purkamistoimenpiteiden kustannukset. Aiheuttamisperiaate tai valtiontukisäännökset eivät siis aina estä valtiota rahoittamasta yllättävien ympäristöriskien poistamista maksukyvyttömyystilanteissa, mutta tuulivoimaloihin liittyvä purkuvelvollisuus on tiedossa ennakolta kuten myös yritystoiminnan konkurssiriskit, joten lainsäätäjänä valtion tulisi varautua riskeihin ja valita aiheuttajiin kohdistuva malli.

5.4 Yhteenveto

5.4.1 Mallien vertailun suorittaminen

Arvioinnin tavoitteena oli tunnistaa toiminnalliset ja taloudelliset erot eri rahoitusmallien välillä ja tuottaa siten taustatietoa säädösvalmisteluun. Mallien rakentamista varten on useita vaihtoehtoisia vastuutahoja, samoin erilaisia keinoja vastuun ja toimimisvelvollisuuksien oikeudellishallinnolliseksi toteuttamiseksi insolvenssi- ja muissa tilanteissa, joissa toimet olisi tarpeen toteuttaa vakuuden rahoituksen turvin. Vertailtaessa eri malleja vakuusmallia käytettiin esimerkkinä sen selkeyden vuoksi.

Vertailu toteutettiin laadullisella arvioinnilla, sillä eri mallien yksityiskohtaisista vaikutuksista ja kustannuksista ei ole riittävästi taloudellista tietoa. Vertailu eteni kolmessa vaiheessa; aluksi arviointikriteerit valittiin ja kuvattiin, sen jälkeen tunnistettiin vaihtoehtoiset rahoitusjärjestelyt ja lopuksi niitä vertailtiin valittujen kriteerien avulla. Lisäksi tarkasteltiin sitä, edellyttääkö mallin toteuttaminen lainsäädäntöä vai riittävätkö sopimusperustaiset järjestelyt tai näiden keinojen yhdistelmät.

Vertailut rahoitusmallit on tässä tarkastelussa nimetty sen perusteella, mikä taho rahoittaisi ennallistamis- ja purkuvastuuseen varautumisen kustannukset. Seuraavassa taulukossa esitetään vaihtoehtoiset rahoitusmallit ja niiden arvioinnissa käytetyt kriteerit. Vertailussa käytettiin viittä tätä tarkoitusta varten laadittua kriteeriä, jotka on kuvattu jaksossa 5.3.1. Taulukossa ei esitetä arvioinnin tuloksia vaan niiden sisältöä selostetaan edellä jaksossa 5.3.

Taulukko 26. Vaihtoehtoiset rahoitusmallit ja niiden arvioinnissa käytetyt kriteerit.

Malli	Kattava	Joustava	Sujuvuus: perustaminen/ hallinnointi	Hyväksyt- tävyys	Aiheuttamis- periaate
A) Voimalan omistajan vastuu	?	?	?	?	?
B) Toimialan vastuu	?	?	?	?	?
C) Valtion vastuu	?	?	?	?	?

Tässä raportissa esitettyjä kustannusarvioita (Luku 4) ei voida käyttää sellaisenaan yksittäisen voimalaitoksen vakuuden suuruuden määrittelyn perusteena, vaan tarvittava vakuus on aina mitoitettava tapauskohtaisten laskelmien perusteella. Tapauskohtaiset olosuhteet vaihtelevat paljon. Tuulivoimalan todellisiin purku- ja maisemointikustannuksiin vaikuttavat paikalliset olosuhteet, kuten kerralla purettavien voimaloiden määrä, kuljetusetäisyydet, voimalan ja perustusten tyyppi ja koko, purkamisen vuodenaika, merenpohjan laatu sekä alueen tuleva käyttötarkoitus.

5.4.2 Vertailun tulokset toiminnanharjoittajan ja valtion näkökulmasta

Tässä luvussa esitetään vaihtoehtovertilun tuloksia ja tiivistetään, mitä vahvuuksia ja heikkouksia on eri rahoitusmallien mukaisella vastuun kohdentamisella sekä mallien oikeudellishallinnollisilla toteuttamiskeinoilla.

Vertailun perusteella ensisijainen vaihtoehto toteuttaa rahoitus- ja toimimisvastuun kohdentaminen on yksittäisen merituulivoimalan toiminnanharjoittajan vastuu (Malli A), joka toteutettaisiin vakuusjärjestelmän avulla. Voimalakohtainen vakuussopimus tehtäisiin voimalan omistajan ja rahoitusyhtiön kesken, vaikka rahoitusmalli kokonaisuutena olisi lakisääteinen. Kun valitaan lakisääteinen vakuus sopimusperusteisen mallin sijasta, järjestelmän tärkeä ominaisuus on toimintaympäristön suurempi pysyvyys ja ennustettavuus. Yleiskuva on, että mallin vaikutukset kattaisivat lainsäädännöllä toteutettuna hyvin kaikki tuulivoimalan toiminnanharjoittajat. Lainsäädäntöä mallin toteuttamiseksi siis tarvitaan, sillä voimalan omistajan ja valtion yksityissoikeudellinen sopimussuhde ei ole oikeudellisesti riittävän varma keino ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi.

Toiminnanharjoittajan vastuu (Malli A) täyttää kaikkien viiden arviointikriteerin vaatimukset. Erityisesti yleisen hyväksyttävyyden (kriteeri 4) ja aiheuttamisperiaatteen toteutumisen (kriteeri 5) vaatimukset se täyttää selkeästi muita malleja paremmin, sillä toiminnanharjoittajan toiminnan läheistä yhteyttä ennallistamisen ja purkamisen kustannusten syntymiseen pidetään yleisesti ympäristösääntelyssä hyväksyttävänä rahoitusvastuun kohdentamisen perusteena. Myös vakuusjärjestelmän hallinnoinnin ja lainsäädännöllisen toteuttamisen kannalta (kriteeri 3) malli näyttää muita malleja edullisemmalta. Vakuusmallissa on lähtökohtana tapauskohtaisesti päätettävät vakuuden sovittavat ehdot, mistä seuraa myös mahdollisuus ottaa voimalakohtaiset seikat huomioon yksittäisen vakuuden ehtoja ja suuruutta määriteltäessä sekä myöhemmin tarkistusten tarvetta arvioitaessa. Tämä eroaa malleissa B) Tuulivoimatoimialan solidaarinen

yhteisvastuu ja C) Valtion vastuu, jotka eivät mahdollista yhtä joustavia ja selkeitä keinoja päätyä kattaviin tuloksiin. Vakuusmallissa voimalakohtaiset muutokset voimassaoloaikaan tai rahoituskapasiteettiin on mahdollista järjestää joustavasti ja valvontaviranomaisen työn kannalta riittävällä tavalla.

Malli B) Merituulivoimatoimialan solidaarinen yhteisvastuu on aiheuttamisperiaatteen ja yleisen hyväksyttävyyden kriteerien näkökulmasta periaatteessa mahdollinen, mutta sen toteuttamisessa on ylivoimaisia hankaluuksia. Myös mallin kattavuus olisi epävarmaa, sillä kaikkien alan yritysten saaminen mukaan järjestelyyn ei ole sopimus pohjaisesti todennäköistä ja lainsäädännölläkin epävarmaa ja monimutkaista.

Malli C) Valtion yleinen taloudellinen vastuu purkukustannuksista tarjoaa selkeän vastuutahon, mutta se ei sovellu erityisesti yleisen hyväksyttävyyden ja aiheuttamisperiaatteen näkökulmasta. Rahoitusjärjestelmän tarve liittyy merituulivoimalan lopettamisvaiheen purkamisvastuuseen ja kustannuksiin. Kyseessä on yritystoimintaan normaalistikin kuuluva ja ennakoitava kustannus, joka ei lähtökohtaisesti kuulu yhteiskunnan maksettavaksi vaan tulee ennakoita ja kohdentaa aiheuttajan maksettavaksi sopivalla hallinnollisella keinolla.

Valvontaviranomaisen kannalta vakuusmalli on selkeä ja hallinnon järjestämistä ajatellen koeteltu ratkaisu, joka mahdollistaa varojen melko nopean satavuuden. Lisäksi vakuuksien käytöstä on kokemuksia muiden säännösten soveltamisen yhteydessä. Voimalan omistajan kannalta vakuusmalli on toiminnallisesti ennustettava ja kustannuksiltaan ennakoitavissa. Esimerkiksi voimalan omistajan ja vakuuden myöntävän rahoituslaitoksen sopimussuhteen kannalta on selkeää, että vakuuden tarve päättyy, kun omistaja on täyttänyt purku- ja ennallistamisveloitteensa.

Vakuuksia myöntäville rahoituslaitoksille purkuvakuus on todennäköisesti osa yrityksen muuta liiketoiminnan vakiintunutta ja tavanomaista rahoitusta, joten sen vakuuden myöntäminen ei edellytä laajoja taustaselvityksiä yrityksen taloudellisesta tilasta ja maksukyvästä.

Lainsäädäntöön perustuvan vakuusmallin toteuttaminen, varojen realisointi ja muun hallinnon sujuvuus on verraten yksinkertaista verrattuna muihin vaihtoehtoihin malleihin, sillä veloitteet voidaan kohdistaa yhteen tahoon (voimalaitoksen omistaja), mikä poikkeaa malleista B ja C. Esimerkiksi verotukseen perustuvat budjettimallit tai uudet erilliset korvausrahastomallit eivät vaikuta realistisilta ja toimialakohtaisen solidaarisen vastuumallin säätäminen kattavaksi olisi haasteellista.

6 Vakuusmallin käyttöönottamisen vaikutusten arviointi

6.1 Johdanto

Tässä luvussa arvioidaan edellä luvussa 5. parhaaksi tunnistettua mallia, joka perustuu yksittäisen toiminnanharjoittajan antamaan vakuuteen ennallistamis- ja purkukustannusten rahoittamisesta. Arvioinnissa tutkitaan vakuusjärjestelmän käyttöönottamisesta aiheutuvia vaikutuksia eri tahoille. Näkökulmana on erityisesti säädösvalmistelun tietopohjan kerryttäminen.

Vaikutuksia arvioidaan yleisellä tasolla, sillä niiden lopullinen suuruus perustuu siihen, millaisia merituulivoimalan rakenteiden ja sijaintialueen purku- ja ennallistamistoimia tulevassa lainsäädännön soveltamiskäytännössä edellytetään. Vaikutusten tunnistamisessa ja arvioinnissa sovelletaan lähtökohtana valtioneuvoston julkaisemaa lainvalmistelun vaikutusarviointiohjetta²⁴⁵. Ohjeen mukaisesti arvioinnissa käytetään pääjaottelua taloudelliset vaikutukset, vaikutukset viranomaisten toimintaan ja ympäristövaikutukset.

Johdannossa (luku 6.1) selostetaan taustaksi, miten vakuus voitaisiin yhdistää osaksi valtiota edustavan viranomaisen päätöksentekomenettelyä ja miten vakuuden suuruus voitaisiin tapauskohtaisesti määritellä. Luvussa 6.2 käsitellään hallintomenettelyjä tarkemmin.

6.1.1 Vakuus osana hallinnollisia menettelyjä

Talousvyöhykkeellä harjoitettua merituulivoimatoimintaa koskeva valtiolle annettava vakuus edellyttää lainsäädäntöä, joka antaa viranomaiselle toimivallan ottaa vakuus vastaan. Merituulivoimalan purku- ja ennallistamisvakuuteen sovellettavaa sääntelyä on kuvattu edellä todeten, ettei nykyisin ole nimenomaista sääntelyä vakuuksista.

245 Lainvalmistelun vaikutusarviointiohje. Valtioneuvoston julkaisu | 2022:66. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-922-9>.

Tulevan talousvyöhykkeellä sovellettavan vakuussäätelyn kannalta on selvää, että vakuuden säilyttämisestä vastaisi toimivaltainen valtion viranomainen ja valvontaviranomainen laiminlyöntitilanteissa olisi valtion viranomainen. Näiden tehtävien hoito voisi olla samalla viranomaisella tai tehtävät voidaan jakaa kahdelle erilliselle valtion viranomaiselle, kuten Ruotsissa tämä on järjestetty.

Merituulivoimalatoiminnan harjoittaminen talousvyöhykkeellä edellyttää, että toiminnanharjoittaja hankkii useita viranomaislupia ja vakuusjärjestelyn hyväksymispäätöksen sekä saa valtiolta voimala-alueen käyttöoikeuden. Nämä muodostavat kokonaisuuden, jossa yksittäinen lupa (esim. vesitalouslupa) edellyttää toiminnanharjoittajalla olevan käyttöoikeuden alueeseen, joka taas voi edellyttää vakuusjärjestelyn voimassaoloa. Tämä puolestaan edellyttää näkemystä purku- ja ennallistamiskustannusten suuruudesta.

Tulevaisuuden oikeustilan kannalta haasteena on, miten saadaan sovitettua yhteen se, että vakuuden rahamääräinen määrittely edellyttää selkeää käsitystä purkuvastuiden suuruudesta, töiden toteuttamistavasta ja niihin perustuvista tulevista kustannuksista. Kuitenkin, kun purkuvastuu kohdistuu hankkeeseen, joka täsmentyy vasta hakijan hakemuksen ja lupapäätösten perusteella, ei vakuuden täsmällistä suuruutta voida päättää tai sopia ennen lopullisia toimintaa koskevia lupapäätöksiä. Edellä mainitusta seuraa, että vakuudesta sopiminen, valtion antama oikeus alueen hyödyntämiseen ja tarvittavat viranomaisluvut tulisi yhdistää joustavaksi menettelykokonaisuudeksi, jossa turvataan valtiolle vakuuden voimassaolo koko voimalatoiminnan ajaksi ja toiminnanharjoittajalle mahdollisimman kustannustehokas vakuusjärjestelmä. Näiden tavoitteiden samanaikainen toteuttaminen edellyttää lisäselvityksiä ja niihin perustuvaa vaikutusten punnintaa. Mahdollisesti käyttökelpoinen toimintamalli olisi, että toiminnanharjoittajan tarvitseman vakuuden suuruus ja tulevan hankkeen koko olisi määritelty neuvotteluteitse ennen kuin toimivaltainen viranomainen myöntää toiminnanharjoittajalle voimalaitosalueen käyttöoikeuden. Teoriassa alueen käyttöoikeus voitaisiin myöntää joko hallintopäätöksellä tai siten, että oikeuden myöntävä viranomainen tekee sopimuksen käyttöoikeudesta ja siihen liittyvästä vakuudesta. Molemmat vaihtoehdot edellyttäisivät, että viranomaisella olisi laissa säädetty toimivalta.

Esimerkiksi yleisten vesialueiden tuulivoimala-alueiden vuokraamisesta vastaava Metsähallitus tekee toiminnanharjoittajan kanssa kokonaissopimuksen, jossa sovitaan sekä vakuudesta että alueen käyttöoikeudesta. Metsähallitus ei tosin

muodollisesti tee tuulivoimaloita varten voimala-alueista maanvuokrasopimusta vaan käyttöoikeussopimuksia. Siten mahdollistetaan myös kolmansille tahoille käyttää aluetta.²⁴⁶

6.1.2 Yksittäisen vakuuden suuruuden määrittely

Vakuusmallin käyttöala rahoituslähteenä kattaisi kustannuksia laajasti, mutta silti vakuus ei kattaisi kaikkia tilanteita tai kaikkia eri tahoille tuulivoimalan purkamisesta mahdollisesti aiheutuvia kustannuksia. Vakuudesta ei maksettaisi esimerkiksi valvontaviranomaiselle aiheutuvia hallintopakomenettelyn, vakuuden ylläpidon, säilyttämisen tai realisoinnin kustannuksia. Soveltamisalaan eivät kuuluisi tilanteet, joissa asianmukaista vakuutta ei olisi lainkaan hankittu tai se ei olisi voimassa.

Tarvittava vakuus olisi aina arvioitava tapauskohtaisesti. Yksittäisissä tapauksissa toiminnanharjoittajan asettaman vakuuden mitoitukseen vaikuttavat kohdekohtaisesti määriteltävät voimalan purku- ja alueen ennallistamiskustannukset. Lähtökohtana on, että vakuuden suuruuden tulee perustua arvioon kaikista niistä kustannuksista, joilla valvontaviranomainen tarvittaessa saa ennallistamis- ja purkutoimenpiteet tehtyä lainsäädännön ja mahdollisten ympäristöperusteisten viranomaislupien edellyttämällä tavalla. Tapauskohtaiset olosuhteet vaihtelevat paljon. Tuulivoimalan todellisiin purku- ja maisemointikustannuksiin vaikuttavat paikalliset olosuhteet, kuten kerralla purettavien voimaloiden määrä, kuljetusetäisyydet, voimalan ja perustusten tyyppi ja koko, purkamisen vuodenaika, merenpohjan laatu sekä alueen tuleva käyttötarkoitus.

Luvussa 4 on analysoitu yleisellä tasolla purkamiseen liittyviä kustannuksia erityyppisissä merituulivoimaloissa. Luvusta 7 muiden maiden kokemuksista ja myöntämien toimilupien lupaehdoista voi päätellä kustannusten suuruusluokkia ottaen huomioon, että maa-alueiden voimaloiden purkaminen on kuin merialueilla sijaitsevien ja että aiemmat voimalat ovat olleet pienempiä kuin tulevat. Sen ohella vertailuaineistona voidaan käyttää muita jo julkaistuja tai tulevia tutkimuksia. Esimerkiksi MTK:n julkaiseman maatuulivoimaloita koskevan oppaan mukaan nykyisin purkuvakuuksien määrä on ollut maatuulivoimalan koosta ja tekniikasta riippuen 70 000–150 000 €/voimala²⁴⁷. Tarkempia tietoja asetetuista vakuuksista

²⁴⁶ Metsähallituksen haastattelu 4.12.2025.

²⁴⁷ MTK, 2022. Tuulivoimaopas maanomistajille. s. 25. https://www.mtk.fi/-/tuulivoimaopas_2022.

ja vakuuksien määrästä ei ole saatavissa toimialajärjestöiltä tai yrityksiltä kilpailuoikeudellisista syistä ja yritysten liikesalaisuuksien suojaamiseksi. Julkaisuun sisältyvien tietojen suoraa soveltamista ja vertailua merialueiden voimaloiden purkamiskustannuksiin ei voida tehdä, sillä ne poikkeavat vaativien olosuhteiden ja merikuljetusten perusteella maa-alueiden purkutöistä.

Asetettavan vakuuden suuruus yksittäisen voimalan osalta perustuu siihen, millaisia lopettamisvaiheen purkutoimenpiteitä vesi- ja ympäristölainsäädännössä edellytetään. Vakuuden määrittelyn perusteena olevat rahamääräiset laskelmat laaditaan Metsähallituksessa ja niissä tukeudutaan sen rakennusteknisiin ja muihin asiantuntijoihin. Täydentäviä kustannustietoja hankitaan eri lähteistä ja alan toimijoilta sekä vertailuaineistona käytetään toteutuneita hankkeita. Käytännössä vakuudesta sovitaan neuvotteluissa hankekehittäjän kanssa. Kyse on kohdekohtaisesta kokonaisarviosta. Sopimukset ovat siis tapauskohtaisia, ja niissä otetaan huomioon osapuolten koko hankkeen elinkaaren aikaiset hyödyt ja kustannukset. Esimerkiksi huomioon otetaan hankekehittäjän muiden vakuuksien suuruus, käyttöoikeussopimuksen vuokran määrä, tuulivoimalan arvo sen toiminnan elinkaaren eri vaiheissa, ennakoitujen purkamiskustannukset, rakenteen osin jäljellä oleva arvo jne. Lisäksi huomioidaan vakuuden määrän ja vakuuden vähittäisen kartuttamisen maksuaikataulun vaikutus yrityksen kassavirtaan.²⁴⁸

Edellä selostettuja Metsähallituksen toimintaperiaatteita vakuuden mitoittamisesta on mahdollista soveltaa esimerkkinä. Niissä on tunnistettavissa joitakin haasteita. Vakuuden suuruudesta neuvotellaan osana kokonaisratkaisua. Sopimuksia koskevat tiedot eivät ole julkisia, mikä on liikelaitoksessa mahdollista, mutta olisi viranomaistoiminnan kannalta talousvyöhykkeellä ongelmallista. Purkuvelvollisuuden määrittely on kuitenkin viimekädessä tapauskohtaista harkintaa.

Lakisääteisen vakuuden viranomaiselle toimittamisen ajankohta perustuu laissa tai luvassa tai sopimuksessa määriteltyyn ajankohtaan. Esimerkiksi Metsähallitus luovuttaessaan alueita tuulivoimakäyttöön kytkee ennallistamisvakuuden juridisesti osaksi käyttöoikeussopimusta siten, että asianmukaisen vakuuden puuttuessa myös alueen käyttöoikeussopimuksen voimassaolo päättyy. Voimalan omistajanvaihdoksen eri vaiheissa on aina oltava voimassa sekä vakuus että käyttöoikeus. Omistuksen siirtotilanteessa Metsähallitukselle on tehtävä ennakoilmoitus tulevasta siirrosta. Käyttöoikeussopimuksen siirtäjällä on toissijainen vastuu siirronsaajan laiminlyönneistä, kunnes Metsähallitus on saanut

248 Kuvaus Metsähallituksen toimintamallista perustuu haastatteluun 4.12.2025.

saatavansa turvaavan vakuuden siirronsaajalta. Vakuuden voimassaoloaika on siten sama kuin käyttöoikeussopimuksen voimassaolo, jolloin ne muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden siten että vakuuden on oltava aina voimassa. Lähtökohtana on, että vakuuden on aina katettava Metsähallituksen kustannukset mahdollisessa maksukyvyttömyystilanteessa, mutta samalla minimoiden hankekehittäjän kustannuksia. Tämän periaatteen mukaisesti vakuutta kasvatetaan hankkeen etenemisen myötä tapauskohtaisesti sovittavalla aikataululla.

Vakuuden suuruutta voidaan poikkeuksellisesti kasvattaa kesken sopimuskauden, jos Metsähallitus saa hankekehittäjän taloudellisesta tilanteesta maksukyvyyn vaarantumisesta tietoja, joiden perusteella alkuperäinen vakuus ei ole riittävä. Metsähallitus ei kuitenkaan seuraa järjestelmällisesti kaikkien vakuuden antajien taloudellista asemaa.²⁴⁹

Purkuvakuus tulisi sitoa esimerkiksi elinkustannusindeksiin, jotta vakuuden reaaliarvon suuruus säilyisi ja olisi edelleen riittävä vielä merituulivoimalan purkuvaiheessa²⁵⁰.

6.2 Taloudelliset vaikutukset

6.2.1 Merialueen käyttäjät

Vakuusjärjestelmän käyttöönotto vaikuttaisi myönteisesti eräisiin talousvyöhykkeellä meriliikennettä harjoittaviin yrityksiin, ammattimaisen kalastuksen harjoittajiin ja valtion eri organisaatioihin. Vakuusjärjestelmän rahoituksella varmistettaisiin merituulivoimalan toiminnan päättymisen jälkeinen rakennelmien ja perustusten asianmukainen purkaminen. Näin poistettaisiin mahdollisia esteitä kalastuksen ja meriliikenteen harjoittamiselle tai eri viranomaisten tehtävien kannalta. Sen sijaan yksityishenkilöiden näkökulmasta talousvyöhykkeen merialueiden tuulivoimaloiden purkamisella tai purkamatta jättämisellä ei ole taloudellisia vaikutuksia, sillä talousvyöhykkeellä ei ole sellaista pysyvää yksityishenkilöiden harjoittamaa toimintaa, johon tuulivoimaloiden purkamisella olisi vaikutusta.

²⁴⁹ Metsähallitus haastattelu 4.12.2025.

²⁵⁰ Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry, 2022. Tuulivoimaopas maanomistajille. Sivulla 25 suositeltiin joko rakennus- tai elinkustannusindeksiä. Metsähallitus käyttää omissa vakuuksissa koskevissa sopimuksissaan kytkeä elinkustannusindeksiin 3.12.2025 saadun haastelutiedon mukaan.

6.2.2 Julkinen talous

Julkisen talouden kannalta vakuusjärjestelmä voi tuottaa sekä kustannussäästöjä että kustannuksia. Kustannussäästöjä syntyy, jos vakuudesta rahoitetaan toiminnanharjoittajan maksukyvyttömyystilanteessa sellaisia purku- ja ennallistamiskustannuksia, jotka ilman vakuutta jäisivät valtion maksettaviksi. Toisaalta näiden kustannusten edellyttämät maksukyvyttömyystilanteet ovat poikkeuksellisia ja harvinaisia, mutta toisaalta niissä voi tulla valtiolle huomattavia kustannuksia. Valtiolle maksukyvyttömyystilanteissa aiheutuvat purkukustannukset voisivat olla kaikkiaan satoja miljoonia euroja, mutta oikein mitoitettu vakuus kattaisi nämä kustannukset.

Vakuusjärjestelmän käyttöönotosta ja ylläpidosta aiheutuisi valtion taloudelle kustannuksia. Niiden määrä riippuisi järjestelmän toiminnan organisoinnista. Jo olemassa olevassa ja vakuuksiin perehtyneessä organisaatiossa asioiden hoitamiseen riittäisi arviolta sivutoiminen yhden henkilön työpanos toiminnan käynnistämävaiheen jälkeen, sillä talousvyöhykkeen tuulivoimapuistoilta edellytettävien vakuuksien määrä on varsin vähäinen.

Vakuusjärjestelmän ylläpito koostuisi toisaalta vakuuksien jatkuvasta seurannasta ja hallinnoinnista ja toisaalta hyvin harvoin tapahtuvasta vakuuksien realisoinnista toiminnanharjoittajan maksukyvyttömyystilanteissa. Luvussa 6.3.1 on kuvattu niitä tarkemmin. Vakuusasian seuranta ja hallinnointi edellyttää valtion viranomaiselta työpanosta, joka perustuu yksittäisen toiminnanharjoittajan vakuusasian käsittelyyn, asiakirjojen tuottamiseen ja vakuuden säilyttämiseen. Vakuusasioiden hallinnan järjestämiseksi ja esimerkiksi asiakirjojen arkistoinniseksi ei tarvittaisi merkittäviä uusia resursseja, kuten erillisiä uusia tietojärjestelmiä, sillä tuulivoimalat ovat keskittyneet tuulivoimapuistoihin, joiden toiminnanharjoittajat toimittavat kaikkien voimaloidensa asiakirjat keskitetysti viranomaisille. Mahdollisesti viranomaisella voi valtion maksuperustelain (150/1992) nojalla periä toiminnanharjoittajalta suoritemaksuja, jotka lähtökohtaisesti voisivat kattaa kokonaan edellä mainitut viranomaiselle vakuusasian käsittelystä ja vakuuden säilyttämisestä syntyneet kustannukset. Valtiolle aiheutuisi vähäisiä lisäkustannuksia vakuuksien realisoinnista toiminnanharjoittajan maksukyvyttömyystilanteissa.

6.2.3 Kansantalous

Vakuusjärjestelmä vaikuttaisi kansantalouden tasolla yleisesti siten, että se osaltaan edistää tuulivoimainvestoinneille tärkeää vakaata ja ennustettavaa toimintaympäristöä varmistamalla purku- ja ennallistamisvelvoitteiden toteutumisen tuulivoimatoiminnan päättyessä.

Vakuusjärjestelmän perustaminen ja toiminta ei aiheuttaisi yrityksille, yksityisille, kunnille tai muille julkisyhteisöille tai muille tahoille niin merkittäviä uusia välittämiä kustannuksia tai hyötyjä, että niillä olisi kansantalouden kannalta olennaista välitöntä vaikutusta. Arvioinnin kohteena on vastuujärjestelmä, jossa toimivaltainen valvontaviranomainen laiminlyöntitilanteissa olisi valtion viranomainen, ja myös vakuuksien säilyttämisestä vastaisi valtion viranomainen. Näiden tehtävien hoito voi olla jaoteltuna eri viranomaisillakin, kuten Ruotsissa on järjestetty.

6.2.4 Yritykset

Vakuusjärjestelmän käyttöönotto aiheuttaisi lisäkustannuksia niille toiminnanharjoittajille, joilta vakuutta tultaisiin edellyttämään. Vakuuksia merituulivoima-alan yrityksille myyville rahoitus- tai vakuuslaitoksille syntyisi vastaavan suuruinen vuosittainen tulovirta.

Vakuuksien hankkiminen rahoitus- tai vakuuslaitoksilta ja vakuuksien ylläpito aiheuttaisi kustannuksia, joiden suuruutta ei pystytä tarkasti arvioimaan. Kustannusten lopulliseen suuruuteen vaikuttaa se, millaista purkamista ja alueen ennallistamista edellytetään purkamista koskevan lainsäädännön soveltamiskäytännössä ja viranomaisluvista. Tällä hetkellä ei ole vakiintunutta vaatimustasoa purku- ja ennallistamistöiden laajuudelle myöskään maa-alueiden tai yleisten vesialueiden tuulivoimaloiden osalta, joten niitäkään ei voida käyttää vertailukohtana arvioitaessa talousvyöhykkeen merituulivoimaloiden purkukustannuksia.

Vakuuksista yrityksille aiheutuvien kustannusten tarkkaa määrää ei pystytä tarkasti selvittämään, sillä kunkin yrityksen vakuuksien hinta perustuu sen ja rahoituslaitoksen liikesuhteiden kokonaisuuden mukaan määräytyvään tapauskohtaiseen sopimukseen, joka voi olla osa laajempia yrityksen rahoitusjärjestelyjä. Vakuuksista yrityksille aiheutuvien kustannusten suuruusluokkaa on aiemmin tutkittu esimerkiksi kaivoslain muutosten ja ympäristövahinkojen toissijaisten vastuujärjestelmien uudistuksen yhteydessä, mutta kilpailuoikeudellisista syistä tarkkoja tietoja ei silloinkaan ollut saatavissa.

Pellervon taloustutkimuksen tutkimuksessa vuodelta 2021 on esitetty suppean aineiston eli yhden toimialan edustajan näkemykseen perustuen arvio, että jätevakuuksien vuotuinen maksu (premio) olisi suuruusluokaltaan muutama prosentti vakuuden arvosta, mutta määräytyisi tapauskohtaisesti yrityksen taloudellisen tilanteen, riskien ja kilpailutuksen onnistumisen perusteella.

Tuulivoimaloita koskevia julkaistuja arvioita kustannuksista ei ole käytettävissä, mutta ottaen huomioon purkamiskustannusten ennakoitavuus ja eräille muille aloille tyypillisten ympäristövaarallisten aineiden riskien epätodennäköisyys, vakuuden antajien kannalta toimialan riskit on paremmin ennakoitavissa kuin esimerkiksi jätteen käsittelyssä, mikä oletettavasti vaikuttaa vakuuden premion suuruuteen.

Vakuussäätelystä toiminnanharjoittajalle aiheutuvaa sääntelytaakkaa arvioitiin tässä yhteydessä seuraavasti:

Kertaluonteiset hallinnolliset kustannukset pitävät sisällään yritykselle vakuuksien asettamiseen ja vapauttamiseen liittyvästä työstä syntyvät työvoimakustannukset sekä viranomaisten vakuuden käsittelystä perimät maksut. Niitä arvioitiin voimalaa kohden muodostuvan noin 400–2 200 euroa/voimala²⁵¹.

Toistuvia hallinnollisia kustannuksia syntyisi vakuuksien mahdollisesta tarkistamisesta toiminnan aikana esimerkiksi yritysjärjestelyn tai kustannustason nousun vuoksi. Laskelmassa on oletettu, että tällaisia vakuuden tarkistamistarpeita olisi 2–3 kertaa voimalan 30 vuoden toiminta-aikana. Tästä arvioitiin muodostuvan keskimäärin 400–600 euroa/voimala. Lisäksi vakuuden voimassaolon ja määrän valvontaan yrityksen toiminnan aikana tarvitaan 2 tuntia vuodessa valvontakohdetta kohti. Jolloin 35 vuoden aikana nämä kustannukset olisivat luokkaa 7 000 euroa.

Lisäksi aiheutuisi kustannuksia vakuusmaksuista. Arvio on laskettu yhden voimalan purkukustannusten arvonlisäverollisen (ALV 25,5 %) hinnan keskiarvon perusteella olettaen, että vuosittain perittävä vakuusmaksu on 1 % purkukustannuksista. Kun voimalan täydellisen purkamisen keskimääräisten kustannusten arvioitiin olevan 326–628 miljoonaa euroa ja osittaisen purkamisen keskimääräisten kustannusten 197–301 miljoonaa euroa (Luku 4.5) vakuusmaksuista kustannuksia arvioitiin muodostuvan yhteensä arviolta 2,0–6,3 miljoonaa euroa/tuulivoimapuisto/vuosi eli 24–65 tuhatta euroa/voimala/vuosi.

251 Viranomaisen on arvioitu käyttävän työaikaa merituulivoimalan vakuuden käsittelyyn ½–3 henkilötyöpäivää riippuen siitä, kuinka hyvin valmistellun arvion vakuudenasettaja antaa voimalan purku- ja ennallistamiskustannuksista ja tarvittavan vakuuden suuruudesta. Laskelmissa on käytetty 99 euron hintaa työtunnilta. Kustannus perustuu ympäristöministeriön maksullisista suoritteista annettuun asetukseen (63/2025) julkisoikeudelliset suoritteista perittävän omakustannusarvon mukaiseen maksuun (2 §).

6.3 Viranomaisten toimintaan kohdistuvat vaikutukset

6.3.1 Valtion viranomaiset

Valtion viranomaisille aiheutuvat vaikutukset kuvataan seuraavassa arvioimalla vakuuksien asettamisen ja hyväksymisen käsittelyaikaa ja viranomaisille vakuuden säilyttämisestä, hallinnoinnista ja realisoinnista aiheutuvia kustannuksia, jotka olisivat uusia tehtäviä valtiolle. Niiden kustannusten periminen toiminnanharjoittajilta tulisi varmistaa valvonnan maksullisuutta koskevien säännösten kautta.

Vakuuden määräämisvaiheessa valtion viranomaiselle aiheutuisi työtä vakuuden riittävyden arvioinnista ja hyväksymispäätöksestä. Vakuuden vastaanottovaiheessa ennen hyväksymispäätöksen tekemistä on viranomaisen vielä tarkistettava vakuusasiakirja. Tarkasteltavia asioita ovat muun muassa, onko asiakirja laadittu oikein, onko vakuuden allekirjoittajilla nimenkirjoitusoikeus ja onko vakuus asetettu oikean viranomaisen hyväksi. Jos vakuuden myöntäjä on ulkomainen rahoituslaitos, voi olla tarpeen tehdä myös arvio rahoituslaitoksen luotettavuudesta. Vertailun vuoksi mainittakoon, että YSL:n että jätelain sääntelyn mukaan vakuudenantajan on oltava luotto-, vakuutus- tai muu ammattimainen rahoituslaitos, jonka kotipaikka on Euroopan talousalueeseen (ETA) kuuluvassa valtiossa. ETA-maita ovat kaikki EU:n jäsenvaltiot sekä Norja, Islanti ja Liechtenstein. Vakuuden antajana ei voi olla rahoituslaitos, jonka kotipaikka on Euroopan talousalueen ulkopuolella²⁵².

Voimalan toiminnan aikana viranomaiselle aiheutuu kuluja vakuuden suuruuden ja voimassaolon säännöllisestä valvonnasta. Mikäli vakuuden purkamis- ja ennallistamiskustannukset on määriteltävä rakentamisajankohdan kustannustason mukaan, tulisi vakuussumma sijoittaa sopivaan indeksiin, jotta varmistetaan vakuuden riittävyys purkamisajankohtana. Viranomaisen tulisi voimalan käyttöaikana seurata vakuuden riittävyden kehitystä ja tarkistaa, että sovitut indeksikorotukset on tehty vakuuteen. Samalla on tarkistettava myös vakuuden voimassaolo. Määräaikainen vakuus on uusittava aina ennen edellisen vakuuskauden päättymistä ja samassa ajassa myös toimitettava valvontaviranomaiselle. Lisäksi sekä määräaikaisen että toistaiseksi voimassa olevan vakuuden voimassaolo voi päättyä, ellei vakuus-sopimuksen ehtojen mukaisesti huolehdita vakuuden voimassaolon jatkumisesta. Käytännössä kyseessä on sopimuksen sisältämien velvoitteiden voimassaolon uudistaminen eli ns. vanhentumisen katkaiseminen. Viranomaisen on tarvittaessa huolehdittava voimassaolon jatkamisesta ottamalla yhteyttä vakuuden antajaan.

²⁵² Jätevakuusopas 2024. Opas jätehuollon toimijoilta vaadittavista vakuuksista. Ympäristöministeriön julkaisuja 2024:20. Sivu 13–14.

Toiminnanharjoittajan muutostilanteissa viranomaisen on huolehdittava, että toiminta on edelleen katettu vakuudella, ja tarvittaessa edellytettävä uuden vakuuden asettamista. Esimerkiksi tilanteissa, joissa vakuuden antanut toiminnanharjoittaja vaihtuu, vapautuu samalla myös tähän velkasuhteeseen liitännäinen takaaja vastuustaan. Uuden toiminnanharjoittajan on tällöin asetettava oma vakuus.

Tuulivoimalatoiminnan päättymisen jälkeiseen viranomaistyömäärään vaikuttaa se, tekeekö toiminnanharjoittaja vaaditut purku- ja ennallistamistoimet lainsäädännön edellyttämällä tavalla. Valvontaviranomaisen olisi tehtävä lopputarkastus toimipaikalle sen varmistamiseksi, että toiminnanharjoittaja on tehnyt tilanteessa sovellettavan lainsäädännön nojalla vaaditut toimenpiteet. Jos työt on tehty asianmukaisesti, viranomainen tekee päätöksen vakuuden vapauttamisesta ja toimittaa vakuuden vakuuslaitokselle. Jos purku- ja ennallistamistöitä ei ole tehty vaadittavalla tavalla, viranomaisen tulee hallintopakkomenettelyllä velvoittaa toiminnanharjoittaja suorittamaan työt. Jos vaaditut toimet on sen jälkeen edelleen laiminlyöty, valvontaviranomainen voi tehdä päätöksen vakuuden realisoinnista.

Viranomaiselle aiheutuvat kustannukset purkamis- ja ennallistamistöiden teettämisestä katetaan vakuudesta. Sen sijaan hallintopakkomenettelyn vaatiman viranomaistyön palkka- ja muine kustannuksineen ei katsota kuuluvaksi vakuudella katettaviin menoihin. Maksukyvyttömyys- ja muiden laiminlyöntitapausten lukumäärän voidaan kuitenkin ennakoida olevan vähäinen, joten perustellusti voidaan arvioida, että hallintopakkokustannukset eivät olisi yksittäisen valtion viranomaisen talouden kannalta merkittävä kuluerä. Näitä kustannuksia syntyisi vain harvoin maksukyvyttömyystilanteissa, ja niiden edellyttämä työmäärä olisi varsin vähäinen, arviolta yksittäistä valvontatapausta kohden enintään muutamia työpäiviä.

Vakuuksista ja niiden voimassaolon valvonnasta valtion viranomaisille aiheutuvia kuluja arvioitaessa otettiin huomioon vuonna 2025 toteutetun tutkimuksen (Maatuulivoimahanke) yhteydessä Aluehallintovirastoilta, Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten (ELY-keskus) ympäristövastuualueilta ja Kuntaliitolta saadut arviot ympäristölupien jätevakuuksien hyväksymiseen ja valvontaan kuluva viranomaistyöajasta²⁵³. Vastauksia saatiin Aluehallintoviranomaisilta, kolmelta ELY-keskukselta ja Kuntaliitolta. Jätevakuuksilla katettujen toimintojen arvioitiin

253 Maatuulivoimaloiden purkamiskustannusten ja purkamisen rahoitusmallien arviointi. Raportti 9.6.2025. Käytöstä poistettujen maatuulivoimaloiden purku- ja ennallistamisvelvoitteiden lainsäädäntöhanke.YM012:00/2024.

kuvaavan parhaiten tuulivoimaloiden purkamis- ja ennallistamisvaatimuksia. Lisäksi Suomen ympäristökeskukselta saatiin arvio jätteiden kansainvälisten siirtojen vakuuksien valvontaan käytetystä työajasta. Aluehallintoviraston mukaan ympäristöluvanvaraisen toiminnanharjoittajan ehdottaman jätevakuussumman riittävyyden arviointiin ja hyväksymispäätökseen vaadittavaan työaikaan vaikuttaa merkittävästi se, kuinka hyvin valmistellun arvion luvanhakija antaa toiminnan kustannuksista ja tarvittavan vakuuden suuruudesta. Hyvin valmistellun vakuusehdotuksen käsittely ja hyväksyminen vaati lupaviranomaiselta vain muutaman tunnin työpanoksen. Mikäli hakemuksen tietoja joudutaan tarkistamaan vielä tietojen täydennyspyynnön jälkeenkin, voi yhden vakuuden hyväksyntä vaatia useita työpäiviä.

Lupa- ja valvontavirastot tekivät vakuuksien valvontaa osana laitosten muuta valvontaa ja toiminnan lopputarkastuksia. Vakuuksien valvontaan arvioitiin menevän vuodessa ½–3 työpäivää valvottavaa kohdetta kohti. Eniten aikaa vaativat toiminnan lopputarkastus ja sen jälkeinen vakuuden vapauttaminen. Näihin on arvioitu kuluvan maksimissaan kaksi työpäivää tilanteessa, jossa toiminnanharjoittaja on täyttänyt vakuudella katettavat velvoitteensa.

Kuntaliitto ei arvioinut jätevakuuksien valvontaan kuluvaan aikaa, vaan totesi, että valvonta voi aiheuttaa viranomaiselle yksittäistapauksissa suuren ylimääräisen työ määrän erityisesti toiminnanharjoittajan muutostilanteissa, kuten yhtiömuutoksissa, konkurssitilanteissa tai sopimusmuutoksissa. Mikäli yritys vastustaa uuden vakuuden asettamista tai olemassa olevan vakuuden määrän nostamista, kuluu viranomaisen työaika määräysten ja kehotusten antamiseen, hallintopakon asettamiseen ja oikeuskäsittelyihin.

Vertailukohtana käytettiin myös jätteiden kansainvälisten siirtojen yhteydessä vaadittavan vakuuden käsittelykustannuksia. EU:n voimassa olevan jätteen-siirtoasetuksen (1013/2006) 6 artiklan mukaan luvanvaraisilla jätteiden kansainvälisiä siirroilla on oltava vakuus, joka kattaa jätteen kuljetuskustannukset, hyödyntämisen tai loppukäsittelyn sekä mahdollisesti tarvittavien väliaikaisten toimien kustannukset sekä varastointikustannukset 90 päivän ajalta. Jätteiden kansainvälisten siirtojen vakuuksilla katettu toiminta on hyvin lyhytaikaista verrattuna suunniteltuihin tuulivoimaloiden purku- ja ennallistamisvelvoitteisiin, sillä jättesiirtoluvat ovat voimassa enintään 3 vuotta. Vakuuden on oltava niin suuri, että sillä katetaan kaikki vakuudella katettavien lupien alla yhtä aikaa liikkeellä olevat kuljetukset siihen saakka, kunnes kukin jäte-erä on käsitelty. Suomen ympäristökeskus arvioi, että jätteiden kansainvälisten siirtojen vakuuksien hyväksyntään ja valvontaan menee noin 3 tuntia vakuutta kohti, mikäli vakuuslaskelmaan ei tarvitse pyytää hakijalta lisäselvityksiä. Hyväksymisvaiheessa

vakuuslaskelman ja itse vakuuden tarkistaminen vaatii noin tunnin työajan, ja toiminnan päätyttyä vakuuden palautukseen kuuluu samoin noin 1 tunti. Vakuudet hyväksytään pääsääntöisesti jätesiirot päätösten yhteydessä, eikä niistä tehdä erillisiä päätöksiä. Vakuuksien riittävyyden ja voimassaolon valvonta on automatisoitu osana lupaviranomaisen ylläpitämää jätesiirot rekisteriä, mutta valvonnassa voi syntyä ylimääräistä työtä tilanteissa, joissa vakuus on alun perin mitoitettu liian vähille yhtä aikaa kuljetettaville jäte-erille.

Tässä tutkimuksessa pidettiin lähtökohtana, että vakuusasian käsittely on olennaisilta osilta samanlaista sekä maa-alueiden tuulivoimaloissa että merialueilla. Tämän johdosta Aluehallintoviraston, ELY-keskusten ja Kuntaliiton edellä jätteen käsittelytoiminnan vakuuksien valvonnasta antamien arvioiden perusteella voidaan arvioida merituulivoimaloiden purkamis- ja ennallistamiskustannusten vakuuksien hyväksyntään ja valvontaan kuluva aika.

Menettelyn päävaiheet ovat seuraavat. Hakija toimittaa vakuusasiakirjan vakuuden hyväksyvälle viranomaiselle, joka käsittelee, hyväksyy, pyytää lisäselvitystä, tallettaa asiakirjat arkistoon, seuraa vakuuden voimassaoloa, tekee vakuuteen inflaatiotarkistuksen ja velvollisuuksien laiminlyöntitilanteessa muuttaa vakuuden rahaksi, jolla maksetaan viranomaisen ennallistamis- ja purkukustannuksia. Vakuuden valvontaan tarvittava työmäärä voi olla merkittävästi suurempi esimerkiksi toiminnan muutostilanteissa, jos yritys vastustaa uuden vakuuden asettamista tai olemassa olevan vakuuden muutoksia.

- Vakuuden käsittelyyn ja hyväksymiseen kuluu ½–3 työpäivää riippuen siitä, kuinka hyvin valmistellun arvion vakuudenasettaja antaa voimalan purku- ja ennallistamiskustannuksista ja tarvittavan vakuuden suuruudesta.
- Vakuuden voimassaolon ja määrän valvontaan yrityksen toiminnan aikana tarvitaan 2 tuntia vuodessa valvontakohtetta kohti.
- Purkamis- ja ennallistamisvelvoitteiden laiminlyönnistä ja vakuuden käyttöönotosta seuraavat hallinnolliset toimet kuten teettämishka vaativat työaika arviolta enintään muutamia työpäiviä sillä kyse on yleensä asiakirjoihin perustuvasta menettelystä.
- Purku- ja ennallistamistöiden teettämisen suunnitteluun ja valmistumisen lopputarkastukseen ½-3 työpäivään valvontakohtetta kohti, sillä toiminnanharjoittajan edellytetään toimittavan suunnitelmat viranomaiselle.

6.3.2 Ahvenanmaan itsehallinto

Ehdotettu lainsäädäntö ei vaikuta Ahvenanmaan maakunnan itsehallintoon tai maakunnan muihin erityispiirteisiin. Ahvenanmaan maakunnan alueella sovelletaan merituulivoimahankkeiden lupa-asioissa sen omaa ympäristölainsäädäntöä ja rakennuslainsäädäntöä, joiden varaan jäisi myös mahdollisen vakuuden edellyttäminen.

6.4 Ympäristövaikutukset

Vakuusjärjestelmä liittyisi toiminnanharjoittajaa koskeviin lakisääteisiin purku- ja ennallistamisvelvoitteisiin maksukyvyttömyys- ja muissa velvoitteiden laiminlyöntitilanteissa. Vakuusjärjestelmän olemassaolon ympäristövaikutukset olisivat välillisiä, sillä se turvaisi taloudelliset edellytykset tarvittaessa purkaa lainsäädännön edellyttämällä tavalla merenpohjasta sähkökaapelit, tasoittaa alue, poistaa haitta-aineet, purkujätteet ja rakennelmat. Näillä toimenpiteillä tavoitellaan ensisijaisesti merenkäytön esteiden poistamista ja palauttamista rajoituksettomasti muuhun käyttöön, kuten kalastukseen tai liikenteeseen. Purku- ja ennallistamistoimenpiteillä on niiden laajuudesta riippuen erilaisia haitallisia vaikutuksia ympäristön kannalta (kts. luku 3.4.1), mutta paikallisesti voi mahdollisesti olla rajallisesti myös hyödyllisiä luonto- ja ympäristövaikutuksia (kts. luku 3.4.2).

Kiertotalouden edistämisen näkökulmasta vakuusjärjestelmällä on myönteistä vaikutusta silloin, jos toiminnanharjoittaja lyö laimin jätehuoltovelvoitteensa ja vakuuden rahoituksella tilanne voidaan korjata. Vakuuden rahoituksen turvin saadaan voimalaitoskohteesta toimitettua kiertoon ja uusiokäyttöön betoni- ja teräsmateriaalia; yksittäisestä voimalasta mahdollisesti satoja tonneja ja tuulivoimapuistoista jopa tuhansia tonneja.

6.5 Yhteenveto vaikutuksista

Taloudelliset vaikutukset

Merialueiden käyttäjäistä myönteisiä vaikutuksia kohdistuu talousvyöhykkeellä meriliikennettä harjoittaviin yrityksiin, ammattimaisen kalastuksen harjoittajiin ja valtion eri organisaatioihin siten että maksukyvyttömyystilanteissakin puretaan heitä haittaavat rakennelmat pois merestä.

Julkiselle taloudelle syntyy sekä kustannussäästöjä että kustannuksia. Kustannussäästöjä syntyy toiminnanharjoittajan maksukyvyttömyystilanteessa sellaisista purku- ja ennallistamiskustannuksista, jotka ilman vakuutta jäisivät valtion maksettaviksi. Maksukyvyttömyystilanteet ovat todennäköisesti harvinaisia, mutta toisaalta niissä valtiolle voi koitua huomattavia kustannuksia; tuulipuiston purkukustannukset voisivat olla jopa satoja miljoonia euroja.

Vakuusjärjestelmän käyttöönotosta ja ylläpidosta aiheutuisi kustannuksia valtion taloudelle. Kustannuksien määrä riippuisi järjestelmän toiminnan organisoinnista. Jo olemassa olevan vakuuksiin perehtyneen organisaation hoitamana asioiden jatkuvaan hoitamiseen riittäisi arviolta sivutoiminen yhden henkilön työpanos toiminnan käynnistämisvaiheen jälkeen, sillä vakuuksien määrä on varsin vähäinen, todennäköisesti vain muutamia.

Vakuusjärjestelmän ylläpito koostuisi toisaalta uusien vakuuksien hyväksynnästä, hyväksytyjen jatkuvasta seurannasta ja hallinnoinnista ja toisaalta hyvin harvoin tapahtuvasta vakuuksien realisoinnista toiminnanharjoittajan maksukyvyttömyystilanteissa.

Vakuusasioiden hallinnan järjestämiseksi ja esimerkiksi asiakirjojen arkistoinniseksi ei tarvittaisi merkittäviä uusia resursseja. Mahdollisesti viranomainen voisi valtion maksuperustelain (150/1992) nojalla periä toiminnanharjoittajalta suoritemaksuja, jotka lähtökohtaisesti voisivat kattaa kokonaan edellä mainitut viranomaiselle vakuusasian käsittelystä ja vakuuden säilyttämisestä aiheutuneet kustannukset, mutta ei hallintopakkomenettelyn kustannuksia.

Julkiselle taloudelle aiheutuisi lisäkustannuksia hallintopakkomenettelyistä vakuuksien realisoinnista toiminnanharjoittajan maksukyvyttömyystilanteissa. Vakuus ei kattaisi esimerkiksi valtion virkamiesten työajan kulumiseen perustuvia kustannuksia hallintopakkomenettelystä. Näitä kustannuksia syntyisi kuitenkin vain harvoin maksukyvyttömyystilanteissa ja niiden edellyttämä työmäärä olisi varsin vähäinen, arviolta tapauksittain muutamia työpäiviä.

Kansantalouden tasolla vakuusjärjestelmä vaikuttaisi osaltaan edistään tuulivoimainvestoinneille tärkeää vakaata ja ennustettavaa toimintaympäristöä varmistamalla purku- ja ennallistamisvelvoitteiden toteutumisen tuuli-voimatoiminnan päättyessä. Se ei aiheuttaisi yrityksille, yksityisille, kunnille tai muille julkisyhteisöille tai muille tahoille niin merkittäviä uusia välittömiä kustannuksia tai hyötyjä, että niillä olisi kansantalouden kannalta olennaista välitöntä vaikutusta.

Yritysvaikutukset

Lisäkustannuksia niille toiminnanharjoittajille, joilta vakuutta tultaisiin edellyttämään. Vakuuksia tuulivoima-alan yrityksille myyville rahoitus- tai vakuuslaitoksille syntyisi vastaavan suuruinen vuosittainen tulovirta.

Kertaluonteiset hallinnolliset kustannukset pitävät sisällään yritykselle vakuuksien asettamiseen ja vapauttamiseen liittyvästä työstä syntyvät työvoimakustannukset sekä viranomaisten vakuuden käsittelystä perimät maksut. Niitä arvioitiin voimalaa kohden muodostuvan noin 400–2 200 euroa/voimala.

Toistuvia hallinnollisia kustannuksia syntyisi vakuuksien mahdollisesta tarkistamisesta toiminnan aikana esimerkiksi yritysjärjestelyn tai kustannustason nousun vuoksi. Tällaisia vakuuden tarkistamistarpeita olisi 2–3 kertaa voimalan 30 vuoden toiminta-aikana. Niitä arvioitiin muodostuvan keskimäärin 400–600 euroa/voimala. Lisäksi vakuuden voimassaolon ja määrän valvontaan liittyvät kustannukset arvioitiin noin 7 000 euroksi/valvontakohte.

Lisäksi aiheutuisi vakuusmaksuista kustannuksia. Arvio on laskettu yhden voimalan purkukustannusten arvonlisäverollisen (ALV 25,5 %) hinnan keskiarvon perusteella olettaen, että vuosittain perittävä vakuusmaksu on 1 % purkukustannuksista. Kun tuulipuiston täydellisen purkamisen keskimääräisten kustannusten arvioitiin olevan 326–628 miljoonaa euroa ja osittaisen purkamisen keskimääräisten kustannusten 197–301 miljoonaa euroa (Luku 4.5) vakuusmaksuista kustannuksia arvioitiin muodostuvan yhteensä arviolta 2,0–6,3 miljoonaa euroa/tuulivoimapuisto/vuosi eli 24–65 tuhatta euroa/voimala/vuosi.

Valtion viranomaisten toimintaan kohdistuvat vaikutukset

Vakuuden käsittelyyn tarvitaan resursseja, joiden määrää on arvioitu Metsähallituksen (Tuulivoimalat), ympäristöhallinnon ja Kuntaliiton (Jätevakuudet) ja Suomen ympäristökeskuksen (Jätteiden vientiasiat) muita asioita koskevien tietojen perusteella. Vakuuden valvontaan tarvittava työmäärä voi olla kuitenkin merkittävästi suurempi esimerkiksi toiminnan muutostilanteissa, jos yritys vastustaa uuden vakuuden asettamista tai olemassa olevan vakuuden muuttamista. Kustannukset riippuvat olennaisesti siitä perustetaanko uusi tehtäväkokonaisuus johonkin organisaatioon vai ohjataan asia organisaatioon, jolla on muitakin vakuusasioita hoidettavana.

Vakuuden käsittelyyn ja hyväksymiseen kuluu ½–3 työpäivää riippuen siitä, kuinka hyvin valmistellun arvion vakuudenasettaja antaa voimalan purku- ja ennallistamiskustannuksista ja tarvittavan vakuuden suuruudesta.

Vakuuden voimassaolon ja määrän valvontaan yrityksen toiminnan aikana tarvitaan 2 tuntia vuodessa valvontakohtetta kohti.

Purkamis- ja ennallistamisvelvoitteiden laiminlyönnistä ja vakuuden käyttöönotosta seuraavat hallinnolliset toimet kuten teettämishka vaativat työaikaa arviolta enintään muutamia työpäiviä sillä kyse on yleensä asiakirjoihin perustuvasta menettelystä.

Purku- ja ennallistamistöiden teettämisen suunnitteluun ja valmistumisen lopputarkastukseen ½–3 työpäivään valvontakohtetta kohti.

7 Katsaus täydentäviin rahoitusmalleihin ja purkamisen sääntelyyn viidessä vertailumaassa

7.1 Vertailumaiden valintakriteerit ja vertailun toteuttaminen

Tässä luvussa kuvataan oikeusvertailun tuloksia. Merialueiden tuulivoimaloita rakennetaan Pohjanmeren rantavaltioiden merialueille ja talousvyöhykkeille paljon. Esimerkiksi Saksan ja Iso-Britannian rannikoille on nykyisten voimaloiden lisäksi tulossa lukuisia uusia tuulivoimapuistoja ja voimaloita. Koska merioikeusyleissopimus koskee kaikkia maita ja koska merialueilla purkamiseen liittyvät kysymyksenasettelut purkamisen tarpeesta ovat samat, Pohjanmeren alueen valtioiden käytännöistä ja tulkinnoista on mahdollista saada hyödyllistä tietoa Suomelle eri maiden sääntely- ja rahoitusratkaisuista. Vertailumaiksi valittiin siksi Hollanti, Ruotsi, Tanska, Saksa ja Iso-Britannia.

Oikeusvertailussa pyrittiin hakemaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Onko vertailumaissa lainsäädäntöä merituulivoimaloiden lopettamisvaiheen purkuvelvoitteista?
- Miten laajoja purkuvelvoitteet ovat?
- Miten ja kenelle vakuus asetetaan?
- Milloin vakuus asetetaan?
- Miten suuria vakuudet ovat?
- Mitkä vakuusmuodot ovat sallittuja?

Oikeusvertailussa keskitytään yksinomaan purkuvelvollisuuteen ja vakuuksiin, sillä aiemmassa lainvalmisteluaineistossa on jo esitetty yleiskuva eräiden maiden merituulivoiman hyödyntämisen sääntelystä talousvyöhykkeellä (HE 147/2024 vp).

7.2 Maakatsaukset

7.2.1 Hollanti

Hollannissa on merituulivoimaa koskeva erillislaki²⁵⁴, jossa säädetään hankkeiden luvanvaraisuudesta ja lupien myöntämisestä sekä vakuudesta. Merituulivoimaloiden rakentaminen aluevesille ja talousvyöhykkeelle edellyttää elinkeino- ja ilmastoministeriön lupaa. Valtiolla on siten merkittävä rooli merituulivoimahankkeissa. Elinkeino- ja ilmastoministeriö sekä infrastruktuuri- ja ympäristöministeriö osoittavat kaavoituksessa vesialueita merituulivoimakäyttöön. Alueet jaetaan valtion järjestämässä kilpailutusmenettelyssä, jonka voittaja saa luvan merituulivoimahankkeen rakentamiseen ja sen toimintaan. Alueluvat ovat voimassa 35 – 40 vuotta, siten että sähköntuotantoa varten on varattu 35 ja laitoksen purkamista varten 5 vuotta.²⁵⁵

Käytöstä poistunut tuulivoimala on purettava vesiasetuksen (Waterbesluit) mukaan. Purkaminen tulee aloittaa kahden vuoden kuluessa sähköntuotannon lopettamisesta.

Merituulivoimalain 28 §:n mukaan voidaan edellyttää purkamisvakuutta. Velvollisuus asettaa vakuus on luvan haltijalla tai, jos lupa on lakannut olemasta voimassa, luvan viimeisellä haltijalla. Käytöstä poistettujen tuulipuistojen poistamista, purkamista tai uudelleenkäyttöä koskevan vakuuden määrä, ehdot, ajankohdat ja menettelyt vahvistetaan aluetta koskevassa viranomaisen päätöksessä. Aluepäätös perustuu merituulivoimalakiin, luonnonsuojelulakiin²⁵⁶ ja vesilakiin²⁵⁷.

Kaikissa seuraavaksi kuvatuissa esimerkkihankkeissa vakuusmuotona on ollut pankkivakuus, joka tulee asettaa ennen energiantuotannon alkamista. Pankkivakuudesta sovitaan valtion ja luvanhaltijan välisessä hankekohtaisessa sopimuksessa. Tämä sopimus sisältää muun muassa ehdon, jonka mukaan uusi pankkitakaus annetaan määräajoin. Mikäli luvanhaltija ei vaihda pankkitakausta ajoissa, takauksen määrä siirtyy valtiolle. Valtiota edustaa vakuuden osalta elinkeinoministeriön alainen virasto RVO (The Netherlands Enterprise Agency).

254 Wet windenergie op zee, 2015.

255 RVO:n sivusto, vierailtu 8.12.2025. <https://windopzee.nl/onderwerpen/windpark-zee/>

256 Wet Natuurbescherming, 2015.

257 Waterwet, 2009.

Esimerkiksi Hollandse Kust (west) VII:stä annettiin vuonna 2021 aluepäätös²⁵⁸. Hankkeen koko on 760 MW ja turbiinien koko 10–16 MW. Purkamisvakuudeksi määrättiin 120 000 euroa megawatilta. Siten 760 megawatin asennetulla kapasiteetilla purkamisvakuuden määrä on 91,2 miljoonaa euroa. Luvan haltijan tulee kasvattaa vakuuden määrää 2 %:lla vuosittain vuoteen 12 saakka (inflaatiokorjaus). Vakuuden suuruus arvioidaan uudelleen kahdentoista (12) ja kahdenkymmenenneljän (24) vuoden jälkeen sekä vuosi ennen purkamista. Lupaehdon 4.5 mukaan vakuuden tulee olla riittävä voimaloiden, kaapeleiden ja eroosiosuojausten poistamiseen. Lisäksi vakuuden tulee kattaa henkilöstö- ja laitekustannukset sekä riskien lisäkustannukset.

Myös toisessa esimerkkihankkeessa, Ijmuiden Ver, Alue Alpha, vuonna 2023 annetussa aluepäätöksessä²⁵⁹ vakuuden määrä on 120 000 euroa megawatilta. Hankkeen koko on 2 GW ja maksimi-turbiinimäärä on 134, josta laskien asennetulla kapasiteetilla purkamisvakuuden määrä on noin 240 miljoonaa euroa. Luvan haltijan tulee kasvattaa vakuussummaa vuosittain 2 %:lla 12 vuoteen saakka. Myös tässä hankkeessa vakuuden suuruus tulee arvioida uudelleen kahdentoista (12) ja kahdenkymmenenneljän (24) vuoden jälkeen sekä vuosi ennen purkamista. Purku tulee suorittaa 2 vuotta ennen luvan päättymistä tai viimeistään luvan voimassaoloaikana. Lisäksi lupaehdon 4.5 mukaan, kuten Hollandse Kust (west) VII-hankkeessakin, vakuus tulee olla riittävä voimaloiden, kaapeleiden ja eroosiosuojausten poistamiseen. Lisäksi vakuuden tulee kattaa henkilöstö- ja laitekustannukset sekä riskien lisäkustannukset.

Kolmannessa esimerkkihankkeessa, Nederwiek zuid, vuonna 2025 annetussa aluepäätöksessä²⁶⁰ vakuuden määräksi on asetettu jälleen 120 000 euroa megawatilta. Hankkeen koko on vähintään 1 GW ja maksimissaan 1,15 GW, josta laskien asennetulla kapasiteetilla purkamisvakuus on luokkaa 100–115 miljoonaa euroa. Turbiinien maksimimäärä on 76 ja minimikoko 15 MW. Myös tässä hankkeessa luvan haltijan tulee kasvattaa vakuuden määrää vuosittain 2 %:lla 12 vuoteen saakka sekä arvioida hankkeessa vakuuden suuruus uudelleen kahdentoista (12) ja kahdenkymmenenneljän (24) vuoden jälkeen sekä vuosi ennen purkamista. Hankkeen lupaehdon 4.4.3 mukaan vakuus tulee myös tässä tapauksessa olla riittävä voimaloiden, kaapeleiden ja eroosiosuojausten poistamiseen sekä kattaa henkilöstö- ja laitekustannukset ja riskien lisäkustannukset.

258 Kavelbesluit VII windenergiegebied Hollandse Kust (west), 26.11.2021.

259 Kavelbesluit kavel Alpha windenergiegebied Ijmuiden Ver, 6.12.2023.

260 Kavelbesluit kavel I-A windenergiegebied Nederwiek (zuid), 9.4.2025.

7.2.2 Ruotsi

Ruotsissa ei ole erillistä lainsäädäntöä merituulivoiman hyödyntämisestä, vaan toimintaan sovelletaan talousvyöhykelakia²⁶¹. Toiminta edellyttää erityistä valtioneuvoston lupaa, joka myönnetään talousvyöhykelain säännösten nojalla tutkimiseen, hyödyntämiseen ja rakentamiseen talousvyöhykkeellä. Talousvyöhykelain lisäksi lupaharkinnassa sovelletaan 6 §:n nojalla ympäristö-kaaren²⁶² säännöksiä. Toiminnan luvanvaraisuuden ohella on talousvyöhykelaissa (5b §) säädetty lupaviranomaiselle mahdollisuus edellyttää toiminnanharjoittajaa asettamaan vakuuden. Vakuus kattaa kustannukset rakennelmien ja laitteiden (anläggningar och andra inrättningar) poistamisesta sekä muista toimenpiteistä alueen ennalleen palauttamiseksi. Toimintaa koskevan luvan voimassaolo voidaan kytkeä vakuuden voimassaoloon. Lupaviranomainen voi tarvittaessa vaatia myös lisävakuuksia. Vaikka vakuudesta päättää lupaviranomainen, sen säilyttämisestä vastaa asianomainen lääninhallitus. Vakuuden asettamisvelvollisuus ei kuitenkaan koske valtiota tai kuntia.

Merituulivoimaloita ei vielä ole toiminnassa Ruotsin talousvyöhykkeellä, mutta neljälle hankkeelle on myönnetty lupa sekä useita hakemuksia on lupakäsittelyssä. Kartta ja luettelo hankkeista on nähtävillä Ruotsin valtioneuvoston sivustolla.²⁶³

Ruotsin valtioneuvosto teki vuonna 2023 talousvyöhykelain nojalla useita lupapäätöksiä, joissa edellytettiin talousvyöhykkeen hankkeilta vakuuden asettamista²⁶⁴. Päätöksissä veloitettiin toimijat asettamaan vakuudet voimaloiden ja niiden rakennelmien poistamisen varalle.

Esimerkiksi hankkeessa Galatea-Galene, osa-alue Galene indeksikorjattuna lokakuun 2025 hintatasoon vakuus on noin 573 000 euroa voimalaa kohden (6 miljoonaa kruunua vuoden 2023 hintatasossa, Ruotsin elinkustannusindeksin korjauksella lokakuun 2025 hintatasossa noin 6,3 miljoonaa kruunua).²⁶⁵ Galene-osa-alueen suunniteltu kapasiteetti on 400 MW ja lukumäärä on 21.²⁶⁶ Täten yksittäisen voimalan koko olisi noin 19 MW.

261 Lag (1992:1140) om Sveriges ekonomiska zon.

262 Miljöbalk (1998:808).

263 Regeringen 4.11.2024.

264 Saatavilla linkistä [Rättsfall](#).

265 Regeringsbeslut 15.5.2023.

266 OX2 Sweden 2022–2026

Toisessa esimerkkihankkeessa Kattegat Syd vakuus on indeksikorjattuna lokakuun 2025 hintatasoon noin 643 000 euroa voimalaa kohden (5 miljoonaa kruunua vuoden 2021 hintatasossa, Ruotsin elinkustannusindeksin korjauksella lokakuun 2025 hintatasossa noin 6,1 miljoonaa kruunua).²⁶⁷ Hankkeen suunniteltu kapasiteetti on 1 200 MW ja voimaloiden lukumäärä 60 – 80 kappaletta.²⁶⁸ Täten yksittäisen voimalan koko olisi 15 – 20 MW.

Seuraavissa kappaleissa on päätöksistä poimittu esimerkkejä vakuutta koskevien lupaehtojen muotoilusta (päätöksen sivu 6). Vakuutta koskeva lupaehto on päätöksessä muotoiltu seuraavasti:

Taloudellinen vakuus

Hakijan on luvan voimassaolon edellytyksenä 5 b §:n mukaisesti Ruotsin talousvyöhykettä koskevan lain nojalla asetettava taloudellinen vakuus ennallistamistoimenpiteiden kustannuksista sekä mahdollisista toiminnan lopettamiseen liittyvistä tarpeellisista merimittauksista. Vakuus, joka on asetettava viimeistään rakennustöiden aloittamisen yhteydessä, on viisi miljoonaa kruunua jokaista pystytettyä tuulivoimalaa kohden vuoden 2021 hintatasossa. Vakuus on asetettava ja hyväksyttävä Hallandin lääninhallituksella ennen luvan käyttöönottoa.

Molemmissa yllämainituissa päätöksissä (Galene ja Kattegatt Syd) vakuus tulee jättää lääninhallitukselle ja asettaa ennen rakentamistöiden aloittamista. Tuulivoimatuotannon päättyessä tulee toteuttaa purkutoimenpiteet. Yhtiön tulee laatia purkusuunnitelma ja se tulee toimittaa valvovalle viranomaiselle. Valvova viranomainen päättää missä laajuudessa rakenteet mukaan lukien perustukset tulee poistaa ja mitä muita ennallistamistoimenpiteitä vaaditaan suoritettavaksi.

Ruotsin aluevesillä sijaitsevan Falkenberg Kattegatt Offshore -hankkeen vakuus on voimalaa kohden indeksikorjattuna lokakuun 2025 hintatasoon noin 182 000 euroa (1,5 miljoonaa kruunua päätösajankohtana ja Ruotsin elinkustannusindeksin korjauksella lokakuun 2025 hintatasossa noin 2,0 miljoonaa kruunua).²⁶⁹ Vuonna 2021 julkaistun uutisen mukaan omistajataho on vaihtunut. Uutisen

²⁶⁷ Regeringsbeslut (2), 15.5.2023.

²⁶⁸ Vattenfall 2025

²⁶⁹ Svea hovrätt, 2015.

mukaan hankkeen suunniteltu kapasiteetti on 260 MW.²⁷⁰ Vakuus tulee asettaa ennen yksittäisen turbiinin rakentamistöiden aloittamista. Alue tulee palauttaa mahdollisimman lähelle alkuperäistä tilannetta. Ennallistamissuunnitelma tulee toimittaa valvovalle viranomaiselle hyvissä ajoin ennen yksittäisen turbiinin tai koko puiston purkamista.

Merituulivoiman sääntelyn uudistustarpeista on Ruotsissa tehty perusteellinen tutkimus siitä näkökulmasta, onko kohteiden sijaintipaikan valinta siirrettävä hankekehittäjiltä valtiolle. Kyse olisi siirtymisestä tarjouskilpailumalliin ns. avoimien ovien mallista, kuten Suomessakin on tehty. Vakuussääntelyä ei uudistuksessa ole tarkoitus muuttaa, joten siihen arvioidaan oltavan ilmeisen tyytyväisiä.

7.2.3 Tanska

Tanskassa merituulivoiman hyödyntämistä säännellään uusiutuvan energian edistämisestä annetussa laissa²⁷¹, minkä lisäksi toimintaa sovelletaan useita muitakin lakeja. Tanskassa merialuesuunnitelmat ovat oikeudellisesti sitovia eli toimintaa koskevissa luvissa on noudatettava kyseisiä suunnitelmia.²⁷²

Tanskassa merituulivoimalahanke tarvitsee tutkimusluvan, rakentamisluvan ja sähköntuotantoluvan. Toimijat valitaan tarjouskilpailulla, jonka tuloksena voittaja saa yksinoikeuden tutkimuslupa. Kilpailutus järjestetään EU:n hankintadirektiivien mukaan: joko julkisista hankinnoista annetun direktiivin 2014/24/EU nojalla tai käyttöoikeussopimusdirektiivin 2014/23/EU nojalla. Toiminnan yleiset ehdot määritellään pitkälti näissä hankinta- ja käyttöoikeussopimuksissa.

Tuulivoimaloiden teknisestä sertifiointista ja huollosta on annettu asetus²⁷³, jonka tarkoituksena on varmistaa, että voimalat ovat turvallisia.

270 CIG 2021.

271 Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2018.

272 Tarkemmin HE 147/2024 vp, luku 5.2.2.

273 Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2020.

Uusiutuvan energian edistämisestä annetun lain²⁷⁴ mukaisessa rakentamisluvassa voidaan määrätä myös purkamisesta. Vakuuden suuruuteen vaikuttaa riippumattoman ulkopuolisen tahon arvio, jonka luvanhaltija hankkii kustannuksellaan.

Tanskassa merituulivoimaa on tuotannossa 2,7 gigawattia. Viimeksi valmistuneet merituulivoimapuistot ovat vuonna 2024 käyttöön otetut Vesterhav Nord ja Vesterhav Syd. 176 megawatin tehoinen Vesterhav Nord koostuu 21 voimalasta ja 168 megawatin tehoinen Vesterhav Syd koostuu 20 laitoksesta. Kooste kaikista voimaloista asiakirjoineen on nähtävillä Energistyrelsen sivustolla.²⁷⁵

Päätöksen Vattenfall Vindkraft Kriegers Flak P/S (20.1.2021) lupaehtoja purkamisvelvollisuudesta²⁷⁶ voidaan käyttää esimerkkinä yleisesti hyväksytyistä tanskalaisista toimintamalleista lupapäätöksissä. Päätös on tosin valituksen perusteella kumottu. Kumoaminen perustui hankkeen linnusto- ja luontovaikutuksiin, joten päätöstä voidaan muilta osin käyttää esimerkkinä yleisesti hyväksytyistä toimintamalleista. Luvansaajan tuli toimittaa tuulivoimaloiden käytöstäpoistamissuunnitelma ja sen ympäristövaikutusten arviointi viranomaiselle (Energistyrelsen) kaksi vuotta ennen luvan voimassaolon päättymistä. Vakuudesta oli päätöksessä määrätty, että luvanhaltijan on asetettava riittävä purkamisvakuus 15 vuotta sähköntuotannon aloittamisesta. Vakuuden on katettava kaikki mahdolliset purku- ja ennallistamisvelvoitteisiin liittyvät kustannukset ("alle potentielle omkostninger forbundet med nedtagning- og oprydningforpligtelsen"). Purkuvelvollisuus kohdistuu merituuliturbiineihin sekä niiden välisiin ja sisäisiin sähköjohtoihin ("havvindmøllerne med tilhørende interne opsamlingsnet"), joten tuulipuiston ulkopuoliset sähköjohdot mantereelle eivät siihen kuuluneet. Päätöksessä oli varauduttu lupamääräyksiin siihen, että vakuus tulee tarvittaessa tarkistaa olosuhteiden muuttuessa.

Vesterhav Syd ja Vesterhav -hankkeiden²⁷⁷ mukaan purkamissuunnitelma tulee jättää 2 vuotta ennen tuulivoimatuotantoluvan päättymistä. Yksittäisen voimalan toiminnan päättyessä purkamissuunnitelma tulee jättää 2 vuotta ennen kuin oletettu tekninen käyttöikä päättyy. Purkamissuunnitelman tulee sisältää kuvaus purkamistoimenpiteistä ja niiden aikatauluista. Vakuus tulee jättää 14 vuotta ja

274 Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2018.

275 Energistyrelsen 2025. Sivusto Eksisterende havvindmølleparker.

276 <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/miljo-och-klimat/havsbase-rad-vindkraft/>

277 Energistyrelsen 2016.

6 kk siitä, kun ensimmäinen turbiini on tuotannossa. Vesterhav Syd hankkeesta vastaavan tulee tehdä ehdotus vakuusmuodosta 5 kk ennen vakuuden asettamista, vastaavasti Vesterhav Nord 6 kk ennen vakuuden asettamista. Vesterhav Syd hankkeessa vakuus on indeksikorjattuna lokakuun 2025 hintatasossa noin 27,7 miljoonaa euroa (170 miljoona kruunua päätösajankohtana ja indeksikorjattuna lokakuun 2025 hintatasossa noin 207 miljoonaa kruunua) ja Nord hankkeessa on indeksikorjattuna lokakuun 2025 hintatasossa noin 29,5 miljoonaa euroa (180 miljoona kruunua päätösajankohtana ja indeksikorjattuna lokakuun 2025 hintatasossa noin 220 miljoonaa kruunua). Vakuus tulee jättää viranomaiselle "Energistyrelsen".

Thor merituulivoimapuistohankkeen toteuttamiselle on myönnetty lupa lokakuussa 2024²⁷⁸. Puiston suunniteltu kapasiteetti on 1,0 gigawattia ja kattavan 72 voimalaa. Yksittäisen voimalan suunniteltu koko on 15 megawattia. Thor-hankkeen lupaehtona on vakuuden asettaminen, joka on indeksikorjattuna lokakuun 2025 hintatasoon vähintään 220 miljoonaa euroa (1,6 miljardia Tanskan kruunua päätösajankohtana ja indeksikorjattuna lokakuun 2025 hintatasoon noin 1,64 miljardia Tanskan kruunua) eli noin 10 % rakentamiskustannuksista. Vakuussummaa voidaan pienentää 14,5 vuotta ensimmäisen voimalan tultua tuotantoon, jos luvansaaja pystyy osoittamaan viranomaiselle, että purkukustannukset ovat alle 10 miljoona kruunua voimalaa kohden. Vakuus tulee olla vähintään 200 miljoonaa Tanskan kruunua Rahoituslaitoksen, vakuutusyhtiön tai vastaavan myöntämänä. Vakuuden pitää kattaa kaiken, mikä sisältyy merituulivoimaloiden purkuun²⁷⁹. Purkusuunnitelma tulee jättää 4 vuotta ennen tuulivoimatuotantoluvan päättymistä. Lisäksi yksittäisen voimalan toiminnan päättyessä purkusuunnitelma tulee jättää 2 vuotta ennen oletetun teknisen käyttöiän päättymistä.

7.2.4 Saksa

Saksan jo toimivien laitosten merituulivoimatuotanto on 8,8 gigawattia. Saksalla on merituulivoimaa koskeva erityislaki²⁸⁰, jonka tavoitteena on lisätä tuulivoiman tuotantoa ja järjestää tuulivoiman kilpailuttaminen. Merialueiden tuulivoiman sijoittumista ja käyttöä ohjaavat lisäksi merialuesuunnitelmat, jotka ovat

278 Energistyrelsen (2), 2025.

279 Energistyrelsen (2), 2025. Kohta 12.

280 Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (Windenergie-auf-See-Gesetz – WindSeeG) 13.10.2016.

oikeudellisesti sitovia. Rakentamishankkeen toteuttaminen edellyttää valtion järjestämän tarjouskilpailun voittamista, minkä jälkeen voittaja saa hakea lupaa hankkeelle. Luvan hakijan on kuvattava turvallisuustoimet, aikataulu, käytöstä poistamisen suunnitelma ja YVA-selostus sekä varmistettava noudattavansa viranomaisen asettamaa yksityiskohtaista standardia rakentamisesta talousvyöhykkeellä²⁸¹.

Merituulivoimaloiden rakentamista ja toimintaa valvoo merenkulku- ja vesivirasto (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie). Kun lupa ei ole enää voimassa, rakennelmat on poistettava. Merenkulku- ja vesivirasto päättää poistamisen laajuudesta ottaen huomioon 69 §:n 3 momentin 1 virkkeen 1–4 kohdassa tarkoitetut seikat, poistamispäätöksen tekohetkellä vallitsevan tieteen ja teknologian tilan, yleisesti hyväksytyt kansainväliset standardit sekä 96 §:n 7 momentin mukaisen säädöksen vaatimukset. Hankkeesta vastaavan on suoritettava poisto viimeistään kahdentoista kuukauden kuluessa poistovelvollisuuden syntymisestä.

Luvassa voidaan lisäksi edellyttää vakuutta purkamisvelvoitteen täyttämisen varmistamiseksi. Jos vakuus määrätään, se on asetettava ennen rakentamisen aloittamista. Vakuuden riittävyyden varmistamiseksi viranomaisen on tarkistettava sen määrää vähintään neljän vuoden välein. Jos kaavoituspäätös tai kaavoituslupa siirretään toiselle hankkeesta vastaavalle, edellinen hankkeesta vastaava on edelleen velvollinen poistamaan laiminlyönnin seuraukset, kunnes toinen hankkeesta vastaava on asettanut vakuuden ja viranomainen on todennut sen soveltuvuuden.

Vakuutta koskevat vaatimukset sisältyvät Saksan Siviililain 232 §:ään²⁸².

281 Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (Windenergie-auf-See-Gesetz – WindSeeG) 13.10.2016. Section 68.

282 Bürgerliches Gesetzbuch (BGB) 18.08.1896.

Henkilö, jolta vaaditaan vakuuden antamista, voi tehdä sen:

- rahan tai arvopapereiden tallettamisella,
- vaatimusten panttaamisella, jotka on rekisteröity Saksan liittovaltion velkarekisteriin tai maaomaisuuden velkarekisteriin,
- liikkuvien esineiden panttaamisella,
- laivavakuuksien luomisella laivoihin tai rakenteilla oleviin laivoihin, jotka on merkitty saksalaiseen laivarekisteriin tai laivarakennusrekisteriin,
- kiinteistövakuuksien perustamisella Saksan alueella oleville maa-alueille,
- vaatimusten panttaamisella, joille on olemassa kiinteistövuokaus Saksan alueella olevilla maa-alueilla, tai
- maan panttioikeuksien tai vuotuisten maanpanttioikeuksien panttaamisella Saksan alueella olevilla maa-alueilla.

Jos vakuutta ei voida antaa tällä tavalla, on sallittua toimittaa pätevä takaaja.

Borkum Riffgrund 3 hanke sijaitsee Pohjanmerellä ja kattaa 93 kappaletta 11 megawatin turbiinia. Vuonna 2021 myönnetyn luvan ja sen lupaehdon 12 mukaan hankkeesta vastaavan on viimeistään kolme kuukautta ennen rakennustöiden alkamista tai ennen rakennustöitä valmistavien toimenpiteiden aloittamista toimitettava ehdotus suoritettavaksi vakuudeksi, laskelma purkukustannusten suuruudesta sekä tunnustetun tilintarkastusyhteisön lausunto laskettujen purkukustannusten laajuudesta ja määrästä. Siltä osin kuin hankkeesta vastaava edellyttää muuta vakuutta kuin mitä § 232 BGB:ssä on mainittu, tämän muun vakuuden vastaavuus on osoitettava asiantuntijalausunnolla. Vakuuden suorittaminen on edellytys merellä tehtäville rakennustöille.

Saksassa Vattenfall kilpailuttaa parhaillaan Alpha Ventus -merituulivoimapuiston purkamista, jossa on 12 kappaletta 5 megawatin kokoista voimalaa. Kilpailutuksessa on arvioitu, että purkamiskustannukset ovat suurusluokaltaan 16 miljoonaa euroa. Purkutyöt on suunniteltu vuodelle 2027 ja/tai vuodelle 2028.²⁸³ Lisäksi on erillinen kilpailutus koskien tuuliturbiiniperustuksen ja tuulipuiston merimuuntamon (OSS) purkamista ja kuljetusta maihin. Kilpailutuksen arvioitu kustannus on 50 miljoonaa euroa. Purkamistyöt on suunniteltu vuodelle 2027 ja/tai vuodelle 2028.²⁸⁴ Vakuuden suuruudesta ei ollut saatavissa tietoa.

283 EU:n tarjouskilpailu 664779-2025.

284 EU:n tarjouskilpailu 763286-2025

7.2.5 Iso-Britannia

Iso-Britannian energialaki vuodelta 2004 ja sen muutokset²⁸⁵ sisältävät lakisääteisen purkujärjestelmän merituuli- ja merienergiailaitoksille sekä niitä koskeville sähkölinjoille (yhdessä Offshore Renewable Energy Installations – ”OREI:t”). Lain mukaan ministeriö voi vaatia henkilöä, joka on vastuussa yhdestä näistä OREI:sta, laatimaan (ja lopulta toteuttamaan) purkuohjelman.

Iso-Britanniassa on viranomaisohjeistusta merituulivoimapuistojen purkamiselle, joka perustuu edellä mainittuun energialakiin. Englantia ja Walesia koskeva ohjeistus on vuodelta 2019²⁸⁶ ja Skotlantia koskeva ohjeistus vuodelta 2022²⁸⁷. Ohjeistukset ovat pääosin samansisältöiset.

Molemmissa ohjeissa todetaan, että purkusunnitelmassa on esitettävä perusvaihtoehtona, että purku kattaa kaikki asennetut rakenteet. Lisäksi tulee tutkia mahdolliset vaihtoehtoiset purkuvaihtoehdot, jotka hankevastaava toivoo selvittävänsä. Mikäli siirtokaapelit ovat siirtoyhtiön omistuksessa niiden purku ei ole välttämätöntä.

Skotlannin hallituksen edustaja²⁸⁸ ilmoitti sähköpostissaan, etteivät voi luovuttaa kustannustietoja yksittäisistä hankkeista. Hän totesi, että Skotlannin hallitus on hyväksynyt erilaisia taloudellisia vakuuksia, kuten heidän purkuohjeessaan on eritelty. Vakuus voi olla käteistalletus tilille tai suoraan Skotlannin hallitukselle. Vaihtoehtoina ovat myös luottokirje tai pankin/rahoituslaitoksen myöntämä vakuus.

Taloudellisen vakuuden määrän on vastattava ennakoituja kohteiden purkukustannuksia. Yrityksen tulee luetella kohteet, kuvata, miten ne poistetaan ja kohdentaa kustannus kuhunkin toimenpiteeseen. Mukaan otetaan inflaatioennuste hankkeen elinkaaren loppuun asti, arvonlisävero, varautumispuskuri sekä erä, jolla korjataan hankevastaavan hankkeen kustannusten mahdollisen aliarvioinnin. Kaikki nämä tiedot tarkistetaan talousneuvonantajien ja ulkoisten asiantuntijoiden toimesta laskelmien oikeellisuuden varmistamiseksi. Kaikissa tapauksissa vakuuden koko arvo on järjestettävä joko etukäteen tai hankkeen varhais-/keskivaiheessa.

285 Energy Act 2024.

286 BEIS 2019.

287 Scottish Government 2022.

288 Sähköposti 29.10.2025

Ohje²⁸⁹ kuvaa hyväksyttävät vakuustyyppit olosuhteista riippuen. Korkeamman riskin hankkeissa, esimerkiksi esikaupallisissa teknologioissa, edellytetään täyttä ja etukäteen asetettua taloudellista vakuutta, johon Skotlannin ministereillä on oikeus turvautua purkutöiden suorittamiseksi, mikäli yritys ei itse pysty siihen. Vähemmän riskialttiissa hankkeissa, jotka käyttävät vakiintuneita teknologioita ja joilla on ennustettava tulovirta, usein vahvan taloudellisen taustan turvaamina, on ollut hyväksyttävää kerryttää varoja useiden vuosien aikana. Taloudellisen vakuuden tyyppiä ja ajoitusta arvioidaan tapauskohtaisesti, mutta ne asetetaan ohjeen taloudellisen vakuuden periaatteiden mukaisesti.²⁹⁰

Vakuuden määrä ei ole julkinen. Vakuus voidaan asettaa eri aikoina; ”useasti hankkeen keskivaiheilla” (esim. 10 vuoden päästä toiminnan alkamisesta) tai useaan otteeseen hankkeen aikana. Vakuus tarkistetaan usein vuosittain, jotta voidaan varmistua, että vakuuden arvo on säilynyt.

Luvan haltijan tulee toimittaa käytöstä poiston jälkeinen raportti neljän (4) kuukauden kuluessa purkamistöiden valmistumisesta. Ministeriö tarkastaa raportin ja päättää, hyväksyykö raportin todisteeksi siitä, että purkaminen on suoritettu hyväksytyn käytöstä poisto-ohjelman mukaisesti. Vakuus on pidettävä voimassa, kunnes ministeriö vahvistaa, että käytöstä poisto-ohjelma on hyväksytysti saatu päätökseen.²⁹¹

7.3 Yhteenveto maakatsauksista

Todettakoon, että tämä yhteenvetokappale perustuu vertailumaiden katsauksiin, eikä sitä tule tulkita kattavaksi kansainväliseksi vertailuksi.

Edellä tässä jaksossa haettiin vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

Onko eri maissa lainsäädäntöä merituulivoimaloiden lopettamisvaiheen purkuvelvoitteista?

Kaikissa vertailumaissa on merituulivoiman käyttöönottoon soveltuvaa lainsäädäntöä viranomaishyväksynnöistä hankkeen toteuttamiselle ja toteuttamistavalle sekä lopettamisvaiheelle. Lainsäädännöissä lopettamisvaihe

289 Scottish Government, 2022, luku 9.

290 Scottish Government, 2022, luku 9.

291 BEIS, 2019, luku 9.

vakuuksineen saa tosin vain vähän huomiota, sillä tärkeimmät viranomaisen toimenpiteitä edellyttävät kysymykset ovat uusien alueiden käyttöoikeuksien jakaminen eri toimijoille ja kilpailutusten järjestäminen. Vaihtoehtoisia sääntelymalleja on useita. On erityislakeja merituulivoimasta (Hollanti, Saksa), erityislaki kaikista uusiutuvista energiamuodoista (Tanska), yleistä talousvyöhykelakia sovelletaan merituulivoimaloihin (Ruotsi).

Miten laajoja purkuvelvoitteet ovat?

Kaikissa maissa on sääntelyssä varauduttu voimalaitoksen toiminnan päättymiseen mainitsemalla purkuvelvollisuudesta ja edellyttämällä purkusuunnitelmaa, mutta niiden täsmällinen sisältö on jätetty toimijakohtaisen lupapäätöksen tekvän viranomaisen harkintaan ja hyväksyttäväksi toiminnanharjoittajan esityksen pohjalta. Hollannin aluepäätöksissä (kts luku 7.2.1.) todetaan yleisesti, että vakuuden tulee olla riittävä voimaloiden, kaapeleiden ja eroosiosuojausten poistamiseen sekä kattaa henkilöstö- ja laitekustannukset sekä purkamiseen liittyvien riskien lisäkustannukset.

Miten ja kenelle vakuus asetetaan?

Vakuus asetetaan luvassa tai laissa määritellylle viranomaiselle. Esimerkiksi Ruotsissa lähimmälle lääninhallitukselle, Tanskassa Energiavirastolle, Skotlannissa hallitukselle ja Hollannissa elinkeinoministeriön alaiselle Yritysvirastolle.

Milloin vakuus asetetaan?

Purkuvelvollisuuden varmistamiseksi tarvittavasta vakuusjärjestelystä on eri maissa erilaisia malleja. Vaihtelua on vakuuden kerryttämisessä, vakuusvelvollisuuden alkamisessa, vakuusvelvollisuuden sisällön yksityiskohtaisessa määrittelyssä.

Hollannissa ja Ruotsissa vakuus tulee asettaa energiantuotannon alkaessa. Skotlannissa vakuuden koko arvo on järjestettävä joko etukäteen tai hankkeen varhais-/keskivaiheessa. Tanskassa vakuus tulee asettaa noin 15 vuotta siitä, kun ensimmäinen voimala on tullut tuotantoon.

Miten suuria vakuudet ovat?

Vakuuden suuruus vaihtelee lupapäätöksen antamisen ajankohdan ja eri maiden välillä. Lisäksi vakuus on määritetty joko hanke- tai voimalakohtaisesti.

Voimalakohtaiset vakuudet muunnettuina euromääräisiin ja lokakuun 2025 hintatasoon vaihtelevat noin 0,2 miljoonasta eurosta noin 3 miljoonaan euroon.

Hankekohtaiset vakuudet vaihtelevat lisäksi voimaloiden lukumäärän ja niiden koon mukaan. Euromääräisesti suurin tiedossa oleva hankekohtainen vakuusmäärä on luokkaa 220 miljoonaa euroa.

Mitkä vakuusmuodot ovat sallittuja?

Hyväksyttävän vakuuden suhteen useimmat edellyttää tavanomaisia vakuuksia. Kuitenkin myös konsernitakaus on hyväksyttävissä Tanskassa tietyin edellytyksin.

Iso-Britanniassa on useita hyväksyttäviä vakuustyyppejä käytössä; pankkivakuus, käteistalletus tilille tai suoraan hallitukselle; vaihtoehtoina ovat myös luottokirje tai pankin/rahoituslaitoksen myöntämä vakuus. Tärkeää on huomata, että vakuuden tiedot tarkistetaan asiantuntijoiden toimesta oikeellisuuden varmistamiseksi.

8 Tutkimustulosten yhteenveto

8.1 Yleistä

Hanke Merituulivoiman purkuveloitteet ja -vakuus Suomen talousvyöhykkeellä toteutettiin Suomen ympäristökeskuksen (Syke) ja Sitowise Oy:n yhteistyönä tukemaan talousvyöhykkeen merituulivoiman hyödyntämistä koskevan lainsäädännön valmistelua.

Tutkimuksen lähtökohtana oli tarve varmistaa, että merituulivoimaloiden toiminnan päättymiseen liittyvät purkuveloitteet ja niihin liittyvät kustannukset voidaan kattaa myös tilanteissa, joissa toiminnanharjoittaja on maksukyvytön tai laiminlyö veloitteensa. Taustalla on hallitusohjelman tavoite edistää puhtaan energian tuotantoa sekä tarve järjestää merituulivoima-alueiden käyttöä avoimen kilpailutusmenettelyn kautta oikeusvarmuutta ja muiden merellisten intressien suojaa turvaavalla tavalla.

Hankkeen visiona oli oikeudenmukainen, selkeästi säännelty, kustannustehokas ja joustavasti toimiva vastuiden järjestelmä Suomen talousvyöhykkeen merituulivoimaloiden maksukyvyttömyystilanteiden varalta. Työn päätavoitteena oli tuottaa tutkimustietoa, analyysyjä ja ratkaisuvaihtoehtoja, jotka tukevat sääntelyn ennakoitavuutta ja oikeusvarmuutta erityisesti purkamisen tarpeen, purkukustannusten sekä purkua turvaavien vakuusjärjestelyjen osalta. Tutkimus keskittyi kolmeen pääkysymykseen: merituulivoimaloiden purkamisen tarpeeseen, purkamiseen liittyviin kustannuksiin sekä vakuusjärjestelmien soveltuvuuteen eri tilanteissa.

Tarkastelu rajattiin koskemaan ensisijaisesti Suomen talousvyöhykkeen merialueella sijaitsevia merituulivoimahankkeita. Se kattoi voimaloiden rakenteet, perustukset, puiston sisäiset kaapelit, sähköasemat sekä mahdolliset vedyn tuotantoon liittyvät rakenteet, mutta ei pääsääntöisesti rantautumiskaapeleita. Tutkimuksessa tarkasteltiin sekä täydellistä että osittaista purkamista, vaikka kansainvälisessä sääntelyssä täydellinen purku on usein lähtökohta. Elinkaaren pidentämistä ja repowering-vaihtoehtoja käsiteltiin vain suppeasti, koska nykyinen lainsäädäntö ei tue niitä. Tutkimus tuotti myös yleistasoista tietoa purkukustannuksista ja niiden rakenteesta. Sen tavoitteena ei ollut esittää tapauskohtaisia kustannusarvioita.

Tutkimuksen keskeisenä tiedonhankintamenetelmänä käytettiin laajaa kirjallisuuskatsausta, jossa hyödynnettiin kansallisia ja kansainvälisiä tutkimuksia, raportteja, säädöksiä, viranomaisohjeita sekä valmiita YVA-selostuksia. Kirjallisuustyötä täydennettiin asiantuntija-arvioilla ja sidosryhmähaastatteluilla, joita tehtiin muun muassa viranomaisten, toimialan edustajien ja kansainvälisten asiantuntijoiden kanssa.

Eri lähteistä koottu aineisto analysoitiin teknisestä, ympäristöllisestä, taloudellisesta ja oikeudellisesta näkökulmasta, huomioiden Suomen ja Pohjanlahden olosuhteet. Tulokset jäsennettiin hankkeen tavoitteita vastaaviksi kokonaisuuksiksi. Kansainvälisten sääntely- ja rahoitusmallien vertailussa painotettiin sellaisten ratkaisujen tunnistamista, joita voidaan soveltaa Suomen lainsäädännön kehittämisessä. Seuraavassa on esitetty tuloksia tarkemmin. Selkeimpiä paikallisiin olosuhteisiin soveltuvia tuloksia on esitetty suosituksina.

8.2 Purkamisen tekniset reunaehdot ja tarve

Tutkimuksessa käsiteltiin purkamisen tarvetta eri tilanteissa, kuten ottaen huomioon muiden merellisten toimintojen turvaaminen, purkamisen ympäristöhaitat ja vaikutukset sekä purkamiskustannukset purettaessa kaikki tai osa laitteista ja rakennelmista. Lisäksi tutkimuksessa tunnistettiin ja vertailtiin suunnitteluvaiheen ratkaisuja, joilla voidaan vähentää purkamisesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia ja muita haittoja.

Tutkimustulosten perusteella voimaloiden perustustapa on keskeinen tekijä purkamisen vaikutusten kannalta. Pohjaan perustettavat ratkaisut, erityisesti massiiviset painovoimaperustukset ja niitä ympäröivät kivisuojuukset, ovat purkamisen kannalta haastavimpia ja ekologisesti kuormittavimpia. Paalu- ja ristikkorakenteiset perustukset ovat yleensä helpommin purettavia, ja kelluvat voimalat voidaan irrottaa ja hinata pois jättäen merenpohjaan vain rajallisesti rakenteita.

Kansainväliset purkuohjeistukset korostavat riskiperusteista ja tapauskohtaista lähestymistapaa. Keskeisiä elementtejä ovat yksityiskohtainen purkamissuunnitelma, kustannusarvio ja rahoitusvakuus sekä purkamisen jälkiseuranta. Toimijan vastuu jatkuu, kunnes viranomainen hyväksyy jälkiseurannan tulokset. Järjestelmät mahdollistavat jouston, kuten osittaisen purkamisen tai rakenteiden säilyttämisen, mikäli se voidaan perustella turvallisuuden ja ympäristön kannalta.

Toteutettaviin rakenteisiin perustuva purkamissuunnitelma tulisi myös Suomen talousvyöhykkeen merituulivoimahankkeissa vaatia jo hankkeiden varhaisessa vaiheessa. Sitä tulisi päivittää hankkeen elinkaaren aikana ja käyttää purkamisvakuuden suuruuden määrittämisessä ja mahdollisessa päivittämisessä.

Tutkimuksessa tunnistettiin vastuiden siirron merkitys uudelle toimijalle tai viranomaiselle purkamisen joustavuuden lisääjänä. Huolellisesti toteutettu vastuiden siirto voi mahdollistaa uudelleenkäyttö- ja monikäyttöratkaisuja, jotka vähentävät ympäristövaikutuksia ja kustannuksia. Vastuun siirto edellyttää viranomaisen hyväksyntää ja uuden vakuuden asettamista.

Meriliikenteen näkökulmasta purkaminen tulisi tehdä merenpohjan luonnolliseen tasoon merenkulun riskien poistamiseksi. Kaikki purkamatta jätettävät rakenteet on kartoitettava ja merkittävä kansainvälisten standardien mukaisesti. Merenkulun turvallisuuden varmistamiseksi olisi lisäksi huomioitava meriliikenteen pitkäaikainen kehitys ja navigointiteknologian muutokset sekä mahdolliset toteutetut merenkulun turvalaitteiden kompensoinnit. Näiden vaikutusten arvioinniksi suositellaan toteutettavaksi merenkulun virallinen riskiarviointi ennen purkamista.

Kalastuksen ja muiden merellisten elinkeinojen näkökulmasta on tärkeää yhteensovittaa merelliset toiminnot jo hankevaiheessa. Jos merituulivoimaa on rakennettu kalastukselle tärkeiden alueiden ulkopuolelle, kalastuksen näkökulmasta ei ole erityistä tarvetta täydelliselle purkamiselle. Tässäkin tapauksessa on toki turvallisuuden kannalta tärkeää, että mahdolliset jätettävät rakenteet merikartoille ja rakenteet puretaan alusturvallisuuden kannalta riittävän syvältä. Jos taas merituulivoimapuisto tai sen kaapelit estävät kalastuksen alueella, jossa sitä on aiemmin harjoitettu, kalastuksen näkökulmasta kaikki rakenteet pitäisi purkaa toiminnan päättyessä niin että esimerkiksi pohjaa pitkin troolaaminen on jälleen mahdollista. Muiden elinkeinojen näkökulmasta merenpohjan sisään jätettävistä rakenteista voi olla haittaa esimerkiksi kaivannaistoiminnoille. Täydellinen purku palauttaa alueen rakenteista vapaaksi, mutta poistaa samalla toiminnan aikana mahdollisesti syntyneet keinotekoiset elinympäristöt, ja voi aiheuttaa merkittäviä lyhytaikaisia haittoja. Osittainen purku voi säilyttää ekologisia hyötyjä ja vähentää häiriöitä, mutta edellyttää huolellista riskienhallintaa ja dokumentointia.

Ympäristönäkökulmasta tutkimus tukee johtopäätöstä, jonka mukaan osittainen purku on usein kokonaispurkua perustellumpi vaihtoehto. Pohjanlahden olosuhteissa purkamatta jättäminen voisi koskea merenpohjan alapuoleisia osia mukaan lukien eroosiosuojaukset ja kaapelit. Täydellinen purku mahdollistaa ennallistamisen ja materiaalien kierrätyksen, mutta aiheuttaa merkittäviä välittömiä ympäristövaikutuksia.

8.3 Purkukustannukset

Merituulipuiston lopettamisvaiheessa aiheutuu merkittäviä kustannuksia alueen tilan palauttamisesta mm. merenkulun ja kalastuksen edellyttämään tilaan. Kustannukset perustuvat voimalarakennelmien, johtojen/putkien purkamiseen taikka merenpohjan kunnostamiseen. Purkukustannuksia arvioitiin BEIS-mallin ja kansainvälisen tutkimuskirjallisuuden mukaisella mallinnuksella, jossa huomioitiin Suomen talousvyöhykkeen erityisolosuhteet.

Täydellisen purkamisen kustannustaso vaihtelee tyypillisesti noin 250 000–400 000 euroa megawattia kohti, kun taas osittainen purku on selvästi edullisempi vaihtoehto. Merkittävimmät kustannuserät ovat mobilisaatio ja logistiikka sekä rakenteiden poistaminen, joiden yhteenlaskettu osuus muodostaa usein yli puolet kokonaiskustannuksista. Logistiikkakustannuksiin vaikuttavat erityisesti erikoisalusten saatavuus, sääolosuhteet ja etäisyys satamiin.

Rakenteiden poistossa perustustekniikalla on keskeinen merkitys: painovoima-perustusten purku on huomattavasti kalliimpaa kuin paaluperustusten, johtuen massiivisten betonirakenteiden ja eroosiosuojausten käsittelystä. Kaapeleiden poistaminen aiheuttaa suurta kustannusvaihtelua, ja monissa tapauksissa niiden jättäminen merenpohjaan on taloudellisesti perusteltua.

Suomen talousvyöhykkeellä purkukustannuksia nostavat erityisesti talviolosuhteet, jotka keskeyttävät isojen hankkeiden purkutyöt talvikaudeksi. Lisäksi hankkeiden etäisyys rannikosta, vesisyvytydet ja sääolosuhteet sekä jääolosuhteiden takia tarvittavien rakenteiden suojauksien poistot vaikuttavat purkukustannuksiin. Jätteenkäsittely- ja kierrätysinfrastruktuurin keskeneräisyys kasvattaa kuljetus- ja loppusijoituskustannuksia. Täydellisen purkamisen kokonaiskustannusten arvioidaan olevan Suomen oloissa noin 4–7 miljoonaa euroa turbiinia kohti. Osittaisen purun on arvioitu vähentävän kokonaiskustannuksia 30–50 prosenttia. Suurimmat säästöt syntyvät perustusten alaosien, eroosiosuojausten ja kaapeleiden osittaisesta jättämisestä merenpohjaan sekä purkutöiden vaiheistamisesta usealle vuodelle, jos erikoisaluksia ei ole saatavilla edullisesti parhaaseen purku-aikaan.

Mallinnuksen perusteella neljän valtioneuvoston päätösluonnoksen mukaisen merituulivoimahankkeen purkukustannukset ovat 326–628 miljoonan euron välillä täyden purun tilanteissa. Osittaisessa purussa selvästi täydellistä purkaa alhaisemmat, ja säästöpotentiaali vaihtelee hankkeittain noin 40–52 prosentin välillä.

8.4 Aiheuttajan vastuu ja sitä täydentävät rahoitusjärjestelmät

Keskeiseksi havainnoksi purkamisvastuun oikeudellis-hallinnollisen ohjauksen osalta nousee oikeudellinen epävarmuus purkuvelvoitteen laajuuden suhteen. Lähtökohtaisesti rakennelmien hylkäämiseen suhtaudutaan kielteisesti toisaalta kansallisessa ympäristölainsäädännössä ja toisaalta kansainvälisissä sopimuksissa, mutta silti tulkinnanvaraiseksi jää miltä osin rakennelmien perustukset ja merenpinnan alaiset osat on kokonaisuudessaan poistettava. Myös elinkeino- ja ympäristövaikutusten huomioimisen näkökulmista purkamisen laajuus tulisi määritellä tapauskohtaisesti.

Tutkimuksessa tarkasteltiin vaihtoehtoisia keinoja varmistaa merituulivoimaloiden purkamiseen tarvittavien varojen saatavuus tilanteissa, joissa toiminnanharjoittaja laiminlyö purkuvelvoitensa tai ajautuu maksukyvyttömäksi. Tarkastelun lähtökohtana on se, että merituulipuiston lopettamisvaiheeseen liittyy merkittäviä kustannuksia, jotka aiheutuvat voimalarakenteiden, kaapeleiden ja putkien purkamisesta sekä merenpohjan ja alueen palauttamisesta merenkulun ja muun käytön edellyttämään tilaan. Näistä kustannuksista vastuu kuuluu voimassa olevan lainsäädännön, kansainvälisten sopimusten ja lupaehtojen perusteella ensisijaisesti toiminnanharjoittajalle.

Tutkimuksessa todettiin, että purkukustannusten kattaminen perustuu ensisijaisesti siihen, että toiminnanharjoittaja varautuu lopettamisvaiheen purkukustannuksiin jo tuulivoimalan toiminnan aikana varaamalla niitä varten kirjapidossaan riittävät varat. Tämän lisäksi on tarpeen varautua tilanteisiin, joissa toiminnanharjoittaja ei kykene täyttämään toimimisvelvoitteitaan, vaan purkutyöt jäävät viranomaisen toteutettaviksi. Tällaisia tilanteita varten analysoitiin useita vaihtoehtoisia toissijaisia rahoitusmekanismeja.

Toissijaisten rahoitusvaihtoehtojen vertailussa todettiin, että nykytilan säilyttäminen ja purkuvastuiden turvaaminen yksinomaan valtion ja toiminnanharjoittajan välisiin yksityisoikeudellisiin sopimuksiin perustuvilla järjestelyillä on juridisesti ongelmallista ja lisäksi käytännössä vaikeasti toteutettavaa. Myös toiminnanharjoittajien keskinäiseen sopimukseen perustuva yhteinen takaus- tai vakuusjärjestely todettiin teoriassa mahdolliseksi, mutta käytännössä erittäin haastavaksi. Julkisoikeudellisen rahaston perustaminen toimialan rahoittamana katsottiin aiheuttamisperiaatteen vastaiseksi. Valtion budjettirahoitusta ei pidetty aiheuttamisperiaatteen näkökulmasta hyväksyttävänä ratkaisuna purkukustannusten kattamiseen.

Kokonaisharkinnan perusteella toteuttamiskelpoisimmaksi ja tarkoituksenmukaisimmaksi vaihtoehdoksi todettiin malli, jossa merituulivoimatoiminnan harjoittaja veloitetaan asettamaan valtion hyväksi vakuus, josta voidaan kattaa kaikki ennakoitavat purkukustannukset maksukyvyttömyystilanteissa. Vakuuden tulee kattaa purkamisen kokonaiskustannukset ja olla voimassa riittävän pitkään, jotta se turvaa purkuvelvoitteiden toteutumisen koko hankkeen elinkaaren ajan. Tutkimuksen perusteella tätä mallia voidaan pitää sekä oikeudellisesti kestäväenä että hallinnollisesti selkeänä ratkaisuna merituulivoimaloiden purkuvelvoitteiden varmistamiseksi. Vakuuden suuruuden ehdotetaan perustuvan alkuvaiheessa laadittuun ja hankkeen elinkaaren aikana päivitettävään purkamissuunnitelmaan.

8.5 Muissa maissa käytetyt purkuvastuun sääntely- ja rahoitusmallit

Tutkimuksessa tarkasteltiin viiden maan sääntelyä merituulivoimaloiden lopettamisvaiheen purkuvelvoitteista ja niihin liittyvistä vakuusjärjestelyistä. Vertailu osoitti, että kaikissa tarkastelluissa viidessä maassa on merituulivoiman toteuttamiseen soveltuvaa lainsäädäntöä, joka kattaa myös toiminnan päättymisen. Purkuvelvoitteita ja vakuuksia koskeva sääntely on kuitenkin pääosin yleisluonteista, ja yksityiskohtaiset vaatimukset määritellään tapauskohtaisesti lupaviranomaisen päätöksissä. Sääntelymallit vaihtelevat merituulivoimalaa sääntelevistä erityislaeista yleisen talousvyöhykelainsäädännön soveltamiseen.

Kaikissa maissa edellytetään purkamissuunnitelmaa ja varaudutaan rakenteiden poistamiseen, mutta purkuvelvoitteiden tarkka laajuus jätetään toimivaltaisten viranomaisen harkintaan. Yleisesti vakuuden tulee kattaa voimaloiden, kaapeleiden ja eroosiosuojausten purkaminen sekä purkutyöhön liittyvät keskeiset kustannukset ja riskit. Vakuus asetetaan toimivaltaiselle viranomaiselle, kuten energiaviranomaiselle tai ministeriön alaiselle virastolle.

Vakuuden asettamisen ajankohta vaihtelee merkittävästi maiden välillä. Osassa maista vakuus vaaditaan energiantuotannon alkaessa tai hankkeen varhaisessa vaiheessa, kun taas joissakin maissa vakuus asetetaan vasta useita vuosia tuotannon käynnistymisen jälkeen. Myös vakuuden määrä vaihtelee huomattavasti: voimalakohtaiset vakuudet ovat tyypillisesti luokkaa 0,2–3 miljoonaa euroa.

Hyväksyttävät vakuusmuodot ovat pääosin tavanomaisia rahoitusvakuuksia, kuten pankkitakauksia ja käteistalletuksia, ja joissakin maissa sallitaan tietyin edellytyksin myös konsernitakaukset. Vakuuden riittävyttä arvioidaan viranomais- tai asiantuntijamenettelyssä.

8.6 Epävarmuudet ja jatkotutkimustarpeet

Tutkimustulosten perusteella merituulivoimaloiden purkamiseen liittyy useita jatkotutkimusta edellyttäviä kysymyksiä, jotka liittyvät erityisesti Suomen talous- vyöhykkeen olosuhteisiin. Vaikka kansainväliset mallit ja olemassa oleva sääntely tarjoavat yleisiä lähtökohtia, tarvitaan tarkempaa tietoa purkamisen teknisten ratkaisujen soveltuvuudesta Pohjanlahden jää-, syvyys- ja pohjaolosuhteisiin sekä osittaisen purkamisen pitkäaikaisista ympäristövaikutuksista. Erityisesti merenpohjan biodiversiteetin, haitta-aineiden, pohjadynamiikan ja keinotekkoisten elinympäristöjen purkamisen jälkeistä kehitystä koskeva tieto on vielä rajallista.

Tutkimus osoittaa merkittäviä epävarmuuksia purkukustannusten kehityksessä pitkällä aikavälillä. Erikoisalusten saatavuus, sää- ja jääolosuhteet, markkinaolosuhteiden muutokset sekä jätehuollon ja kierrätysinfrastruktuurin kehittyminen vaikuttavat olennaisesti kustannustasoon. Näiden epävarmuuksien hallitsemiseksi tarvitaan dynaamisia kustannus- ja riskimalleja, jotka tukevat purkuvakuuksien realistista mitoittamista ja päivittämistä hankkeen elinkaaren aikana. Samalla on tarpeen tarkastella, miten purkamisen vaiheistus ja joustavat toteutusmallit voivat parantaa kustannusennusteiden luotettavuutta Suomen olosuhteissa.

Vakuusjärjestelmien toimivuudesta ja riittävydestä on kansainvälisesti vielä vähän empiiristä kokemusta tilanteissa, joissa toiminnanharjoittaja ajautuu maksukyvyttömäksi. Jatkotutkimuksissa tulisi arvioida, miten eri sisältöisenä toteutetut vakuusjärjestelyt tosiasiallisesti turvaavat purkuvelvoitteiden toteutumisen, miten vastuut, kustannukset ja riskit jakautuvat toiminnanharjoittajan ja viranomaisen välillä sekä millä tavoin vakuuden ajoitus, kerryttämistapa ja vakuusmuoto vaikuttavat hankkeiden rahoitettavuuteen ja investointihalukkuuteen.

Keskeiseksi jatkotutkimustarpeeksi nousee oikeudellisen sääntelyn ja siihen perustuvien hallinnollisten menettelyiden kehittäminen vakuuden arvioimisessa, asettamisessa ja säilyttämisessä. Tämä koskee erityisesti vakuusasiassa toimivaltaisen viranomaisen valintaa, vakuuden asettamismenettelyn sääntelyä sekä vakuuden asettamis- ja ylläpitokustannusten optimointia. Sääntelyn valmistelussa

keskeinen haaste on se, että purkamisvelvollisuus ja siihen perustuva vakuuden suuruus joudutaan määrittämään hankkeen alkuvaiheessa. vaikka purkamisen ja ennallistamisen lopulliset kustannukset täsmentyvät vasta yksityiskohtaisen purkamissuunnitelman hyväksymisen yhteydessä toiminnan lopettamisvaiheessa jopa noin 50 vuoden kuluttua. Vakuuden määrän suuruutta tulisi lisäksi voida joustavasti tarkistaa tuulivoimalan toiminnan aikana, sillä vakuuden mitoituksen perusteena olevat kustannukset voivat vuosikymmenten mittaan muuttua merkittävästi.

Lisäksi tarvitaan yksityiskohtaista oikeudellista tarkastelua purkamisvastuiden ja vakuuksien siirtämisestä tilanteissa, joissa tuulivoimalarakenteiden omistus tai käyttö siirtyy esimerkiksi hankekehittäjältä uudelle toiminnanharjoittajalle. Tärkeää on, että vastuu purkamisesta ja vakuuksista pysyy katkoksitta siirtojen yhteydessä voimassa, jotta valtiolle ei synny ennakoimattomia riskejä. Näiden kysymysten osalta on arvioitava, edellyttääkö toimiva ja oikeudellisesti kestävä järjestelmä uutta lainsäädäntöä vai voidaanko tavoitteet saavuttaa nykyisen sääntelykehyksen puitteissa.

Liite 1. Haastattelujen kysymykset

Haskoningin haastattelu 10.10.2025. Kysymykset on kuvattu kohdassa 7.1.

Tanskan Energiaviraston haastattelu 14.10.2025. Kysymykset on kuvattu kohdassa 7.1.

Suomen ympäristökeskuksen Teams-haastattelu 27.10.2025. Suomen ympäristökeskuksen toteuttaman Maatuulivoimaloiden purkamiskustannusten ja purkamisen rahoitusmallien arviointi -hankkeen purkukustannusten laskentaperiaatteet ja -perusteet maatuulivoimaloiden osalta.

Scottish Government, Marine Laboratory haastattelu 12.11.2025. Kysymykset on kuvattu kohdassa 7.1.

Metsähallituksen puhelinhaastattelu 4.12.2025

- Metsähallituksen rooli tuulivoimahankkeiden yhteydessä?
- Erilaiset vakuudet, vakuuksien tarve ja maksamisen ajoittaminen hankkeen eri vaiheisiin?
- Vakuustyyppit, pankkitalletus, rahalaitos, konsernivakuus tms.?
- Miten vakuuden voimassaolon pysyvyys on varmistettu voimalan omistajan vaihtuessa?
- Vakuuden voimassaoloaika kytkeminen käyttöoikeussopimukseen tai lupiin?
- Vakuusasiakirjan säilyttäminen tuulivoimahankkeen toiminta-ajan, jopa 50–70 vuotta?
- Millaisilla periaatteilla ja laskelmilla määritellään ennallistamis- ja purkuvelvollisuuden laajuus ja toimenpiteiden toteutumisen turvaavan vakuuden suuruus?
- Ennallistamisvakuuden maksaminen kerralla vai vähitellen sekä vakuuden tarkistaminen?
- Millainen hallinnollinen menettely on vakuusasian käsittelyssä ja paljonko tarvitaan työaikaa?

Ammattikalastajaliitto haastattelu 11.12.2025, Lännen Kalaleader haastattelu 12.12.2025

- Mitä näkökulmia kalastustoimialalla on merituulivoiman purkamiseen?
- Missä laajuudessa merituulivoimapuisto pitäisi purkaa kalastuksen näkökulmasta?
- Mitä vaikutuksia osittain purkamisella olisi kalastuksen näkökulmasta?

MG Offshore haastattelu 11.12.2025

- Merituulivoiman purkamisen keskeiset kustannustekijät?
- Miten purkamisen kustannuksiin voidaan vaikuttaa jo suunnitteluvaiheessa?
- Työssä laaditun purkukustannusmallin periaatteiden läpikäynti

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom ja Väyläviraston Teams-haastattelu 15.12.2025

- Traficom ja Väyläviraston rooli merituulivoiman ja meriliikenteen yhteensovittamisessa?
- Jos merituulivoiman purkamisen yhteydessä jätetään purkamatta rakenteita, milloin ne voivat aiheuttaa riskejä pintaliikenteen turvallisuudelle tai sujuvuudelle?
- Jos merituulivoiman purkamisen yhteydessä jätetään purkamatta rakenteita, milloin ne voivat aiheuttaa riskejä vedenalaisen liikenteen turvallisuudelle tai sujuvuudelle?
- Miten edellä mainittuja riskejä voidaan vähentää?
- Merituulivoiman elinkaari on pitkä. Miten muuttuva liikennejärjestelmä tulisi ottaa huomioon purkamisessa?
- Merenkulun yhteensovittamisen yhteydessä voidaan velvoittaa erilaisia kompensatiotoimenpiteitä. Miten nämä tulisi ottaa huomioon purkamisessa?
- Jos merituulivoiman rakentamiseen valitun alueen valinnassa on jo otettu huomioon meriliikenteen näkökulma, onko alueen vapauttamisella uudelleen meriliikenteen käyttöön pienempi merkitys?
- Mitä vaikutuksia merenkulun näkökulmasta on kaapeleiden mahdollisella jättämisellä?
- Tulisiko toimijalle jättää muita jäännösvastuita?

Skyborn Renewablesin Teams-haastattelu 17.12.2025

- Onko liitteenä olevissa taulukoissa esitetty mielestänne kattavasti tuulivoimala-alueiden purkamisen ympäristövaikutukset ja niiden lieventäminen? Mitä taulukoista puuttuu tai onko jotain turhaa? Onko teillä eriäviä mielipiteitä aikajänteistä tai merkittävyyksistä?
- Onko merituulivoimaloiden purkamisvaihetta vielä ollenkaan suunniteltu hankkeissanne? Onko purkamisen ympäristö- ja muilla vaikutuksilla ollut vaikutusta valittuihin rakenneratkaisuihin?
- Missä vaiheessa tuulivoimaloiden purkaminen tulisi suunnitella? Tulisiko purkusuunnitelma olla pakollista liittää jo alkuperäiseen lupahakemukseen?
- Voiko olemassa olevilla, toimiviksi koetuilla teknisillä ratkaisuilla, toteutettavien voimaloiden purkamisen ympäristövaikutuksiin vaikuttaa mielestänne merkittävästi muulla tavoin kuin voimaloiden sijoituspaikan valinnalla? Vai vaatisiko arviointi esimerkiksi konkreettista kokemusta suunnitellun kokoluokan voimaloiden purkamisesta tms. tekijöistä?
- Mitkä tekijät mielestänne ovat osittaisen purkamisen suurimpia hyötyjä ympäristön kannalta? Entä täydellisen purkamisen? Missä olosuhteissa mielestänne täyspurku (rakenteiden katkaisu/purkaminen vähintään sedimentin pinnan tasoon) on paras ratkaisu, vai onko sellaista tilannetta? Mitä rakenneosia tulisi jättää?
- Onko hankekehittäjän näkökulmasta edes realistista ajatella että merituulivoimakäytössä ollut alue palautetaan lähtötilanteeseen – eli onko täyspoisto liian kallista ja teknisesti hankalaa talousvyöhykkeen olosuhteissa, vai riippuuko se alueesta? Ovatko nykyiset perusratkaisut purettavissa teknistaloudellisesti järkevästi sekä turvallisesti (esim. gravitaatioperustusten tyhjennyt ja nosto)?
- Mitä osa-alueita/indikaattoreita/tavoitteita ympäristövaikutusten osalta tulisi mielestänne priorisoida arvioitaessa osittaisen purkamisen vs. täydellisen purkamisen vaikutuksia (kasviuonekaasut, materiaalin kierrätys/uusiokäyttö, ympäristön tilan palauttaminen mahdollisimman lähelle lähtötilannetta, rakenteiden tuottamien mahdollisten ekologisten hyötyjen säilyttäminen, jne.)?
- Miten haastavina koette hankekehittäjän näkökulmasta osittaisesta purkamisesta seuraavat ympäristövastuut, esimerkiksi pitkän jälkitarkkailun? Tai muut vastuut, esimerkiksi vastuut jätetyistä rakenteista kalastukselle ja meriliikenteelle jos asiasta ei onnistuta sopimaan toisin?

- Miten suuri kustannusvaikutus mielestänne on jakaa purkaminen pidemmälle aikajaksolle, kuin periaatteessa on välttämätöntä, esimerkiksi ympäristövaikutuksien minimoimiseksi?
- Onko hankekehittäjän näkökulmasta realistista ajatella, että perustusten ja kaapelikäytävien eroosiosuojauksena käytettyä louhetta voitaisiin käyttää uudelleen (eli voidaanko se teknistaloudellisesti arvioituna järkevästi nostaa pohjasta ja kuljettaa johonkin muualle)?
- Mikä on suhtautumisenne voimaloiden elinkaaren pidentämiseen (life extension) ja korvaamiseen uusilla samoille paikoille (repowering)?
- Onko teillä esittää muita tietoja / näkemyksiä merituulivoimaloiden purkuun, esimerkiksi kansainvälisistä kokemuksista, millainen vakuusjärjestelmä olisi kannaltanne paras, miten purkukustannukset muodostuvat tai miten lainsäädäntöä / sääntelyä tulisi muuttaa palvelemaan paremmin purkuvaiheen toteutusta?

Lähteet

- Adedipe & Shafiee, 2020. An economic assessment framework for decommissioning of offshore wind farms using a cost breakdown structure. Saatavilla: [An economic assessment framework for decommissioning of offshore wind farms using a cost breakdown structure](#)
- Asianajotoimisto Hannes Snellman. Selvitys tuulivoimaloiden purkamista koskevasta lainsäädännöstä, 2023. Muistio 8.9.2023. Saatavilla: <https://ym.fi/documents/1410903/163317612/Muistio,+Tuulivoimaloiden+perustusten+purkaminen.pdf/339008ff-3bff-de8a-0a45-c3b3351ac25b/Muistio,+Tuulivoimaloiden+perustusten+purkaminen.pdf?t=1685366245444>
- BEIS 2019. Decommissioning of offshore renewable energy installations: guidance notes for industry (England and Wales).
- Birchenough, S. N. R., Degraer, S., 2020. Science in support of ecologically sound decommissioning strategies for offshore man-made structures: taking stock of current knowledge and considering future challenges. *ICES Journal of Marine Science* 77(3) 2020, p. 1075–1078. <https://academic.oup.com/icesjms/article/77/3/1075/5820932>
- Buck, B. H., Krause, G., Pogoda, B., et al., 2017. Multi-use of offshore wind farms: prospects for integrating aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions* 9. Saatavilla: <https://www.int-res.com/abstracts/aei/v9/p131-147/>
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Bürgerliches Gesetzbuch (BGB) 18.08.1896.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (Windenergie-auf-See-Gesetz – WindSeeG) 13.10.2016.
- Bureau Waardenburg 2020 . Knowledge base for the implementation of the Rich North Sea Programme. Commissioned by: Stichting Natuur & Milieu, Stichting De Noordzee. 28 January 2020, report nr 19-0153 .
- Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic 1992, (OSPAR-yleissopimus).

- Coolen, J. W. P., van der Weide, B., Cuperus, J., Blomberg, M., Van Moorsel, G.W.N.M., Faasse, M.A., Bos, O.G., Degraer, S., Lindeboom H.J., 2023. Benthic biodiversity on old platforms, young wind farms, and rocky reefs. *ICES Journal of Marine Science*, Volume 77, Issue 3, May-June 2020, Pages 1250–1265. <https://academic.oup.com/icesjms/article/77/3/1250/5057660>
- Coolen, J. W. P. et al., 2023. Decommissioning of offshore wind farms and its impact on benthic ecology. *Marine Environmental Research*. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.105954>
- Czerner, N., Windt, C. & Goseberg, N., 2025. Transport mechanisms of particulate emissions from artificial marine structures – A review. *Marine Pollution Bulletin* 214, 2025. 117728. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.117728>
- Danish Maritime Authority, 2022. Navigation Through Danish Waters. Saatavilla: <https://dma.dk>
- Deeney, P., Leahy P.G., Campbell, K., Ducourtieaux C., Mullally, G.,K., Dunphy, N.P. 2025. End-of-life wind turbine blades and paths to a circular economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 212, April 2025, 115418
- Degraer, S., D.A. Carey, J.W.P. Coolen, Z.L. Hutchison, F. Kerckhof, B. Rumes, J. Vanaverbeke. 2020. Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and functioning: A synthesis. *Oceanography* 33(4):48–57, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2020.405>.
- Demuytere, C., Thomassen G., Dewulf, J. 2025. Navigating towards environmental sustainability assessments of offshore wind farms at the end-of-life. *Waste Management* 205, 115016. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.115016>
- Diesekogroup, 2017. <https://www.diesekogroup.com/project/decommissioning-lely-offshore-wind-farm/>
- DNV (2021). DNV-RP-N102; DNV-ST-0054. Rules and Standards. Saatavilla: <https://www.dnv.com/rules-standards/>
- DONGenergy, 2017. <https://decommission.net/wp-content/uploads/2023/07/decommissioning-of-vindeby.pdf>
- Energistyrelsen, 2016. Tanska. Tilladelse til etablering af havvindmøl-leparken , Vesterhav Nord. Energistyrelsen 22.12.2022. Päätös J-nr 2016-9310
- Energistyrelsen, 2016. Tanska. Tilladelse til etablering af havvindmøl-leparken, Vesterhav Syd. Energistyrelsen 22.12.2022. Päätös J-nr 2016-9309.
- Energistyrelsen, 2020. Tanska. Tilladelse til etablering af elproduktion-sanlægget Aflandshage Vindmøllepark. Energistyrelsen 11.11.2022
- Energistyrelsen, 2025. Tanska. Eksisterende havvindmølleparker. Saata-villa: <https://ens.dk/energikilder/etablerede-havvindmoelleparker>
- Energistyrelsen (2), 2025. Tanska. Tilladelse til etablering af Thor Havvindmøllepark. Energistyrelsen päätös nro J nr. 2022 – 7319.
- Energy Act 2004. Saatavilla: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2004/20/contents>

- ENTSO-E, 2020. Offshore Development in the North Seas, Baltic Sea and Atlantic. European Network of Transmission System Operators for Electricity. Saatavilla: <https://www.entsoe.eu>
- Eolus Finland Oy, 2023 a. Navakka-merituulivoimahanke, YVA-ohjelma Osa A. Saatavilla: [Navakka-merituulivoimahanke](#)
- Eolus Finland Oy, 2023 b. Wellamo-merituulivoimahanke, YVA-ohjelma Osa A. Saatavilla: [Wellamo-merituulivoimahanke, Arviointiohjelma, osa A Tuotantoalue ja sähkönsiirto merialueella.pdf](#)
- ESAVI/16849/2023.Tahkoluodon merituulivoimalaa koskeva päätös 31.10.2023 281/2023
- European Commission, An EU Strategy to Harness the Potential of Offshore Renewable Energy for a Climate Neutral Future COM(2020) 741 final. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52020DC0741>
- EU Directive 2008/98/EC. Waste Framework Directive. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>
- European Commission, Directorate-General for Energy, Study on Decommissioning of Offshore Oil and Gas Installations–A Technical, Legal and Political Analysis–Final Report 2022. <http://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7d7d51a5-8d44-11ec-8c40-01aa75ed71a1/language-e>
- EU:n tarjouskilpailu 664779-2025. Saatavilla: <https://ted.europa.eu/fi/notice/-/detail/664779-2025>
- European Commission, 2020 a. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. COM(2020) 301 final. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>
- European Commission, 2020 b. EU Strategy on Offshore Renewable Energy. COM(2020) 741 final. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0741>
- European Commission, 2025. Critical considerations in partial decommissioning of offshore wind farms include residual liability and biodiversity trade-offs. News article, 15 May 2025, Directorate-General for Environment)
- Fichtner, 2017. Offshore Grid Development in the North Sea. Saatavilla: <https://www.fichtner.de>
- Fowler, A. M., Jørgensen, A.M., Svendsen, J.C., Macreadie, P.I., Jones, D.O.B., Boon, A.R., Booth, D.J., Brabant, R., Callahan, E., Claisse, J.T., Dahlgren, T.G., Degraer, S., Dokken, Q.R., Gill, A.B., Johns, D.G., Leewis, R.J., Lindeboom, H.J., Linden, O., May, R., Murk, A.J., Ottersen, G., Schroeder, D.M., Shastri, S.M., Teilmann, J., Todd, V., Van Hoey, G., Vanaverbeke, J. & Coolen, J.W.P., 2018. Environmental benefits of leaving offshore infrastructure in the ocean. *Frontiers in Ecology and the Environment* 16(10): 571–578. <https://doi.org/10.1002/fee.1959>

- Ghorbani Y., Ilankoon I.M.S.K., Dushyantha N., Nwaila G.T. 2025. Rare earth permanent magnets for the green energy transition: Bottlenecks, current developments and cleaner production solutions. *Resources, Conservation & Recycling* 212 (2025) 107966
- Gode, P.R., Aspelund, A. 2024. Addressing heterogeneity in the development of circular economy strategies in the offshore wind industry: A review. *Heliyon* 10, Issue 21, 15 November 2024, e39577. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39577>.
- Hall, R., Topham, E. & João, E., 2022. Environmental Impact Assessment for the decommissioning of offshore wind farms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 165(6):112580. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112580>
- Halla Offshore Wind Oy, 2025. Hallan merituulivoimahanke, YVA-selostus Osa A. Saatavilla: [Hallan merituulivoimahanke YVA-selostus, A-osa](#).
- HE 323/1994 vp, Hallituksen esitys Eduskunnalle merensuojelulainsäädännön uudistamiseksi.
- [HE 84/1999 vp, Hallituksen esitys Eduskunnalle ympäristönsuojelu- ja vesilainsäädännön uudistamiseksi.](#)
- [HE 199/2010 vp, Hallituksen esitys Eduskunnalle jätelaiksi ja eräksi siihen liittyviksi laeiksi.](#)
- [HE 147/2024 vp, Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi merituulivoimasta talousvyöhykkeellä ja siihen liittyviksi laeiksi.](#)
- Heinatz, K. ja Scheffold, I.E. 2023. A first estimate of the effect of offshore wind farms on sedimentary organic carbon stocks in the Southern North Sea. *Front. Mar. Sci.* 9:1068967.doi: 10.3389/fmars.2022.1068967.
- HELCOM, 2018. *State of the Baltic Sea*. Baltic Marine Environment Protection Commission. Saatavilla: <https://helcom.fi>
- Hengstmann, E., Corella, P.Z., Alter, K., Belzunce-Segarra, M.J., Booth, A.M., Castro-Jiménez, J., Czerner, N., De Cauwer, K., Deviller, G., Gomiero, A., Goseberg, N., Hasenbein, S., Kirchgeorg, T., Mason, C., Pape, W., Parmentier, K., Plaß, A., Präfrock, D., Sarhadi, A., Vanavermaete, D., van der Molen, J., Vinagre, P.A., Wood, D., Weinberg, I., Windt, C., Zonderman, A., Kenyon, J., De Witte, B., 2025. Chemical emissions from offshore wind farms: From identification to challenges in impact assessment and regulation, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 215, 2025, 117915, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.117915>
- Hinzmann, N. 2025. Pile-soil interaction during hydraulic overpressure extraction for offshore monopile decommissioning. *Proceedings of ISFOG 2025. 5th international symposium on frontiers in offshore geotechnics, Nantes, France, June 9-13 2025.*

- Häkkinen, J., Ahkola, H., Junntila, V., Leppänen, M., Pyy, O., Reinikainen, J., Salminen, J., Hyttinen, O. & Itkonen, A. 2024. Hyviä käytäntöjä sedimenttien pilaantuneisuuden arviointiin ja kestävään riskinhallintaan. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 27 / 2024. 133 s.
- IEA, 2020. Offshore Wind Outlook 2020. raf Energy Agency. Saatavilla: <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2020>
- Ilmatar Offshore Ab, 2023. Vågskär-merituulivoimahanke, YVA-ohjelma. Saatavilla: [Vågskär-merituulivoimahanke](#)
- Ilmatar Offshore Ab, 2024 . Bothnia-merituulivoimahanke, YVA-ohjelma. Saatavilla: [Bothnia-merituulivoimahanke](#)
- IMO, 1989. Guidelines and Standards for the Removal of Offshore Installations and Structures on the Continental Shelf and in the Exclusive Economic Zone (A.672(16)). Saatavilla: <https://wwwcdn.imo.org>
- IMO, 1999. Special Areas, Particularly Sensitive Sea Areas (PSSA) and Associated Protective Measures (APM) (A.885(21)). Saatavilla: <https://wwwcdn.imo.org>
- IMO Resolution LDC 11/14, Annex 4, Guidelines for the Implementation and Uniform Interpretation of Annex III to the London Dumping Convention, sekä IMO Doc LC/41/17/Add.1, 29 October 2019, Annex 8, Revised Specific Guidelines for Assessment of Platforms or Other Man-Made Structures at Sea
- Itkonen, A., Hyttinen, O., Häkkinen, J. & Pyy, O., 2024. Kestävyyden parantaminen sedimenttihankkeiden toteutuksessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 31 / 2024. 83 s.
- Itkonen, A., Hyttinen, O. & Kallio, I., 2023. Ruoppausmassojen sijoitustapojen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. *Geologi* 75 (2023): 168–173. https://www.geologinenseura.fi/sites/geologinenseura.fi/files/geologi_-_artikkelit/geologi_4_2023_s168_173.pdf
- Jadali, A., Ioannou, A. & Kolios, A., 2021. A multi-attribute review toward effective planning of end-of-life strategies for offshore wind farms. Saatavilla: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15567249.2021.1941434>
- Jalili, S., Maheri, A., Ivanovic, A., Neilson, R., Bentin, M., Kotzuer, S., May, R., Sünner, I., 2024. Economic and environmental assessments to support the decision-making process in the offshore wind farm decommissioning projects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 190 2024, 114080. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114080>
- Jensen, J.P. 2019. Evaluating the environmental impacts of recycling wind turbines. *Wind Energy* 22, issue 2, p.316–326. <https://doi.org/10.1002/WE.2287>
- Jensen, P.D., Purnell, P., Velenturf, A. 2020. Highlighting the need to embed circular economy in low carbon infrastructure decommissioning: The case of offshore wind. *Sustainable Production and Consumption* 24, pp. 266–280.

- Jätevakuus ympäristövakuutena ja osana aiheuttamisperiaatteeseen tukeutuvaa ympäristövastuun toteuttamista. Pihalehto, Mari. Ympäristöjuridiikka 3–4/2024 s. 75–114
- Kaiser, M. J., & Pulsipher, A. G., 2005. Decommissioning offshore oil and gas facilities: environmental, legal and financial aspects. Springer.
- Kaldellis, J.K., Apostolou, D., Kapsali, M. & Kondili, E., 2016. Environmental and social footprint of offshore wind energy. Comparison with onshore counterpart. Review. Renewable Energy 92 (2016) 543–556. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.018>
- Kavelbesluit VII windenergiegebied Hollandse Kust (west), 2021. Saatavilla: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0046414/2022-04-01/#Circulaire.divisielt>
- Kavelbesluit kavel Alpha windenergiegebied IJmuiden Ver, 2023. Saatavilla: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0049193/2024-02-01>
- Kavelbesluit kavel I-A windenergiegebied Nederwiek (zuid), 2025. Saatavilla: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0051044/2025-07-01>
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2018. Tanska. Lov om fremme af vedvarende energi; LBK nr 1003 af 27/06/2018.
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2020. Tanska. Bekendtgørelse om teknisk certificering og servicering af vindmøller m.v. BEK nr 1773 af 30/11/2020.
- Knights, A.M., Lemasson, A.J., Firth, L.B., Beaumont, N., Birchenough, S., Claisse, J., Coolen, J.W.P., Copping, A., De Dominicis, M., Degraer, S., Elliott, M., Fernandes, P.G., Fowler, A.M., Frost, M., Henry, L.-A., Hicks, N., Hyder, K., Jagerroos, S., Love, M., Lynam, C., Somerfield, P.J., 2024. To what extent can decommissioning options for marine artificial structures move us toward environmental targets? Journal of Environmental Management Volume 350, 15 January 2024, 119644. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119644>
- Jurrius, L.H. van Hoof L. 2024. Towards holistic, participative and adaptable governance for offshore wind farm decommissioning. Marine policy 170, 106413. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106413>
- Korpinen, S. (toim.), 2024. Hyvän meriympäristön tilan määritelmät 2024. Suomen meriympäristön tila 2024 -raportin tausta-asiakirja 1. 17 s. <https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Taustaraportti%20%20Hyv%C3%A4n%20tilan%20m%C3%A4%C3%A4ritelm%C3%A4t%202024.pdf>
- Kotilainen, A.T., Kotilainen, M.M., Vartti, V.-P., Hutri, K.L. & Virtasalo, J.J., 2021. Chernobyl still with us: 137Caesium activity contents in seabed sediments from the Gulf of Bothnia, northern Baltic Sea. Marine Pollution Bulletin 172 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112924>
- Kristensen. S.G., Pauwelussen, A.P., Bush, S.R. 2026. Governing biodiversity through offshore wind park tenders: A comparison of England and the Netherlands. Marine Policy 185 (2026) 106977. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2025.106977>

- Laine Offshore Wind Oy, 2025. Laineen merituulivoimahanke, YVA-selostus Osa A. Saatavilla: [Laine_merituulivoimahanke_YVA_selostus_Osa_A](#)
- Lainvalmistelun vaikutusarviointiohje 2022. Valtioneuvoston julkaisu | 2022:66. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-922-9>
- Lappalainen, A., Ekblad, C., Helle, I., Kunnasranta, M., Pokki, H. & Westerborn, M. 2025. Synteesiraportti: Merituulivoiman ympäristövaikutusten ennakointi ja seuranta Pohjanlahdella : Linnut, merihylkeet, kalat ja kalastus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 86/2025. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 83 s.
- Lemasson, A.J., Somerfield, P.J., Schratzberger, M., Thompson, M.S.A., Firth, L.B., Couce, E., McNeill, C.L., Nunes, J., Pascoe, C., Watson, S.C.L. & Knights, A.M., 2024. A global meta-analysis of ecological effects from offshore marine artificial structures. *Nat Sustain* 7, 485–495 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01311-z>
- Lemasson, A.J., Somerfield, P.J., Schratzberger, M., Knights, A.M 2023. Challenges of evidence-informed offshore decommissioning: an environmental perspective. *Trends in Ecology & Evolution*, August 2023, Vol. 38, No. 8. <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S0169-5347%2823%2900083-6>
- Lepic Bojan, 2026. Baltic region targets 50GW of offshore wind under new grid blueprint. Saatavilla: <https://splash247.com/baltic-region-targets-50gw-of-offshore-wind-under-new-grid-blueprint/>
- Lindeboom, H. et al., 2023. Offshore wind farm decommissioning and marine biodiversity. DTU Conference Abstracts. Saatavilla: <https://orbit.dtu.dk>
- Liu, P., & Barlow, C. Y. (2017). Wind turbine blade waste in 2050. *Waste Management* 62: 229–240. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.02.007>
- London Convention on the prevention of marine pollution by dumping of wastes and other matter. Saatavilla: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/LC1972.pdf>
- Maar, M., Schourup-Kristensen, V., Mohn, C., Ishimwe, A.P., Friis Møller, E., Cluble, C.H., Larsen, J. 2025. Spatial impacts of offshore wind farms on hydrodynamics and biogeochemical environment. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 70 pp. Scientific Report No. 658.
- Mancini, S., Bloothoofd, J. & Donnelly, G., 2026. Offshore Wind Farm Decommissioning Cost Estimates. Saatavilla: https://offshorewind.rvo.nl/file/download/a14d177c-0c98-4788-8775-a3c22eb7846f/Report-_OWF_Decommissioning_cost_estimates_-_TNO_Jan_2026.pdf
- McAuliffe, F.D. et al., 2017. Driving Cost Reductions in Offshore Wind. The Leanwind Project Final Publication. Saatavilla: <https://leanwind.eu/wp-content/uploads/LEANWIND-final-publication.pdf>
- Metsähallitus, 2024. Korsnäsin merituulivoimapuisto, YVA-ohjelma. Saatavilla: [YVA-ohjelma Merituulipuisto ja merikaapelireitit](#)

- Motiva, 2020. Tuulivoiman perustamistavat Suomessa. Saatavilla: <https://www.motiva.fi>
- Nagle, A.J., Mullally, G., Leahy, P.G., Dunphy, N.P. 2022. Life cycle assessment of the use of decommissioned wind blades in second life applications. *Journal of Environmental Management* Volume 302, Part A, 15 January 2022, 113994
- Natur & Milieu, 2024. Conditions for sustainable decommissioning of offshore wind turbines. *North Sea Energy*. 13 p. <https://natuurenmilieu.nl/app/uploads/Conditions-for-sustainable-decommissioning-of-offshore-wind-turbines.pdf>
- Niras Consulting Ltd., 2015. *Cable Laying and Installation Techniques for Offshore Wind*. Saatavilla: <https://niras.com>
- Noordzeeloket, 2020. Ecological impact of decommissioning offshore wind farms. Dutch Government Report. Saatavilla: <https://www.noordzeeloket.nl>
- Offshore Technology Focus, 2025. https://offshore.nridigital.com/offshore_technology_focus_dec25/seven-surprising-ways-to-repurposing-offshore-oil-and-gas-infrastructure
- OSPAR, 1998. Disused Offshore Installations. Decision 98/3. Saatavilla: <https://www.ospar.org>
- OSPAR Commission, OSPAR Annual Report July 2023–June2024, <http://www.ospar.org/documents/?=58774>
- Ounanian, K., van Tatenhove, J. & Ramírez-Monsalve, P., 2020. Midnight at the oasis: does restoration change the rigs to-reefs debate in the North Sea? *Journal of Environmental Policy & Planning* 22(2) 2020, p. 211–225. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2019.1697657>
- OX2 Finland Oy, 2024. Tyrsky-merituulivoimahanke, YVA-ohjelma. Saatavilla: [Tyrsky_Merituulivoimapuisto_YVA_ohjelma_Merituulipuisto_ja_merikaapeli_17012024_FINAL_suojattu.pdf](https://www.ox2.fi/tyrsky-merituulivoimahanke_yva-ohjelma_merituulipuisto_ja_merikaapeli_17012024_FINAL_suojattu.pdf)
- Pakenham et al. 2021. A Review of Life Extension Strategies for Offshore Wind Farms Using Techno-Economic Assessments. *Energies* 2021, 14, 1936. Saatavilla: [A Review of Life Extension Strategies for Offshore Wind Farms Using Techno-Economic Assessments](https://www.mdpi.com/1996-1073/14/10/1936)
- Pardo J., C., F., Aune, M., Harman C., Walday M., Skjellum. S.F. 2023. A synthesis review of nature positive approaches and coexistence in the offshore wind industry. *ICES Journal of Marine Science*, 2023, Vol. 82, Issue 4, fsad191. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad191>
- Parlov, Iva & das Neves, Maria Madalena, 2025. Regulating the Sustainable Decommissioning of Offshore Wind Turbines: Lessons from Europe? *Ocean Development & International Law*, DOI: 10.1080/00908320.2025.255853
- Penttilä, A., Holkko, P., Mäkilä, N. & Tammes-Peters, H., 2024. Generatiivisen tekoälyn kokeilut julkisessa hallinnossa. Raportti. Valtiovarainministeriön julkaisu 2024:8. 64 s. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-367-840-8>

- Piepponen, H., Laamanen-Nicolas, L., Korpinen, S., Back, M., Ekeboom, J., Suomela, J., Lahtinen, T., Paavilainen, P. & Rinne, H., 2024. Suomen meriympäristön tila 2024. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35 / 2024. 190 s. <http://hdl.handle.net/10138/594993>
- Ramaswamy N., Joshi B., Song, G., Mo Y.L. 2025. Repurposing decommissioned wind turbine blades: A circular economy approach to sustainable resource management and infrastructure innovation. Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 215, June 2025, 115629
- Regeringen, Sverige, 2024. Sivusto päivitetty 4.11.2024. Saatavilla: <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/miljo-och-klimat/havsbaseerad-vindkraft/>
- Regeringsbeslut, 2023. KN2023/01077, Galatea-Galene, delområde Ga-lene.
- Regeringsbeslut (2), 2023. KN2023/01060, Kattgat Syd.
- RenewableUK (2023). Retaining the UK's leadership in renewables. Recalibrating policy in the midst of an energy crisis and increasing global competition. Saatavilla: https://www.renewableuk.com/media/ck1f22um/retaining-the-uk-s-leadership-in-renewables_feb-2023.pdf
- Renner, A.H.H. 2025. Current knowledge and key gaps in understanding of offshore wind farm impacts on the physical marine environment. ICES Journal of Marine Science, 2025, Vol. 82, Issue 12, fsaf235 <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaf235>
- Rezaei, F., Contestabile, P., Vicinanza, D. & Azzellino, A., 2023. Towards understanding environmental and cumulative impacts of floating wind farms: Lessons learned from the fixed-bottom offshore wind farms. Review. Ocean and Coastal Management 243 (2023) 106772. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106772>
- Riutat, luontotyypiesite 2025. https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/1170_Riutat_0.pdf. Viitattu 4.1.2026.
- Scottish Government, 2022. Decommissioning of Offshore Renewable Energy Installations in Scottish waters or in the Scottish part of the Renewable Energy Zone under The Energy Act 2004, Guidance notes for industry (in Scotland), July 2022.
- Shabouee, M., Salahshour, S., Chen Ong, M., Nematzadeh, A. 2025. Numerical study on removal of offshore wind turbine monopile foundations using hydraulic pressure. Applied Ocean Research 160 (2025) 104646. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2025.104646>
- Skyborn Renewables Offshore Finland Oy, 2022. Reimari-merituulivoimahanke, YVA-ohjelma. Saatavilla: [Reimari merituulivoimahanke](#)
- Smartport, 2020. Raportti, pdf. Saatavilla: https://smartport.nl/wp-content/uploads/2021/01/SmPo_TNO-Offshore-windpark-decommissioningeng_final.pdf

- Spielmann, V., Dannheim, J., Brey, T. & Coolen, J., 2023. Decommissioning of offshore wind farms and its impact on benthic ecology. *Journal of Environmental Management* 347 (2023) 11902. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479723018108>
- Stranddorf, L., Ladenburg, J., Rönnblom, A., Landström, L. & Olsen, S.I., 2026. Evaluating environmental impacts and public preferences in offshore wind farm decommissioning. *Environmental Impact Assessment Review* 118 (2026) 108253. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2025.108253>
- Suomen Hyötytuuli Oy, 2021. Tahkoluodon merituulipuiston laajennus, YVA-selostus. Saatavilla: [Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen YVA-selostus](#)
- Svea hovrätt 2015. Päättönumero M 6960-14, MÖD 2015-12-18.
- Svensk vindenergi 2025. Vindkraft och mikroplast, PFAS och Bisfenol A. <https://svenskvindenergi.org/fakta/mikroplaster-fran-vindkraftverk>. Viitattu 21.11.2025
- Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022. Suomen talousvyöhykkeen merituulialueiden esiselvitys. Työ- ja elinkeinoministeriö.
- Työ- ja elinkeinoministeriö, 2024. Merituulivoiman edistämisen toimenpidesuunnitelma. Työ- ja elinkeinoministeriö julkaisuja, Energia 2024:31. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-543-0>
- Työ- ja elinkeinoministeriö, 2025. Luonnos valtioneuvoston päätökseksi talousvyöhykkeen merituulivoima-alueista ja sen SOVA-lain mukainen ympäristöselostus. Saatavilla: <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?proposalId=26947f82-0891-4725-8819-28c29e541d41&attachmentId=25944>
- Suomen Merialuesuunnitelma 2030. <https://meriskenaariot.info/merialuesuunnitelma/lainsaadanto-ja-ohjaus/>
- Suomen Tuulivoimayhdistys ry., 2023. Tuulivoimalan purkamisen kustannukset. Raportti 9.8.2023. Afry. 15 s. [Selvitys: Tuulivoimalan purkukustannukset ovat pysyneet samana](#) [Selvitys: Tuulivoimalan purkukustannukset ovat pysyneet samana – Suomen uusiutuvat ry.](#)
- Svea hovrätt, 2015. Päättönumero M 6960–14, MÖD 2015-12-18.
- Topham, E., & McMillan, D., 2017. Sustainable decommissioning of an offshore wind farm. *Renewable Energy* 102: 470–480. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.10.060>
- Topham, E. & al, 2019. Challenges of decommissioning offshore wind farms: Overview of the European experience. *Journal of Physics: Conf. Ser.* 1222. Saatavilla: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1222/1/012035/pdf>
- Traficom & Väylävirasto, 2023. Merituulivoiman ja merenkulun sekä merenkulun infrastruktuurin yhteensovittaminen. Saatavilla: <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/Merituulivoimaohje.pdf>

- Tyurkay A., Kirkelund G.M. ja Lima A.T.M. 2024. State-of-the-art circular economy practices for end-of-life wind turbine blades for use in the construction industry. *Sustainable Production and Consumption* Volume 47, June 2024, Pages 17-36. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550924000794>
- TUUVA- Maatuulivoimaloiden purkamisen rahoitusmallien arviointi, 2025. Syken selvitys YM:lle. Va2025. Kirjoittajat Jouko Tuomainen-Eevaleena Häkkinen. Suomen ympäristökeskus.
- Twelves. A.G., Nummelin A. ja Bourdin P. submitted manuscript. Wakes from offshore wind farms reduce surface energy fluxes within a model of the Baltic Sea. <https://essopenarchive.org/doi/full/10.22541/essoar.175648238.84351267>
- UNCLOS, 1982. United Nations Convention on the Law of the Sea. Saatavilla: https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf
- Verha, J., 2024. Tuulivoimaloiden purkukustannusten arviointi. Theseus. Saatavilla: <https://www.theseus.fi>
- Vetters J., Thomassen G., Van Passel S. 2024 Sailing through end-of-life challenges : a comprehensive review for offshore wind. *Renewable and sustainable energy reviews* 199(2024), 114486, <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2024.114486>
- Vihavainen, P., Saari, P., Länsisalo, E., Tkachenko, E., Jaatinen, K., Väisänen, A., Lantta, E.-M., Lehtoranta, I., Irrmann, L., Huhtanen, S., Semkin, N., Peltoniemi, M., Bonn, T., Nurminen-Piirainen, M., Pihlajasaari, M., 2024. Merituulivoiman edistäminen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:4. 243 s. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-063-9>
- Waterwet, 2009. Vesilaki, Hollanti. Saatavilla: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2024-01-01>
- Watson, S., McLean, D., Balcom B., Birchenough, S., Brand, A., Camprasse, E., Claisse, J. Coolen, J., Cresswell, T., Fokkema, B., Gourvenec, S., Henry, L.A., Hewitt, C., Love, M., MacIntosh, A., Marnane, M., McKinley, E., Micallef, E., Morgan, D., Nicolette, J., Ounanian, K., Patterson, J., Seath, K., Selman, A., Suthers, I., Todd, V., Tung, A. & Macreadie P. 2023. Offshore decommissioning horizon scan: Research priorities to support decision-making activities for oil and gas infrastructure. *Science of the Total Environment* 878 (2023) 163015
- Werner, K. M. Haslob, H., Reichel, A.F., Gimpel, A., Stelzenmüller, V. 2024. Offshore wind farm foundations as artificial reefs: The devil is in the detail. *Fisheries research* 272, 106937. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2024.106937>
- Wet Natuurbescherming, 2015. Luonnossuojelulaki, Hollanti. Saatavilla: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0037552/2021-07-01/>
- Wet windenergie op zee, 2015. Merituulivoiman erillislaki, Hollanti, Saatavilla: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0036752/2024-01-01>
- WindEurope (2020). Wind energy in Europe 2020; Statistics and the outlook for 2021-2025. Saatavilla: [WindEurope-Wind-energy-in-Europe-statistics-2020.pdf](https://www.windeurope.eu/wp-content/uploads/2020/07/WindEurope-Wind-energy-in-Europe-statistics-2020.pdf)

- Yang, J., Meng, F., Zhang, L., McKeachie J., Chang, Y., Ma, B., Hao, Y., Li, X., Pender, K., Yang, L. Leeke, G.A., Cullen, J.M. 2025. Solutions for recycling emerging wind turbine blade waste in China are not yet effective. *Communications earthy & environment* 2023, 4:466. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01104-w>
- Ympäristöministeriö, 2024. Merituulivoiman tilanne- ja kehityskuvan kokonaistarkastelu. Merialuesuunnittelu. Raportti. Sitowise Oy. 122 s. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/merituulivoiman-nykytilaa-ja-kehityskuvia-selvitetty>
- Ymparisto.fi, 2025. Radioaktiivisuus on laskenut normaalille tasolle. <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/meri/suomen-meriympariston-tila-2024/ymparistomyrkyt/radioaktiivisuus-laskenut-normaalille-tasolle> Viitattu 4.1.2026.
- Zhen Sun, 2025. *Finding a Balance in the Exclusive Economic Zone*. Cambridge University Press.



VALTIONEUVOSTO
STATSRÅDET

Snellmaninkatu 1, Helsinki
PL 23, 00023 Valtioneuvosto
valtioneuvosto.fi
julkaisut.valtioneuvosto.fi

tietokayttoon.fi

ISBN PDF 978-952-287-970-7
ISSN PDF 3087-825X