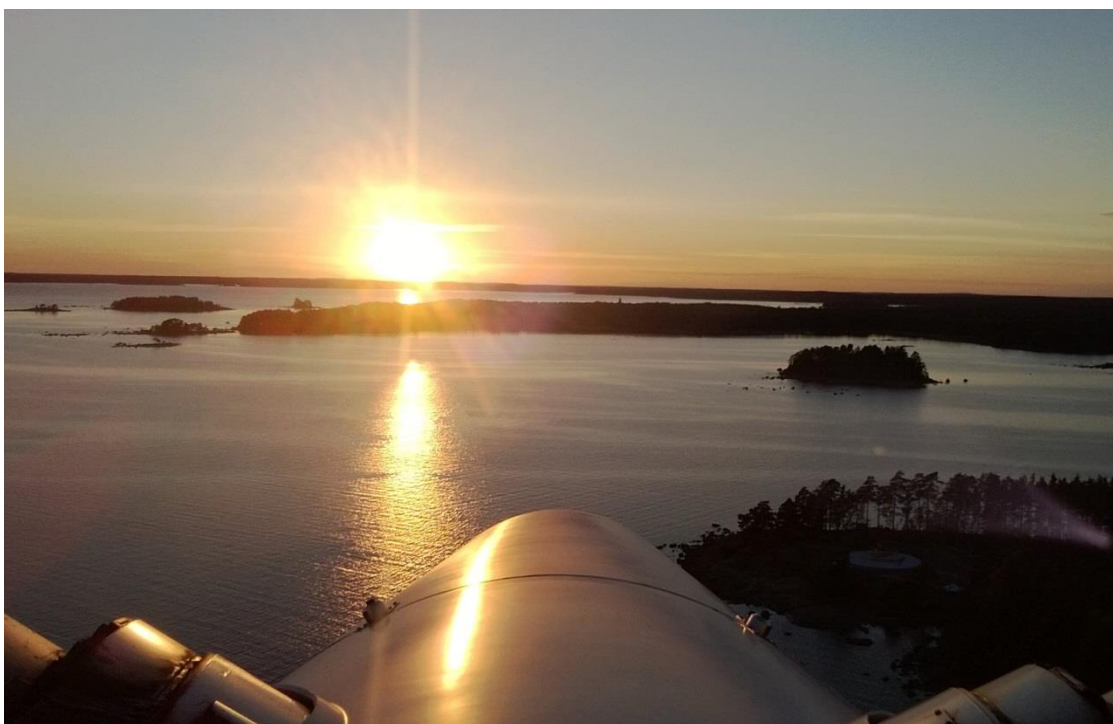


# Merituulivoima- rakentamisen markkina- potentiaali pohjoisen Itämeren alueella



Asko Ijäs 2015

## Sisällysluettelo

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>3</b>
1.1 Merituulivoima tuotantomuotona.....	3
1.2 Selvityksen tavoitteet .....	4
<b>2 KÄYTETTY AINEISTO JA MENETELMÄT</b> .....	<b>5</b>
2.1 Merituulivoimapotentiaali.....	5
2.2 Itämeren syvyys- ja merenpohjaolosuhteet .....	5
<b>3 VIREILLÄ OLEVAT TUULIVOIMAHANKKEET ERI MAISSA</b> .....	<b>6</b>
3.1 Suomi .....	7
3.2 Ruotsi .....	8
3.3 Viro .....	9
3.4 Latvia.....	10
3.5 Liettua.....	10
3.6 Puola.....	11
<b>4 MERITUULIVOIMAN RAKENTAMISOLOSUHTEET ITÄMERELLÄ</b> .....	<b>11</b>
<b>5 MÄNTYLUODON-TAHKOLUODON ALUEEN SIJAINTI SUHTESSA ITÄMEREN TUULIVOIMAKESKITYMIIN</b> .....	<b>15</b>
<b>6 YHTEENVETO</b> .....	<b>16</b>
<b>KIRJALLISUUS</b> .....	<b>17</b>

# Merituulivoimarakentamisen markkinapotentiaali pohjoisen Itämeren alueella

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Merituulivoima tuotantomuotona

Uusiutumattomien energiavarojen ehtyminen sekä tarpeet ilmastonmuutoksen hillitsemiseen ovat lisänneet Euroopassa uusiutuvien energianlähteiden käytön tarvetta. Mm. Euroopan Unioni on asettanut vuonna 2007 tavoitteen nostaa uusiutuvilla energianlähteillä tuotetun energian osuus 20 % kokonaiskulutuksesta vuoteen 2020 mennessä (Euroopan Komissio 2007). Euroopan Unionin alueella merkittävin uusiutuvan energian lähde erityisesti sähköntuotannossa on nykyisin vesivoima, jonka osuus uusiutuvilla energianlähteillä tuotetusta sähköstä on edelleen noin 60 % (Klessmann ym. 2011). Erityisesti tuulivoiman ja biomassan merkitys uusiutuvan energian lähteenä on Euroopassa kasvanut viime vuosina merkittävästi osin tuotantotekniikoiden kehittymisen ja osin uusiutuvan energian lisäämiseen tähtäävän tukipolitiikan seurauksena (Klessman ym. 2011).

Sekä tuulivoimaloiden koko että yksikköteho ovat 1990- ja 2000-luvun aikana kasvaneet nopeasti niin maa- kuin merialueillakin. Kun vielä 1990-luvun alussa rakennettujen tuulivoimaloiden yksikkökoot jäivät alle 1 MW, perustuvat nykyiset suunnitelmat pääosin 5–7 MW suuruiseen voimaloihin (Snyder & Kaiser 2009). Suurilla voimaloilla energiaa pystytään yleisesti tuottamaan suhteellisesti pienemmillä rakentamiskustannuksilla, minkä vuoksi voimalakoon kasvattaminen parantaa samalla myös hankkeen kannattavuutta. Merituulivoiman etuja maa-alueille sijoitettaviin tuulivoimaloihin verrattuna ovat erityisesti tasaisemmat tuulisuolosuhteet, jotka mahdollistavat maa-alueita tehokkaamman sähköntuotannon (Breton & Moe 2009). Tuotantotehokkuuden ohella merituulivoimahankkeet pystytään maa-alueita paremmin sijoittamaan kauas asutuksesta tai muuten ihmiskäytössä olevista alueista, minkä vuoksi mm. merituulivoimaloiden aiheuttamien melu- ja välkevaikutusten minimointi on offshore-hankkeissa usein helpompaa.

Nykytekniikalla merituulivoimarakentamisen on arvioitu olevan rakentamiskustannuksiltaan 1,5–2,5 kertaa kalliimpaa kuin vastaavankokoisten voimaloiden rakentaminen maa-alueille (EEA 2009, Green & Vasilakos 2011). Rakennettaessa merialueille erityisesti tuulivoimaloiden perustusten sekä sähkönsiirtojärjestelmien osuus hankkeen kokonaiskustannuksista kasvaa huomattavasti ja ne voivat muodostaa jopa yli 50 % hankkeen kokonaiskustannuksista. Maa-alueilla perustamiskustannusten ja sähkönsiirron aiheuttamat kustannukset ovat yleensä pienempiä (osuus yleensä alle 15 %) varsinaisen turbiinin muodostaessa suurimman yksittäisen kustannuserän (EEA 2009). Avomerialueilla tuulivoimaloiden rakentamiskustannukset kasvavat usein nopeasti myös sekä syvyyden että etäisyyden rannikosta kasvaessa (Bilgili ym. 2011), mikä ohjaa tuulivoimarakentamista osaltaan rannikkoalueiden läheisyyteen sekä erilaisille riutta- ja matalikkoalueille.

Merituulivoimaloissa nykyisin käytettävät rakentamisratkaisut perustuvat ensisijaisesti joko maatuulivoimahankkeissa tai vastaavasti öljyn- ja kaasunporauksen yhteydessä saatuihin kokemuksiin ja toimintatapoihin (Kaldellis & Kapsali 2013). Näissä projekteissa käytettävät menetelmät poikkeavat kuitenkin merkittävästi nykyaikaisten merituulivoimaloiden tarpeista, minkä vuoksi tutkimus- ja kehitystoiminnalla nähdään vielä suurta potentiaalia erityisesti merituulivoimatuotannon perustamiskustannusten pienentämisen kannalta (Kaldellis & Kapsali 2013, DNV GL 2014). Esimerkiksi Faaij ym. (2004) ovat arvioineet, että merituulivoiman investointikustannuksia tuotettua kilowattia kohden on mahdollista laskea jopa 25–39 % vuoden 2004 hintatasosta voimaloiden tuotantoprosesseja kehittämällä.

Itämerellä merituulivoimaa on tähän mennessä rakennettu pääasiassa Tanskan, Saksan ja Etelä-Ruotsin rannikkoalueille (Bilgili ym. 2011). Pohjoisella Itämerellä niin merenpohja- kuin jääolosuhteetkin poikkeavat merkittävästi Saksan ja Tanskan rannikkoalueiden vastaavista, mikä asettaa omat haasteensa myös tuulivoimarakentamiselle. Tuulivoima-alueen syvyys ja pohjan laatu vaikuttavat keskeisesti merituulivoimaloiden toteutustapaan ja niissä käytettäviin perustusratkaisuihin. Itämeren ja Pohjanmeren alueelle tähän mennessä rakennetuissa merituulivoimaloista valtaosa on toteutettu käyttäen nk. monopile- eli junttapaaluperustusta, joka soveltuu parhaiten erityisesti pehmeille pohjille (hiekkaa, hieta) toteutettaviin tuulivoimaloihin.

## 1.2 Selvityksen tavoitteet

Suomen kansallisessa ilmasto- ja energiastrategiassa (TEM 2013) merituulipuistojen kestävä toteuttamisen edistämistä on suositettu useiden hallintoalojen yhteiseksi tavoitteeksi. Marraskuussa 2014 TEM myönsi Porin Tahkoluodon merituulivoimahankkeelle kaikkiaan 20 miljoonaa euroa investointitukea. Investointituen tarkoituksena on demonstroida Itämeren olosuhteisiin sopivia tuulivoimala- ja perustusratkaisuja (mm. ahtojäiden vaikutukset, korroosiosuojaukset, aaltokuormat) sekä käytännön toteutuksen vaiheita, jotka mahdollistavat jatkossa tehokkaamman merituulivoimarakentamisen erityisesti pohjoisen Itämeren alueella. Käytännön osaamisen ohella demonstraatiotuen avulla toteutettava tuulivoimapuisto tarjoaa suomalaisille metalli- ja meriteollisuuden alan yrityksille hyvän referenssin, jota yritykset voivat edelleen hyödyntää oman osaamisensa markkinoinnissa niin Suomessa kuin koko Itämeren alueella (Sundelin & Putkonen 2013).

Porin kaupunki pyrkii yhteistyössä Prizztech Oy:n kanssa kehittämään Mäntyluodon-Tahkoluodon alueen (nk. M20-teollisuusalue) merkitystä Itämeren merituulivoimarakentamisen kannalta sekä kehittämään alueen infrastruktuuria palvelemaan erityisesti tuulivoima-alan yritystoimintaa. Tämän selvityksen tarkoituksena on arvioida Itämeren merituulivoiman rakentamispotentiaalia, johon TEM:n tukeman demotuulipuiston kautta saatavaa tietotaitoa ja osaamista on lähivuosina mahdollista hyödyntää. Painopisteenä selvityksessä olivat erityisesti Itämeren keski- ja pohjoisosissa vireillä olevat merituulivoimahankkeet (Kuva 1). Näiden alueiden olosuhteille on luonteenomaista merialueiden jäätyminen erityisesti kovina pakkastalvina (Furman ym. 2014), minkä vuoksi jäämassojen huomioiminen on edellytyksenä merituulivoimaloissa käytettäville rakenteille sekä niiden mitoitukselle. Rakentamispotentiaalın ohella selvityksessä tarkasteltiin Itämeren keski- ja pohjoisosiin suunniteltujen tuulivoimahankkeiden yleisiä rakentamisolosuhteita Tahkoluodon edustan merialueeseen verrattuna. Tämän tarkastelun tavoitteena on antaa yleiskuva erityisesti syvyys- ja merenpohjaolosuhteiden alueellisesta vaihtelusta Itämeren keski- ja pohjoisosien merituulivoima-alueilla.

Selvitys on toteutettu Prizztech Oy:n toimeksiannosta ja sen laatimisesta on vastannut FM Asko Ijäs Turun yliopiston Brahea-keskuksen Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskukselta.

## 2 KÄYTETTY AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1 Merituulivoimapotentiaali

Tietoa Itämeren alueella vireillä olevista merituulivoimahankkeista haettiin selvitystä varten sekä kansallisista että kansainvälisistä tietokannoista (Taulukko 2.1). Tietokannoista saatuja tietoja yksittäisten merituulivoimapuistojen suunnittelutilanteesta tarkennettiin mahdollisuuksien mukaan hankekohtaisten raporttien avulla. Näitä olivat hankkeesta riippuen mm. ympäristövaikutusten vaikutusten arvioinnin (YVA) yhteydessä laaditut asiakirjat, kansalliset maankäyttösuunnittelu- ja kaavoitusasiakirjat sekä erilaiset tuomioistuinten päätökset. Itämerellä merituulivoimapuistojen toteuttamiseen vaikuttavat nykyisin voimakkaasti sekä hallinnolliset (mm. lupamenettely että kustannustekniset tekijät) että kustannustekniset tekijät.

Taulukko 2.1. Selvityksessä käytetyt tuulivoimatietokannat

Tietokanta	Ylläpitäjä	Alue	Linkki tietokantaan
<b>Suomen tuulivoimalaitokset ja -hankkeet</b>	Suomen Tuulivoimayhdistys ry.	Suomi	<a href="http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tieto-tuulivoimasta/teollinen-tuulivoima/teollinen-tuulivoima-suomessa">http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tieto-tuulivoimasta/teollinen-tuulivoima/teollinen-tuulivoima-suomessa</a>
<b>Vindbrukskollen</b>	Energimyndigheten	Ruotsi	<a href="http://www.vindlov.se/vindbrukskollen">www.vindlov.se/vindbrukskollen</a>
<b>Wind Power Development Projects</b>	Estonian Wind Power Association	Viro	<a href="http://www.tuuleenergia.ee/en/wind-power-101/statistics-of-estonia/under-development/">http://www.tuuleenergia.ee/en/wind-power-101/statistics-of-estonia/under-development/</a>
<b>Global Offshore Wind Farm Database</b>	4C Offshore Limited	Koko Itämeri	<a href="http://www.4coffshore.com/">http://www.4coffshore.com/</a>
<b>Baltic Sea Offshore Wind Energy Projects</b>	WAB Windenergi Agentur	Koko Itämeri	<a href="http://www.wab.net/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=327&amp;Itemid=27&amp;lang=en">http://www.wab.net/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=327&amp;Itemid=27&amp;lang=en</a>

### 2.2 Itämeren syvyys- ja merenpohjaolosuhteet

Selvitysalueella vireillä olevien merituulivoimahankkeiden ominaispiirteitä tarkasteltiin selvityksessä paikkatietoanalyysin avulla (ArcGIS 10, ESRI). Paikkatietoanalyysin pohjana käytettiin tuulivoimatietokannoista saatuja merituulivoima-alueiden rajaustietoja, joita tarkennettiin ja täydennettiin edelleen hankeselvityksien ja -raporttien perusteella digitoitujen aluerajausten avulla. Manuaalisesti digitoidut aluerajaukset eivät välttämättä vastaa täysin varsinaisia hankealuerajauksia johtuen digitoinnin epätarkkuuksista. Paikkatietoanalyysiä varten pyrittiin keräämään mahdollisimman kattava otos selvitysalueella vireillä olevista merituulivoimahankkeista. Liettua ja Latvia jätettiin kokonaisuudessaan paikkatietoanalyysin ulkopuolelle, koska maiden merituulivoimahankkeista ja niiden aluerajauksista ei selvityksen puitteissa saatu riittävästi tietoja.

Digitoitujen karttarajausten perusteella kullekin tuulivoima-alueelle laskettiin edelleen niiden keskisyvyys, syvyyden vaihteluvälit, merenpohjasedimenttijakaumat sekä lyhimmät etäisyydet rannikosta ja Mäntyluodon-Tahkoluodon satama-alueesta (Taulukko 2.2). Merialueiden syvyys- että merenpohjatiedot perustuvat tässä yhteydessä mallinnettuihin aineistoihin, joiden resoluutio on joko

500\*500 m (syvyysmalli) tai 160\*320 m (merenpohja). Tästä syystä tarkastelu ei mahdollista yksityiskohtaisen analyysin tekoa alueiden syvyys- ja merenpohjaolosuhteista, vaan sen tavoitteena on antaa tietoa ensisijaisesti eroista itämeren eri maiden ja alueiden välillä.

Taulukko 2.2. Paikkatietoanalyysissä käytetyt aineistot

Tietokanta	Aineisto	Lähde
Tuulivoima- aluerajaukset	Offshore wind farms in the Baltic Sea	Helcom
Tuulivoima- aluerajaukset	Riksinresse för vindbruken 2013	Energimyndigheten
Tuulivoima- aluerajaukset	Lapin ja Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavat, tuulivoima-alueet	Lapin liitto, Pohjois-Pohjanmaan liitto
Syvyysmalli	Baltic Sea Bathymetry Database, version 0.9.3	Baltic Sea Hydrographic Commission 2013
Merenpohja	Baltic Sea Seabed Habitats	European Marine Observation and Data Network (EMODnet)
Pohjakartta	Peruskartta	ESRI

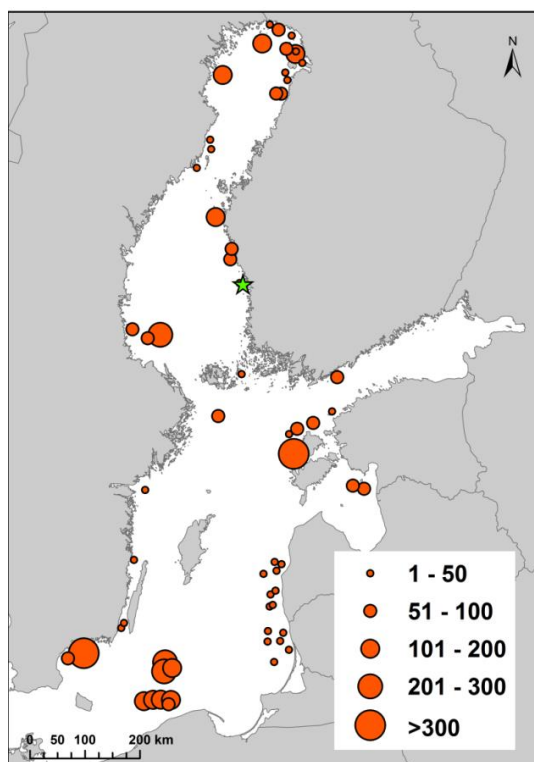
### 3 VIREILLÄ OLEVAT TUULIVOIMAHANKKEET ERI MAISSA

Selvityksen tarkastelualue pitää sisällään Suomen, Viron, Latvian ja Liettuan rannikkoalueet sekä osia Ruotsin ja Puolan merialueista. Käytännössä selvityksen tarkastelualue pitää sisällään Itämeren keski- ja pohjoisosat aina Bornholmin tasolle asti. Kaikkiaan em. alueella on tehdyn selvityksen mukaan vireillä yli 30 offshore-merituulivoimahankeita, joiden kokonaiskapasiteetti ylittää 10 GW (Kuva 3.1). Erityisesti Baltian maissa ja Puolassa useat vireillä olevista hankkeista ovat vasta suunnitteluprosessin alkuvaiheessa, minkä vuoksi tarkkaa tietoa alueiden todellisista voimalamääristä tai yksikkötehosta ei ole tarjolla.

Merituulivoima-alueiden toteuttamiseen vaikuttavat nykyisin voimakkaasti sekä hallinnolliset että kustannustekniset tekijät. Hallinnolliset tekijät vaikuttavat erityisesti siihen, mihin merituulivoimapuistot on mahdollista toteuttaa ja niihin vaikuttavat keskeisesti mm. lainsäädännölliset rajoitukset (mm. luonnonsuojelu, maanpuolustus) sekä merialueiden muu käyttö (mm. liikenne, kalastus). Kustannustekniset tekijät vaikuttavat vastaavasti siihen, mihin tuulivoimalat on kokonaistaloudellisesti kannattavaa toteuttaa. Perustusten toteuttaminen sekä tuulivoimaloiden liittäminen verkkoon muodostavat nykyisin merkittävän osan merialueille toteuttavan tuulivoimapuiston kokonaiskustannuksista. Kustannukset lisääntyvät yleensä merialueiden syvyyden ja tuulivoimaloiden sijainnin mukana (katso kappale 1.1), minkä vuoksi merituulivoimalat on nykyisin kustannustehokkainta toteuttaa alle 20 metriä syville merialueille mahdollisimman lähelle manneraluetta (Bilgili ym. 2011). Tuulivoimatuotannon ohella rannikkoalueiden läheisyyteen sijoittuvat matalikkoalueet muodostavat kuitenkin myös luonnon monimuotoisuuden sekä useiden kalalajien kannalta merkittävän elinympäristön (HELCOM 2009), minkä vuoksi kaikkia tuulivoimatuotannon kannalta optimaalisia alueita ei läheskään aina ole mahdollista rakentaa. Lisäksi rakennettaessa rannikkoalueiden läheisyyteen merituulivoiman vaikutukset mm. ihmisten

asumisviihtyisyyteen ja alueiden maisemakuvaan usein lisääntyvät, mikä voi joillakin alueilla rajoittaa merituulivoimapuiston rakentamista.

Seuraavassa kappaleissa tarkastellaan maakohtaisesti merituulivoiman suunnittelutilannetta sekä vireillä olevia hankkeita Itämeren keski- ja pohjoisosissa. Hankkeiden kokonaisteho on tässä yhteydessä laskettu oletuksella, että tuulivoimapuistot toteutetaan kokonaisuudessaan käyttäen joko 3 MW (minimiarvio) tai 5 MW kokoluokan turbiineita (maksimiarvio). Merelle toteutettujen tuulivoimaloiden keskimääräinen yksikköteho on viime vuosina vaihdellut EWEA:n (European Wind Energy Association) selvityksen mukaan 3,5–4 MW (EWEA 2014). Merituulivoimatuotannossa trendi on viime vuosina ollut turbiinien yksikkökoon kasvattaminen ja tätä kautta edelleen tuotantomäärien lisääminen pienemmillä yksikkökustannuksilla. Onkin todennäköistä, että voimaloiden yksikkökoko tulee vielä kasvamaan nykyisestään (Kaldellis & Kapsali 2013).



Kuva 3.1. Itämeren keski- ja pohjoisosissa vireillä olevat merituulivoimahankkeet ja niiden voimalamäärät (maksimitilanne). Latvian ja Liettuan osalta kartassa on esitetty potentiaaliset merituulivoima-alueet. Sen sijaan voimalamääristä tai kokonaiskapasiteetista ei tätä selvitystä varten saatu tarkempaa tietoa. Mäntyluodon-Tahkoluodon satama-alueen sijainti on esitetty kartassa tähdellä.

### 3.1 Suomi

Suomen aluevesillä on tällä hetkellä vireillä kaikkiaan 15 merituulivoimahanketta, joiden yhteenlaskettu kokonaiskapasiteetti vaihtelee yksittäisten alueiden voimalamäärästä sekä voimaloiden yksikkötehosta riippuen 2 477–5 015 MW (Taulukko 3.1). Suomessa merituulivoimarakentamisen kannalta potentiaaliset alueet keskittyvät pääasiassa Pohjanlahden keski- ja pohjoosiin, jossa syvyys- ja merenpohjaolosuhteet ovat sopivia tuulivoimarakentamisen kannalta. Sen sijaan Suomenlahden merialueella tai Ahvenanmaan ympäristössä hankkeita on vireillä vain yksittäin (katso kuitenkin Viron tilanne, kappale 3.3).



Suomessa suurten tuulivoimapuistojen (hanke yli 10 turbiinia) toteuttaminen edellyttää ympäristövaikutusten arviointimenettelyn läpikäymistä sekä alueen kaavoittamista tuulivoimatuotannolle Maankäyttö- ja rakennuslain 132/1999 mukaisesti (Ympäristöministeriö 2012). Yleiskaavan käyttöä tuulivoimarakentamisessa koskeva maankäyttö- ja rakennuslain muutos tuli voimaan 1.4.2011. Muutos mahdollistaa tuulivoimaloiden edellyttämien rakennuslupien myöntämisen suoraan alueelle laaditun yleiskaavan pohjalta. Tuulivoimarakentamisen mahdollistava yleiskaava on nykyisin hyväksytty kaikkiaan viidelle merituulivoimapuistolle (Ajos, Röyttä, Suurhiekkä, Maanahkiainen, Tahkoluoto). Osasta tehtyjä kaavapäätöksiä on kuitenkin valitettu hallinto-oikeuteen eivätkä kaavat tästä syystä ole vielä lainvoimaisia. Erityisesti rannikkoalueiden läheisyyteen sijoituvilla tuulivoima-alueilla laaditut osayleiskaavat mahdollistavat vain harvoin hankkeen toteuttamisen alkuperäisessä koossaan. Sen sijaan kaavaan merkittyyä tuulivoima-alueita tai voimaloiden sijoituspaikkoja on jouduttu usein rajaamaan YVA-menettelyn jälkeen esimerkiksi luontoon, loma-asukkaisiin tai liikenteeseen kohdistuvien vaikutusten vuoksi. Esimerkiksi Porin Tahkoluodon nykyinen osayleiskaava (hyväksytty kaupunginvaltuustossa 10.2.2015) mahdollistaa kaikkiaan 10 tuulivoimalan rakentamisen Tahkoluodon edustan merialueelle.

Taulukko 3.1. Suomen aluevesillä vireillä olevat merituulivoimahankkeet. Tuulivoimapuistot, joiden kaava on jo hyväksytty tai hyväksymisvaiheessa, on esitetty taulukossa mustalla.

Hanke	Turbiinimäärä (min)	Turbiinimäärä (max)	Teho (min, MW)	Teho (max, MW)
<b>Tahkoluoto</b>	<b>10*</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>130</b>
<b>Suurhiekkä</b>	<b>80*</b>	<b>80</b>	<b>240</b>	<b>400</b>
<b>Maanahkiainen</b>	<b>72*</b>	<b>100</b>	<b>216</b>	<b>500</b>
<b>Röyttä</b>	<b>14*</b>	<b>45</b>	<b>42</b>	<b>225</b>
<b>Ajos</b>	<b>29*</b>	<b>69</b>	<b>87</b>	<b>345</b>
Siipyy	80	80	240	400
Inkoo-Raasepori (Barösund)	60	60	180	300
Hoikka-Hiue	102	102	306	510
Nimettömänmatala	36	36	108	180
Korsnäs	120	160	360	900
Kristiinankaupunki	43	73	129	365
Oulunsalo-Hailuoto	30	30	150	90
Östra Skärgården	35	40	105	200
Pertunmatala	24	24	74	120
Ulkonahkiainen	70	70	210	350
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>805</b>	<b>995</b>	<b>2 477</b>	<b>5 015</b>

\* nykyisen yleiskaavan mahdollistama voimalamäärä

## 3.2 Ruotsi

Ruotsin aluevesillä (pl. Bornholmin länsipuoliset alueet) on nykyisin vireillä kaikkiaan 14 merituulivoimahanketta, joiden yhteenlaskettu kokonaiskapasiteetti vaihtelee alueiden



voimalamäärästä sekä voimaloiden yksikkötehosta riippuen 5 424–10 135 MW (Taulukko 3.2). Ruotsin rannikkoalueen merkittävimmät merituulivoimakeskittymät sijoittuvat aivan tarkastelualueen eteläosiin Skånen rannikkoalueelle, Norrköpingin edustan laajoille matalikkoalueille sekä Pohjanlahden pohjoisosiin Perämeren alueelle.

Ruotsin eteläosissa useat hankkeet ovat jo saaneet tarvittavat luvat tuulivoimapuistojen toteuttamiseen (mm. Trolleboda, Utgrunden) tai lupapäätösten odotetaan saapuvan kuluvan vuoden aikana (mm. Blekinge). Sen sijaan Pohjanlahden Ruotsin puoleisella rannikolla tuulivoimahankkeet ovat vielä pääosin suunnitteluvaiheessa lukuun ottamatta Storgrundetin merituulivoimapuistoa, joka on saanut tarvittavat luvat syksyllä 2010.

Taulukko 3.2. Merituulivoimahankkeet Ruotsin aluevesillä. Rakennusluvan saaneet merituulivoimapuistot, joita ei kuitenkaan ole vielä toteutettu, on esitetty taulukossa lihavoidulla.

Hanke	Turbiinimäärä (min)	Turbiinimäärä (max)	Teho (min, MW)	Teho (max, MW)
<b>Trolleboda</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>150</b>
<b>Utgrunden II</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>72</b>	<b>120</b>
<b>Storgrundet</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>210</b>	<b>350</b>
<b>Taggen</b>	<b>83</b>	<b>83</b>	<b>249</b>	<b>415</b>
Blekinge	700	700	2 100	3 500
Södra Midsjöbanken	300	300	900	1 500
Svenska Björn	66	66	198	330
Klocktärnan	132	132	396	660
Gustav Dahlen II	50	50	150	250
Finngrundet	90	300	270	1 500
Oskarshamn	40	45	120	225
Petlandsskär	30	30	90	150
Rata Storgrund	23	23	69	135
Stopparen	170	170	510	850
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1 808</b>	<b>2 023</b>	<b>5 424</b>	<b>10 135</b>

### 3.3 Viro

Viron rannikkoalueella on tällä hetkellä vireillä kaikkiaan neljä merituulivoimahanketta, joiden kokonaiskapasiteetti vaihtelee 1 614–3 790 MW arvioidusta voimalamäärästä ja voimaloiden yksikkötehosta (Taulukko 3.3). Virossa suunnitellut merituulivoimahankkeet rajautuvat erityisesti maan luoteisosaan Hiidenmaan ympäristöön (Hiidenmaa, Baltic Blue Energy, Neugrund) sekä Riianlahdelle Pärnun edustalle (Liivi laht).

Hankesuunnittelun suhteen pisimmällä on nykyisin Hiidenmaan pohjoispuolisille matalikkoalueille suunniteltu merituulivoimapuisto, jonka ympäristövaikutusten arviointi on tarkoitus saada valmiiksi vuoden 2015 aikana ja jonka toteutus on nykyisen suunnitelmien mukaan tarkoitus aloittaa vuonna 2017 (Martin ym. 2012).

Taulukko 3.3. Merituulivoimahankkeet Viron aluevesillä

Hanke	Turbiinimäärä (min)	Turbiinimäärä (max)	Teho (min, MW)	Teho (max, MW)
Hiidenmaa (Luoteis-Viro)	100	200	300	1000
Riianlahti (Liivi laht)	100	120	300	600
Baltic Blue Energy	300	400	900	2 000
Neugrund	38	38	114	190
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>538</b>	<b>758</b>	<b>1 614</b>	<b>3 790</b>

### 3.4 Latvia

Latviassa rannikkoalueella on nykyisin vireillä vain yksi merituulivoimahanke, joka pitää sisällään kahdeksan eri osa-alueetta (Taulukko 3.4). Hankkeen kokonaiskapasiteetiksi on arvioitu 200 MW (Ruskule & Veldemane 2011), mutta yksityiskohtaisempaa hankesuunnitelmaa tai aikataulua hankkeen toteuttamiselle ei tämän selvityksen puitteissa löydetty.

Taulukko 3.4. Merituulivoimahankkeet Latvian aluevesillä

Hanke	Turbiinimäärä (min)	Turbiinimäärä (max)	Teho (min, MW)	Teho (max, MW)
Baltic Wind Park	?	?	200	200
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>450</b>	<b>750</b>

### 3.5 Liettua

Liettuan rannikkoalueelle on alustavissa maankäyttösuunnitelmissa esitetty kaikkiaan kuutta merituulivoima-alueetta, joiden kokonaiskapasiteetiksi on arvioitu noin 1 850 MW (Blazauskas 2011, Blazauskas ym. 2013). Suunnitellut merituulivoima-alueet sijoittuvat kuitenkin laajoilta osin päällekkäin Liettuan Natura 2000 -suojeluohjelman potentiaalisten laajennusalueiden kanssa, minkä vuoksi yksikään hankkeista ei vielä ole edennyt yksityiskohtaisempaan suunnitteluun (South Baltic OFF.E.R 2014). Natura-alueiden päivityksen ohella merituulivoimasuunnittelua Liettuan merialueilla hankaloittavat puutteet valtion merialueiden käytön suunnittelua koskevassa lainsäädännössä, jotka eivät nyky muodossaan pidä sisällään yli 20 metriä syviä merialueita (Blazauskas 2011). Lainsäädäntöä ollaan kuitenkin parhaillaan päivittämässä, mikä tulee lähivuosina selkeyttämään myös merituulivoima-alueiden suunnittelua Liettuan merialueilla.

Puutteellisten tietojen vuoksi Liettuan merialueille sijoituvia merituulivoima-alueita ei ole tässä selvityksessä yksityiskohtaisemmin tarkasteltu.

### 3.6 Puola

Puolassa merituulivoimasuunnittelu on käytännössä tullut mahdolliseksi vasta vuoden 2011 aikana, kun kansallisen lainsäädännön muutos teki mahdolliseksi pitkäaikaisten, yli 30 vuotta kestävien toimintojen toteuttamisen Puolan merialueilla (aikaisempi aikaraja 5 vuotta). Tämän jälkeen Puolan merialueille on syksyyn 2014 mennessä haettu suostumusta kaikkiaan 75 merituulivoima-alueen sijoittamiseksi maan hallinnassa olevalle merialueelle, joista kaikkiaan yhdeksän on kansallisessa hallinnossa (Ministry of Transport, Construction and Maritime Economy) hyväksytty (PIFIA 2014). Osa alueella vireillä olevista hankkeista ja niiden suuruusluokasta on esitetty taulukossa 3.5. Myönnetty luvat eivät kuitenkaan vielä mahdollista suoraan hankkeiden toteuttamista, vaan niiden pohjalta on mahdollista aloittaa hankkeiden yksityiskohtaisempi suunnittelu ja ympäristövaikutusten arviointi (katso kuvaus merituulivoiman suunnittelujärjestelmästä Puolasta mm. Blazauskas ym. 2013). Merituulivoimarakentamista tai sen edellyttämiä investointeja ei Puolassa nykyisin erityisesti tueta suhteessa maatuulivoimaan, minkä vuoksi suurin osa maassa vireillä olevista merituulivoimahankkeista ei ole vielä edennyt yksityiskohtaisempaan suunnitteluun (PIFIA 2014).

Puolan merituulivoima-alan etujärjestö (Polish Offshore Wind Energy Association) on itse arvioinut, että Puolan merialueille on vuoteen 2020 mennessä mahdollista rakentaa 1 000 MW merituulivoimakapasiteettia. Sen sijaan Puolan tuulivoimayhdistys (Polish Wind Energy Association) ei usko näin nopeaan tuotannon lisääntymiseen, vaan on arvioinut merituulivoiman tuotantokapasiteetin jäävän Puolassa 500 MW vuoteen 2020 mennessä (PIFIA 2014).

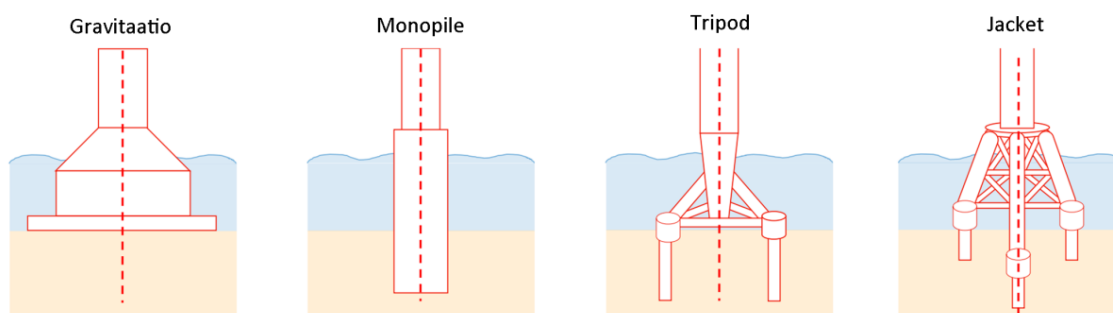
Taulukko 3.5. Merituulivoimahankkeita Puolan aluevesillä (ei kattava listaus)

Hanke	Turbiinimäärä (min)	Turbiinimäärä (max)	Teho (min, MW)	Teho (max, MW)
Baltica 1	180	180	540	900
Baltica 2	180	180	540	900
Baltica 3	180	180	540	900
Baltic North	190	260	570	1300
Baltic Srodkowy 1	100	100	300	500
Baltic Srodkowy 2	200	200	600	1 000
Baltic Srodkowy 3	200	200	600	1 000
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1 230</b>	<b>1 300</b>	<b>3 690</b>	<b>6 500</b>

## 4 MERITUULIVOIMAN RAKENTAMISOLOSUHTEET ITÄMERELLÄ

Merituulivoimaloissa perustus kiinnittää tuulivoimalan merenpohjaan, toimii kantavana rakenteen varsinaiselle turbiinirakenteelle sekä siirtää tuulivoimalasta syntyvän kuormituksen tukivoimiksi meren pohjaan (Jääskeläinen ym. 2012). Merituulivoimaloihin on viime vuosikymmenien aikana kehitetty useita eri perustusmenetelmiä (Kuva 4.1), joista eniten on viime vuosina käytetty 1) merenpohjaan upotettavaa junttapaalu- eli monopile-perustusta, sekä 2) merenpohjan päälle laskettavia asetettavia gravitaatioperustuksia. Eurooppaan vuoteen 2014 rakennetuissa tuulivoimaloissa monopile-perustuksen osuus on kaikkiaan 83,7 % ja gravitaatioperustuksen vastaavasti 10,4 % (EWEA 2015). Sen sijaan muiden markkinoilla olevien perustusratkaisujen (tripod, jacket) osuus kokonaismarkkinoista on

nykyisin vielä selkeästi monopile- ja gravitaatioperustusta pienempi. Toisaalta, kuten Hammar ym. (2010) ovat todenneet, tripod- ja jacket-tyyppisten perustusten edut tulevat paremmin esiin rakennettaessa tuulivoimaloita nykyistä syvemmillä, vähintään 30 metriä syville merialueille, minkä vuoksi niiden merkitys voi tulevaisuudessa kasvaa merituulivoimarakentamisen siirtyessä tekniikan kehittymisen mukana kauemmas avomerelle.

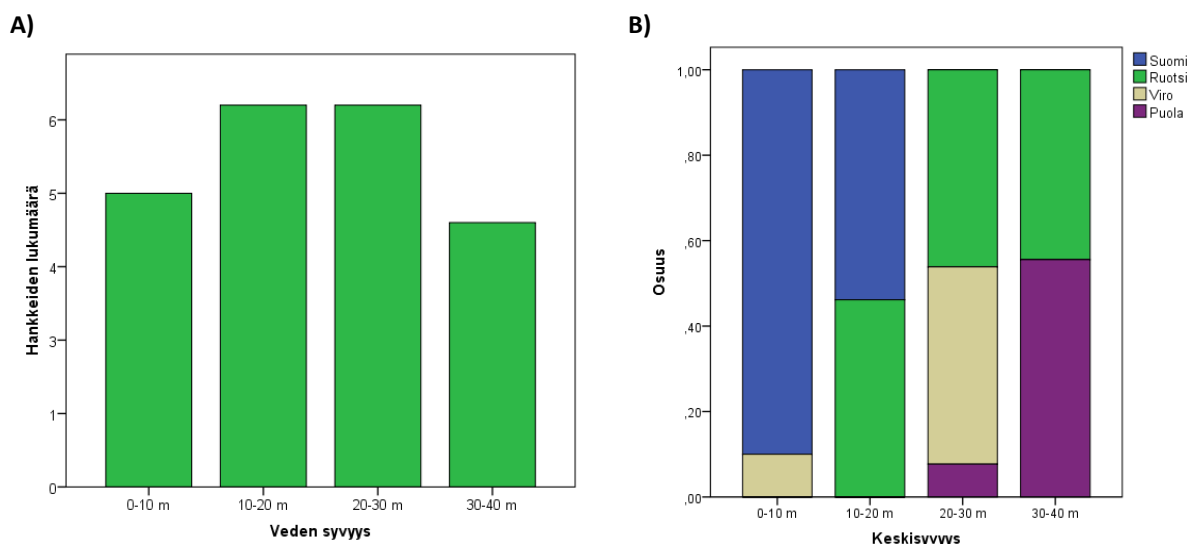


Kuva 4.1. Merituulivoimaloissa yleisesti käytetyt perustusratkaisut (E:On 2011)

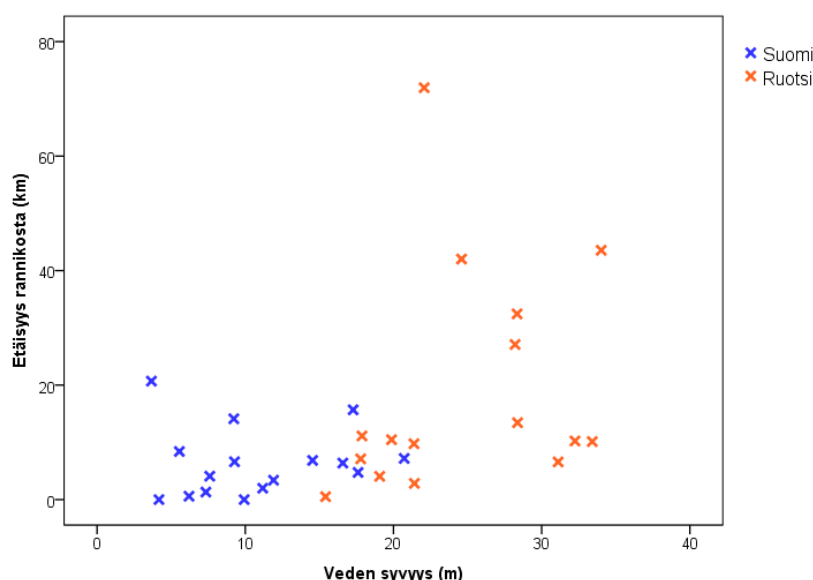
Perustustavaltaan gravitaatio- ja monopile-perustus poikkeavat selkeästi toisistaan, minkä vuoksi myös niiden vaatimukset sijoitusalueen ominaisuuksille ovat erilaiset. Monopile-perustuksessa merenpohjaan upotetaan paalutuskoneen tai vastaavan avulla ontto metallisylinteri, jonka varaan tuulivoimalan runko edelleen nostetaan. Monopile-perustukset soveltuvat parhaiten käytettäväksi tasalaatuisilla hiekka- ja sorapohjilla. Sen sijaan muun muassa kovat moreenipohjat, jossa on tavanomaisen soran seassa suuria kiviä ja lohkkareita, soveltuvat huonosti monopile-perustuksille, koska merenpohjaan juntattava teräspaalu vaurioituu herkästi osuessaan lohkkareeseen tai kovaan savikerrokseen (Hammar ym. 2010).

Monopile-perustusten sijaan maavaraiset gravitaatioperustukset soveltuvat parhaiten käytettäväksi tiiviillä tai raekooltaan vaihtelevilla merenpohjilla, joilla monopile-perustusten asentaminen on käytännön syistä vaikeampaa. Gravitaatioperustusten toiminta perustuu ensisijaisesti merenpohjaan laskettavaan kasuuniin, jonka massa riittää pitämään tuulivoimalan pystyasennossa (Hammar ym. 2010). Gravitaatioperustukset voidaan nykyisin toteuttaa joko betonista tai teräksestä. Teräspohjaisten perustusten etuna on se, että perustusten runko voidaan toteuttaa maalla ja siirtää tyhjänä suunnitellulle voimalapaikalle ennen perustuksen täyttämistä. Erityisesti betonista tehdyissä gravitaatioperustuksissa perustuksen koko kasvaa usein melko nopeasti tuulivoimalan koon ja asennussyvyyden mukaan, minkä vuoksi niiden käyttömahdollisuudet rajoittuvat usein alle 10 metrin syvyisille merialueille (Hammar ym. 2010). Sen sijaan teräksestä tehtyjä gravitaatioperustuksia on viime vuosina asennettu yli 20 metriä syville merialueille (Peire ym. 2009).

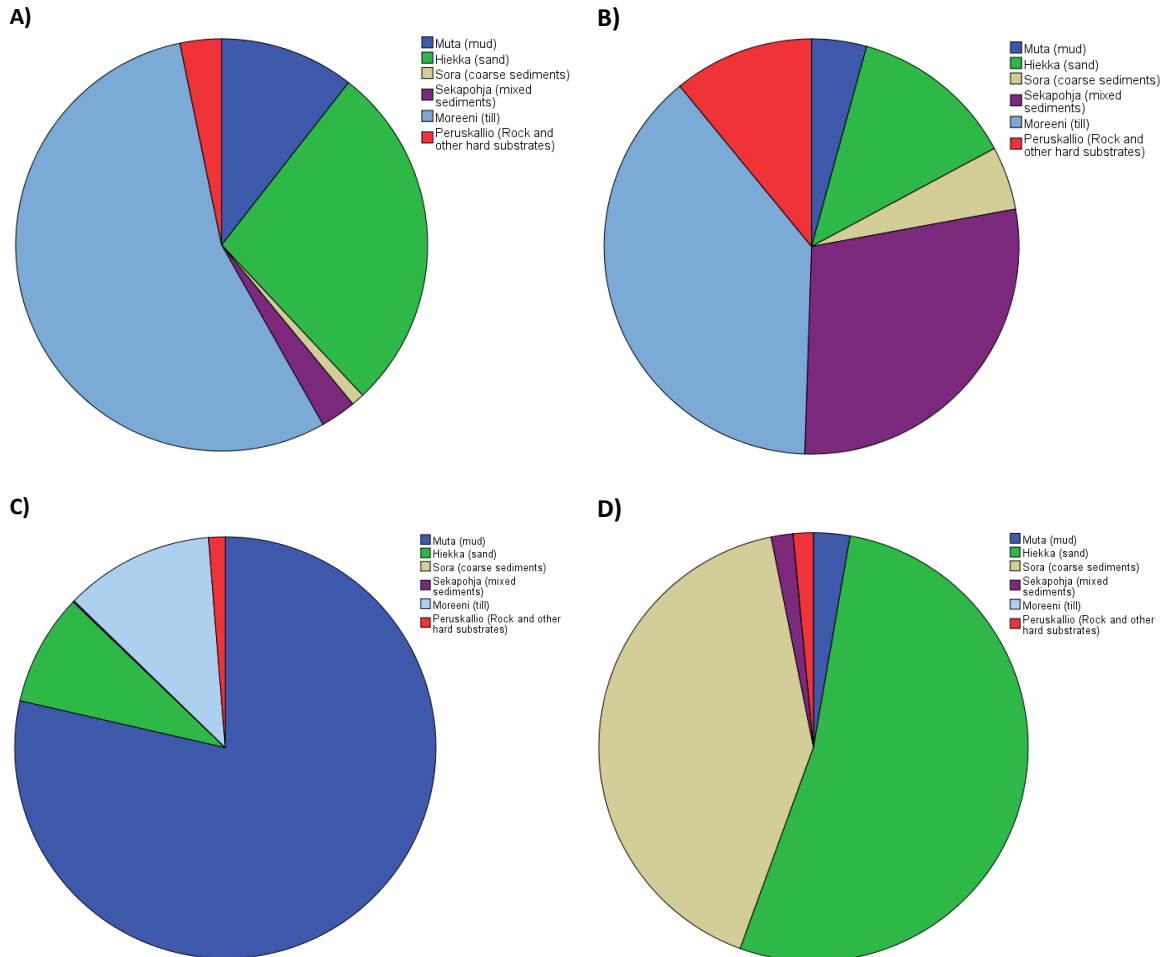
Itämeren alueella merituulivoimaa suunnitellaan nykyisin 0–40 metriä syville merialueille suurimman osan hankkeista sijoittuessa 10–30 metrin syvyysvyöhykkeille (Kuva 4.2.A). Keskisyvyydeltään matalimmat tuulivoima-alueet sijoittuvat selvitysalueella lähes kokonaisuudessaan Suomen rannikolle, jossa 90 % suunnitelluista merituulivoimapuistoista sijoittuu alle 10 metriä syville matalikkoalueille (Kuva 3B). Suomessa merituulivoimapotentiaali on suurin erityisesti Pohjanlahden keski- ja pohjoisosissa, jossa Itämeren leimaavat monin paikoin laajat, rannikon läheisyyteen sijoittuvat matalikkoalueet, jotka sekä sijaintinsa (etäisyys mantereesta alle 20 km, Kuva 4.2.B, Kuva 4.3) että topografiansa (meriveden syvyys usein alle 10 metriä) puolesta mahdollistavat kustannustehokkaan merituulivoimatuotannon. Keskisyvyyyksiä tarkasteltaessa on syytä muistaa, että veden syvyys voi vaihdella usein huomattavastikin alueiden sisällä. Merirakentamisessa tuulivoimalat pyritään usein lähtökohtaisesti sijoittamaan alueiden matalampiin osiin, minkä vuoksi tuulivoimaloiden todelliset rakentamissyvyydet voivat joillakin alueilla olla huomattavastikin keskimääräisiä vedenkorkeuksia matalammalla.



Kuva 4.2. A) Itämeren alueella vireillä olevien merituulivoimahankkeiden jakautuminen eri syvyyssyöhykkeisiin (pois lukien Latvia ja Liettua), sekä B) keskisyyden vaihtelu eri maissa. Itämeren syvyystiedot perustuen BSBD 0.9.3 – mallinnusaineistoon (Baltic Sea Bathymetry Database).



Siirryttäessä Itämeren eteläosiin lajittumattomien moreenipohjien osuus meren pohjasedimenteissä vähenee ja tasalaatuisemmat savi-, hiekka- ja sorapohjat yleistyvät. Esimerkiksi Puolan merituulivoima-alueilla erilaiset hiekka- ja soravaltaiset merenpohjat käsittävät yli 90 % alueiden kokonaispinta-alasta. Eteläisen Itämeren toiminnassa olevissa tuulivoimaloissa on käytetty säännöllisesti sekä monopile- (mm. Utgunden 1, EnBW Baltic 2) että gravitaatiopohjaista perustusta (mm. Kårehamn, Nysted). Merenpohjaolosuhteidensa puolesta Itämeren eteläosissa voidaan todennäköisesti hyödyntää säännöllisesti kaikkia eri perustusmuotoja hankealueen merenpohjan luonteenpiirteistä ja geoteknisistä ominaisuuksista riippuen.

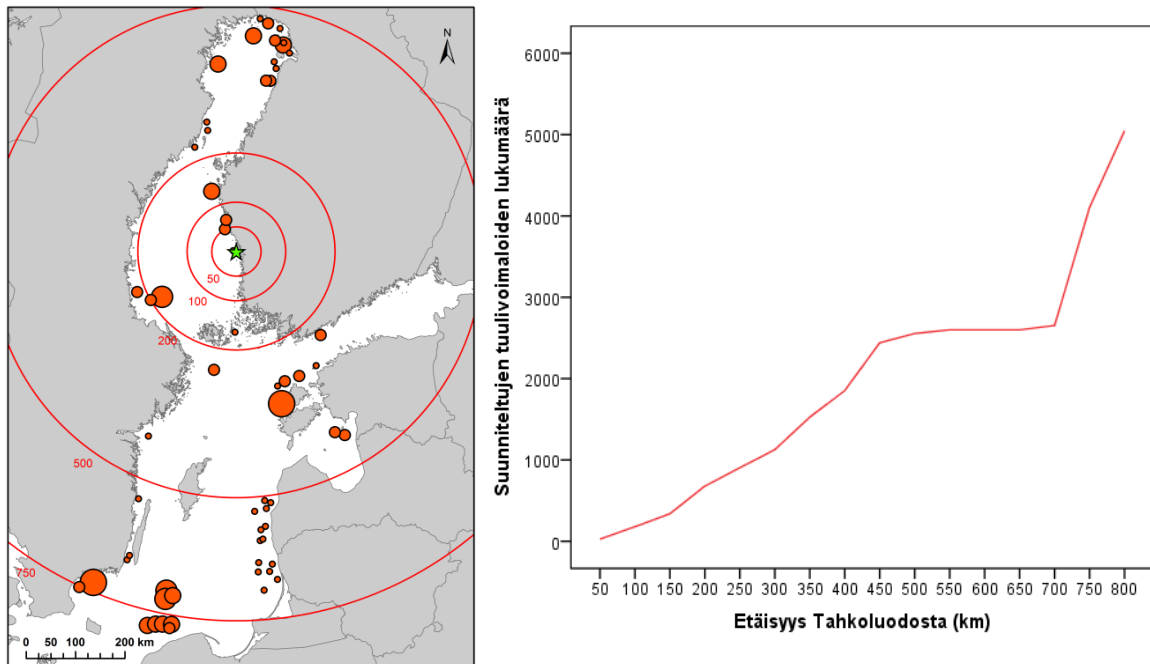


Kuva 4.4. Merenpohjalaumat A) Suomen, B) Ruotsin C) Viron, ja D) Puolan suunnitelluilla merituulivoima-alueilla (merenpohja-aineisto ja merenpohjalaumat perustuen EmodNET).

## 5 MÄNTYLUODON-TAHKOLUODON ALUEEN SIJAINTI SUHTEESSA ITÄMEREN TUULIVOIMAKESKITTYYMIIN

Mäntyluodon-Tahkoluodon satama-alue sijoittuu Pohjanlahden eteläosiin. Selkämeren rannikolle sijoittuvien merituulivoima-alueiden ohella satamasta on hyvät yhteydet myös mm. Perämeren sekä Viron rannikon merituulivoima-alueille, jotka sijoittuvat kokonaisuudessaan alle 500 kilometrin etäisyydelle Mäntyluodosta. Mikäli kaikki Pohjanlahden ja Viron rannikon alueille suunnitellut merituulivoimahankkeet etenevät nyky muodossaan toteutusvaiheeseen, voi näille alueille nousta lähivuosisikymmenien aikana jopa yli 2 000 merituulivoimalaa (Kuva 5.1). Tämän alueen suurista merituulivoimahankkeista suunnittelutilanteeltaan pisimmällä ovat nykyisin erityisesti Ruotsin Storgrundetin sekä Suomen Maanahkiaisen ja Suurhiekan merituulivoimapuistot, jotka ovat jo joko saaneet toteutusluvan (Storgrundet) tai ovat parhaillaan lupakäsittelyssä (Maanahkiainen, Suurhiekkä).

Pohjanlahden ja Viron rannikkoalueille sijoittuvien tuulivoima-alueiden ohella toinen selkeä merituulivoimakeskittymä sijoittuu Itämeren pääaltaan eteläosiin Ruotsin (Skåne) ja Puolan rannikon ulkopuolisille matalan meren alueille. Linnuntietä näille alueille tulee Mäntyluodosta matkaa 750–800 kilometriä. Itämeren eteläosissa tuulivoimasuunnittelu on pisimmällä erityisesti Ruotsin merialueilla, jossa merkittävää merituulivoimarakentamisen lisääntyminen on mahdollista jo lähivuosina. Sen sijaan Baltian maissa ja Puolassa suurin osa merituulivoimahankkeista on vasta esiselvitysvaiheessa, minkä vuoksi niiden toteutuminen kokonaisuudessaan ei ainakaan lähivuosina ole todennäköistä.



Kuva 5.1. Suunniteltujen merituulivoimaloiden kumulatiivinen jakauma eri etäisyyksillä Mäntyluodon-Tahkoluodon alueesta arvioituna hankkeiden suurimman tuulivoimalamäärän mukaan. Mäntyluodon alue on merkitty karttakuvassa tähdellä. Laskelmissa ei ole otettu huomioon Latvian ja Liettuan aluerajauksia, joiden voimalamääristä ei tätä selvitystä varten saatu riittäviä lähtötietoja.



## 6 YHTEENVETO

Tämän selvityksen tarkoituksena oli kartoittaa Itämeren keski- ja pohjoisosien merituulivoimapotentiaalia sekä Mäntyluodon-Tahkoluodon alueen sijaintia suhteessa Itämeren tulevien vuosien potentiaalisiin merituulivoimahankkeisiin. Tehdyn selvityksen perusteella Itämeren keski- ja pohjoisosien alueella on vireillä olevien hankkeiden perusteella arvioituna potentiaalia hyvin merkittävään merituulivoiman lisärakentamiseen. Tehdyssä selvityksessä Itämeren tuulivoimapotentiaalia arvioitiin vireillä olevien hankkeiden ja niiden tuotantopotentiaalin perusteella. Tehdyt arviot perustuvat tässä yhteydessä ensisijaisesti oletukseen, että kaikki nykyiset tuulivoimahankkeet tullaan toteuttamaan. Näin ei kuitenkaan todennäköisesti tule tapahtumaan, vaan osa suunnitelluista hankkeista jää rakentamatta joko hallinnollisten tai kustannusteknisten tekijöiden vuoksi.

Suunniteltujen tuulivoima-alueiden syvyys ja merenpohjanominaisuudet vaihtelevat Itämerellä voimakkaasti merialueen eri osissa, mikä vaikuttaa osaltaan myös merituulivoimaloiden tuotantomahdollisuuksiin sekä perustustapoihin. Itämeren pohjoisosissa pohjarakenteelle on luonteenomaisia lajittumattomat moreenikerrokset, jotka asettavat haasteensa muun muassa monopile-perustuksen käytölle. Tässä selvityksessä esitetyt arviot esimerkiksi eri perustusmenetelmien toimivuudesta Itämeren eri osissa perustuvat pääasiassa yleispiirteisiin syvyys- ja merenpohja-aineistoihin, eikä niiden pohjalta voi muodostaa tarkkoja arvioita yksittäisten tuulivoimaloiden tai tuulivoimapuistojen kannalta optimaalisista ratkaisuista.

## KIRJALLISUUS

- Blazauskas N. 2011: Towards a Pilot Maritime Spatial Plan for the Lithuanian Sea. BaltSeaPlan Report 15. Klaipeda University, Coastal Research and Planning Institute, Liettu. 49 s.
- Blazauskas N., Wlodarski M. & Paulauskas S. 2013: Perspectives for Offshore Wind Energy Development in the South-East Baltics. SB Off.E.R. Klaipeda University, Coastal Research and planning institute. 54 s.
- Deloitte & GL Garrad Hassan 2012: Conditions for deployment of wind power in the Baltic Sea – Region Analysis part II: Strategic Outline offshore wind promotion. Baltic Sea Region Energy Co-operation (BASREC). 80 s.
- Bilgili M., Yasar A. & Simsek E. 2011: Offshore wind power development in Europe and its comparison with onshore counterpart. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15: 905–915.
- Breton S-P. & Moe G. 2009: Status, plans and technologies for offshore wind turbines in Europe and North America. Renewable Energy 34 (3): 646– 654.
- DNV GL 2014: Offshore Wind: A manifesto for cost reduction. 24 s.
- E:On 2011: Offshore Wind Energy Factbook. E:On Climate & Renewables. 86 s.
- European Environment Agency 2009: Europe's onshore and offshore wind energy potential: An assessment of environmental and economic constraints. EEA technical Report 6/2009. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 85 s.
- Euroopan Komissio 2007: Uusiutuvia energianlähteitä koskeva etenemissuunnitelma – Uusiutuvat energianlähteet 2000-luvulla: kestävämmän tulevaisuuden rakentaminen. Komission tiedonanto 848 (2006), annettu Euroopan Neuvostolle ja Euroopan parlamentille 10 päivän tammikuuta 2007. 20 s.
- European Wind Energy Association 2015: The European offshore wind industry – key trends and statistics 2014. 24 s.
- Furman E., Pihlajamäki M., Välipekka P. & Myrberg K. 2014: Itämeri – ympäristö ja ekologia. Suomen Ympäristökeskus, Helsinki. 69 s.
- Green R. & Vasilakos N. 2011: The economics of offshore wind. Energy Policy 39: 496– 502.
- Hammar L., Andersson S. & Rosenbert R. 2010: Adapting offshore wind power foundations to local environment. Report 6367. Swedish Environmental Protection Agency. 85 s.
- HELCOM 2009: Biodiversity in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment on biodiversity and nature conservation in the Baltic Sea. Baltic Sea Environment Proceedings No. 116 B. Helsinki Commission. 192 s.
- Junginer M., Faaij A. & Turkenburg W.C. 2004: Cost reduction prospects for offshore wind farms. Wind Engineering 28 (1): 97– 118.
- Jääskeläinen M., Rantala L. & Sundelin A. 2012: Merituulipuiston rakentaminen. Prizztech Oy. 27 s.
- Kaldellis J.K. & Kapsali M. 2013: Shifting towards offshore wind energy – Recent activity and future development. Energy Policy 53: 136– 148.
- Klessmann C., Held A., Rathmann A. & Ragwitz 2011: Status and perspectives of renewable energy policy and deployment in the European Union—What is needed to reach the 2020 targets? Energy Policy 39: 7637– 7657.
- Martin G., Aps R., Kopti M., Kotta J., Rimmelgas L. & Kuris M. 2012: Towards a Pilot Maritime Spatial Plan for the Saaremaa and Hiiumaa Islands. BaltSeaPlan Report 11. 45 s.
- Peire K., Nonnemann H. & Bosschem E. 2009: Gravity Base Foundations for the Thornton Bank Offshore Wind Farm. Terra et Aqua 115: 19-29.
- Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2011: Suurhiekan merituulipuiston ja merikaapeleiden rakentaminen merialueelle, Haukipudas, li. Lupapäätös Dnro PSAVI/29/04.09/2010, annettu julkipanon jälkeen 21.2.2011.
- Polish Information and Foreign Investment Agency 2014: Wind Energy in Poland 2014. TBA Horvath Poland. 113 s.

- Ruskule A. & Veidemane K. 2011: Developing a Pilot Maritime Spatial Plan for the Western Coast of Latvia. BaltSeaPlan Report 16. Baltic Environmental Forum, Latvia. 46 s.
- Snyder B. & Kaiser M.J. 2009: A comparison of offshore wind power development in Europe and the US: Patterns and drivers of development. Applied Energy 86: 1845– 1856.
- South Baltic OFF.E.R 2014: Offshore Wind Energy in Lithuania. Internet-sivut. Projektin Internet-sivut <http://www.southbaltic-offshore.eu/regions-lithuania.html>. Haettu 29.12.2014.
- Suomen Tuulivoimayhdistys 2015: Tuulivoimalaitokset ja tuulivoimahankkeet Suomessa. Suomen Tuulivoimayhdistyksen Internet-sivut (<http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tuuli-voimalaitokset>). Haettu 4.2.2015.
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2013: Kansallinen energia- ja ilmastostrategia: Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta (2013 VNS 2/2013 vp). Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Energia ja ilmasto 8/2013. 55 s.
- Ympäristöministeriö 2012: Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2012. Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Helsinki. 92 s.