

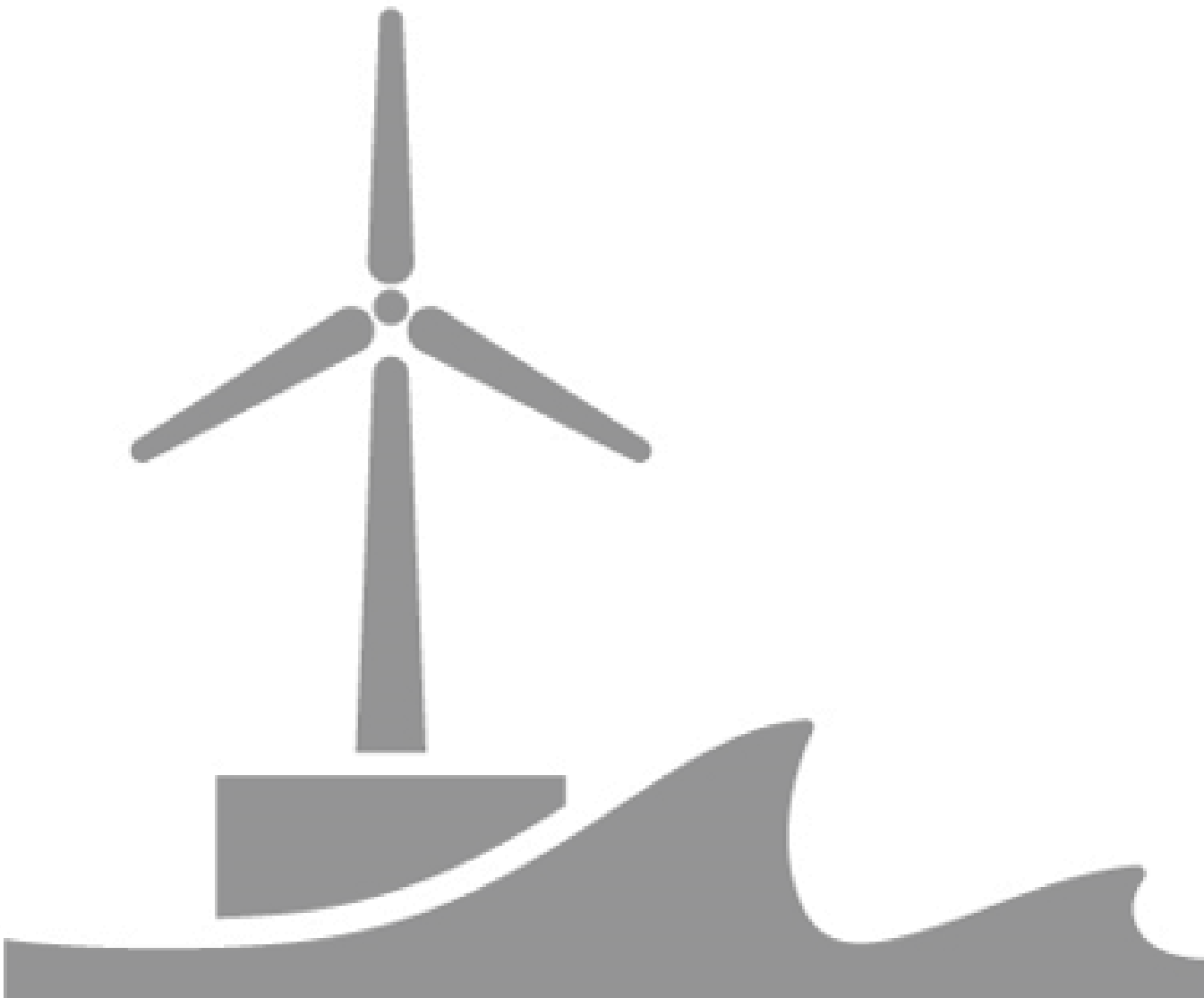
KÅLVIK VINDKRAFTSHAMN

# VINDKRAFT TILL HAVS

---

Författare: Björn Ekelund, Kålvik Vindkraftshamn

Datering: 2024-04-08



## INNEHÅLL

---

1	Inledning.....	3
1.1	Bakgrund .....	3
1.2	Utvecklare .....	3
1.3	Syfte .....	3
2	Framtidens elbehov.....	4
2.1	Sveriges elproduktion idag.....	4
2.2	Fördelarna med vindkraft till havs .....	4
2.3	Sveriges framtida konsumtion .....	5
3	Bottenfast havsbaserad vindkraft .....	6
3.1	Utbyggnad på grunt vatten .....	6
3.2	Fundament.....	6
3.3	Installation .....	6
3.4	Hamnlogistik .....	7
4	Flytande havsbaserad vindkraft .....	9
4.1	Havsbaserad flytande vindkraft – grundläggande teknik.....	9
4.2	Montage- och produktionsplats för flytande vindkraft – behov och tekniska krav .....	11
4.3	Hantering, lagring och montage av vindturbiner.....	12
4.4	Hantering, lagring och montage av förankringssystem .....	13
4.5	Hantering, lagring och montage av sjökablar och samlingsstationer .....	13
5	Havsbaserad vindkraft – planerad utbyggnadstakt.....	15
5.1	Utbyggnadsplaner i Europa.....	15
5.2	Sverige.....	15
5.3	Norge.....	15
5.4	Danmark.....	16
5.5	Brittiska öarna.....	16
5.6	Tyskland .....	17
5.7	Övriga Europa.....	18

# 1 INLEDNING

---

## 1.1 BAKGRUND

Sedan 2020 pågår planarbete för en detaljplan inom fastigheterna Medby 1:8 och Medby 1:2 i Strömstads kommun på initiativ av fastighetsägaren. Detaljplanearbetet benämns som Kålviks hamn. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra etablering för verksamheter knutna till havet såsom fiskodling och godshamn. Under början av 2023 har inriktningen på planarbetet justerats till att möjliggöra en installationsfacilitet för havsbaserad vindkraft.

## 1.2 UTVECKLARE

Kålvik Vindkraftshamn utvecklas av fastighetsägaren Fastighets AB i Nordby, vilket ägs av Olav Thon Gruppen och Orvelin Group. Arbetet sker i samarbete med Leif Grimsrud Entreprenad AB. Detta dokument och utredningsmaterial är upprättat på uppdrag av fastighetsägaren tillika utvecklaren.

## 1.3 SYFTE

Syftet med detta dokument är att övergripande och enkelt beskriva den havsbaserade vindkraftens syfte, planer och funktion. Utifrån detta går det att dra slutsatser om behovet och kraven för de hamnanläggningar som behövs för att utbyggnaden ska kunna ske. Kålvik Vindkraftshamn har bedömts ha de naturliga förutsättningarna som krävs för denna funktion.

## 2 FRAMTIDENS ELBEHOV

### 2.1 SVERIGES ELPRODUKTION IDAG

Vindkraftverk som placeras ute till havs bedöms i framtiden bli en allt mer betydande källa till fossilfri energi. Landbaserad vindkraft har under de senaste decennierna vuxit till att bli den tredje största energikällan i Sverige efter vatten- och kärnkraft.

Elproduktion 2022 170 TWh

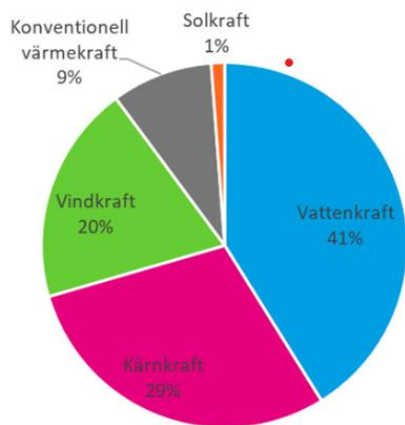


Bild från Energimyndigheten

I takt med den stora utbyggnaden på land har dock konflikter och motstånd uppstått, varför det har konstaterat att det finns begränsningar i hur stor utbyggnaden kan bli. Därav finns det stor potential att placera vindkraftverk i havet där färre konflikter förväntas uppstå. Dessutom finns till havs mer vindenergi att hämta än på land.

### 2.2 FÖRDELARNA MED VINDKRAFT TILL HAVS

Vindresurserna till havs är större än de på land, vilket beror på att vindarna kan blåsa fritt och inte hindras av gravitation mot marken. En normal nivå på medelvinden för en kommersiellt gångbar vindpark på land är cirka 7-8 m/s. Till havs ligger medelvinden i områden som utreds på cirka 9-10 m/s eller mer. Vinden är mer jämn och perioderna utan vind är få. Dessutom är vindarna sett på helårsbasis kallare till havs vilket gör att luften har en högre densitet och därmed större energiinnehåll vid samma vindstyrka.

En av de tekniska fördelarna med att bygga vindkraft till havs är att det inte råder samma transportbegränsningar för komponenterna gällande bredd, höjd och vikt som på land. Till havs är det i princip de transporterande fartygens storlek som avgör dimensionerna. Detta medför att utvecklingen mot större vindturbiner har gått snabbare för havsbaserad vindkraft än på land. Exempelvis ligger största kommersiella tillgängliga storleken på land i skrivande stund på cirka 6-7 MW, medan det till havs installeras turbiner i storleksordningen 10-12 MW. Framtiden inom havsbaserad vindkraft tros handla om turbiner med effekter på 15-20 MW.

### 2.3 SVERIGES FRAMTIDA KONSUMTION

För Sveriges del förväntas det totala elbehovet mer än dubblas till år 2045, vilket är det år då landet enligt beslut ska ha netto noll koldioxidutsläpp. Den stora drivkraften är industrins omställning till förnybar energi genom elektrifiering.

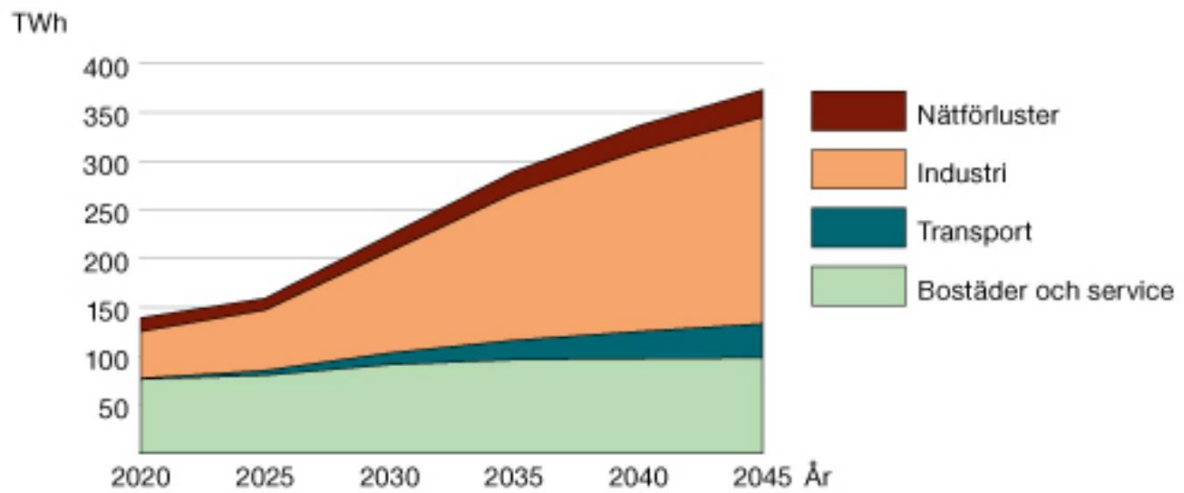


Bild från Energimyndigheten

## 3 BOTTENFAST HAVSBASERAD VINDKRAFT

---

### 3.1 UTBYGGNAD PÅ GRUNT VATTEN

Bottenfast havsbaserad vindkraft var länge en pionjärteknik för att nå starkare vindar ute till havs. Idag har tekniken från några få testprojekt vuxit till en hel industri som är kommersiellt mogen och eftertraktad. Sverige var ett föregångsland då Vattenfall redan 2007 etablerad Lillgrund i Öresund som en av världens första stora havsvindparker. Denna består av 48 st vindturbiner med en total effekt på 110 MW. Tyvärr har det sedan detta projekt genomfördes inte byggts någon mer havsbaserad vindpark i Sverige och landet har därmed tappat det teknikförsprång som då fanns. Istället är det Danmark, Tyskland, Nederländerna och Storbritannien som lett utbyggnaden. Idag finns cirka 22 GW utbyggt till havs i Europa där i stor sett allt utförts med bottenfast teknik.

Den havsbaserade vindkraft som installeras idag i kommersiella projekt är uteslutande utförd med bottenfast teknik. Man räknar med att denna teknik är gångbar ned till ca 50-60 m havsdjup, vilket innebär att vindparker i de flesta fall måste utföras nära land.

### 3.2 FUNDAMENT

Fundamenten som används för bottenfast teknik kan delas upp i tre kategorier: Monopiles, Jackets och gravitationsfundament.

Hittills är monopiles den mest använda tekniken, vilken bygger på att en större stålpåle med diameter 10-15 m slås ner till avsett djup i havsbotten. Exempel som visats är att fundamentet sträcker sig över 40 m ner i havsbotten. På toppen sätts en övergångsdel på vilken turbinen monteras. Beroende på havsdjupen kan en monopile vara otroligt stor och skrymmande. För ett havsdjup på 10 m krävs totalt ett cirka 60 m långt fundament.

Vid större djup är det vanligare att använda jackets, som är en form av hög fackverkskonstruktion. En jacket kan antingen monteras på pålar som förberetts på botten alternativt på sugankare eller gravitationsfundament. I Skottlands monteras i skrivande stund en bottenfast havsbaserad vindpark på jackets med djup som är över 50 m.

Gravitationsfundament är en tredje typ av fundament som kan användas, främst vid begränsade djup. Det hela bygger på att sätta ner ett fundament på en förberedd yta på havets botten, varpå toppen sticker upp över ytan. Normalt används betong som byggmaterial då det ger erforderlig tyngd till konstruktionen. Problemet är att betongfundament av denna dimension är tungt att hantera och kräver extremt dyra fartyg. Därför tros utvecklingen av gravitationsfundament gå mot att fundamentet initialt flyter för att väl på plats ballastas med vatten tills det ställer sig på botten. Tankar har funnits att även montera vindturbinen från en landbaserad kran innan hela konstruktionen släpas ut till vindparken.

### 3.3 INSTALLATION

Installation av vindturbiner sker normalt med hjälp av stora kranfartyg med jack-up funktion. Detta innebär att fartyget i samband med användandet av kranen ställer ner ben på havets botten för att hissa upp skrovet från havsytan. Därigenom minskas påverkan från vågor samt de krängningseffekter som uppstår vid kranlyft. Med tekniken skapas plötsligt ett montage som eker mellan två fasta objekt; kranfartyget och det fasta fundamentet. Även med denna teknik är arbetet väderkänsligt och

det krävs inte mycket vind för att arbetet ska behöva avbrytas. Därmed kan kostnaden för en sådan installation bli massiv.

Kranfartyget har på sitt däck plats för ett antal vindturbiner inklusive alla komponenter. På så sett sköts transporten ut till vindparken med samma enhet.



Bild från Cadeler

### 3.4 HAMNLOGISTIK

För att skapa så bra flyt som möjligt under installationen till havs krävs att komponenterna förbereds i så stor grad som möjligt redan på land. När det gäller fundamenten behöver dessa tillverkas och därefter lagras på en plats där de kan lastas över på fartyg eller pråmar för transport till vindparken. För vindturbinernas del är det normalt förfarandet att montera ihop så stora delar som möjligt redan i hamnen. Exempelvis sätts alla torndelar samman till ett komplett torn som kranfartyget därefter kan ställa på sitt däck. Tidigare har det även monterats ihop fulla rotorerna, men med ökande längd på bladen blir dessa enheter för stora att hantera.



Kraven som ställs på en hamn är stora arealer för hantering av vindturbinkomponenter samt bärighet för fundament som tillfälligt kan användas för montage av tornen. I hamnen använder kranfartygen samma jack-up teknik som vid installationen till havs, varför botten bör vara anpassad till detta.

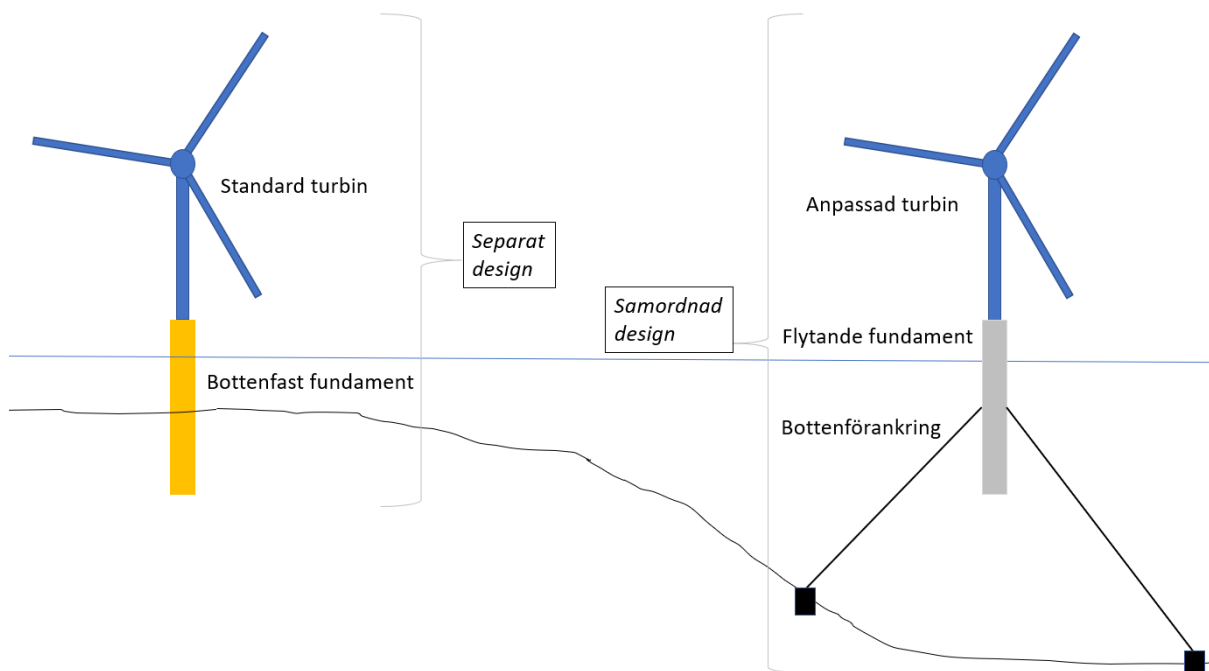


## 4 FLYTANDE HAVSBASERAD VINDKRAFT

### 4.1 HAVBASERAD FLYTANDE VINDKRAFT – GRUNDLÄGGANDE TEKNIK

Som teknikform är flytande vindkraft ännu i ett tidigt skede och det finns än så länge enbart ett fåtal provprojekt utförda. Bedömningen är att tekniken kommer vara kommersiellt mogen kring år 2030. Stämmer detta med målsättningarna innebär det att det under de kommande 20 åren ska produceras och installeras minst 10 vindkraftverk i veckan bara i Europa. Parallellt kommer även en minst lika stor utbyggnad ske med bottenförankrad teknik.

En vindpark med flytande vindkraftverk är tekniskt komplicerad med många olika konstruktionsdelar som måste samverka. För en bottenförankrad havsbaserad vindpark räcker det i princip att nyttja samma typ av standardvindkraftverk som används på land. Ett vindkraftverk som står på ett flytande fundament måste designas för det, både ur hållfasthetsperspektiv och styr- och regler perspektiv. Tillsammans utgör vindkraftverket, det flytande fundamentet och bottenförankringar en sammansatt konstruktion för vilken alla delar måste samprojekteras och regleras utifrån alla delars funktion.



I flera provprojekt har det testats olika typer av flytare, reglersystem och installations principer. Just fundamenten och dess utformning är under ständig utveckling och branschen har identifierat 4 typer av grundkoncept enligt skiss nedan. De olika typerna har olika egenskaper som kan anpassas efter det projekt där de ska användas samt de förutsättningar som råder för montage och installation. Även valet av material kan vara en faktor att ta hänsyn till vid val av koncept. Hittills har det arbetats med materialen stål eller betong, eller de båda i kombination. Då grundtanken med utvecklandet av havsbaserad vindkraft är att skapa energi på ett miljövänligt vis kommer materialvalet vara en betydande faktor att ta hänsyn till.

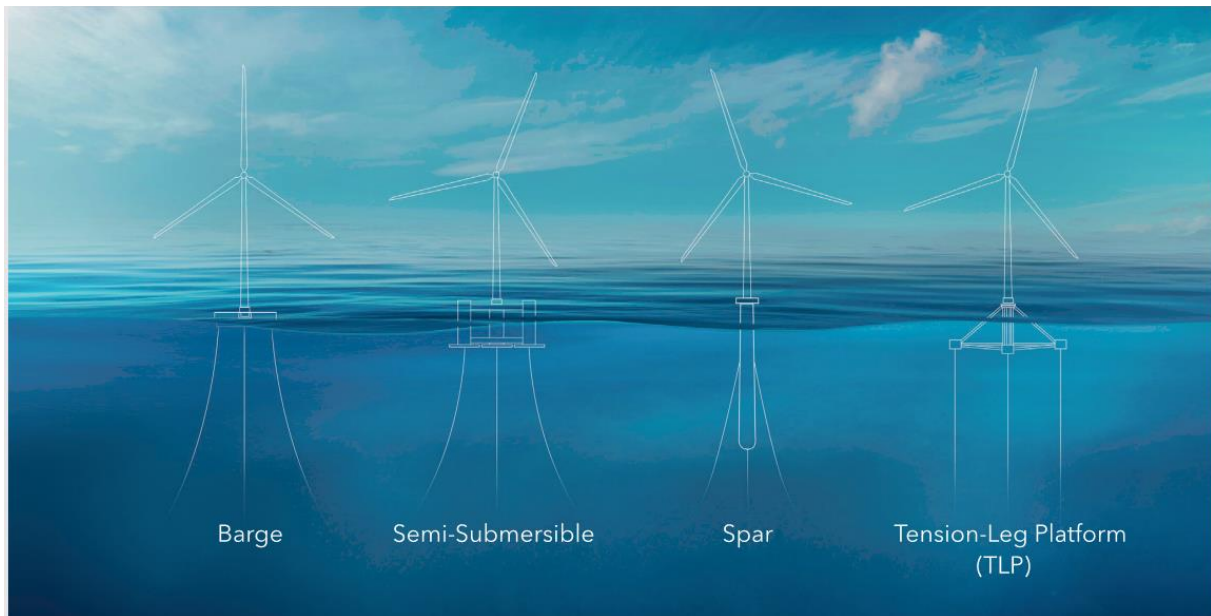
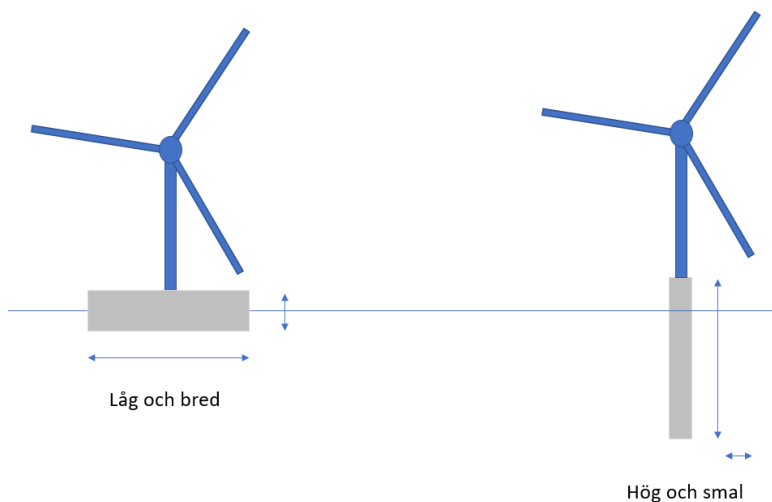


Bild från DNV som illustrerar de olika teknikerna för flytande fundament.

De olika koncepten som finns för fundament utgår i princip från logiska design-parametrar gällande höjd och bredd. Branschen förutser en ökad standardisering av koncepten i syfte att genom serieproduktion reducera kostnader. I dagsläget finns runt om i världen en stor mängd olika varianter på hur det flytande fundamentet ska utföras. Det är uppenbart att alla dessa inte kommer överleva fram till kommersiella projekt.



För de provprojekt som utförts för flytande vindkraft har det visat sig att installationen av vindkraftverk på fundamenten mest ekonomiskt utförs från land. Jämfört med bottenfast havsbaserad vindkraft, där installationen sker från jack-up fartyg som står på botten, är detta ett nytt koncept. Vid bottenfast installation är det således ett fundament och en lyftanordning som båda står fasta på botten. Det är lätt att tänka sig de svårigheter som uppstår om både fundament och installationsfartyg istället flyter. Rörelserna kan göra det svårt att hantera element på flera hundra tons vikt med tillräcklig precision. Av sin natur är troligen platsen för vindparken också vald med

tanke på goda vindresurser, vilket skapar vågrörelser på havsytan. Detta kräver i så fall enorm storlek på de kranfartyg som ska användas, vilka inte finns i tillräcklig omfattning.

Mycket talar för att flytande vindkraft måste installeras från en kran placerad på land med fundamentet flytande på vattnet i en skyddad hamn. Därefter bogseras fundament med monterat vindkraftverk till dess permanenta plats där det förankras med förberedda bottenförankringar i en så kallad hook-up operation.

Utifrån val av fundamentets utformning ställer det olika krav på djupen för hamnläge vid montage, bogseringsrutt och vid slutlig placering. Av de fundamentstyper som visas i figur ovan ställer SPAR de största kraven på fritt djup. Provprojekt har visat på behov av minst ca 70 m och för framtida större modeller tros det krävas upp till 130 m. Provprojekt av typen SEMI-SUBMERSIBLE har haft ett djupbehov på upp emot 20 m, men återigen är förhållandet höjd och bredd avgörande. Man kan konstatera att en installationsplats med stort tillgängligt djup öppnar upp för större flexibilitet gällande utformning av flytare.

En nog så viktig komponent som själva konstruktionen är hur anslutningen av elkablar ska utföras. Nedläggning av sjöförlagda kablar är en beprövad teknik, men har mest använts för statiska applikationer. Det vill säga att kabeln förväntas ligga still och inte utsättas för ständiga rörelser. För sjökablar är vattentätheten viktig och det har traditionellt nyttjats ett blyhölje som vattentätande skikt. För en flytande vindpark kommer kablarna utsättas för dynamiska laster i och med att konstruktionen kommer röra på sig. Här är materialet bly inte längre lämpligt och därav pågår just nu stort utvecklingsarbete gällande dynamiska kablar.

## 4.2 MONTAGE- OCH PRODUKTIONSPLATS FÖR FLYTANDE VINDKRAFT – BEHOV OCH TEKNISKA KRAV

Beroende på typ av flytare sker produktionen av denna med olika metoder, vilka är att betrakta som en ren varvs- eller byggverksamhet. Gemensamt för alla typer är att starten av montaget måste ske landbaserat i torrhet för att i senare skede fortsätta i flytande tillstånd. Landhanteringen kräver förflyttning av stora element i både horisontellt och vertikalt led. Traditionellt har sådana förflyttningar inom varvsindustrin skett med hjälp av vattnets flytkraft i torrdocka. Nyare teknik handlar istället om att förflytta elementen horisontellt på land med så kallad skid-teknik i kombination med plattformar eller pråmar som är höj och sänkbara för att få konstruktionen sjösatt. Kapaciteten i sådana system gör att element som är både enormt tunga och skrymmande kan hanteras. Grunden för allt är dock en mycket god bärighet i underlaget. Vidare krävs stora ytor.

Valet av material i flytaren är delvis avgörande för hur denna ska produceras. Mycket talar för att stål som material är effektivast, men det har framkommit att det finns begränsningar i leverantörskedjan och kapaciteten i världen för att få fram tillräcklig volym för den planerade utbyggnadstakten. Större stålkonstruktioner av detta slag produceras i dagsläget nästan uteslutande i Asien, vilket är geografiskt långt bort från Europa. Det är exempelvis orimligt att tänka sig att 10 000 flytande fundament ska transporteras till Europa en och en på fartyg, så som utförts i vissa provprojekt. Ett troligare scenario kan vara att producera komponenter i Asien som genom volymeffektiva transporter tas till Europa för sammansättning till större enheter. Utvecklingen i branschen går dock mot ökad automatisering, vilket kan göra att varv i Europa kan bli konkurrenskraftiga. Kapaciteten för att producera råmaterialet stål finns i dagsläget i Asien, men det pågår ett intensivt utvecklingsarbete med processer att producera stål med mindre klimatpåverkan vilka är koncentrerade till Sverige. Som nämnts ovan kan konstruktionens miljöavtryck vara avgörande i utvecklingen av grön energi.

För motsvarigheten utförd i armerad betong finns större möjligheter för lokal produktion i Europa. Här finns råvaror i form av kalksten för cement och högkvalitativt berg som ballast. Stort utvecklingsarbete pågår för att minska betongens klimatpåverkan som främst sker genom framställande av cement från kalksten. I Europa finns också en god kunskap och lång tradition att producera konstruktioner i betong. Nackdelen är att konstruktionerna blir tyngre och mindre slanka vid utförande i betong. En flytare i betong är därför mer krävande att flytta på land och konstruktionen sjösätts därför snarast möjligt efter att flytkraften är stor nog. Nyckeln till höghållfasta betongkonstruktioner är användande av spännarmering, vilket länge använts inom oljeindustrin för offshoreplattformar.

För båda alternativen stål och betong krävs närhet till havet vid produktion av det flytande fundamentet då ett sådant inte kan transporteras längre än ytterst korta sträckor på land. Förflyttning sker med så kallad skid-teknik, vilket innebär att tunga element glider på skenor på marken. Metoden kräver stor bärighet i underlaget. Detta innebär också att materialförsörjningen till produktionen också bör kunna ske via fartygstransporter, vilket är energieffektivt och inte kräver utbyggnad av infrastruktur såsom vägar och järnvägar.

Bedömningen är att produktionen av fundamentet är den tidskritiska aktivitet som styr produktionstakten för den sammansatta produkten flytande vindturbin. För landbaserad vindkraft brukar ett normalt installationstempo vara cirka 1 komplett turbin i veckan. Det branschen siktar mot för att skapa en effektiv produktion är samma installationstempo för havsbaserad vindkraft, vilket troligen kräver flera parallella produktionslinor för flytande fundament. Därmed behöver det också finnas lagringsutrymme för färdiga flytande fundament i havet i anslutning till montageplatsen, så kallad "wet storage". Det bör även finnas lagringsutrymme för komponenter och material på land.

Det finns väl utvecklade koncept gällande hur en produktionsanläggning för flytande fundament kan se ut. Nyckelegenskaper för en sådan plats är närheten till havet med erforderligt djup, god bärighet på land samt erforderlig storlek på ytorna. Djupet är helt beroende av vilken design som väljs, men minimum bedöms ligga på cirka 15-20 m vid eller i direkt närhet till kajen. Ett flytande fundament kan, om betong är byggmaterialet, väga upp till 30 000 ton. Därmed är det av stor fördel om marken på platsen utgörs av stabil grund, exempelvis berg, eftersom omfattande och dyra förstärkningsarbeten annars krävs. Ytbehovet uppgår till knappa 10 hektar för själva produktionslinan, men för detta krävs även andra anläggningar såsom materialupplag, materialhanteringskaj, eventuell betongfabrik, etc. Bedömning är att ett område på minst 20 hektar krävs för en effektiv produktion av flytande fundament.

Generellt handlar produktionen av flytande fundament om att skapa en effektiv serieproduktion av enheter med stora mått och vikter. Därav är logistik och flöde centrala egenskaper som är viktiga för att lyckas.

#### 4.3 HANTERING, LAGRING OCH MONTAGE AV VINDTURBINER

Som nämnts ovan sker installation av vindturbiner på flytande fundament ifrån en landbaserad kran med fundamentet flytande i vattnet. Installationsarbetet föregås av produktion av flytare och vindturbin.

För vindturbiner finns i dagsläget en väl utbyggd produktion och logistik, där komponenter främst fraktas med fartygstransporter för långa avstånd. För flytande vindkraft är det främst befintliga leverantörskedjor som kommer användas. Turbinkomponenter förväntas fraktas till

installationsplatsen med båt för att därefter läggas upp och lagras på land inför montage. Då komponenterna är skrymmande krävs stora ytor även för detta. Erfarenhetssiffror från hamnar som används för bottenfast havsbaserad vindkraft säger att ytbehovet för lagring och hantering är cirka 20 hektar.

Vindturbinerna fraktas i delar, komponenter, som därefter sammansätts till ett komplett vindkraftverk. Vikterna på komponenterna i stora turbindimensioner kan vara upp till 500 ton, vilket ställer stora krav på bärkraft i marken och hög lyftkapacitet för hantering.

Efter att vindturbinen är monterad på det flytande fundamentet följer flera steg av ytterligare montage. I dessa faser bör det finnas kajplats för den totala enheten så att logistiken går att lösa smidigt. Dessa steg kan vara mekanisk komplettering, elektrisk komplettering och driftsättning. Gissningsvis krävs kajplats för 4-6 enheter för att arbetet ska kunna utföras.

#### 4.4 HANTERING, LAGRING OCH MONTAGE AV FÖRANKRINGSSYSTEM

När väl det flytande fundamentet ligger i vattnet med vindturbinen monterad samt att övrig installation är färdig ska enheten i sin helhet släpas ut till den plats där den ska ligga och producera. I tidigare skede måste därför förankringar förberedas på havsbotten. Hur sådant kan utformas finns flera alternativ för. Gemensamt är att det måste arrangeras fästpunkter i havets botten med ankare samt att material för att sammanbinda dessa med det flytande fundamentet ska vara på plats.

När det gäller ankare är den lösning som väljs helt beroende på bottenegenskaperna för havsbotten på den aktuella platsen. Många av de lösningar som används kommer från offshoreindustrin för olja och gas. Lösningar som kan bli aktuella är dragankare, sugankare eller gravitationsankare.

För att förbinda ankare med det flytande fundamentet används grova kedjor eller grova rep av nylon. Det har redan identifierats stora luckor i leveranskedjorna av dessa produkter inför den kommande omfattande utbyggnaden. För ett flytande fundament installeras detta normalt med 3 förankringspunkter och beroende av djup kan det åtgå flera kilometer kedja eller rep per vindturbin. Alternativet är att förankringarna spänner fundamentet rakt ner mot botten, normalt benämnt som "tension leg platform".

Oavsett metod krävs stora ytor och hamnfaciliteter för att hantera förankringarna. Här är dock kraven på bärighet och djupgående lägre än för de flytande fundamenten och vindturbinerna. Dessa anläggningar behöver inte heller finnas lika nära produktionsområdet då utrustningen lastas på ankarhanteringsfartyg som är flyttbara.

#### 4.5 HANTERING, LAGRING OCH MONTAGE AV SJÖKABLAR OCH SAMLINGSSTATIONER

Det sista steget i installationen är att koppla vindturbinen till elnätet. För detta förbereds på platsen för vindparken ett nät av kablar som länkas samman i en samlingsstation. Från denna leds därefter exportkabel mot land.

Kablar förläggs på botten och kan eventuellt plöjas ner under bottenytan. Som tidigare nämnts sker stor utveckling gällande kablar då applikationen flytande vind ställer helt andra krav på grund av att systemet kommer utsättas för fysisk rörelse. Detta medför att kablarna måste arrangeras så att de tål upprepad böjning samt att de kan utsättas för draglaster. Just draglasterna brukar lösas genom kabeln under det flytande fundamentet läggs i en vertikal böj med flytelement som på så vis tillåter den att röra sig flexibelt.

Kablar från flera turbiner i en flytande vindpark samlas ihop i en samlingsstation, vilken uppförs på egen flytande- eller bottenfast plattform. I denna kan det även finnas transformator för omformning av strömmen till annan spänningsnivå.

Sjökablar och samlingsstationer utgör ett separat system för en flytande vindpark och kan hanteras separat och skiljt från produktion och montage av flytande fundament med vindturbin. Normalt lastas sjökablar ut på specialfartyg direkt från den fabrik där de produceras. Eventuellt kan specialvarianter av ett flytande fundament användas för samlingsstationen.

## 5 HAVSBASERAD VINDKRAFT – PLANERAD UTBYGGNADSTAKT

---

### 5.1 UTBYGGNADSPÄNER I EUROPA

Entydiga rapporter samt uttalade nationella mål förutspår att den installerade effekten havsbaserad vindkraft i Europa år 2050 förväntas bli cirka 400 GW. EU:s uttalade mål är minst 300 GW till år 2050. I dagsläget (2022) finns cirka 22 GW inom Europa, av vilket i princip allt utgörs av bottenfast teknik.

Översatt till den framtida storleken på vindturbiner innebära utbyggnadstakten att minst 20 000 vindturbiner ska installeras fram till år 2050, varav cirka hälften bedöms utgöras av bottenfast och andra hälften flytande. En installerad effekt av 1 GW kan förväntas bestå av cirka 60-80 vindturbiner beroende på storlek. Parallellt antas energislag från fossila källor fasas ut samtidigt som världens behov av elektricitet kommer öka stort.

För att nå en installerad effekt av 400 GW till år 2050 behöver de länder i Europa som har de rätta förutsättningarna anta nationella planer för utbyggnaden. De länder som har identifierats ha bäst förutsättningar är Norge, Storbritannien, Irland, Frankrike, Portugal, Spanien och Sverige. Flera av dessa länder ligger långt framme med sin planering och ser den framtida utbyggnaden som ny näringsgren.

### 5.2 SVERIGE

Inom Sveriges gränser det givits i uppdrag till Energimyndigheten att tillsammans med flera andra myndigheter ( däribland Havs och Vattenmyndigheten ) utreda lämpliga energiuutvinningsområden i havet för främst havsbaserad vindkraft. Utgångspunkten är Sveriges mål att bli oberoende av fossila energikällor till år 2045. Målsättningen är att hitta områden som möjliggör 90 TWh årlig elproduktion. Översatt till installerad effekt motsvarar detta 20-25 GW. Produktionen kan jämföras med den totala elproduktionen i Sverige för alla energislag år 2022 på 170 TWh.

I ett första skede har det i mars 2023 tagits fram en rapport som visar totalt 53 delområden med en bedömd möjlig installerad effekt av 103 GW och en bedömd årlig produktion på över 400 TWh. Tanken är att utifrån denna rapport välja ut de områden som är bäst lämpade för att de som är lämpliga därefter ska kunna fastställas. Det går att konstatera att tyngdpunkten i de föreslagna områdena ligger i Östersjön.

Till skillnad mot andra länder har Sverige valt ett så kallat "open-door" förfarande där intressenter fritt kan söka om tillstånd i vilket område de vill och därefter själva bevisa för myndigheterna att det är lämpligt. Det arbete som nu pågår syftar till att hjälpa beslutsfattare i tillståndsprocesserna. På senare tid har det dock förts diskussioner om att från centralt håll utse områden, vilket skulle kunna snabba på processerna.

### 5.3 NORGE

Norge har satt upp ett ambitiöst mål om att det ska avsättas och delas ut områden motsvarande en effekt av 30 GW havsbaserad vindkraft till år 2040. Då Norge har vatten med mest stora djup och komplicerad botten förutspås det mesta ske med flytande teknik. Därmed kan Norge komma att bli en drivare för att få tekniken flytande havsbaserad vind kommersiellt mogen. Den stora oljegiganten Equinor (fd Statoil) har genomfört ett antal provprojekt och agerar som drivare i teknikutvecklingen.

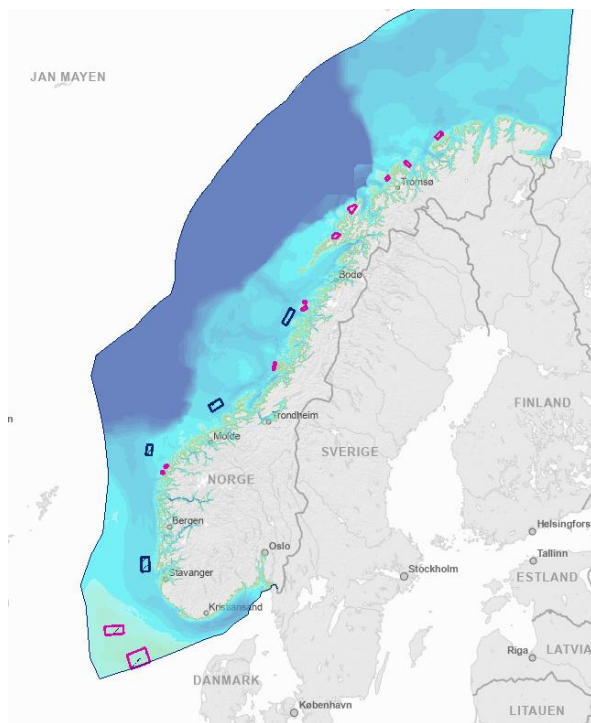


Bild från Norges vassdrag og energidirektorat

## 5.4 DANMARK

I Danmark finns sedan år 2020 ett program med målsättningen att installera en kapacitet på 18 GW som komplement till redan existerande havsbaserad vindkraft. Idag finns cirka 2,5 GW utbyggd i danska vatten. Då de vattenytor Danmark kontrollerar är grunda, är både installerade och kommande projekt baserade på bottenfast teknik.

Danmark är ett pionjärland när det gäller vindkraft i stort och var tidiga med att ta steget ut till havs. De största aktörerna på turbinmarknaden har Danmark som bas inom främst forskning och utveckling. Här finns en stark industri som politiskt backas upp.

Ett av problemen som finns i Danmark gällande hamnar är att man generellt har grunda vatten samt helt saknar berggrund som stabilt underlag.

## 5.5 BRITTISKA ÖARNA

Brittiska öarna i form av Storbritannien och Irland bedöms bli en stor aktör inom havsbaserad vindkraft då man har en lång kust, goda vindförhållanden och rådighet över stora vattenområden.

Längs Storbritanniens kuster finns idag cirka 15 GW installerad varav nästan allt är utfört med bottenfast teknik.

En offensiv del är Skottland där konceptet "ScotWind" tilldelade områden för en installerad kapacitet av cirka 30GW i början av 2022. Nästan två tredjedelar av dessa områden är avsedda för flytande vindkraft. Inför denna gigantiska utbyggnad har det identifierats brister på bland annat hamnkapacitet. Detta har inte minst påvisats i ett pågående projekt där man tvingats nyttja hamn i Norge för att kunna bygga 54 bottenfasta vindturbiner.



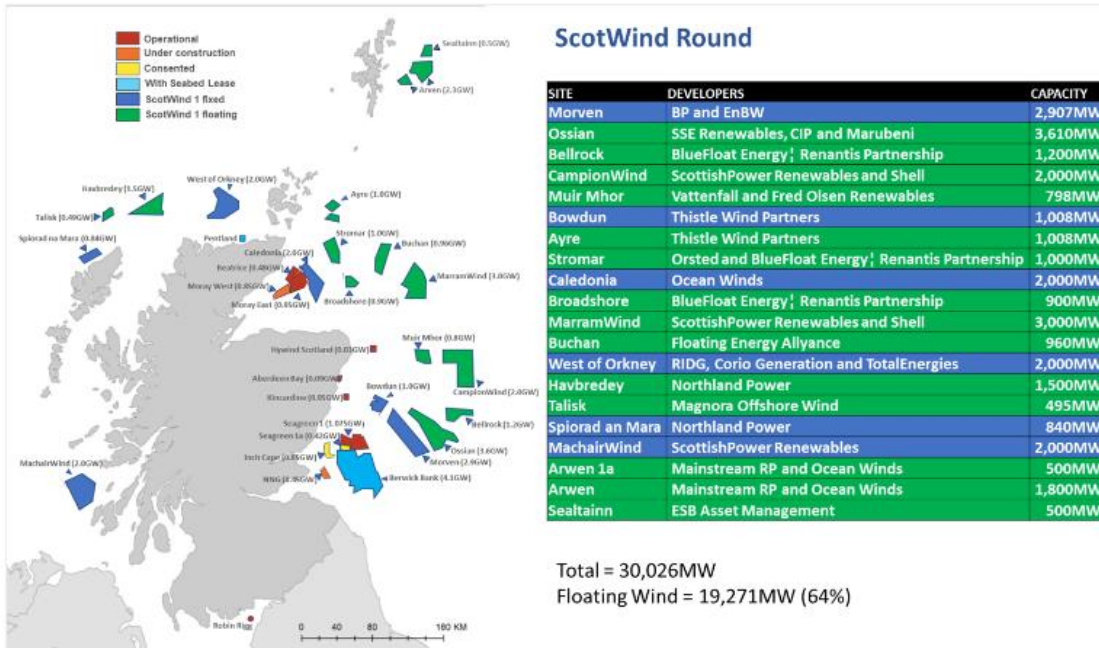


Bild från offshore Wind Scotland

I England finns planer på utbyggnad av 15 GW, i Wales ca 1 GW och Irland har satt upp ett mål på 37 GW installerad effekt till 2050.

Totalt har således Brittiska öarna planer på över 100 GW havsbaserad vind, vilket ska bestå av en mix mellan bottenfast och flytande teknik. Därmed bedöms detta bli den största samlade marknaden för havsbaserad vindkraft.

## 5.6 TYSKLAND

I Tyskland uttalades planer i början av 2023 med målsättning att skapa ytterligare 30 GW havsbaserad vindkraft till år 2030. I dagsläget har man installerat cirka 8 GW.

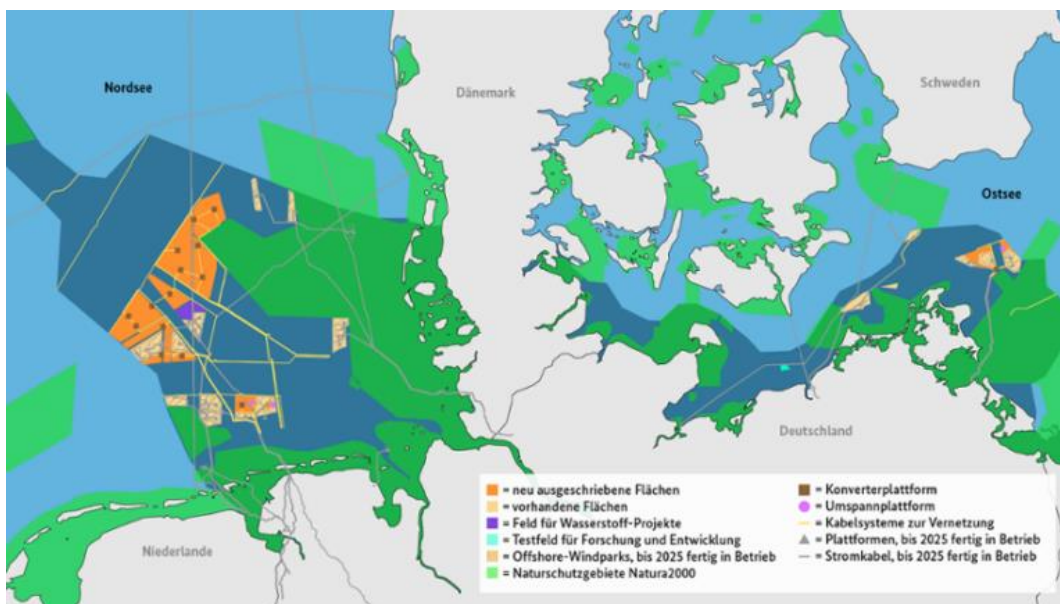


Bild från BSH

Planerna beskriver utbyggnad i både Nordsjön och Östersjön. Trots landets tillsynes korta kuststräckor har man rådighet över stora vattenområden i främst Nordsjön.

Tyskland har också en stor vindkraftsindustri som dock traditionellt förhållit sig konservativa till satsningar till havs.

## 5.7 ÖVRIGA EUROPA

I övriga länder med kust i Europa finns planer på vindkraft till havs. Hur långt bort eventuella leveranser från Kålvik kan sträckas är för tillfället oklart. Förmodligen är Belgien, Nederländerna, Irland och Frankrike de länder som ligger närmast till hands. I Frankrike planeras stora utbyggnader i havet både i Atlanten och i Medelhavet. Utvecklingen av koncept för flytande fundament ligger långt framme.

Utanför Iberiska halvön finns det potential för stor utbyggnad av havsbaserad vindkraft, främst utanför Portugals kust. Hit börjar det bli långt att släpa flytande fundament från norra Europa.

I övriga Medelhavet finns planer från flera länder men dessa bedöms inte vara relevanta för Kålvik.