



Baggrundsrapport for Emissioner og Klima

Aflandshage Vindmøllepark

WAHA01-GEN-PRO-05-000009 HOFOR VIND A/S

11. OKTOBER 2021

Projekt ID: 10404847
Ændret: 11-10-2021 15:51
Revision 02

Udarbejdet af JBN
Kontrolleret af HKD
Godkendt af LIE

Indhold

1	Indledning	3
1.1	Formål	3
2	Projektbeskrivelse	4
2.1	Anlæg på havet	5
2.2	Anlæg på land	5
3	Metode	6
3.1	Eksisterende forhold	7
3.2	Produktion af materialer	8
3.3	Emissioner fra fartøjer	8
3.4	Emissioner fra transport og anlægsarbejde på land	8
3.5	Drift af vindmøller	8
4	Eksisterende forhold	9
5	Vurdering af påvirkningerne i anlægsfasen	12
5.1	Produktion af materialer	12
5.2	Anlægsarbejde på havet	13
5.3	Anlægsarbejde på land	14
5.4	Vurdering for anlægsfasen	16
6	Vurdering af påvirkningerne i driftsfasen	17
7	Vurdering af påvirkningerne i afviklingsfasen	17
8	Kumulative virkninger	17
8.1	Afværgeforanstaltninger	18
8.2	Eventuelle mangler	18
8.3	Konklusion (af samlet påvirkning)	18
9	Referencer	19

1 Indledning

Denne tekniske baggrundsrapport omhandler emissioner og klima for Aflandshage Vindmøllepark og vil blive vedlagt som bilag til miljøkonsekvensrapporten (VVM-redegørelse) for Aflandshage Vindmøllepark.

Københavns Kommune har et mål om at være CO₂-neutral senest i 2025. Et væsentligt virkemiddel til opfyldelse af målet er opførelse af vindmøller. Borgerrepræsentationen har i 2010 besluttet, at kommunens arbejde med at realisere vindmøller hovedsagelig skal ske i samarbejde med HOFOR Vind A/S.

HOFOR Vind A/S har på baggrund heraf udarbejdet en vindmøllestrategi, hvor en del af vindmøllerne er planlagt til at blive opført på land og en del på havet.

Baggrundsrapporten indeholder en kort beskrivelse af de centrale emissionskomponenter kuldioxid (CO₂), kvælstofoxider (NO_x), svovldioxid (SO₂) og partikler (PM₁₀), en metodebeskrivelse og forudsætninger for beregninger herunder emissionsfaktorer samt vurderinger og eventuelle kumulative virkninger. De forventede emissioner er estimeret og/eller vurderet individuelt for anlægsfasen, driftsfasen og afviklingsfasen for de kystnære vindmøller ved Aflandshage Vindmøllepark med tilhørende landanlæg. De væsentligste forudsætninger, resultater og vurderinger indarbejdes i miljøkonsekvensrapporten.

1.1 Formål

I denne baggrundsrapport er der foretaget en kortlægning og vurdering af potentielle effekter på luftforurening og klima forårsaget af de aktiviteter og anlæg, som er nødvendige for at anlægge, drive og afvikle de kystnære vindmøller ved Aflandshage Vindmøllepark med tilhørende landanlæg. Emissioner kan potentielt påvirke luftkvaliteten lokalt eller regionalt.

I projektets forskellige faser (produktion af materialer, anlæg, drift og afvikling) vil der forekomme udledning af en række forskellige stoffer, herunder CO₂, NO_x, SO₂ og PM₁₀. Emissioner af forurenende stoffer vil komme fra det nødvendige materiale- og energiforbrug i produktions-, anlægs-, drifts- og afviklingsfasen. De primære kilder til emissioner stammer fra produktionen af vindmøller og fundamenter, kabler og landanlæg samt fra den nødvendige skibs- og vejtrafik i forbindelse med anlæg, drift og afvikling.

Emissioner til luft fra produktionsfasen vil primært afhænge af mængden af materiale, der skal anvendes til vindmøllerne. For anlægsfasen vil emissionerne afhænge af mængden af transportarbejde, hovedsageligt fra transport-, anlægs- og støttefartøjer. Ligeledes vil emissioner fra driftsfasen afhænge af transportarbejde ved service og vedligeholdelse af vindmøllerne.

Den i driftsfasen producerede strøm erstatter forbrænding af fossile brændstoffer på kraftværker, hvorved emissionen af CO₂ fra kraftværkerne vil blive reduceret i løbet af vindmølleparkens driftstid.

Energiforbrug til anlæg af vindmøller og det tilknyttede CO₂-udslip har primært betydning i det globale perspektiv. CO₂ er en drivhusgas, som bidrager til den globale opvarmning med tilhørende risiko for klimaforandringer.

2 Projektbeskrivelse

Aflandshage Vindmøllepark planlægges anlagt i Øresund i området mellem Stevns og Amagers sydspids. Forundersøgelsesområdet på havet har en størrelse på 56,5 km². Heraf udgør vindmølleområdet 42 km², som dækker vindmølleparken, kabler mellem vindmøllerne samt en eventuel transformestation på havet. Forundersøgelsesområdet på havet omfatter desuden en 12,5 km² kabelkorridor til anlæg af op til seks parallelle kabler, der skal transportere strømmen fra vindmøllerne og frem til Avedøreværket.

Vindmølleområdet, de tilhørende søkabler til land samt forundersøgelsesområdet på land fremgår af Figur 2.1.

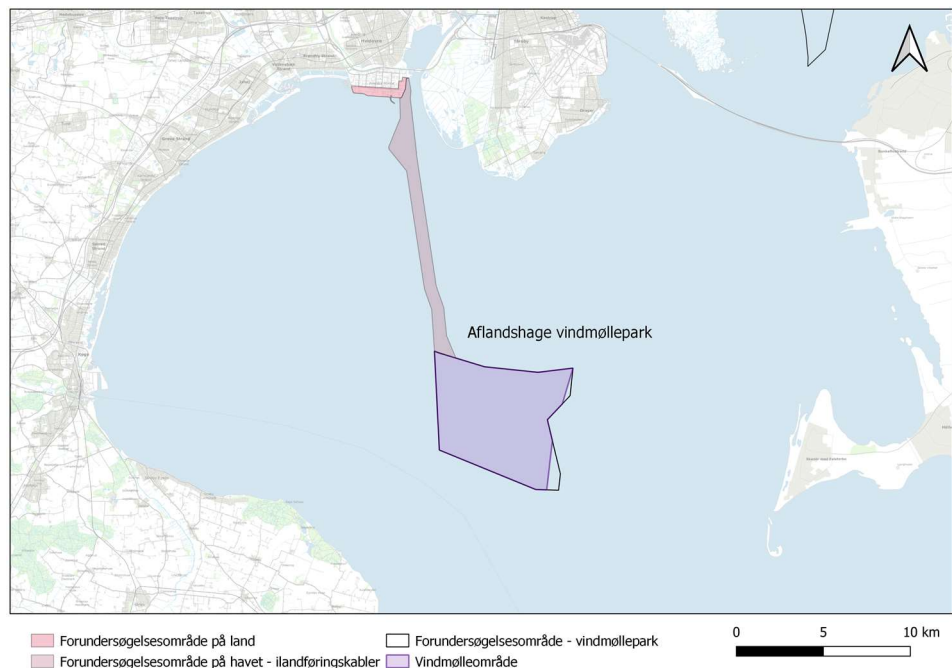
Aflandshage Vindmøllepark består af følgende projektelementer:

- Vindmølleparken (vindmøller, fundamenter og inter-array kabler mellem de enkelte vindmøller) i Øresund
- Søkabler, der leder strømmen fra vindmølleparken til kysten ved Avedøreværket
- Landkabler i Hvidovre Kommune, der anlægges fra kysten og frem til transformestationen
- Transformestationen og nettilslutning til Energinets 132 kV anlæg ved Avedøreværket
- Alternativt transmissionsfaciliteter på havet placeret på separat fundament og direkte tilslutning af 132 kV kabel til Energinets anlæg ved Avedøreværket

I det følgende beskrives projektet på et overordnet niveau. For uddybning henvises til den tekniske projektbeskrivelse (NIRAS, 2021).

Figur 2.1: Kort der viser kabelkorridoren på land og på havet samt forundersøgelsesområdet for Aflandshage Vindmøllepark.

©SDFE



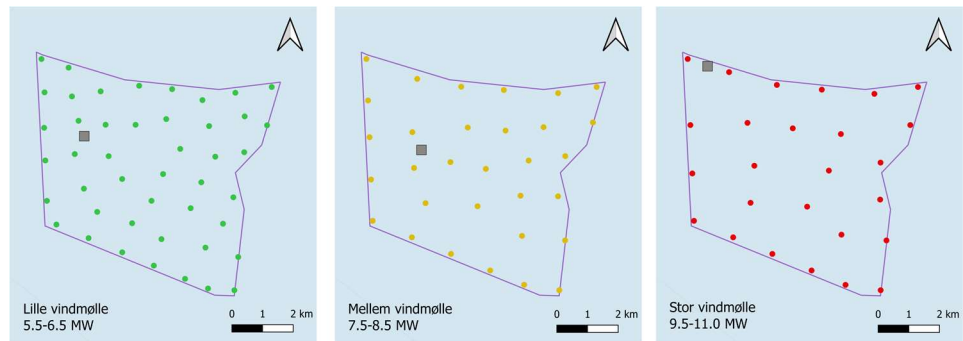
2.1 Anlæg på havet

Projektet omfatter anlæg af op til 45 vindmøller med en installeret effekt på op til 300 MW. De enkelte vindmøller vil have en maksimal højde på op til 220 meter og en effekt på mellem 5,5 og 11 MW.

Opstillingsmønsteret for vindmølleparken er udviklet af HOFOR Vind A/S, og er grundlag for miljøkonsekvensvurderingerne. Opstillingsmønsteret er præsenteret for en lille vindmølle på 5,5-6,5 MW, en mellem vindmølle på 7,5-8,5 MW og en stor vindmølle på 9,5-11,0 MW og vist i Figur 2.2.

Figur 2.2: Tre mulige placeringer for transformerstationer (grå firkant) indenfor vindmølleområdet for Aflandshage Vindmøllepark for hhv. den lille (venstre), mellem (midten) og store (højre) vindmøllestørrelse.

Signaturforklaring	
●	Lille vindmølle
●	Mellem vindmølle
●	Stor vindmølle
■	Offshore transformerstation



Ud over vindmøllerne vil der på havet blive anlagt en række søkabler, der vil forbinde vindmøllerne med tilkoblingspunktet på land, der er beliggende ved Avedøreværket. Kabelforbindelsen på havet vil bestå af op til seks parallelle kabler. Derudover vil hver vindmølle blive forbundet med såkaldte inter array kabler.

2.2 Anlæg på land

Ved anlæg af en fuldt udbygget vindmøllepark på 300 MW og anlæg af transformerstation på land vil kabelanlægget på land bestå af følgende:

- Fra kysten og frem til en kystnær transformerstation installeres op til 6 stk. 33 kV eller 66 kV kabelsystemer ved fuldt udbygget vindmøllepark på 300 MW. Systemerne installeres enkeltvis i flad forlægning i en rør-/kabelgrav. Arbejdsbæltet ved installation af rør-/kabelgrav er op til 9 m bredt, når kabelsystemerne installeres enkeltvis som 6 parallelle kabelsystemer. Det efterfølgende servitutbelagte areal er op til 12 m bredt ved anvendelse af 6 kabler i flad forlægning med en afstand på op til 1 m mellem hvert kabelsystem. Ved anvendelse af 4 stk. 66 kV kabelsystemer i flad forlægning vil anlægsbæltet tilsvarende være 8 m bredt og servitutbæltet samlet 12 m bredt. Afstanden fra kysten til transformerstationen ønskes så kort som muligt.
- Fra transformerstationen tilsluttes strømmen det eksisterende elnet ved Energisnets 132 kV station ved Avedøreværket ved installation af et 132 kV kabel. Arbejdsbæltet er op til 5 m bredt, og det efterfølgende servitutbelagte areal vil være ca. 4 m bredt.

De landbaserede dele af anlægget omfatter landkabler, mulig ny transformerstation og kobling til den eksisterende station i eltransmissionsnettet ved Avedøreværket.

Tilslutningen af strøm fra vindmøllerne til det eksisterende eltransmissionsnet sker i eksisterende stationsanlæg på land ved Avedøreværket. Dette er tilfældet uanset, om der anlægges en ny kystnær transformerstation eller ej. Tilslutningen kræver udvidelse af det eksisterende stationsanlæg. Udvidelsen består i forlængelse af eksisterende koblingsanlæg ved anlæg af et nyt felt i Avedøreværkets 132 kV højspændingsanlæg. Der vil således ikke være behov for arealudvidelser i forbindelse med tilslutningen til 132 kV anlægget ved Avedøreværket.

3 Metode

Luftforurening er et kompliceret resultat af udledning, spredning i luften og kemiske og fysiske omdannelser i atmosfæren. Emission fra lave kilder (fx trafik og lokal boligopvarmning) kan give anledning til væsentlig lokal luftforurening i byområder. Forureningen fra høje punktkilder (fx skorstene fra kraftværker) fortyndes betydeligt, før den når jordoverfladen og har derfor en mere regional betydning.

CO₂ eller kuldioxid er en gasart, der dannes ved ånding og forbrænding. Afbrænding af fossile brændstoffer bidrager til et forøget CO₂-indhold i atmosfæren. Stigende CO₂-koncentrationer i atmosfæren er den væsentligste årsag til global opvarmning med tilhørende risiko for klimaforandringer. CO₂-udslip har således primært betydning i det globale perspektiv. Udledningen af CO₂ er direkte proportionalt med brændstofforbruget.

De eksisterende forhold i forundersøgelsesområdet beskrives ud fra den generelle luftkvalitet i Danmark.

På baggrund af erfaringer fra andre sammenlignelige anlægsprojekter herunder Vesterhav Nord og Baltic Pipe betragtes følgende tre emissioner, der kan påvirke luftkvaliteten: NO_x (kvælstofoxider), SO₂ (svovldioxid) og PM-partikler. NO_x er en samlet betegnelse for kvælstofoxiderne NO og NO₂. Desuden betragtes emission af CO₂, der bidrager til globale ændringer i klimaet. Emissionen af forurenende stoffer og CO₂ til luft i anlægs- og afviklingsfase kan for anlæg og aktiviteter på havet og på land ske fra følgende kilder:

- Skibe til transport af materialer, montering af vindmøller, udlægning af kabler mv.
- Transport af materialer på land og anvendelse af entreprenørmaskiner til bygning af transformerstation og udbygning af stationsanlæg og nedlægning af kabler på land.

Produktionen af materialer til anlæg på havet: vindmøller og kabler, og anlæg på land: transformerstation og kabler vil desuden bidrage med emissioner af forurenende stoffer og CO₂. Udledningen af CO₂ fra produktion af hovedmaterialer (stål, kobber, aluminium og beton) indgår i beregningerne, da disse udledninger af CO₂ har en grænseoverskridende geografisk udbredelse. Andre emissioner fra materialeproduktion er ikke inkluderet, da de hovedsagelig har en lokal udbredelse, og det vides ikke, hvor produktionen finder sted.

Ombygningen af stationsanlægget ved Avedøreværket vil være begrænset, hvorfor der ses bort fra materialeforbruget hertil.

Transportarbejdet og materialeforbruget ved vedligeholdelse af transformerstation, stationsanlæg (vedligeholdelse udføres af Energinet) og vindmøller vil være så begrænset, at de afledte emissioner vurderes at være ubetydelige og ikke at have

nogen effekt i forhold til luftkvaliteten, hverken på land eller på havet, og ubetydelig påvirkning i forhold til klima.

Vindmøllernes produktion af strøm vil modsvare en tilsvarende reduktion i produktionen af strøm på konventionelle kraftværker, og deraf afledt reduktion i udledningen af CO₂ fra kraftværker.

For afvikling af vindmøllerne vurderes meget detaljerede antagelser omkring afviklingen ikke at være retvisende pga. en forventet levetid på 35 år. Derfor vurderes påvirkningen kvalitativt.

Beregningerne tager udgangspunkt i den tekniske projektbeskrivelse (NIRAS, 2021) og værdierne heri.

I Aflandshage Vindmøllepark kan der opstilles vindmøller med en samlet kapacitet på op til 300 MW. Det betyder, at der maksimalt kan opstilles 45 stk. 5,5 MW, 31 stk. 8 MW eller 26 stk. 11 MW vindmøller. Emissionerne bliver estimeret med udgangspunkt i, at der opstilles 45 stk. 5,5 MW vindmøller på gravitationsfundamenter (beton). Det er erfaringsmæssigt den største vindmølle og den fundamenttype, der giver anledning til den største emission (worst-case), set i forhold til færre, men større vindmøller og andre typer fundamenter.

Transformerstationen kan placeres på havet eller på land. Baseret på materialeforbruget jf. den tekniske projektbeskrivelse (NIRAS, 2021) vurderes emissionerne at være i samme størrelsesorden for de to placeringer, hvorfor der kun er regnet på placeringen på land.

Påvirkningen i anlægs- og afviklingsfasen vil typisk foregå i kortere perioder hen over en samlet anlægsperiode på op til 2 år. Påvirkninger under drift baseres på en forventet levetid for anlægget på 35 år.

Støvgener vil primært være forbundet med anlægs- og afviklingsfasen for kabeltracéet samt transformerstation. Generne vil være koblet til de maskiner, som anvendes i anlægsfasen, og kan have midlertidig indflydelse på den helt lokale luftkvalitet. Kilder til støvemission kan være håndtering af sand og jord, midlertidige oplag af sand og jord, samt trafik med tunge køretøjer på ikke befæstede veje. Det vurderes, at støvgener ikke vil påvirke luftkvaliteten væsentligt, fordi generne kan sidestilles med dem man påfører ved almindeligt entreprenør- og landbrugsarbejde i disse områder, og har en kortvarig karakter. Evt. gener håndteres som ved lignende anlægsarbejder ved fx vanding og befugtning jf. de miljøkrav, som HOFOR Vind A/S stiller til entreprenøren i udbudsmaterialer (HOFOR, 2018). Påvirkningen beskrives og vurderes ikke yderligere.

De estimerede emissioner vil være behæftet med en betydelig usikkerhed, både på grund af usikkerheden med hensyn til de anvendte fartøjer, maskiner og transporter og antallet af driftstimer, men også på grund af usikkerheden på emissionsfaktorerne, som afhænger af de i praksis anvendte motorer, fartøjer, brændstoftyper, belastninger og driftstimer m.v. På trods af denne usikkerhed, vurderes det, at de faktiske emissioner vil være i den estimerede størrelsesorden.

3.1 Eksisterende forhold

I kystområdet, hvor Aflandshage Vindmøllepark med tilhørende søkabler planlægges anlagt, findes der i dag ikke nogen stedfaste og permanente kilder til emission

af luftforurenende stoffer. Forbipasserende skibstrafik og flytrafik i området er den eneste oplagte emissionskilde.

Basistilstanden for luftkvaliteten på land og i Østersøen beskrives ud fra den nationale overvågning af luftkvaliteten i Danmark. For NO_x og PM anvendes DCE's digitale luftforureningskort for 2012 sammen med en vurdering af udviklingen af luftkvaliteten fra 2016-2030 (Nationalt Center for Miljø og Energi, 2016).

Basistilstanden for klima angives som udledningen af CO₂ fra skibstrafik i Kattegat i 2018 (Johansson, 2019) og de samlede udledninger af Drivhusgasser i Danmark i 2017 (Klima, Energi- og Forsyningsministeriet, 2019).

3.2 Produktion af materialer

Beregning af udledning af CO₂ fra hovedmaterialerne (stål, kobber, aluminium og beton) baseres på Ecoinvent-databasen i SimaPro, som er en anerkendt database i forbindelse med danske livscyklusvurderinger, og forventede materialemængder jf. den tekniske projektbeskrivelse (NIRAS, 2021).

3.3 Emissioner fra fartøjer

Beregning af emissionen af luftforurenende stoffer fra fartøjer til anlægsarbejdet på havet foretages med udgangspunkt i projektbeskrivelsen og forudsætninger for fartøjets kapacitet, effekt og brændstoftype mv.

Brændstofforbruget fastlægges ud fra Third IMO Greenhouse Gas Study (IMO, 2014).

Emissionsfaktorerne for fartøjer baseres på den årlige danske oplysningsrapport til UNECE, lavet af Aarhus Universitet (Aarhus Universitet, 2018). Emissionsfaktorerne anvendes for fuel, national sea, 2018. Emissionsfaktoren for SO₂ er direkte relateret til indholdet af svovl i brændstoffet. Da det tilladte svovlindhold i LFO brændstof (Light Fuel Oil) er blevet reduceret i 2020 fra 3,5 til 0,5 %, reduceres emissionsfaktoren for SO₂ tilsvarende.

Der regnes konservativt med fuldt brændstofforbrug for anlægsfartøjer, da det ikke på nuværende tidspunkt vides i hvilken grad der kan være reelle alternativer, når vindmølleparken skal opføres.

3.4 Emissioner fra transport og anlægsarbejde på land

Udledning af forurenende stoffer fra transport af materialer kvantificeres ved hjælp af Transport og Bygningsministeriets beregningsværktøj TEMA 2015.

Beregning af emissionen af luftforurenende stoffer fra entreprenørmaskiner foretages med udgangspunkt i maskinernes effekt og brændstofforbrug og emissionsfaktorer for trin 4 jf. EU direktiv om begrænsning af luftforurening fra mobile ikke-vejgående maskiner (EU, 2016). Beregning af emissionen af CO₂ fra entreprenørmaskiner foretages med udgangspunkt i maskinernes effekt og brændstofforbrug og emissionsfaktor (Elbilforeningen, 2019).

3.5 Drift af vindmøller

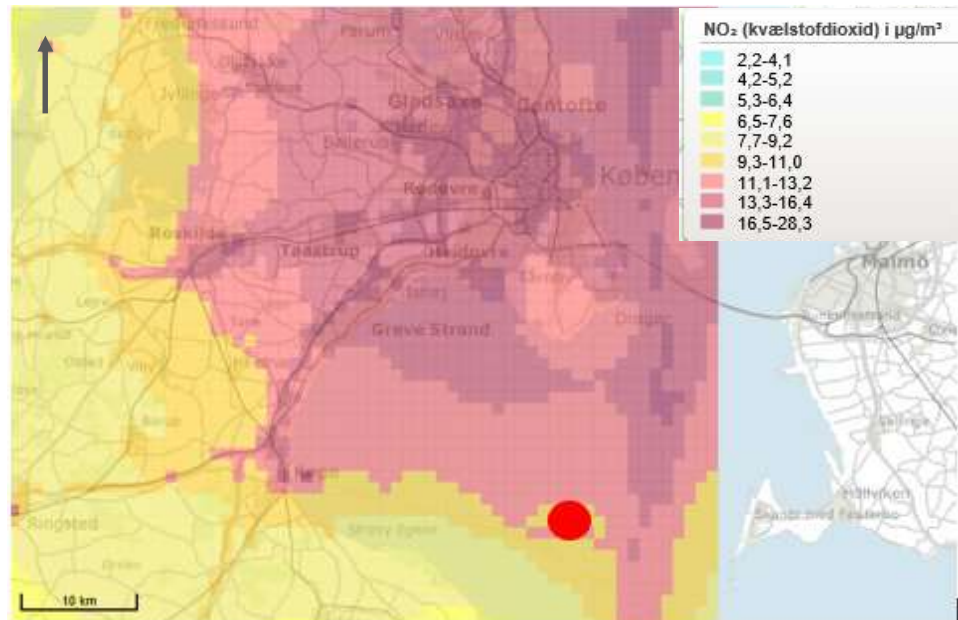
Til vurdering af reduktionen af CO₂-udledning som følge af drift af vindmølleparken beregnes emissionen fra konventionel el ud fra CO₂-udledning pr. kWh produceret el fra naturgas ved 125 %-metoden (Energinet, Metode- og datagrundlag til

miljørapport, 2018). 125%-metoden er den af Energistyrelsen anbefalede fordelingsmetode mellem el og varme, med antagelse af at samproduceret varme er produceret med en varmekvæningsgrad på 125 %.

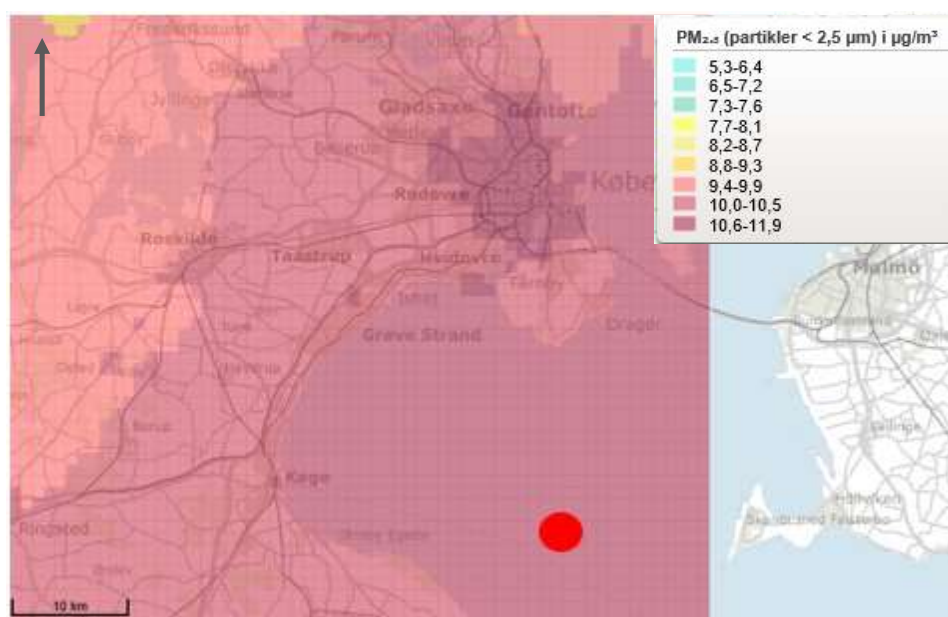
4 Eksisterende forhold

Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet har på baggrund af resultater fra "Overvågningsprogrammet for luftkvalitet i danske byer" i 2012 udarbejdet Danmarkskort over luftkvalitet (Nationalt Center for Miljø og Energi, 2016). Tallene indregner luftforurening fra forskellige kilder, spredningen, stoffernes kemiske omdannelse, indflydelse fra bygninger samt meteorologiske forhold. Kortet viser årsmiddelkoncentrationer af de mest skadelige stoffer NO₂ (kvælstofdioxid) og ultrafine luftbårne partikler angivet ved PM₁₀ og PM_{2.5} (partikler pr. kubikmeter med en diameter under 10 og 2,5 mikrometer).

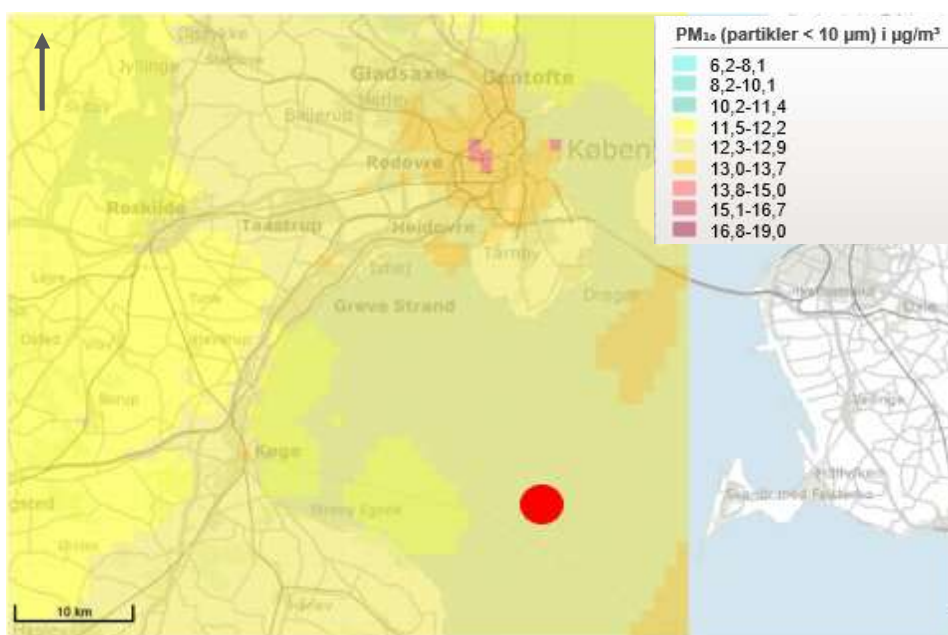
Figur 4.1: Årsmiddelkoncentrationen af NO₂ i forundersøgelserområdet (Nationalt Center for Miljø og Energi, 2016). Af-landshage Vindmøllepark er angivet med en rød prik.



Figur 4.2: Årsmiddelkoncentrationen af $PM_{2,5}$ i forundersøgel-
sesområdet (Nationalt Center
for Miljø og Energi, 2016). Af-
landshage Vindmøllepark er an-
givet med en rød prik.



Figur 4.3: Årsmiddelkoncentrationen af PM_{10} i forundersøgel-
sesområdet (Nationalt Center
for Miljø og Energi, 2016). Af-
landshage Vindmøllepark er an-
givet med en rød prik.



Som følge af et meget lavt SO_2 -indhold i luften gennemføres der kun begrænset
monitering af SO_2 -koncentrationerne (Ellermann, et al., 2020). I 2018 var ingen af
grænseværdierne overskredet i Danmark.

Grænseværdierne målt som middelværdien er 40 µg/m³ for NO₂, 20 µg/m³ for PM_{2,5} og 40 µg/m³ for PM₁₀ (Miljø- og Fødevareministeriet, 2011).

På baggrund af en basisfremskrivning opstillet af Energistyrelsen, har DCE beregnet en emissionsfremskrivning for 2020 og 2030. Dette arbejde viser, at de danske emissioner af NO_x, SO₂ og PM_{2,5} reduceres fra 2016 til 2020 og videre til 2030 i basisscenarioet (fremskrivning baseret på eksisterende vedtagne tiltag). SO₂ er den eneste komponent, hvor der forventes en stigning i emissioner fra 2016 til 2020 og videre til 2030 i basisscenarioet pga. af øget kulforbrug i basisscenarioet. Et beregnet alternativt scenarie for energisektoren har for alle stoffer lidt lavere emissioner end basisscenarioet i 2020 og 2030 (DCE, 2019).

Den målte luftkvalitet i 2012 og fremskrivninger for Danmark betyder, at luftkvaliteten i forundersøgelsesområdet på land og over havet vurderes at være tilfredsstillende set i forhold til grænseværdierne.

Udledningen af CO₂ fra skibstrafik i Kattegat i 2018 var 3,1 mio. tons (Johansson, 2019) og de samlede udledninger af Drivhusgasser i Danmark i 2017 var 51,1 mio. tons CO₂ ækvivalenter (Klima, Energi- og Forsyningsministeriet, 2019).

5 Vurdering af påvirkningerne i anlægsfasen

I dette afsnit foretages en beregning af emissionerne fra produktion af materialer og anlægsarbejde hhv. på havet og på land, hvorefter der foretages en vurdering af emissionernes påvirkning på luftkvaliteten og i forhold til klimaforandringer.

5.1 Produktion af materialer

På baggrund af den tekniske projektbeskrivelse (NIRAS, 2021) er forventet forbrug af de væsentligste materialer til anlæg hhv. på havet og på land angivet i Tabel 5.1 for anlæg af 45 stk. 5,5 MW vindmøller på gravitationsfundamenter.

Tabel 5.1: Forbrug af de væsentligste materialer for Af-landshage (NIRAS, 2021).

	Materialer	Anlægsdel	Forudsætning	Mængde tons
På havet	Beton	Gravitationsfundamenter		189.000
	Stål	Tårn	1 stk. pr. vindmølle a 350 tons	15.750
		Nacelle	1 stk. pr. vindmølle a 260 tons	11.700
	Støbejern	Hub	1 stk. pr. vindmølle a 50 tons	2.250
	Glasfiber	Vinger	3 stk. pr. vindmølle a 30 tons	4.050
	Aluminium/kobber	Kabel 33kV på land Kabel 33kV på havet	163 km 58 km	11.450 5.800
På land	Beton	Transformerstation	Fundamenter og bygning	690
	Stål	Transformerstation	Inkl. armering af bygning	154

Emissionsfaktorerne for de enkelte materialer er angivet i Tabel 5.2.

Tabel 5.2: Emissionsfaktor for CO₂ for de enkelte materialer (Ecoinvent-databasen i SimaPro, 2019).

Materialer	Emissions faktor Kg CO ₂ /ton materialer
Beton	1.040
Stål	1.333
Støbejern	1.352
Glasfiber	7.687
Kobber	1.731
Aluminium	6.703

Kabler kan bestå af aluminium eller kobber. Jf. emissionsfaktorerne i Tabel 5.2 regnes worst-case ved at antage, at kablerne består af aluminium.

Den udledte mængde CO₂ ved produktion af materialer til projektet er opgjort i Tabel 5.3.

Tabel 5.3: Udledning af CO₂ ved produktion af materialer til Aflandshage Vindmøllepark.

Materiale	Mængde tons	CO ₂ tons
Beton	189.690	197.280
Stål	27.600	36.800
Støbejern	2.250	3.040
Glasfiber	4.050	31.130
Aluminium	17.250	115.630
Sum		383.880

Nacelle er regnet som 100 % stål og kabler er regnet som 100 % aluminium. Der er ikke indregnet emissioner for forbrug af sand og sten, idet bidraget herfra vurderes ubetydeligt i forhold til projektets øvrige emissionskilder.

5.2 Anlægsarbejde på havet

Emissionen af forurenende stoffer for anvendelse af fartøjer til anlægsarbejde på havet beregnes som:

Emission = antal x driftstimer x KW x brændstofforbrug x emissionsfaktor

Brændstofforbrug 195 g/kWh

Emissionsfaktorer NO_x = 74,23 g/kg

Emissionsfaktor SO₂ = 2 g/kg x (0,5 % S / 3,5 % S) = 0,3 g/kg

Emissionsfaktor partikler (PM₁₀) = 3,56 g/kg

Fartøjer, der sandsynligvis skal anvendes i anlægsfasen, er angivet i Tabel 5.4.

Tabel 5.4: Forventet transport med fartøjer under anlægsarbejdet ved Aflandshage.

Aktivitet	Fartøj	Motor / maskinstørrelse (kW)	Antal skibe	Antal arbejdsdage	
Anlæg af vindmøller med gravitationsfundamenter	Jack-up fartøj	7.500	1	1,6 dag pr. vindmølle	72
	Support skib (udstyr og personale)	2.560	1	1,6 dag pr. vindmølle	72
	Backhoe dredger (forberedelse af havbund)	800	1	5 dage pr. fundament	225
	Transport skib, ballast og erosionsbeskyttelse	20.000	1	2 dage pr. fundament	90
	Pram, fundamenter	6.650	3	3 dage pr. fundament	135
	Pram med kran (anlæg af fundamenter)	1.800	1	1 dag pr. fundament	45
Anlæg af kabler	Kabelskib	3.070	1	1-2 dage pr. vindmølle	90

Aktivitet	Fartøj	Motor / maskinstørrelse (kW)	Antal skibe	Antal arbejdsdage
Transport af mandskab	Mandskabsbåd	1.900	2	14 måneder/2 ture pr. dag
Andet	Vagt skib	500	1	12 måneder

En arbejdsdag = 24 timer bortset fra mandskabsbåd, der er 8 timer.

Emissionen fra fartøjer anvendt til anlægsarbejderne på havet er beregnet og angivet i Tabel 5.5.

Tabel 5.5: Emissioner fra fartøjer anvendt til anlægsarbejderne på havet.

Fartøj	NO _x tons	SO ₂ tons	PM ₁₀ tons	CO ₂ tons
Jack-up fartøj	190	0,8	9	8.060
Support skib (udstyr og personale)	65	0,3	3	2.750
Backhoe dredger (forberedelse af havbund)	60	0,3	3	2.690
Transport skib (gravitationsfundamenter), ballast og erosionsbeskyttelse	625	2,5	30	26.875
Pram, fundamenter	935	3,8	0,1	40.210
Kran pram (anlæg af fundamenter)	30	0,1	1	1.210
Kabelskib	95	0,4	5	4.125
Mandskabsbåd	170	0,7	8	7.410
Vagt skib	60	0,2	3	2.510
I alt	2.230	9	62	95.840

5.3 Anlægsarbejde på land

Til anlægsarbejderne på land skal der anvendes entreprenørmaskiner til lægning af kabel og anlæg af transformerstation samt anvendes lastbiler til transport af materialer på land.

Emissionen fra ikke vejgående anlægsmaskiner i konstruktionsfasen beregnes som = antal x driftstimer x KW x Load factor x emissionsfaktor

Driftstimer: 10 timer pr. dag og 200 timer pr. måned

Emissionsfaktor NO_x = 0,4 g/kWh

Emissionsfaktor partikler = 0,025 g/kWh

Emissionsfaktor CO₂: 345 g/kWh

Til anlæg af hhv. 33 kV kabelanlæg, potentiel ny transformerstation og potentiel udvidelse af eksisterende stationsanlæg ved Aflandshage Vindmøllepark vil der være behov for et antal anlægsmaskiner. Der er i Tabel 5.6 angivet et skønnet omfang af antal og typer af maskiner, som vil blive anvendt i anlægsperioden.

Tabel 5.6: Skønnet omfang af antal og typer af maskiner, som vil blive anvendt i anlægsperioden.

Anlæg	Skønnet antal og type af maskiner	Størrelse kW gennemsnit	Load faktor	Forventet varighed
Kabelanlæg	2-3 gravemaskiner, 14 til 32 tons	100	0,25	5-6 måneder
	2 dumpere	114		
	2 traktorer	78		
	1 gummiged	112,5		
	2 underboringsmaskiner	46,4		
Ny transformerstation	1 gravemaskine, 7 til 32 tons	100	0,06	6-12 måneder
	2 rendegravere / mini-graver	67,5		
	1 lastbil / dumper	114		
	1 gummiged	112,5		
	1 traktor med kran / lastbil med kran	78		
	1-2 person lifte	(ses der bort fra)		
Udvidelse af stationsanlæg	1 gravemaskine, 7 til 32 tons	100	0,04	6-12 måneder
	2 rendegravere / mini-graver	67,5		
	1 lastbil / dumper	114		
	1 gummiged	112,5		
	1 traktor med kran / lastbil med kran	78		
	1-2 person lifte	(ses der bort fra)		

Tabel 5.7 Skønnet omfang af antal og typer af maskiner, som vil blive anvendt i anlægsperioden.

Emissionen fra ikke vejgående anlægsmaskiner anvendt til anlægsarbejderne på land er beregnet og angivet i Tabel 5.8.

Tabel 5.8: Emissioner fra ikke vejgående anlægsmaskiner anvendt til anlægsarbejderne på land.

Anlæg	NO _x tons	PM ₁₀ tons	CO ₂ tons
Kabelanlæg	0,11	0,007	92
Ny transformerstation	0,03	0,002	27
Udvidelse af stationsanlæg	0,02	0,001	18
I alt	0,16	0,010	137

Emissionen fra transport af materialer i konstruktionsfasen beregnes i Tema2015 ud fra forventet antal og typer af transporter som angivet i Tabel 5.9. Der er regnet med Euro klasse V og inklusiv tomkørsel.

Tabel 5.9: Forventet antal og type af transportere ved anlægsarbejderne på land.

Type	Last/tur Tons	Antal ture	Længde/tur km
4 pladsbiler	35	30	100
1 lastbil	26	30	10
1 slamsuger			
3-5 lastbiler for udlægning af køreplader			
1 trækspil			
1 blokvogne til levering af kabelromler på depoter langs tracéet	35	30	100
2-3 lastbiler til levering af sand på depoter langs tracé	30	300	50
Lastbiler til levering af materialer til stationsanlæg			

Emissionen fra transport af materialer anvendt til anlægsarbejderne på land er beregnet og angivet i Tabel 5.10.

Tabel 5.10: Emissioner fra transport af materialer anvendt til anlægsarbejderne på land.

	NO _x tons	PM ₁₀ tons	CO ₂ tons
Transport	0,3	0,003	72

5.4 Vurdering for anlægsfasen

Den samlede forventede emission ved anlægsarbejderne er angivet i Tabel 5.11.

Tabel 5.11: Samlede emissioner fra produktion af materialer og anlægsarbejderne.

	NO _x tons	PM ₁₀ tons	CO ₂ tons
Produktion af materialer			383.880
Anlægsarbejde på havet	2.230	62	95.840
Anlægsarbejde på land	0,5	0,01	210
I alt	2.230	62	479.930

De væsentligste emissioner i forhold til luftkvaliteten sker på havet. Emissionerne sker i et område med god opblanding af luften og vil kun have marginal betydning for luftkvaliteten, der som basis ligger under grænseværdierne for både NO_x og partikler. Emissioner for anlægsarbejdet på land vil være ubetydelig for luftkvaliteten.

Produktionen af materialer bidrager med den største del af udledningen af CO₂, mens resten hovedsageligt kommer fra anlægsarbejder på havet.

Udledningen af CO₂ fra anlægsarbejder på havet vil udgøre ca. 3 % i forhold til udledningen af CO₂ fra skibstrafik i Kattegat i 2018 (Johansson, 2019). Og de samlede udledninger af CO₂ vil udgøre ca. 0,9 % af den samlede udledning af drivhusgasser i Danmark i 2017 (Klima, Energi- og Forsyningsministeriet, 2019). Anlægsarbejdet vurderes således at have en lille påvirkning i forhold til klimaforandringer.

6 Vurdering af påvirkningerne i driftsfasen

Efter anlæg af vindmøllerne vil disse skulle serviceres. Der forventes udført ca. 300 tilsyn og serviceeftersyn per år (NIRAS, 2021). Der er ikke regnet emissioner på denne del, idet vindmøllerne er så nært beliggende forventet anvendt havn (16 km), at disse korte besejlinger med et mindre fartøj ikke vurderes at have en signifikant effekt på den samlede vurdering af projektets klimaaftryk.

Større fartøjer, svarende til anlægsfartøjerne, kan blive anvendt ved større reparationer eller udskiftning af vindmøllekomponenter. Dette er dog særlige begivenheder af forventelig meget svingende varighed, som ikke umiddelbart kan forudsiges og der er derfor ikke regnet på dette.

Til vurdering af reduktionen af CO₂-udledning som følge af drift af vindmølleparken beregnes emissionen fra konventionel el ud fra CO₂-udledning pr. kWh produceret el fra naturgas med en emissionsfaktor for CO₂ ved 125 %-metoden på 343 g/kWh (Energinet, Metode- og datagrundlag til miljørapport, 2018). 125%-metoden er den af Energistyrelsen anbefalede fordelingsmetode mellem el og varme, med antagelse af at samproduceret varme er produceret med en varmekoefficiensgrad på 125 %. Aflandshage Vindmøllepark dimensioneres for en effekt på 300 MW med en forventet årlig elproduktion på 1.146.400 MWh.

Danmark eksporterer en del af den producerede strøm til Sverige. HOFOR Vind A/S har fået udført estimater på, hvor stor en del af den grønne strøm fra vindmølleparkerne, der vil blive eksporteret til Sverige (Energinet, 2019). Analyserne er gennemført for 2023 og 2025 med de gældende analyseforudsætninger fra Energistyrelsen AF2018 som reference (Energistyrelsen, 2018). Det forventes, at 20 % i 2023 og 23 % i 2025 af den forventede samlede produktion på Nordre Flint- og Aflandshage Vindmøllepark vil blive eksporteret til Sverige.

Emissionen af CO₂ for en tilsvarende mængde el produceret ud fra naturgas vil være 393.000 tons pr. år og svarende til 13,8 mio. tons i vindmøllernes levetid på 35 år.

Emissionen af CO₂ fra anlægsfasen på 479.930 tons og en tilsvarende mængde fra afviklingsfasen forventes således at være "tjent" hjem efter 3 års drift af vindmølleparken, hvorefter vindmølleparken vil bidrage positivt til klimaet.

7 Vurdering af påvirkningerne i afviklingsfasen

Pga. en forventet levetid på 35 år vurderes meget detaljerede antagelser omkring afviklingen ikke at være retvisende. Der vil forventeligt ske en stor udvikling i den mellemliggende periode inden for både maskineri, fremdriftsmidler, afviklings- og genanvendelsesmuligheder. Med forventning om, at en stor del af materialerne fra vindmøllerne kan genbruges, vil emissionen være mindre end emissionerne for anlægsfasen.

8 Kumulative virkninger

Der er kendskab til følgende planlagte projekter, som potentielt kan bidrage til en kumulativ miljøpåvirkning: Nordre Flint Vindmøllepark, Middelgrunden Vindmøllepark (repowering) samt Lynetteholm og omlægning af højspændingskabel ved Amagerværket (Energinet). Der er ikke kendskab til større anlægsprojekter i Sverige.

Med baggrund i projekternes indbyrdes placering vurderes der ikke at være tale om kumulativ virkning i forhold til påvirkning af luftkvaliteten. Såfremt projekterne udføres samtidigt, vil der være et samtidigt bidrag af CO₂, der kan påvirke klimaet. Dette vil dog modsvares af, at vindmølleparkerne i mange år vil have en positiv påvirkning på klimaet, grundet reduceret behov for forbrænding af fossile brændstoffer.

8.1 Afværgeforanstaltninger

Der er ikke påtænkt afværgeforanstaltninger for luftemissioner og klima for projektet, da projektet vurderes at have en positiv påvirkning på klimaet. Men emissionen fra anlægsarbejder til lands forventes at kunne reduceres ved anvendelse af anlægsfartøjer med nye brændstofreducerende teknologier fx elektriske motorer med hybride løsninger.

8.2 Eventuelle mangler

Resultaterne i denne rapport er behæftet med en vis usikkerhed. Beregningerne bygger på estimerede materialeforbrug, anvendelse af maskiner (typer, driftstider mv.) og transportveje mv. i anlægsfasen.

Emissioner fra service af vindmøllerne og fra afvikling af vindmølleparken indgår ikke i vurderingerne, idet emissioner fra service vurderes ikke at være signifikante og aktiviteterne ved afvikling pga. vindmøllernes lange levetid ikke kan fastlægges.

Antagelser om materialeforbrug, transport mv. er som udgangspunkt angivet konservativt, hvorfor det vurderes, at de estimerede emissioner på rimelig vis afspejler størrelsesordenen af de emissioner, som må forventes i forbindelse med projektets produktions-, anlægs- og driftsfase.

8.3 Konklusion (af samlet påvirkning)

De væsentligste emissioner i forhold til luftkvaliteten i forundersøgelingsområdet sker på havet (99%). Emissionerne sker i et område med god opblanding af luften og vil kun have mindre betydning for luftkvaliteten, der som basis ligger under grænseværdierne for både NO_x og partikler. Projektets samlede påvirkning af luftkvaliteten i området vurderes at være lille.

Emissionen af CO₂ fra produktions- og anlægsfasen vil udgøre ca. 0,7 % af den samlede udledning af drivhusgasser i Danmark i 2017 og vil umiddelbart have en mindre påvirkning i forhold til klima. Produktionen af materialer bidrager med den væsentligste andel af CO₂ emissionen (70%). Udledningen af CO₂ fra anlægsfasen og afviklingsfasen forventes at være "tjent" hjem efter 2 års drift af vindmølleparken, hvorefter vindmølleparken i driftsfasen vil bidrage positivt til klimaet.

9 Referencer

- DCE. (Januar 2019). Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 300. *Udvikling i luftkvalitet og helbredseffekter for 2020 og 2030 i relation til nationalt program for reduktion af luftforurening (NAPCP)*.
- Ecoinvent-databasen i SimaPro*. (2019).
- Elbilforeningen. (2019). *Beregning af CO2 udledning*. Hentet fra <https://fdel.dk/guides/beregning-af-aekvivalent-km-l-for-elbiler-ud-fra-co2-udledning>
- Ellermann, T., Nøjgaard, J., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzler, M., . . . Geels, C. (2020). The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2018. *Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy. No. 360*. <http://dce2.au.dk/pub/SR67.pdf>. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy.
- Energinet. (2018). Metode- og datagrundlag til miljørapport.
- Energinet. (August 2019). Screeningsresultat - Nordre Flint og Aflandshage.
- Energinet. (August 2019). Screeningsresultat - Nordre Flint og Aflandshage.
- Energinet.dk. (2015b). *Vesterhav Nord Havmøllepark. Projekt- og anlægsbeskrivelse, anlæg på land*.
- Energistyrelsen. (2018). Analyseforudsætninger til Energinet.
- Energistyrelsen. (August 2020). Oplysninger til afgrænsning af Afladshage Vindmøllepark.
- EU. (14. september 2016). Nr. 1628 Krav vedrørende emissionsgrænser for forurenende luftarter og partikler for og typegodkendelse af forbrændingsmotorer til mobile ikke-vejgående maskiner.
- European Energy. (2020). *Projektbeskrivelse* .
- HOFOR. (2018). ML 101 Generelle miljøkrav ved HOFORs bygge- og anlægsprojekter .
- IMO. (2014). Third IMO Greenhouse Gas Study, tabel 49, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>).
- Johansson, L. & -P. (2019). Emissions from Baltic Sea shipping in 2018, HELCOM.
- Klima, Energi- og Forsyningsministeriet. (2019). *Klimapolitisk redegørelse 2020*.
- Miljø- og Fødevarerministeriet. (2011). Bek. nr. 1326 af 21/12/2011 Bekendtgørelse om vurdering og styring af luftkvaliteten.

Nationalt Center for Miljø og Energi, D. (2016). Danmarkskort over den gennemsnitlige luftforurening.

Niras. (April 2015). Vesterhav Nord Havmøllepark. *VVV - redegørelse - Baggrundsrapport - Emissioner*. Energinet.dk.

NIRAS. (2021). Offshore and Onshore Technical Project Description: Aflandshage Windfarm. HOFOR Vind A/S.

Aarhus Universitet. (2018). Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2016, Aarhus, Denmark (Mobile Combustion, historical years Annex 3B-13-2).