

# Miljøvurdering af ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen

MILJØSTYRELSEN

MILJØRAPPORT FOR EN ÆNDRING AF BEREGNINGSMETODEN FOR LAVFRE-  
KVENT STØJ FRA HAVVINDMØLLER I VINDMØLLESTØJBEKENDTGØRELSEN  
MAJ 2024



<b>Projekt navn</b>	<b>Miljøvurdering af ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen</b>
<b>Kundenavn</b>	Miljøstyrelsen
<b>Dato</b>	13/05/2024

## Indholdsfortegnelse

1	Indledning .....	4
2	Ikke-teknisk resumé .....	5
2.1	Miljøvurdering af ændringen af bekendtgørelsen.....	6
3	Ændringen af bekendtgørelse om støj fra vindmøller .....	10
3.1	Skitsering af indhold og hovedformål .....	10
3.2	Ændringens betydning for beregning af lavfrekvent støj fra havvindmøller....	10
3.3	Forholdet til anden lovgivning og planlægning .....	20
4	Afgrænsning og metode .....	22
4.1	Afgrænsning af miljørapporten .....	22
4.2	Kommentarer fra berørte myndigheder i afgrænsningen.....	22
4.3	Miljøemner der ikke er medtaget i miljørapporten.....	23
4.4	Metodebeskrivelse .....	23
4.5	Alternativer .....	24
5	Miljøbeskyttelsesmål og hensyn til dem .....	25
6	Ny viden og vurderingen af den eksisterende bekendtgørelse.....	27
6.1	Biologisk mangfoldighed.....	27
6.2	Befolkningen og menneskers sundhed.....	29
6.3	Materielle goder .....	39
7	Miljøvurdering af ændringen .....	44
7.1	Natura 2000-områder .....	44
7.2	Bilag IV-arter .....	48
7.3	Befolkning og menneskers sundhed .....	50
7.4	Materielle goder .....	57
8	Afværgeforanstaltninger og overvågning .....	63
8.1	Biologisk mangfoldighed.....	63
8.2	Befolkning og menneskers sundhed .....	63
8.3	Materielle goder .....	63
9	Grænseoverskridende påvirkninger .....	64
10	Referencer.....	65

## 1 Indledning

Bekendtgørelse nr. 135 af 07/02/2019 om støj fra vindmøller (vindmøllestøjbekendtgørelsen) er under revision, hvor beregningsmetoden for lavfrekvent støj fra havvindmøller ændres. Revisionen justerer rammerne for tilladelsesprojekter for vindmølleprojekter, der er omfattet af miljøvurderingsloven, LBK nr. 4 af 03/01/2023, og derfor er revisionen af bekendtgørelsen også omfattet af miljøvurderingsloven. Denne miljørapport redegør for og vurderer de forventede påvirkninger af ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen.

Ændringen sker som led i den grønne omstilling for at understøtte muligheden for udrulning af vedvarende energi i form af havvindmøller i Nordsøen. De planlagte vindmølleprojekter i Nordsøen begrænses af de nuværende bestemmelser om lavfrekvent støj i vindmøllestøjbekendtgørelsen i form af korrektionen for multiple refleksioner, der blev indført i bekendtgørelsen i 2019.

Multiple refleksioner af lavfrekvent støj fra havvindmøller betyder, at lyd reflekteres på havoverfladen, og det bidrager til, at lyden bæres over længere afstande over havet end over land. Multiple refleksioner er et videnskabeligt anerkendt fænomen, men kun valideret ved lydudbredelse over vand på op til afstande på ca. 10 km, og det er forbundet med en usikkerhed, hvor stor en rolle og omfang multiple refleksioner spiller på afstande mere end 10 km fra kysten. Det er på baggrund af dette besluttet at indføre en afstandsgrænse på 20 km ved beregning af multiple refleksioner fra havvindmøller. Miljørapporten vil derfor beskrive fænomenet multiple refleksioner nærmere, samt vurdere hvordan ændringen af beregningsmetoden i vindmøllestøjbekendtgørelsen kan påvirke støjpåvirkningen af omgivelserne på havet og på land.

Der er sideløbende med udarbejdelsen af miljørapporten gennemført et litteraturstudie af nyeste viden om lavfrekvent støj /36/. Studiet har informeret miljørapporten og vurderingerne, især i forhold til menneskelige påvirkninger og mulige gener af lavfrekvent støj fra vindmøller.

Vindmøllestøjbekendtgørelsen som helhed er tidligere miljøvurderet i 2018 /1/, og miljørapporten for ændringen vil derfor alene omhandle ændringen i beregningsmetoden for lavfrekvent støj. Ændringen vil have betydning for efterfølgende havvindmølleprojekter, hvor miljøpåvirkninger af de konkrete projekters lavfrekvente støj skal håndteres i forbindelse med tilladelsesprocesser og miljøvurderinger af de konkrete projekter.

## 2 Ikke-teknisk resumé

Miljøstyrelsen planlægger en revision af Bekendtgørelse nr. 135 af 07/02/2019 om støj fra vindmøller (vindmøllestøjbekendtgørelsen). Ændringen er en del af den grønne omstilling og skal understøtte muligheden for udrulning af vedvarende energi i form af havvindmøller i Nordsøen.

Bekendtgørelsen fastlægger en særlig grænseværdi for lavfrekvent støj indendørs i boliger og andre bygninger i områder for støjfølsom arealanvendelse. Derudover er der grænseværdier for den almindelige støj, som er den samlede hørbare støj, udendørs ved boliger og i områder for støjfølsom arealanvendelse. Bekendtgørelsen omfatter endvidere beskrivelse af de metoder, der skal anvendes ved beregning af støj fra vindmøller.

Med ændringen af bekendtgørelsen indføres en afstandsgrænse på 20 km for korrektionen for multiple refleksioner ved beregning af lavfrekvent støj fra havvindmøller. Multiple refleksioner kan under særlige vejrforhold påvirke den støj, som havvindmøller giver anledning til på land og på havområder omkring havvindmøllerne, men det er forbundet med en vis usikkerhed, om vindmøllestøjbekendtgørelsens beregningsmetode er retvisende på store afstande.

For havvindmøller, der placeres 20 km eller længere fra kystlinjen, vil korrektionen ikke indgå i beregningerne. Korrektionen vil stadig være gældende for havvindmøller placeret mindre end 20 km fra kystlinjen. Den vil også fortsat være gældende ved beregning af almindelig støj fra alle havvindmøller uanset afstanden fra kysten.

Korrektionen for multiple korrektioner ved beregning af støj fra havvindmøller, der blev indført i 2019, medfører formentlig en overestimering af den faktiske lavfrekvente støj. Omvendt kan det ikke udelukkes, at en 20 km grænse for indregning af multiple refleksioner vil underestimere den faktiske støj, der rammer kysten og områder på land. Det skyldes, at multiple refleksioner må antages også at optræde på afstande mere end 20 km fra kysten. Omfanget af den mulige overestimering af støjen med beregning i henhold til den gældende bekendtgørelse er usikkert. Omfanget af den mulige underestimering ved beregning i henhold til den foreslåede ændring er også usikkert.

Analyser af meteorologiske data har vist, at multiple refleksioner i praksis forekommer i op til 30 % af tiden i natperioden om sommeren. De forekommer i mindre omfang på andre årstider og i praksis ikke om dagen.

Ved beregning af støj fra havvindmøller betyder korrektion for multiple refleksioner, at de beregnede støjniveauer bliver højere end ved en beregning uden denne korrektion. Den ændrede beregningsmetode påvirker ikke havvindmøllernes fysiske udformning, dimensioner, funderingsmetoder mv.

En gennemgang af regler om støj fra vindmøller i Danmarks nabolande, har vist, at kun Danmark har en grænseværdi for lavfrekvent støj. De lande, der har taget stilling til spørgsmålet om lavfrekvent støj fra vindmøller, har konkluderet, at når grænseværdier for udendørs almindelig støj er opfyldt, er der normalt ikke problemer med lavfrekvent støj indendørs. Den danske regulering af lavfrekvent støj fra vindmøller er derfor også med den foreslåede ændring mere restriktiv end i nabolandene.

## 2.1 Miljøvurdering af ændringen af bekendtgørelsen

Vindmøllestøjbekendtgørelsen blev miljøvurderet i 2018 i forbindelse med en ændring. Miljørapporten for ændringen af beregningsmetoden i 2024 ser indledningsvist på, om der er kommet ny viden, der bør lede til en opdatering af miljøvurderingen fra 2018 af den samlede bekendtgørelse. Det er konklusionen, at der er kommet ny viden, men den fører efter Rambølls vurdering ikke til behov for en opdatering. Dernæst er der gennemført en vurdering af væsentligheden af de miljøpåvirkninger, som den aktuelle foreslåede ændring af bekendtgørelsen kan medføre.

Afgrænsningen af miljørapporten har været i høring i april 2024. Miljørapporten er afgrænset til at dække emnerne biologisk mangfoldighed, befolkning og menneskers sundhed, og materielle goder.

### 2.1.1 Natura 2000 og bilag IV

Under emnet Biologisk mangfoldighed vurderes påvirkninger af bilag IV-arter og Natura 2000-områder, som er defineret gennem Habitatdirektivet og Fuglebeskyttelsesdirektivet. Miljørapporten indebærer også en væsentlighedsvurdering efter habitatdirektivet. Ændringen af beregningsmetoden vil ikke have betydning for miljøemner under havets overflade, og derfor medtages en række arter, herunder marsvin, ikke i vurderingen.

Vindmøllestøjbekendtgørelsen er ikke geografisk afgrænset, og derfor kan alle marine og kystnære Natura 2000-områder med arter på udpegningsgrundlaget, der er sårbare overfor luftbåren lavfrekvent støj, potentielt påvirkes af ændringen. Tilsvarende kan alle bilag IV-arter, der lever kystnært, påvirkes.

Der er meget begrænset viden om, hvordan luftbåren lavfrekvent støj påvirker forskellige arter, og endnu mindre viden, der modsvarer arter i en dansk kontekst. Derfor baseres vurderingerne på de mest relevante undersøgelser i den internationale videnskabelige litteratur.

Væsentlighedsvurderingen for Natura 2000-områder konkluderer, at det på det bedste videnskabelige grundlag kan afvises, at der vil ske en væsentlig påvirkning af arter på Natura 2000-områdernes udpegningsgrundlag og af områdernes integritet.

I forhold til bilag IV-arter afgrænses vurderingen til flagermus og ugler. Forskning viser, at flagermus' følsomhed overfor lavfrekvent støj er meget begrænset. På baggrund af flagermusenes adfærd og omfanget af den potentielle ændring af lavfrekvent støj, som ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen kan bidrage til, vurderes ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen ikke at medføre forstyrrelse eller ødelæggelse af yngle- eller rastesteder for flagermus. For ugler giver den begrænsede videnskabelige viden om påvirkninger af lavfrekvent støj grundlag for at konkludere, at der ikke vil være en påvirkning af ugler fra havvindmøller i de dB-niveauer for luftbåren lavfrekvent støj, som er tillades for havvindmøller i Danmark. Ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen vurderes på baggrund af ovenstående ikke at medføre forstyrrelse eller ødelæggelse af yngle- eller rastesteder for ugler. Sammenfattende vurderes det på baggrund af ovenstående, at den økologiske funktionalitet for flagermus og ugler ikke skades.

### 2.1.2 Befolkningen og menneskers sundhed

Hvis multiple refleksioner ved spredning af støj fra havvindmøller, der er placeret mere end 20 km fra kysten, forekommer, er det usikkert i hvilken grad og omfang ændringen af beregningsmetoden vil medføre en forskel, der i praksis kan opleves i bygninger på land.

I nogle fremtidige situationer må det imidlertid forventes, at beregning af den samlede lavfrekvente støj fra alle vindmøller i et område med den foreslåede ændring af bekendtgørelsen vil overholde grænseværdien, mens en tilsvarende beregning med den eksisterende bekendtgørelse fra 2019 kan vise niveauer, der overstiger grænseværdien. Det kan forekomme ved udbygning af havvindmøller, hvor den del af vindmøllerne, der står mere end 20 km fra kysten, får væsentlig betydning for den samlede beregnede lavfrekvente støj fra alle vindmøller i et område.

Forskellen mellem de to beregningsmetoder afspejler, at der i situationer med særlige vejrforhold kan forekomme multiple refleksioner ved lydudbredelse over havet. Når det sker, vil støjen fra havvindmøller på stor afstand have et højere niveau end i andre vejr-situationer. I praksis forekommer multiple refleksioner ikke i dagperioden. Det er et fænomen, der optræder om natten og i op til 30 % af tiden med den største hyppighed om sommeren.

Beregningsmetoden i den eksisterende bekendtgørelse forudsætter, at der altid er multiple refleksioner ved lydudbredelsen fra alle havvindmøller, uanset afstand til kysten. Den foreslåede ændring vil betyde, at der ikke indgår virkningen af multiple refleksioner ved beregning af støj fra den del af havvindmøllerne, der står 20 km eller mere fra kysten.

Forskellen mellem støjniveauer beregnet med de to beregningsmetoder har samme størrelsesorden, som forskellen mellem indendørs lavfrekvent støj, der skyldes støj fra vind, beplantning og evt. bølger, når det udendørs blæser henholdsvis ca. 5 m/s eller ca. 9 m/s.

Den foreliggende viden om gener, der skyldes lavfrekvent støj, tyder på, at 10 – 15 % af befolkningen vil opleve støj svarende til grænseværdien som stærk generende. Dette geneniveau betragter Miljøstyrelsen for alle grænseværdier for støj som udtryk for et beskyttelsesniveau, der svarer til en acceptabel miljøpåvirkning.

I mange tilfælde forventes det, at den beregnede lavfrekvente støj fra havvindmøller vil være under grænseværdien, uanset hvilken beregningsmetode, der anvendes.

I situationer med en omfattende udbygning af havvindmøller på afstande mere end 20 km fra kysten kan det imidlertid forekomme, at den ændrede beregningsmetode medfører et øget støjmæssigt råderum. I så fald kan en beregning med en ændret metode vise overholdelse af grænseværdien, mens en beregning med den gældende bekendtgørelse vil vise et niveau, der overstiger grænseværdien. Forskellen kan svare til, at op til 20 % af beboerne i almindelige boliger i vejr-situationer med multiple refleksioner kan opleve den indendørs lavfrekvente støj som stærkt generende. I sommerhusområder, hvor bygningerne generelt har ringere lyd-isolation, kan forskellen svare til, at op til 30 - 35 % af beboerne kan opleve støjen som stærkt generende, når vejr-situationer med multiple refleksioner forekommer.

Det vurderes, at geneniveauet i sommerhusområder på 30 - 35 % er worst case og ofte vil det være lavere, ligesom geneniveauet i almindelige boliger vil være tilsvarende lavere end 20 %. De forøgede geneniveauer kan forekomme under de særlige vejrforhold, hvor der er multiple refleksioner, op til 30 % af tiden, og begrænses blandt andet af enkeltpersoners ophold og adfærd, når de opholder sig i et område, hvor der kan forekomme lavfrekvent støj fra havvindmøller.

Påvirkningen vil kun optræde i områder, hvor støj fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten, har betydning for den samlede støj fra alle vindmøller. I mange situationer er den samlede støj fra vindmøller ved en bolig eller et støjfølsomt område domineret af eksisterende vindmøller på land.

Havvindmøller og andre vindmøller er ikke den eneste kilde til lavfrekvent støj. Udenørs og indendørs i bygninger forekommer lavfrekvent støj fra andre kilder som tekniske installationer, vind og beplantning. I områder nær kysten kan der være lavfrekvent støj fra bølger og brænding. Det betyder dog ikke, at andre støjkilder overdøver eller maskere støjen fra vindmøller, selvom det formentlig kan forekomme i nogle situationer. Det vil altid afhænge af en konkret sammenhæng mellem støjkildernes indbyrdes styrke og egenskaber.

Det er Rambølls samlede vurdering, at den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil have en lille negativ betydning for de gener, der kan skyldes indendørs lavfrekvent støj i helårsboliger og moderat negativ betydning for de gener, der kan opleves i sommerhusområder.

Undersøgelser af mulige negative helbredseffekter giver ikke svar på om begrænsede tidsrum med øget indendørs lavfrekvent støj i sommerhusområder kan medføre øget risiko for negative helbredseffekter. Det samme gælder den mindre forøgelse af niveauet for lavfrekvent støj i helårsboliger, der på samme vis kan optræde i begrænsede tidsrum. Rambøll vurderer dog, at der er tale om små ændringer af den støjpåvirkning, som mennesker kan blive udsat for, og dermed også en lille risiko for, at der kan forekomme negative sundhedseffekter.

### **2.1.3 Materielle goder**

Ingen undersøgelser har påvist, at støj fra havvindmøller har påvirket ejendomspriser, turisme, friluftsliv og rekreative aktiviteter. Det er imidlertid veldokumenteret, at den samlede oplevelse af havvindmøller er domineret af visuelle forhold, men påvirkningen er ikke entydigt positiv eller negativ.

Den foreslåede ændring af beregningsmetoden for indendørs lavfrekvent støj kan i nogle situationer betyde, at nye sommerhuse eller boliger, der med den hidtidige bekendtgørelse er støjbelastede, ikke vil være det med den ændrede bekendtgørelse. Det er derfor Rambølls vurdering, at den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil have en ubetydelig positiv påvirkning af kommunernes muligheder for at planlægge ny støjfølsom arealanvendelse i områder, der er udsat for støj fra vindmøller.

Ændring af beregningsmetoden for lavfrekvent støj fra vindmøller, der placeres i områder mere end 20 km fra kysten, kan gøre det mere attraktivt at udvikle disse områder til vindenergi, frem for områder tættere på kysten. Det kan have en positiv betydning for den visuelle påvirkning af områder på land.



Det er Rambølls samlede vurdering, at den foreslåede ændring vil være uden betydning for materielle goder i form af udendørs fritidsaktiviteter og rekreative aktiviteter knyttet til sommerhusområder og turisterhverv. Ændringen kan have en lille negativ påvirkning af materielle goder i form af værdien af boliger og sommerhuse i områder, hvor støj fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten har betydning for den samlede støj fra alle vindmøller.

Den foreslåede ændring af beregningsmetoden vil betyde, at der alt andet lige kan gennemføres en større udbygning af havvindmøller i områder, der er mindst 20 km fra kysten. Det vurderes, at den ændrede metode er en forudsætning for, at en række aktuelle udbygningsprojekter i disse områder kan gennemføres. Det er derfor Rambølls vurdering, at den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil have en væsentlig positiv betydning for materielle goder i form af udbygningsmuligheder for havvindmøller.

### **3 Ændringen af bekendtgørelse om støj fra vindmøller**

#### **3.1 Skitsering af indhold og hovedformål**

Revisionen af bekendtgørelse nr. 135 af 07/02/2019 om støj fra vindmøller (vindmøllestøjbekendtgørelsen) omfatter en ændring af beregningsmetoden for lavfrekvent støj fra havvindmøller. Revisionen indebærer også en række ændringer af lovteknisk karakter samt nogle præciseringer, der er uden miljømæssig betydning. Det er derfor kun ændringen af beregningsmetode, der er omfattet af nærværende miljørapport.

Med ændringen indføres en afstandsgrænse på 20 km for korrektionen for multiple refleksioner i beregningerne af lavfrekvent støj for havvindmøller. For havvindmøller på denne afstand eller længere fra kystlinjen vil korrektionen ikke indgå i beregningerne. Korrektionen vil stadig være gældende for havvindmøller placeret mindre end 20 km fra kystlinjen. Den vil også fortsat være gældende ved beregning af almindelig støj fra alle havvindmøller uanset afstanden fra kysten.

Multiple refleksioner kan under særlige vejrforhold påvirke den støj, som havvindmøller giver anledning til på land og på havområder mellem vindmøllerne og kysten.

Ændringen af beregningsmetoden vil ikke have betydning for miljøemner under havets overflade. Det skyldes, at ændringen angår multiple refleksioner og lydudbredelse i luften, som for multiple refleksioner netop indebærer, at støjen fra vindmøllerne bliver reflekteret på havets overflade.

Den ændrede beregningsmetode påvirker ikke havvindmøllernes fysiske udformning, dimensioner, funderingsmetoder mv.

#### **3.2 Ændringens betydning for beregning af lavfrekvent støj fra havvindmøller**

Den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil betyde, at der sker ændringer i brugen af korrektion for multiple refleksioner ved beregning af lavfrekvent støj fra havvindmøller. I det følgende beskrives fænomenet multiple refleksioner, deres forekomst og betydning for beregning af støj fra havvindmøller.

##### **3.2.1 Multiple refleksioner**

Ved beregning af støj fra havvindmøller indgår virkningen af multiple refleksioner, som kan forekomme ved lydudbredelse, når nogle bestemte forhold er til stede:

- Terrænoverfladen skal være akustisk hård, så den i praksis reflekterer al den lyd (eller næsten al den lyd), der rammer overfladen
- Lydens hastighed skal blive større med øget højde over terrænoverfladen (positiv lydhastighedsgradient).

Hvis temperaturen eller vindhastigheden stiger med højden, øges lydens hastighed også med højden. Det vil medføre, at lydbanerne fra en lydkilde krummes nedad. Derfor kan lydbanerne reflekteres flere gange i den akustisk hårde overflade og de multiple refleksioner opstår. Det forklares nærmere i det følgende.

Vandoverflader betragtes som akustisk hårde. De reflekterer derfor lyd, som rammer dem. Hvis overfladen er ujævn på grund af bølger, kan det betyde, at lyd ved højere frekvenser kun reflekteres i begrænset omfang, mens lyd med lavere frekvenser "ser" overfladen som plan. Det skyldes lydens bølgelængde, som afhænger af lydens frekvens. Når bølgelængden har samme størrelse som ujævnhederne i form af havoverfladens bølger, har de ingen eller kun lille betydning for overfladens evne til at reflektere lyden.

## SAMMENHÆNG MELLEM LYDENS FREKVENNS OG DENS BØLGELÆNGDE

### Lydens frekvens (Hertz)    Lydens bølgelængde

1000 Hz	0,3 meter
500 Hz	0,7 meter
100 Hz	3,4 meter
50 Hz	6,8 meter

Den støj, der udsendes fra vindmøller og andre støjkluder, er sammensat af lyd ved alle frekvenser i et stort frekvensområde, f.eks. fra 50 Hz til 10.000 Hz.

Når lyd spredes, sker der en dæmpning på grund af afstanden. Der er også en dæmpning, som, skyldes absorption i luften. Luftabsorptionen er betydeligt større ved høje frekvenser end ved lave frekvenser. Fordi støj fra havvindmøller spredes over store afstande, vil den lyd, der når frem til et landområde, i praksis være uden højfrekvente elementer, og ligge i frekvensområdet mellem ca. 50 Hz og ca. 500 Hz. Det betyder, at lyd ved lave frekvenser kan "se" havoverfladen som blank og akustisk hård, selvom overfladen har ret betydelige ujævnheder i form af bølger.

Det er derfor en rimelig antagelse ved beregning af støj fra havvindmøller, at en havoverflade anses for at være akustisk hård, men der er begrænset viden om en havoverflades akustiske egenskaber, når der er bølger. Antagelsen om, at den er akustisk hård, må derfor anses for at være til den sikre side, dvs. med en tendens til, at den støj, der når frem til et landområde overvurderes frem for det modsatte.

Terrænoverflader på land har helt andre akustiske egenskaber og kan derfor ikke betragtes som akustisk hårde ved beregning af støj fra vindmøller. Derfor opstår der ikke multiple refleksioner ved lydudbredelse over land.

Den anden forudsætning for forekomst af multiple refleksioner er, at der er tale om en situation, hvor lydens hastighed stiger med højden over havoverfladen. Når der er vind, er lydens hastighed større i medvindretningen, dvs. den retning hvortil vinden blæser. Hvis det blæser fra sydvest, er lydens hastighed derfor større mod nordøst og lavere mod sydvest. Det mest almindelige er, at vindhastigheden stiger med højden over terræn. Derfor stiger lydens hastighed også med højden i vindretningen.

Lydens hastighed påvirkes imidlertid også af temperaturen. Hvis temperaturen øges, øges lydens hastighed også. Det er primært skydække og turbulens i luften, der afgør om temperaturen stiger eller falder med højden over terræn.

Det er derfor en kombination af vindforholdene og temperaturforholdene, der afgør, om lydhastigheden stiger med højden over terræn. I nogle situationer kan de modvirke hinanden, og i andre kan de forstærke hinanden.

### **3.2.2 Multiple refleksioners betydning for de beregnede støjniveauer**

Den tidligere bekendtgørelse om støj fra vindmøller fra 2015 /2/ indeholder en metode til beregning af støj fra vindmøller på havet, som forudsætter, at der er tale om en sfærisk lydudbredelse (halvkugleformet lydudbredelse). Det medfører en geometrisk dæmpning af støjen med 6 dB pr. afstandsfoldning. Bortset fra en særlig korrektion for terrænets (havoverfladens) betydning, var metoden i alt væsentligt i overensstemmelse med den metode, der anvendes til beregning af støj fra vindmøller placeret på land. Med ændringen af bekendtgørelsen i 2019 /3/ blev der imidlertid indført en korrektion ved beregning af støj fra havvindmøller, så beregningsmetoden tager hensyn til multiple refleksioner ved lydudbredelse over havet.

Det faglige grundlag for indarbejdelse af multiple refleksioner, der forelå i 2019, var en række modelberegninger, som er nærmere omtalt i et teknisk notat udarbejdet i 2017 for Miljøstyrelsen /45/. I notatet blev forekomsten af multiple refleksioner undersøgt på afstande ud til 10 km fra kysten.

Det var således i 2019 den samlede vurdering, som det også fremgår af miljøvurderingen fra 2019, at der er god dokumentation for, at multiple refleksioner forekommer ved lydudbredelse over store afstande og derfor bør indgå i beregningsmetoden. Baseret på modelberegningerne for lydudbredelse på afstande ud til 10 km fra kysten blev derfor beskrevet en forenklet beregningsmetode, som blev indarbejdet i vindmøllestøj-bekendtgørelsen.

Multiple refleksioner og deres betydning for lydudbredelsen blev yderligere bekræftet i 2020 gennem et måleprogram, hvor lydudbredelsen over en vandoverflade (Roskilde Fjord) fra højt placerede højttalere blev målt på afstande ud til 7 km /46/. Målingerne blev udført i vejsituationer, hvor der var forventet forekomst af multiple refleksioner. Samtidig blev det tilstræbt, at vandoverfladen var så rolig som mulig for at begrænse støj fra bølger på kysten, som ellers ville forstyrre målingerne. Før udførelse af målingerne over Roskilde Fjord måtte en testlokalitet i Limfjorden opgives på grund af forstyrrende støj fra bølger på kysten.

Måleresultaterne viste god overensstemmelse med vindmøllestøj-bekendtgørelsens beregningsmetode med korrektion for multiple refleksioner. Overensstemmelsen var bedst ved frekvenser op til 63 Hz og mindre god ved højere frekvenser, hvor målinger viste tegn på, at bekendtgørelsens metode overvurderer støjen.

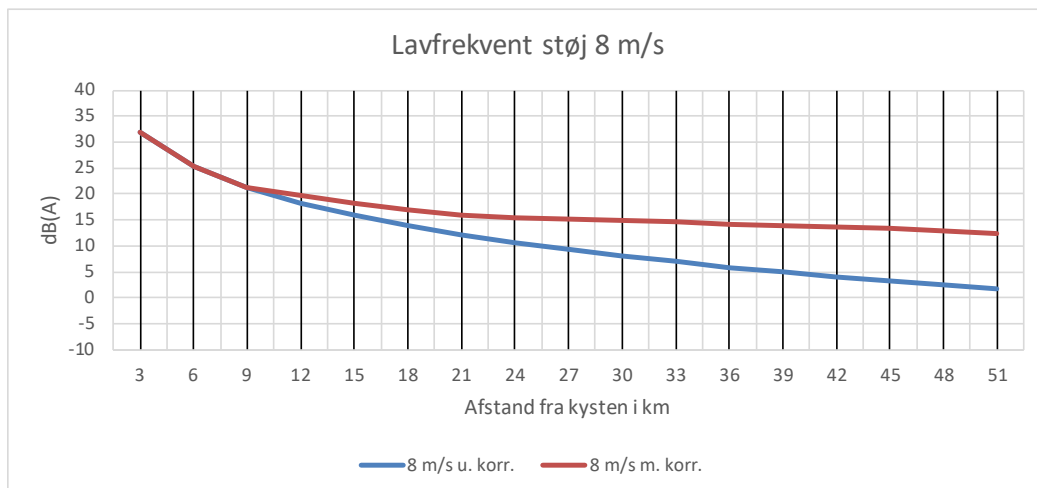
Målingerne fra Roskilde Fjord kunne således bekræfte, at der i særlige vejsituationer forekommer multiple refleksioner, som medfører et højere støjniveau i omgivelserne end i vejsituationer uden multiple refleksioner. Men måleprogrammet omfattede kun afstande ud til 7 km. Det var muligt at gennemføre disse målinger, men der var en

række måletekniske udfordringer, som demonstrerer, at tilsvarende målinger over større afstande, f.eks. 20 km, vil være yderst vanskelige at gennemføre i praksis. Men udgangspunkt i den daværende viden blev det i 2019 besluttet at tilpasse vindmøllestøjbekendtgørelsens beregningsmetode, så den tager højde for multiple refleksioner. Selvom der ikke var et sikkert grundlag for at anvende den justerede metode på afstande over 10 km, blev det valgt at lade metoden gælde for alle havvindmøller uanset afstanden til kysten. Det skal dog bemærkes, at fænomenet multiple refleksioner med overvejende sandsynlighed også findes på væsentligt større afstande. Dette var også baggrunden for indførelsen af korrektionen i 2019 på lange afstande, selvom korrektionen principielt set kun var valideret indenfor 10 km, og derfor har et usikkert omfang på de større afstande.

Siden 2019 er det blevet aktuelt at planlægge havvindmølleparker, som står væsentligt længere fra kysten end 10 km, har et væsentligt større omfang og består af havvindmøller, der er betydeligt højere. Som nævnt ovenfor, er det imidlertid usikkert om vindmøllestøjbekendtgørelsens beregningsmetode for havvindmøller er retvisende på disse store afstande.

Figur 1 viser, hvordan den lavfrekvente støj fra havvindmøller dæmpes med afstanden, når støjen beregnes i henhold til vindmøllestøjbekendtgørelsen med og uden korrektion for multiple refleksioner. De beregnede støjniveauer er ens ud til en afstand på ca. 9 km, hvorefter forskellen mellem de to beregninger gradvist øges. På 20 km afstand er forskellen ca. 4 dB og på ca. 50 km afstand er forskellen ca. 11 dB. Beregningsmetoden øger således betydningen af multiple refleksioner med øget afstand fra kysten. Korrektionen har derfor større betydning for den beregnede støj fra havvindmølleparker langt fra kysten end for kystnære parker.

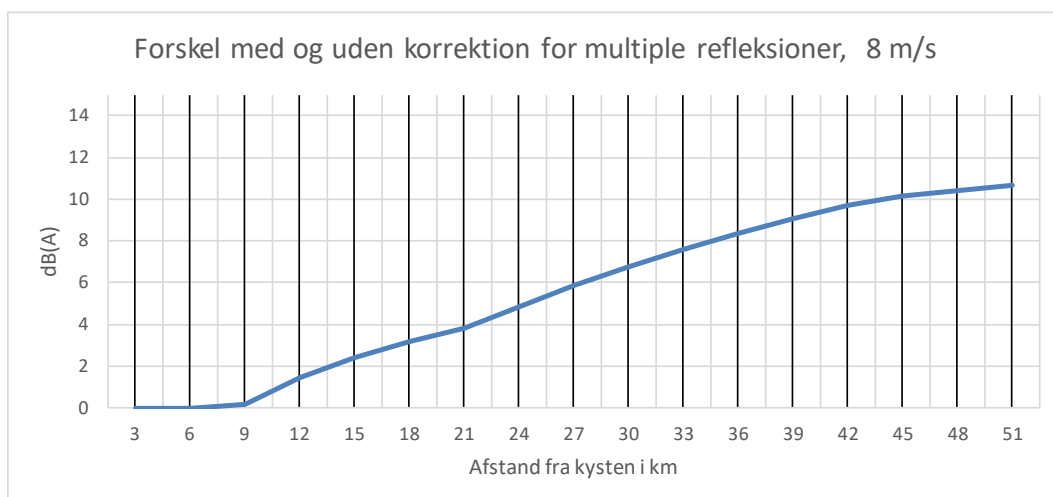
Beregningsmetoden betyder også, at støj fra havvindmøller, der står langt fra kysten (mere end ca. 20 km fra kysten), dæmpes mindre med afstanden end med en beregning uden multiple refleksioner. Faktisk indebærer metoden, at støjen fra en gruppe vindmøller, der står 25 km fra kysten, falder med ca. 2,5 dB, hvis afstanden øges med yderligere 25 km til 50 km. Selvom denne forøgelse af afstanden vil reducere den beregnede støj, der spredes til landområder, er der tale om en lille ændring. De fleste vil opleve en ændring af støjen fra en støjkilde på 2,5 dB som hørbar, men lille. Det er usikkert om beregningsmetoden giver et retvisende billede af den reelle dæmpning af støjen på disse store afstande. Det kunne tyde på, at korrektionen, der blev indført i 2019, medfører en overestimering af den faktiske støjbelastning, når vindmøller står meget langt ude på havet. Hvor meget er dog uklart.



**Figur 1. Beregningsmetode for lavfrekvent støj fra havvindmøller. Kurverne viser, hvordan den beregnede støj dæmpes med afstanden, med og uden korrektion for multiple refleksioner. Eksemplet er beregnet for vindmøller med en navhøjde på ca. 150 meter. Ved 6 m/s er forløbet det samme, blot med lidt lavere støjniveauer. Den lodrette dB-skala er fiktiv.**

Figur 2 viser forskellen mellem støjniveauer beregnet med og uden korrektion for multiple refleksioner, dvs. forskellen mellem den røde og den blå linje på Figur 1. Ud til ca. 9 km fra kysten er der ingen forskel. På større afstande øges forskellen. For et punkt på kysten viser de to beregninger således, at støjen fra en gruppe vindmøller, der står f.eks. 21 km ude på havet, er 4 dB højere i vejsituationer med multiple refleksioner end i situationer uden multiple refleksioner. For de vindmøller, der står f.eks. 33 km fra kysten er forskellen tæt ved 8 dB.

Forekomst af de vejsituationer, hvor multiple refleksioner forekommer, har således stor betydning for den støj, der når frem til kysten. Vindretningen har også meget stor betydning, men alle beregninger, med og uden multiple refleksioner, forudsætter en vindretning, der er fra vindmøllerne frem mod modtageren.



**Figur 2. Forskel mellem beregnede støjniveauer med og uden korrektion for multiple refleksioner i forskellige afstande. Ud til 9 km fra kysten er der ingen forskel.**

Det er Rambølls vurdering, at vindmøllestøjbekendtgørelsens beregningsmetode med korrektion for multiple refleksioner er mere retvisende end den tidligere beregningsmetode, der ikke omfattede en korrektion. Men metoder er kun efterprøvet på afstande op til 10 km. Selvom den formentlig kan antages også at være retvisende på noget større afstande, er det usikkert om metoden uden videre kan forlænges til afstande over 15 – 20 km som det er sket i vindmøllestøjbekendtgørelsen og vist på Figur 1 og Figur 2.

Det vurderes, at denne usikkerhed ikke uden videre kan nedbringes ved at udvide de modelberegninger, der blev udført i 2019, for afstande på op til 10 km. Det vil nemlig forudsætte at de modelredskaber, der anvendes (se /45/), er troværdige på større afstande. En sikker viden om dette findes ikke i øjeblikket.

### 3.2.3 Vindretningens betydning

Beregning af støj fra vindmøller i henhold til vindmøllestøjbekendtgørelsen forudsætter, at vinden blæser i retning fra støjkilden, dvs. vindmøllerne, mod et modtagepunkt i omgivelserne. Det forudsættes derfor for alle naboer til vindmøller, at der altid er medvind fra alle vindmøller i omgivelserne, selvom det i virkeligheden ikke kan lade sig gøre. Når støj spredes over afstande på flere hundrede meter og mere, har vindretningen stor betydning for det støjniveau, der vil være ved en nabo i omgivelserne. I medvind er støjniveauet svarende til resultater af støjberegningerne, og i modvind er støjen væsentligt lavere. For den enkelte nabo betyder det derfor, at støjen nogle dage svarer til det beregnede støjniveau (medvind fra vindmølle til nabo) og andre dage vil den være lavere (modsat vindretning). Hvis der omkring en nabo står vindmøller i flere retninger, kan det forekomme, at den oplevede støj altid vil være lavere end den beregnede støj, fordi støjen fra nogle af vindmøllerne dæmpes af modvind.

Derudover vil naboer til vindmøller opleve, at støjen afhænger af vindhastigheden. Støjudsendelsen fra vindmøllerne øges med øget vindhastighed. Det er dog typisk for moderne vindmøller, at støjen på denne måde stiger op til en vindhastighed på ca. 7 m/s. Ved højere vindhastigheder stiger støjen ikke, mens den falder med lavere vindhastighed /43/. I svag vind er støjen lav eller forsvinder helt, fordi vindmøllerne er stoppet. Grænseværdierne for støj fra vindmøller gælder ved en vindhastighed på 6 m/s og 8 m/s. Grænseværdien for udendørs almindelig støj er 2 dB lavere ved 6 m/s, fordi anden støj fra vind i træer mv. er lavere ved 6 m/s og derfor i mindre grad kan maskere støjen fra vindmøllerne end ved 8 m/s.

Vindretningen har særlig stor betydning for den støj, der spredes fra havvindmøller, fordi de står langt fra kysten. Desuden vil det ofte være tilfældet, at en havvindmøllepark set fra land fylder et stort vinkelområde. I så fald kan de ikke alle sammen på samme tid have medvind i retningen mod en modtager på land. Det tages der hensyn til ved beregning af korrektionen for multiple refleksioner, hvor der for hvert enkelt modtagepunkt på land identificeres den nærmeste vindmølle på havet. Ved beregning af multiple refleksioner fra en af de andre vindmøller, korrigeres for vinklen mellem sigtelinjen til den vindmølle og sigtelinjen til den nærmeste vindmølle. Hvis vinklen er 0 grader, indgår multiple refleksioner med fuld styrke. Hvis vinklen er 90 grader, betyder korrektionen, at multiple refleksioner ikke indgår. Beregning af støj fra havvindmøller tager derfor i nogen grad hensyn til, at vinden ikke kan blæse fra flere retninger på samme tid. Men kun i nogen grad, fordi det kun er korrektionen for multiple refleksioner, dvs. den korrektion, der på Figur 2 er vist som forskellen mellem beregninger med og uden multiple refleksioner, som påvirkes.

Hvis et støjfølsomt område på land er udsat for støj fra både havvindmøller og en eller flere vindmøller på land, vil der således i nogen grad blive taget hensyn til, at vinden fra havet mod land ikke kan blæse fra alle retninger på samme tid, men det sker ikke for vindmøllerne på land. Her antages det fortsat, at vinden kan blæse fra alle retninger på samme tid.

### **3.2.4 Forskelle mellem beregnede støjniveauer med og uden multiple refleksioner i praksis**

Den korrektion for multiple refleksioner, der er illustreret ovenfor, er den teoretiske og beregningstekniske forskel mellem en beregning med og uden multiple refleksioner, som vil gælde for en enkelt vindmølle placeret i forskellige afstande fra kysten.

I praksis er en havvindmøllepark et antal vindmøller spredt over et stort område, hvor vindmøllerne har forskellige afstande til kysten og de støjfølsomme områder på land. Betydningen af multiple refleksioner er derfor forskellig for vindmøller placeret f.eks. 20 km eller 40 km fra kysten, samtidig med, at støjen fra en vindmølle bliver lavere med øget afstand. Derudover justeres korrektionen for multiple refleksioner for, at vinden ikke kan blæse fra alle retninger på samme tid. Beregning af multiple refleksioner påvirkes ud over afstanden derfor også af retningerne fra modtager til vindmøller.

Endvidere gælder grænseværdierne for støj fra vindmøller for den samlede støj fra alle vindmøller. I et støjfølsomt område er den samlede støj ofte sammensat af støjbidrag fra vindmøller på land og vindmøller på havet. I disse situationer kan betydningen af multiple refleksioner for den del af støjen, der skyldes havvindmøllerne, have mindre betydning, fordi den samlede støj kan være domineret af vindmøller, der står på land. Hvis der findes vindmøller, som står mindre end ca. 10 km fra kysten, er der ingen korrektion for multiple refleksioner. Det vil yderligere reducere betydningen af de multiple refleksioner af støj fra vindmøller placeret på større afstand, når den samlede støj beregnes.

I mange situationer vil den samlede beregnede støj, uanset beregningsmetode for vindmøller mere end 20 km fra kysten, være lavere end 20 dB. Denne situation har været tilfældet for de havvindmølleprojekter, der hidtil er miljøvurderet.

I situationer med en betydelig udbygning af havvindmøller kan de beregnede støjbidrag fra den del af vindmøllerne, der står langt fra kysten, imidlertid få betydning. Med de usikkerheder, der er omtalt ovenfor, er det Rambølls bedste skøn, at den beregnede samlede lavfrekvente støj i disse situationer kan være 2 – 6 dB lavere ved en beregning uden korrektion for multiple refleksioner for de vindmøller, der er placeret mere end 20 km fra kysten, end ved en beregning med korrektion for disse vindmøller.

Dette skøn er baseret på en antagelse om, at støjen fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten i en konkret situation er domineret af vindmøller, der står 20 – 30 km fra kysten, mens vindmøller på større afstand har mindre betydning for den samlede støj.

Konkret kan det typisk betyde, at i en situation, hvor der uden korrektion for multiple refleksioner er beregnet et lavfrekvent støjniveau på 20 dB, kan der beregnes et niveau på 22 – 26 dB, hvis der korrigeres for multiple refleksioner for de vindmøller, der står mere end 20 km fra kysten. Det betyder således, at beregning af støjen i henhold



til den gældende bekendtgørelse fra 2019, vil medføre en overskridelse af grænseværdien på 20 dB for lavfrekvent støj på op til mellem 2- 6 dB. Men den foreslåede ændring af bekendtgørelsen vil de beregnede niveauer ikke overstige grænseværdien.

Denne forskel på 2 – 6 dB forudsætter, at der er tale om en forholdsvis stor udbygning af havvindmøller uden for 20 km - grænsen. Hvis der er tale om få vindmøller på den afstand, kan forskellen være mindre end 2 dB.

Hvis man forestiller sig en situation med vindmøller, der udelukkende står på større afstand end 20 km, kan korrektionen i teorien have større betydning end 2 – 6 dB. For en stor del af disse vindmøller vil der imidlertid være tale om en betydeligt større afstand til kysten. Derfor vurderes det, at man heller ikke i disse situationer vil se beregnede resultater med korrektion for multiple refleksioner, der overstiger 26 dB.

Som omtalt overfor er det usikkert i hvilken grad beregningsmetoden er retvisende for havvindmøller, der står mere end 10 km fra kysten

Erfaringer fra beregning af støj fra en række havvindmølleprojekter i forbindelse med miljøkonsekvensvurderinger har vist, at de højeste beregnede niveauer for lavfrekvent støj optræder i sommerhusområder. Det skyldes i nogen grad, at disse områder ofte ligger nær kysten og derfor tættest på havvindmøllerne. Den vigtigste årsag er imidlertid, at beregning af indendørs lavfrekvent støj i sommerhusområder tager hensyn til, at bygninger i disse områder har en ringere lydisolation end bygninger i andre områder. Derfor beregnes højere niveauer for lavfrekvent støj i sommerhusområder end i andre områder, mens grænseværdien er den samme. De beregnede niveauer for indendørs lavfrekvent støj i sommerhusområder er ca. 4,4 dB højere end i andre områder.

Det betyder, at sommerhusområder ofte definerer det støjmessige råderum for udbygning af havvindmøller. I mange tilfælde er der ikke behov for det samlede råderum, men hvis beregninger viser et lavfrekvent støjniveau i sommerhusområder svarende til grænseværdien 20 dB, så vil de beregnede niveauer i bygninger i andre områdetyper i nærheden være ca. 4,4 dB lavere, det vil sige ca. 16 dB. Hvis disse beregninger i en konkret situation er udført med den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen, vil det betyde, at de beregnede støjniveauer i henhold til den nuværende bekendtgørelse kan være 22 – 26 dB i sommerhusområder og 18 – 22 dB i bygninger i andre områder.

Disse betragtninger er baseret på de standardværdier for bygningers lydisolation i sommerhusområder og i andre områder, der er fastsat i vindmøllestøjbekendtgørelsen.

### **3.2.5 Hyppighed af multiple refleksioner**

Force Technology har for Miljøstyrelsen udført en analyse af meteorologiske data for en tiårsperiode fra udvalgte målestationer med det formål at beregne, hvor hyppigt de meteorologiske forudsætninger for forekomst af multiple refleksioner optræder i Danmark /41/. Analysen er udført for fire vindhastighedsintervaller; 0 – 5 m/s, 5 – 7 m/s, 7 – 9 m/s og over 9 m/s.

Resultaterne viser, at den største sandsynlighed for forekomst af multiple refleksioner er ved vindhastigheder under 5 m/s. Ved disse vindhastigheder vil vindmøllerne ofte

enten stå stille eller udsende støj, der er væsentligt lavere end ved højere vindhastigheder (lavere støj kildestyrke). Det kan dog ofte forekomme, at vindhastigheden er højere i vindmøllernes navhøjde. Det er karakteristisk for store vindmøller, at støj udsendelsen er lav ved lave vindhastigheder og stiger med øget vindhastighed, men ved højere vindhastigheder end ca. 7 m/s er støjen stort set uafhængig af vindhastigheden.

Ved vindhastigheder over 9 m/s vil der på land normalt også være en del støj lavfrekvent fra vinden i sig selv og i forbindelse med beplantning og bygninger, men hyppigheden af multiple refleksioner er under alle omstændigheder meget lille ved disse vindhastigheder. Det vurderes derfor, at forekomst af multiple refleksioner har størst betydning i vindhastighedsintervallerne 5 – 7 m/s og 7 – 9 m/s, som også omfatter de to vindhastigheder, der anvendes for grænseværdier for støj fra vindmøller (6 og 8 m/s). Når det blæser under 5 m/s, kan der, som nævnt ovenfor, være tidsrum med multiple refleksioner samtidig med, at vindmøllerne udsender støj, der kan have betydning, men i praksis vurderes det at ske i begrænset omfang.

Samlet viser de udførte analyser, at multiple refleksioner ikke forekommer om dagen ved vindhastigheder over 5 m/s, og ved lavere vindhastigheder kun i meget begrænset omfang. De har derfor ingen miljømæssig betydning for støj fra havvindmøller. Om natten er hyppigheden størst om sommeren, hvor de kan forekomme i op til ca. 20 % af tiden, hvis vindhastigheden er over 5 m/s og vindmøllerne står i en vestlig eller sydvestlig retning. Der kan som nævnt ovenfor dog også være situationer, hvor havvindmøller udsender væsentlig støj, selvom vindhastigheden er under 5 m/s. Derfor vurderes det, at den samlede hyppighed af multiple refleksioner samtidig med, at vindmøllerne er i drift og udsender betydende støj, kan være op til ca. 30 % af tiden i natperioden om sommeren.

På andre årstider end sommer er hyppighederne lidt lavere.

Vindmøllestøj bekendtgørelsens beregningsmetode for havvindmøller forudsætter, at der altid forekommer multiple refleksioner, men i praksis må man således forvente, at de ikke forekommer om dagen, men kun om natten. Om sommeren kan det være op til ca. 30 % af tiden i natperioden og lidt mindre hyppigt på andre årstider.

### **3.2.6 Forekomst af lavfrekvent støj i miljøet**

I 2008 udførte Delta (nu Force Technology) som en del af et større projekt om lavfrekvent støj fra store vindmøller for Energistyrelsen en række målinger af lavfrekvent støj udendørs og indendørs i tre udvalgte boliger i det åbne land /42/. Boligerne og deres omgivelser var ikke udsat for støj fra vindmøller eller andre støj kilder (trafik, jernbaner mv.). Kilden til lavfrekvent støj var derfor støj fra vind i kombination med beplantning og bygninger. Bygningerne lå ikke i nærheden af en kyst, hvor der kunne være støj fra bølger.

Måleresultaterne viste, at der er forskel på de tre lokaliteter, men alligevel en ensartet sammenhæng mellem vindens styrke og støjniveauet.

Udendørs var niveauet for lavfrekvent støj 25 – 30 dB ( $L_{pA,LF}$ ) ved en vindhastighed på 5 m/s. Ved 9 m/s var niveauet typisk 5 dB højere, dvs. 30 – 35 dB. De lavfrekvente støjniveauer udendørs ved almindeligt forekommende vindhastigheder er således 25 – 35 dB.

Indendørs i de tre boliger var niveauet 10 – 14 dB ( $L_{pA,LF}$ ) ved en vindhastighed på 5 m/s. Ved 9 m/s var niveauet 4 - 5 dB højere, dvs. 14 – 19 dB. De lavfrekvente støjniveauer indendørs ved almindeligt forekommende vindhastigheder i disse boliger var således 10 – 19 dB.

Forskellene i niveauer for lavfrekvent støj på grund af forskellige vindhastigheder (5 - 9 m/s) på 4 – 5 dB er således på niveau med den forskel, der forventes i praksis at være mellem niveauer for lavfrekvent støj fra havvindmøller beregnet med og uden multiple refleksioner for den del af vindmøllerne, der står mere end 20 km fra kysten. Den forventes, som omtalt ovenfor, at være 2 - 6 dB. Selvom der er tale om forskellige støjkilder, er størrelsesordenen i decibel den samme.

For boliger og sommerhuse, der ligger tæt på kysten, må man forvente, at støj fra vind og bølger er kraftigere end de niveauer, der fremgår af de målinger, som er omtalt ovenfor. Det gælder især sommerhuse, som generelt har en ringere lydisolation end egentlige boliger. Selvom disse sommerhuse ofte ligger i læ bag klitter, må det forventes, at niveauer for indendørs lavfrekvent støj, der skyldes vind og bølger, kan overstige 20 dB. Denne vurdering bekræftes af en række målinger udført i 2023 /49/.

Disse sammenligninger tjener til at anskueliggøre en størrelsesorden af de forskellige støjniveauer og de forskelle, der kan beregnes. Selvom der i alle tilfælde er tale om lavfrekvent støj, er oplevelsen af en forholdsvis jævn støj fra en vindmølle i praksis anderledes end oplevelsen af en mere varierende støj fra vind og brænding, hvor især støj fra vinden kan skifte hurtigt mellem vindstød og pauser i vinden. Det er derfor ikke usædvanligt, at beboere af boliger, der udsættes for støj fra vindmøller placeret på land, kan opfatte og høre den lavfrekvente del af støjen. Det er imidlertid ikke kendt, at mennesker har rapporteret, at de udendørs kan høre almindelig støj eller indendørs kan høre lavfrekvent støj fra eksisterende havvindmøller. Det kan skyldes, at støj fra havvindmøllerne i højere grad blive overdøvet eller maskeret af støj fra vind og bølger end i områder længere inde på land.

### **3.2.7 Konklusion om ændringens betydning for beregning af lavfrekvent støj fra havvindmøller**

Korrektionen for multiple refleksioner blev indført i vindmøllestøjbekendtgørelsen i 2019 efter fremkomst af ny viden om lydudbredelse fra vindmøller på havet. Det er således veldokumenteret, at der i visse vejsituationer kan forekomme multiple refleksioner ved lydudbredelse over havoverflader, som medfører et forhøjet støjniveau ved en modtager på land.

Fænomenet må også antages at forekomme på afstande, der er væsentligt længere fra kysten end 10- 20 km, men det er usikkert, hvilken betydning multiple refleksioner på disse afstande har for den samlede støj på land.

Målinger og beregningsmodeller har med rimelig sikkerhed vist i hvilket omfang multiple refleksioner påvirker lydudbredelse på afstande op til ca. 10 km, når de forekommer. Ved større afstande er det usikkert om påvirkningen er den samme. Alligevel blev det i 2019 besluttet at forudsætte, at multiple refleksioner forekommer hele tiden og på samme måde uanset afstanden fra kysten, selvom det ikke er tilfældet.

Den ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen, der nu foreslås, betyder, at virkning af multiple refleksioner ikke skal indgå ved beregning af lavfrekvent støj fra havvindmøller, der står mere end 20 km fra kysten, men fortsat indgå for havvindmøller, der står tættere på kysten.

Grundlaget er usikkert, men det er Rambølls bedste skøn, at den beregnede samlede lavfrekvente støj i praksis vil være 2 – 6 dB lavere ved en beregning uden korrektion for multiple refleksioner for de vindmøller, der er placeret mere end 20 km fra kysten, end ved en beregning med korrektion. Dette skøn er baseret på en antagelse om, at støjen fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten i en konkret situation er domineret af vindmøller, der står 20 – 30 km fra kysten, mens vindmøller på større afstand har mindre betydning for den samlede støj på grund af den større afstands-dæmpning. Det antages også, at der i praksis vil være støjbidrag fra vindmøller placeret på land.

Det skal bemærkes, at vurderingen af en forskel på 2 – 6 dB gælder for den beregnede støj i henhold til vindmøllestøjbekendtgørelsens beregningsmetode med og uden korrektion for multiple refleksioner for den del af den samlede vindmøllestøj, der skyldes havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten.

Den eksisterende vindmøllestøjbekendtgørelse forudsætter, at beregning af støj fra havvindmøller altid skal omfatte en korrektion for multiple refleksioner, selvom de ikke forekommer hele tiden. Analyser af meteorologiske data har vist, at multiple refleksioner i praksis forekommer i op til 30 % af tiden i natperioden om sommeren. De forekommer i mindre omfang på andre årstider og i praksis aldrig om dagen.

Konkluderende kan det siges, at korrektionen for multiple korrektioner, der blev indført i 2019, formentlig medfører en overestimering af den faktiske lavfrekvente støj. Omvendt kan det ikke udelukkes, at en 20 km grænse for indregning af multiple refleksioner vil underestimere den faktiske støj, der rammer kysten og områder på land. Det skyldes, at multiple refleksioner må antages også at optræde på afstande mere end 20 km fra kysten. Omfanget af den mulige overestimering af støjen med beregning i henhold til den gældende bekendtgørelse er usikkert. Omfanget af den mulige underestimering ved beregning i henhold til den foreslåede ændring er også usikkert.

### **3.2.8 Betydning for almindelig støj**

Den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen vedrører ikke beregning af almindelig støj fra havvindmøller, uanset deres afstand til kysten. I en situation, hvor det er den lavfrekvente støj, der er begrænsende for omfanget af en havvindmøllepark, kan den ændrede beregningsmetode for lavfrekvent støj betyde, at der alt andet lige kan ske en øget udbygning af havvindmøller. Det kan medføre et øget niveau for almindelig støj, som dog aldrig vil overstige bekendtgørelsens grænseværdier.

## **3.3 Forholdet til anden lovgivning og planlægning**

### **3.3.1 Planloven**

Bekendtgørelse af lov om planlægning, nr. 223 af 01/03/2024 skal sikre, at den sammenfattende planlægning forener de samfundsmæssige interesser i arealanvendelsen, medvirker til at værne om landets natur og miljø samt klima og skaber gode rammer

for vækst og udvikling i hele landet, så samfundsudviklingen kan ske på et bæredygtigt grundlag med respekt for menneskets livsvilkår, bevarelse af dyre- og planteliv og øget økonomisk velstand. (§ 1).

Ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen kan have betydning for planlægning for arealanvendelser i de kystnære områder. Betydningen er beskrevet og vurderet i afsnit 7.4 om materielle goder.

### **3.3.2 Miljøbeskyttelsesloven**

Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse, nr. 48 af 12/01/2024 har til formål at medvirke til at værne natur og miljø, så samfundsudviklingen kan ske på et bæredygtigt grundlag i respekt for menneskets livsvilkår og for bevarelsen af dyre- og plantelivet.

Loven har blandt andet mål om at forebygge og bekæmpe vibrations- og støjulemper. Vindmøllestøjbekendtgørelsen er en udmøntning af Miljøbeskyttelseslovens § 7, hvorefter Miljøministeren kan fastsætte regler om blandt andet støj.

### **3.3.3 Havmiljøloven**

Bekendtgørelse af lov om beskyttelse af havmiljøet, LBK nr. 147 af 19/02/2024, har til formål at medvirke til at værne natur og miljø, så samfundsudviklingen kan ske på et bæredygtigt grundlag i respekt for menneskets livsvilkår og for bevarelsen af dyre- og plantelivet. Med loven tilsigtes det at forebygge og begrænse forurening og anden påvirkning af natur og miljø, herunder særligt havmiljøet, fra aktiviteter, der kan

1. bringe menneskets sundhed i fare
2. skade natur- og kulturverdier på og i havet, herunder havbunden
3. være til gene for den retmæssige udnyttelse af havet eller
4. forringe rekreative værdier eller aktiviteter.

I henhold til lovens § 33, stk. 4 kan Miljøministeren fastsætte regler om pligt for ejeren af et vindmølle anlæg til for egen regning at gennemføre egenkontrol af støj fra vindmølle anlægget eller for egen regning at lade egenkontrollen gennemføre af sagkyndige, herunder autoriserede, akkrediterede eller lignende sagkyndige og tilsvarende laboratorier. Vindmøllestøjbekendtgørelsen er en udmøntning af § 33.

### **3.3.4 Havplanen og Havstrategien**

Danmarks Havplan /47/ og Danmarks Havstrategi II /48/ sætter mål og planlægningsmæssige rammer for udviklingen på havet.

Ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen har ikke direkte betydning for havplanen eller havstrategien, men ændringen af beregningsmetoden kan have betydning for den efterfølgende udvikling af havvindmølleparker. Betydningen vurderes i afsnit 7.4 om materielle goder.

## 4 Afgrænsning og metode

### 4.1 Afgrænsning af miljørapporten

I henhold til miljøvurderingslovens § 32, stk. 2 har et udkast til afgrænsningsnotat været i høring hos berørte myndigheder samtidig med indkaldelsen til ideer og forslag i perioden fra 12. april til 26. april 2024. Afgrænsningsnotatet har også været i Espoo-høring. Høringssvarene er kort opsummeret i afsnit 4.2.

Miljøstyrelsen har efter høringen udarbejdet det endelige afgrænsningsnotat for miljørapporten. Afgrænsningsnotatet afspejler miljøvurderingslovens indholds krav i bilag 4. Afgrænsningen af miljøparametre er opsummeret i skemaet nedenfor.

**Tabel 4-1 Rapportens miljøemner og beskrivelse af indhold**

Miljøemner	Beskrivelse af miljørapportens indhold
<b>Biologisk mangfoldighed</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Påvirkning af bilag IV-arter (primært pattedyr)</li><li>- Påvirkning af pattedyr og fugle (grupper), der indgår i udpegningsgrundlaget for Natura 2000-områder</li></ul>
<b>Befolkning og menneskers sundhed</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Geneeffekter</li><li>- Negative helbredseffekter</li><li>Sondring mellem boliger og sommerhusområder</li></ul>
<b>Materielle goder</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sommerhusområder og tilknyttede turisterhverv</li><li>- Boliger i kystnære områder</li><li>- Havvindmølleudbygning</li></ul>

Udover bekendtgørelsens påvirkninger af de enkelte miljøemner vil miljørapporten inkludere vurdering af kumulative påvirkninger med andre planer og bekendtgørelser, hvor det er relevant.

### 4.2 Kommentarer fra berørte myndigheder i afgrænsningen

Der har ikke været bemærkninger fra danske myndigheder i høringen af afgrænsningen af miljørapporten.

Det svenske Naturvårdsverket har ønsket eksempelberegninger på lydudbredelsen over længere afstande for at afklare, om der er risiko for at Sverige bliver påvirket. Der er generiske beregninger af lydudbredelsen over afstande i miljørapporten, som imødekommer Naturvårdsverkets ønske. Derudover skal miljøkonsekvensvurderinger af konkrete havvindmølleprojekter, hvor der kan være en påvirkning af svensk område, altid undersøge, om der kan være problemer med overholdelse af de svenske grænseværdier.

De svenske grænseværdier omfatter alene almindelig støj og er på niveau med de danske. Sverige har ikke grænseværdier for lavfrekvent støj fra vindmøller. Der vil

ikke være ændringer af de danske regler for almindelig støj, som fortsat vil blive beregnet med korrektion for multiple refleksioner, hvorfor de danske støjgrænser ikke vil være mere lempelige end de svenske.

### **4.3 Miljøemner der ikke er medtaget i miljørapporten**

En række miljøemner (jordbund, jordarealer, vand, luft, klima, landskab og kulturarv) er ikke medtaget, fordi ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen i sig selv ikke vil påvirke disse miljøemner. Miljøemnerne vil kunne påvirkes af opstillingen af vindmøller, men planlægningen for opstilling af vindmøller foregår særskilt, og påvirkningerne vil vurderes som led i miljøvurderingen af planlægningen og det konkrete projekt.

### **4.4 Metodebeskrivelse**

Miljøvurderingen af ændringen af bekendtgørelsen gennemføres i to trin:

- Først gennemføres en vurdering af, om miljøvurderingen gennemført i 2018 af vindmøllestøjbekendtgørelsen fortsat er retvisende. Det indebærer en gennemgang af, om der efterfølgende er kommet ny viden, der kan lede til ændrede vurderinger. Denne indledende vurdering skal sikre, at det er tilstrækkeligt udelukkende at vurdere ændringen i bekendtgørelsen.
- Medmindre der viser sig behov for en udvidet vurdering, gennemføres dernæst en vurdering af væsentligheden af de miljøpåvirkninger, som ændringen i bekendtgørelsen kan medføre. Vurderingen foretages af de miljøfaktorer, som er identificeret i afgrænsningen af miljørapporten.

Ifølge miljøvurderingsloven skal miljørapporten kun indeholde de oplysninger, som med rimelighed kan forlanges under hensyn til den aktuelle viden og gængse vurderingsmetoder, samt til hvor detaljeret planen er, hvad planen indeholder, på hvilket trin i et beslutningsforløb planen befinder sig, og hvorvidt bestemte forhold vurderes bedre på et andet trin i det pågældende forløb. Ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen er overordnet og dermed vil miljøvurderingen af bekendtgørelsen også være på et overordnet niveau.

Metoden til vurdering af væsentlighed er baseret på bilag 3 i miljøvurderingsloven, der fastlægger den overordnede tilgang til vurdering af påvirkninger.

Vurderinger i forhold til bilag IV og Natura 2000 anvender Habitatdirektivets terminologi og begreber for vurdering af påvirkningerne.

Grænseoverskridende påvirkninger beskrives i et særskilt afsnit sidst i miljørapporten.

## 4.5 Alternativer

Miljørapporten skal indeholde en beskrivelse af alternativer jf. miljøvurderingslovens § 12 og bilag 4, litra h, herunder en kort skitsering af grunden til at vælge de alternativer, der har været behandlet, og en beskrivelse af, hvorledes vurderingen er gennemført, herunder eventuelle vanskeligheder (som f.eks. tekniske mangler eller mangel på knowhow), der er opstået under indsamlingen af de krævede oplysninger.

Hovedforslaget er, at korrektion for multiple refleksioner ikke indgår ved beregning af støj fra havvindmøller, der er placeret 20 km eller mere fra kystlinjen. Korrektionen vil stadig indgå ved beregning af lavfrekvent støj fra havvindmøller, der er placeret mindre end 20 km fra kystlinjen, og ved beregning af almindelig støj for alle havvindmøller uanset afstanden til kysten.

Miljøstyrelsen har vurderet, at multiple refleksioner i praksis ikke forekommer ved afstande under ca. 10 km fra kysten. En afstandsgrænse af denne størrelse vil derfor være uden betydning. Det er dog også vurderet, at en grænse mellem 10 og 20 km vil fjerne korrektion for multiple refleksioner for vindmøller, der kan betragtes som kystnære. Miljøvurderingen vil derfor ikke omfatte alternativer til en grænse på 20 km.

0-alternativet er en videreførelse af den eksisterende bekendtgørelse uden ændring af beregningsmetoden for multiple refleksioner.



## 5 Miljøbeskyttelsesmål og hensyn til dem

Miljøvurderingslovens bilag 4 foreskriver, at en miljørapport skal beskrive de miljøbeskyttelsesmål, der er fastlagt på internationalt plan, fællesskabsplan eller medlemsstatsplan, og som er relevante for planen eller programmet, og hvordan der under udarbejdelsen af den/det er taget hensyn til disse mål og andre miljøhensyn.

**Table 5-1: Miljøbeskyttelsesmål i forhold til bekendtgørelsens potentielle påvirkninger**

Miljøfaktor	Love og aftaler med relevante mål	Relevante miljøbeskyttelsesmål	Hensyn under ændringen af bekendtgørelsen	Vurdering i miljørapporten
<b>Biologisk mangfoldighed</b>	FN's Verdensmål 15 om livet på land. Habitatdirektivet (92/43/EEC) med nationale Natura 2000-planer og særlig beskyttelse af arter (bilag IV). Fuglebeskyttelsesdirektivet (2009/147/EC). EU's biodiversitetsstrategi. FN's biodiversitetskonvention. Danmarks Havstrategi II.	Bevare udvalgte naturtyper og arter, der er karakteristiske, sjældne eller truede i EU. Genoprette en gunstig bevaringsstatus for bestemte naturtyper og arter af dyr og planter. Mål for biodiversitet handler om at genoprette og bevare den biologiske mangfoldighed og fremme en bæredygtig udnyttelse af naturens ressourcer. Opretholde eller opnå god miljøtilstand i de danske havområder.	Der har i ændringen af bekendtgørelsen ikke været indarbejdet hensyn til natur eller biologisk mangfoldighed, fordi ændringen af beregningsmetoden ikke forventes at medføre væsentlige påvirkninger af naturen. Påvirkninger fra nye vindmøller inkluderes i den efterfølgende sagsbehandling af de konkrete planer og projekter.	Ikke-væsentlige påvirkninger af enkelte arter, der er følsomme overfor lavfrekvent støj.
<b>Befolkning og menneskers sundhed</b>	Verdensmål 3: Sundhed og trivsel. Sundhedsaftalerne i regionerne.	Verdensmål 3 indebærer blandt andet, at mental sundhed og trivsel skal fremmes. Sundhedsaftalerne har blandt andet fokus på mental sundhed og trivsel hos borgerne.	Valget af en grænse på 20 km for indregning multiple refleksioner ved beregning af lavfrekvent støj indebærer en beskyttelse af befolkningen og menneskers sundhed. Grænseværdien for lavfrekvent støj fastholdes.	Ikke-væsentlige påvirkninger af sundhed og befolkningen.
<b>Materielle goder</b>	Nationale og kommunale turismemålsætninger	Flere turister, grønne og bæredygtige løsninger, attraktive kystnære områder	Valget af en grænse på 20 km for indregning multiple refleksioner ved beregning af lavfrekvent støj indebærer en afvejning mellem	Ikke-væsentlige påvirkninger af materielle goder.

Miljøfaktor	Love og aftaler med relevante mål	Relevante miljøbeskyttelsesmål	Hensyn under ændringen af bekendtgørelsen	Vurdering i miljørapporten
			udvikling af grøn energi og påvirkninger i kystzonen.	

## 6 Ny viden og vurderingen af den eksisterende bekendtgørelse

Før beslutning om ændring af den eksisterende bekendtgørelse om støj fra vindmøller fik Miljøstyrelsen i 2018 udarbejdet en miljøvurdering af den forrige bekendtgørelse fra 2015 /2/ og af en række mulige ændringer.

De miljøvurderede ændringer omfattede:

- Opdatering af metode for beregning af støjudbredelse fra havvindmøller
- Indførelse af et gradueret tillæg for tydeligt hørbare toner i støj fra vindmøller
- Ændret lydisolationsstal for beregning af lavfrekvent støj indendørs i sommerhusområder
- Ændring af overgangsbestemmelser
- Ændring af bestemmelser om tilsyn og påbud om støjmålinger for vindmøller på havet.

Efterfølgende blev det besluttet at implementere de fem ændringer i en ny bekendtgørelse, som trådte i kraft den 13. februar 2019 /3/.

Dette afsnit opsummerer vurderingerne i miljøvurderingen fra 2018 og vurderer om ny viden på området giver anledning til at ændre miljøvurderingen af den samlede bekendtgørelse.

### 6.1 Biologisk mangfoldighed

#### 6.1.1 Miljøvurdering af den eksisterende bekendtgørelse

Miljøvurderingen fra 2018 har primært fokus på påvirkninger af fugle (særligt vade-fugle og gæs), flagermus og større landlevende pattedyr. Vurderingen af biologisk mangfoldighed har fokus på bredspektret støj og nævner ikke direkte lavfrekvent støj. I forhold til fugle refererer miljørapporten til undersøgelser, der viser, at støj kan medføre påvirkning af artssammensætning, individantal, adfærd ændringer, fourageringsmuligheder og kommunikation. For påvirkninger af flagermus refereres til undersøgelser, der viser, at støj kan påvirke fødesøgningsadfærd hos flagermus. I forhold til pattedyr refereres til studier af påvirkninger af jordegern, hjorte, grævling og husdyr. Blandt påvirkningerne er forhøjet stressniveau.

På baggrund af gennemgangen af studier og forskning konkluderer miljørapporten, at viden om de støjmæssige konsekvenser af vindmøller i forhold til fauna, herunder fugle og flagermus, generelt ikke er særlig veldokumenteret (i 2018). I miljørapporten vurderes det, at vindmøllestøj bekendtgørelsen og ændringer heri har marginal eller ingen betydning for biodiversitet.

#### 6.1.2 Gennemgang af ny viden

Miljøvurderingen af den eksisterende bekendtgørelse blev, som gennemgået ovenfor, udarbejdet i 2018. I perioden 2018 – 2024 er der udgivet flere studier af sammenhænge mellem biologisk mangfoldighed og støj, herunder lavfrekvent støj.

Et review af studier af neuroadfærdsmæssige ændringer som følge af støjeksponering hos dyr fra 2023 /50/ konkluderer, at stort set alle de gennemgåede artikler fremhæver en negativ effekt på grund af støjeksponering, uanset om det er akut eller kronisk, menneskeskabt eller ej. Den negative effekt kommer til udtryk i ændringer i bevægelser, i fødeindtagelse og i reproduktion.

I forhold til støj fra vindmøller viser en videnskabelig artikel om støjpåvirkning fra vindmøller på vild natur fra 2022 /51/, at der fortsat mangler viden om en række sammenhænge mellem støj fra vindmøller og arter. Det gælder især påvirkninger forårsaget af lavfrekvent støj. Artiklens overblik over påvirkninger af naturen fra bredspektret støj er i overensstemmelse med miljøvurderingen fra 2018, og artiklen fremhæver en række af de samme studier som miljøvurderingen.

Internationale studier om støj fra vindmøller, som er udgivet efter 2018 dokumenter og bekræfter tidligere studier i forhold til påvirkninger fra støj fra vindmøller på arts-sammensætning og fortrængning, primært hos fugle (/52/ /53/ /54/), men også hos pattedyr (/55/ /56/).

Støj fra vindmøller bidrager også til fortrængning af arter fra områder, og et systematisk review af fortrængning af fugle, flagermus og landbaserede pattedyr forårsaget af landbaserede vindmøller fra 2023 /57/ gennemgår 84 globale videnskabelige studier og fandt 160 forskellige fortrængningsdistancer for fugle, flagermus og pattedyr. Træner, ugler og halvtamme rensdyr blev i gennemsnit fordrevet op til 5 km. Flagermus blev i gennemsnit fordrevet op til 1 km i 21 ud af 29 studier. Reviewet angiver ikke, hvor stor en del af fortrængningen, der skyldes almindelig støj eller lavfrekvent støj.

Studier efter 2018 bekræfter også, at vindmøllestøj ændrer spurvefuglenes vokale kommunikation med mulige implikationer for reproduktiv succes (/58/ /59/). Et studie fra England indikerer, at grævlinger er fysiologisk stressede, når de lever i nærheden (< 1 km) af vindmølleparker /71/, og at støj er en af årsagerne hertil. Studiet peger på, at grævlinger ikke synes at vænne sig til vindmøller, da kortisolniveauer målt et og fire år efter vindmølleparkens opstartsdato ikke var signifikant forskellige. En nyere undersøgelse af rådyr viste tilsvarende, at rådyr er stressede ved større vindmølleparker, og støj angives som en af nøgleårsagerne, fordi rådyr er meget afhængige af deres hørelse /72/.

I forhold til luftbåren lavfrekvent støj viser studier en række påvirkninger af fugle, flagermus og andre pattedyr (f.eks. /63/ /64/ /69/). Studierne af luftbåren lavfrekvent støj gennemgås i afsnit 7.1.1, og afsnittene viser ikke grundlag for at forvente en væsentlig påvirkning af vindmøller.

De ovenstående studier er udarbejdet i andre geografier end den danske, og nogle af de studerede arter forekommer ikke i Danmark eller tilstødende grænseområder. Desuden fokuserer studierne på vindmøller på land eller vindmøllestørrelser, der er mindre end de planlagte. Derfor skal der tages forbehold for at anvende den internationale litteratur til at vurdere støjpåvirkninger fra danske vindmøller.

Senere miljøvurderinger af havvindmøller (/19/ /20/ /22/ /27/ /29/ /31/) finder i lighed med miljørapporten for 2018 ikke væsentlige påvirkninger fra luftbåren støj fra driften af havvindmøller på arter eller habitater. De fleste miljøvurderinger undersøger slet ikke relationer mellem arter og luftbåren støj fra driften af havvindmøller.

### **6.1.3 Vurdering af behov for ændringer i den tidligere miljørapport**

Studierne udgivet efter 2018 øger forståelsen for og omfanget af påvirkninger på biodiversitet fra støj fra vindmøller. Studierne viser, at der sker en række påvirkninger af biodiversitet som følge af støjen, herunder også påvirkninger, som ikke er direkte nævnt i miljørapporten fra 2018. Miljørapporten af vindmøllestøjbekendtgørelsen fra 2018 vurderer påvirkningerne fra støj fra vindmøller som ikke-væsentlige, negative påvirkninger, og der er ikke fundet grundlag i de efterfølgende studier til at vurdere påvirkningen som væsentlig. Der vurderes derfor ikke at være behov for at ændre vurderingerne i miljørapporten fra 2018.

## **6.2 Befolkningen og menneskers sundhed**

Dette afsnit opsummerer vurderinger af befolkningen og menneskers sundhed i miljøvurderingen fra 2018 og vurderer om ny viden på området giver anledning til at ændre miljøvurderingen af den samlede bekendtgørelse.

### **6.2.1 Miljøvurderingen af den eksisterende bekendtgørelse**

I miljøvurderingen fra 2018 /1/ blev der taget udgangspunkt i et beskyttelsesniveau, hvor en acceptabel miljøpåvirkning fra støj fra vindmøller indebærer, at 10 – 15 % af befolkningen kan være stærkt generet af støjen samtidig med, at befolkningen generelt beskyttes mod negative helbredseffekter.

På baggrund af miljøvurderingen blev det konkluderet, at den daværende bekendtgørelse på følgende punkter indebar og understøttede et beskyttelsesniveau mod støj fra vindmøller, der svarer til en acceptabel miljøpåvirkning:

- Gener på grund af støj, generelt
- Helbredseffekter og menneskers sundhed
- Fastsættelse af grænseværdier ved 6 m/s og 8 m/s
- Gener fra lavfrekvent støj
- Infralyd
- Vibrationer
- Definition af støjfølsomme områder
- Metoder til måling af støjuddenselse fra vindmøller
- Metode til beregning af støjuddenselse fra landplacerede vindmøller
- Bestemmelser om forsøgsmøller
- Bestemmelser om anmeldelse mv samt tilsyn og påbud om støjmålinger for landplacerede vindmøller.

Samlet blev det desuden konkluderet, at de fem ændringer (omtalt i indledningen af afsnit 6) for alle naboer til vindmøller ville medføre en generel øget sikkerhed for opnåelse af det beskyttelsesniveau mod støj fra vindmøller, der svarer til en acceptabel miljøpåvirkning. Tre af de fem ændringer kunne desuden medføre et mærkbart øget beskyttelsesniveau for enkelte boliger eller områder for støjfølsom arealanvendelse, mens ændringerne kun ville have en lille samlet miljømæssig betydning for det store flertal af boliger og støjfølsomme områder i områder med vindmøller. Ændrede værdier for lydisolations ved beregning af indendørs lavfrekvent støj fra vindmøller ved sommerhusområder var dog en generel forbedring af beskyttelsesniveauet for denne områdetype.

### 6.2.2 Grænseværdier for støj

I henhold til miljøbeskyttelseslovens § 7 kan Miljøministeren fastsætte regler om forurening fra virksomheder mv., ligesom Miljøministeren i henhold til havmiljølovens § 33 kan fastsætte regler til forebyggelse og begrænsning af forurening fra aktiviteter på havet.

Miljøstyrelsen har med dette udgangspunkt fastsat grænseværdier for støj fra en række støjkloder, bl.a. virksomheder, støjende fritidsanlæg, fly, vejtrafik og jernbanetrafik. Disse grænseværdier er fastsat i vejledninger fra Miljøstyrelsen, og kan derfor fraviges i konkrete afgørelser. Grænseværdier for støj fra vindmøller kan ikke fraviges, fordi de er fastsat i en bekendtgørelse, der ikke giver mulighed for at dispensere fra støjgrænserne.

De vejledende støjgrænser for forskellige støjkloder, og de bindende grænseværdier for støj fra vindmøller, er et udtryk for en støjbelastning, som Miljøstyrelsen vurderer, er miljømæssigt og sundhedsmæssigt acceptabel. Der er tale om en afvejning mellem de virkninger støjen har på mennesker, og samfundsøkonomiske hensyn. Det betyder, at de vejledende grænseværdier svarer til et støjniveau, hvor det kan forventes, at 10 - 15 % af befolkningen vil angive at være stærkt generet af støjen. Ved lavere støjniveauer vil denne andel være mindre, og ved højere støjniveauer vil en større andel af befolkningen føle sig stærkt generet. Grænseværdierne har samtidig til hensigt at beskytte befolkningen mod negative helbredseffekter /44/. For en række grænseværdier indgår desuden, at der er fastsat forskellige grænseværdier for forskellige områdetyper og arealanvendelser. Her lægges det til grund, at følsomheden over for støj er forskellig, og det samfundsøkonomiske hensyn afvejes mod miljøhensynet.

Miljølovgivningen, herunder grænseværdierne for støj, sikrer således ikke alle mod støjgener, og de kan heller ikke give sikkerhed for, at støjen ikke kan høres. Selvom grænseværdierne er overholdt, er det altså meget sandsynligt, at nogle mennesker vil opleve støjen som generende, evt. stærkt generende. På den anden side betyder grænseværdierne også, at de fleste mennesker oplever støjen som mindre generende eller ikke generende.

Vindmøllestøjbekendtgørelsen /3/ fastsætter grænseværdier for støj fra vindmøller ved vindhastighederne 6 m/s og 8 m/s i 10 meters højde over terrænet ved den enkelte vindmølle. Grænseværdierne fremgår af Tabel 2.

**Tabel 2. Grænseværdier for støjbelastningen fra alle vindmøller i omgivelserne omkring et støjfølsomt område. Støjbelastningen,  $L_r$ , er det ækvivalente, korrigerede, A-vægtede støjniveau i dB i 1,5 meters højde. Støjbelastningen er inklusive korrektion for eventuel forekomst af tydeligt hørbare toner i støjen.**

Arealanvendelse	Den samlede støjbelastning Almindelig støj $L_r$ i dB, 20 – 10.000 Hz Udendørs		Den lavfrekvente støj $L_{pALF, tot}$ , 10 – 160 Hz Indendørs	
	6 m/s	8 m/s	6 m/s	8 m/s
	Beboelse i det åbne land	42 dB	44 dB	20 dB
Områder til støjfølsom arealanvendelse	37 dB	39 dB	20 dB	20 dB

Den samlede almindelige støj og den samlede lavfrekvente støj fra alle vindmøller i omgivelserne omkring en beboelse i det åbne land eller et område til støjfølsom arealanvendelse må ikke overstige grænseværdierne.

Støjfølsom arealanvendelse defineres i bekendtgørelsen som områder, der anvendes til eller i lokalplan eller byplanvedtægt er udlagt til bolig-, institutions-, sommerhus-, camping- eller kolonihaveformål, eller områder som er udlagt i lokalplan eller byplanvedtægt til støjfølsom rekreativ aktivitet.

Grænseværdierne for den almindelige støj gælder udendørs. Ved beboelse i det åbne land skal grænseværdierne være overholdt i det mest støjbelastede punkt ved udendørs opholdsarealer højst 15 meter fra beboelsen. I områder til støjfølsom arealanvendelse skal grænseværdierne være overholdt overalt i områderne.

Vindmøllestøjbekendtgørelsens grænseværdi for lavfrekvent støj (frekvensområdet 10 – 160 Hz) gælder indendørs i beboelse i det åbne land og indendørs i områder til støjfølsom arealanvendelse. Grænseværdien er 20 dB ved både 6 m/s og 8 m/s og svarer til Miljøstyrelsens anbefalede grænseværdi for lavfrekvent støj fra virksomheder i boliger i aften- og natperioden fra 1997 /38/.

Hvis der forekommer tydeligt hørbare toner i vindmøllestøjen ved den mest støjbelastede bolig, skal støjen tillægges et tillæg før sammenligning med grænseværdierne. Det skyldes, at toner i støjen kan være særligt generende. Tillægget afhænger af tonernes tydelighed og kan være 0 – 6 dB. Moderne vindmøller giver normalt ikke anledning til tydeligt hørbare toner, medmindre der er tale om en fejltilstand.

Sammenlignet med de vejledende grænseværdier for støj fra virksomheder, er det et særligt krav for vindmøller, at grænseværdierne omfatter støj fra alle vindmøller i et område. For virksomheder gælder grænseværdierne for den enkelte virksomhed.

Grænseværdierne forudsætter endvidere, at der er medvind fra alle vindmøller i området til den enkelte bolig. Det er et worst case princip, som ikke tager højde for, at støjen vil være lavere i situationer, hvor vinden er i andre retninger. Det tager heller ikke hensyn til, at flere vindmøller kan stå i forskellige retninger i forhold til en bolig, selvom der i disse tilfælde aldrig kan være medvind fra alle vindmøllerne i retning mod den samme bolig. Det skal endvidere bemærkes, at den metode, der i Danmark skal

anvendes til beregning af støj fra vindmøller, ikke giver mulighed for at drive vindmøllerne på en måde, der indebærer, at de støjer mere, når vinden er i en støjmæssigt fordelagtig retning (dvs. væk fra boliger og støjfølsom arealanvendelse). Grænseværdierne regulerer således støjforholdene i en worst case situation vel vidende, at støjen i andre situationer vil være lavere.

Ved beregning af støj fra havvindmøller indgår dog en korrektion, som i nogen grad tager højde for, at vinden ikke kan blæse i alle retninger på samme tid. Den er nærmere omtalt i afsnit 3.2.3.

De vejledende grænseværdier for trafikstøj gælder for den samlede trafikstøj, f.eks. støjen fra alle veje i et område. Det ligner princippet for vindmøller, men for trafikstøj skal der tages hensyn til de gennemsnitlige vejforhold, herunder vindretningerne, over et år. Disse grænseværdier er derfor ikke baseret på en worst case situation.

Grænseværdier for støj fra veje og virksomheder er desuden vejledende. I konkrete tilfælde kan de derfor fraviges.

### **6.2.3 Gennemgang af ny viden**

Miljøvurderingen af den eksisterende bekendtgørelse blev som gennemgået ovenfor udarbejdet i 2018. I perioden 2018 – 2024 er der ikke fremkommet ny viden, som giver anledning til at revurdere følgende punkter i miljøvurderingen fra 2018:

- Gener på grund af støj, generelt
- Fastsættelse af grænseværdier ved 6 m/s og 8 m/s
- Infralyd
- Vibrationer
- Definition af støjfølsomme områder
- Metoder til måling af støjudsendelse fra vindmøller
- Metode til beregning af støjubredelse fra landplacerede vindmøller
- Bestemmelser om forsøgsmøller
- Bestemmelser om anmeldelse mv samt tilsyn og påbud om støjmålinger for landplacerede vindmøller.

Der henvises derfor til miljøvurderingsrapporten fra 2018 for gennemgang af viden om disse emner.

Der er imidlertid ny viden om helbredseffekter og menneskers sundhed. Desuden vedrører den mulige ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen lavfrekvent støj. Aktuell viden om disse to emner gennemgås derfor i det følgende.

#### **6.2.3.1 Gener og helbredseffekter, almindelig støj**

Siden 2018 er den vigtigste nye viden om mulige sammenhænge mellem støj fra vindmøller og negative helbredseffekter, resultaterne af den undersøgelse, der med finansiering fra Sundheds- og Ældreministeriet, Miljø- og Fødevareministeriet og Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet blev gennemført af Kræftens Bekæmpelse i perioden 2014 – 2019.

Ud fra registeroplysninger undersøgte Kræftens Bekæmpelse, om personer, der er udsat for støj fra vindmøller, har højere risiko for henholdsvis blodprop i hjertet, slagtil-



fælde, forhøjet blodtryk, diabetes, depression, søvnforstyrrelser og negative fødselsudfald i graviditeten. Undersøgelser omfattede både udendørs støj og indendørs lavfrekvent støj og disse støjpåvirkningers mulige sammenhænge med negative helbredseffekter.

I modsætning til hidtidige undersøgelser, som har været tværsnitsstudier, der næsten udelukkende er baseret på selvrapporterede helbredseffekter og omfatter relativt få deltagere (små populationer), er der her tale om en undersøgelse, som er baseret på objektive data, fordi den er registerbaseret, og et stort antal personer og sygdomstilfælde.

Kræftens Bekæmpelse offentliggjorde i 2018 – 2019 seks artikler med resultater fra undersøgelsen (/8/ /9/ /10/ /11/ /12/ /13/). Sundhedsstyrelsen udarbejdede efterfølgende en række notater, der resumerer resultaterne. I et opsamlede notat skriver Sundhedsstyrelsen i en samlet konklusion /14/<sup>1</sup>:

*“Der findes ikke afgørende bevis for en sammenhæng mellem kortids- og langtidsudsættelse for vindmøllestøj og opståen af blodprop i hjertet og slagtilfælde. Undersøgelsens resultater støtter ikke en sammenhæng mellem langtidsudsættelse for vindmøllestøj og nyopstået diabetes eller mellem udsættelse for vindmøllestøj under graviditeten og negative fødselsudfald. For førstegangsløsning af recepter på sovemedicin og antidepressiva findes en sammenhæng med høje niveauer af vindmøllestøj blandt ældre over 65 år og svage indikationer på tilsvarende fund for førstegangsløsning af recepter på medicin til behandling af forhøjet blodtryk.*

*For delundersøgelserne ses der generelt få sygdomstilfælde/graviditeter i grupperne med de højeste støjniveauer, hvorfor forskerne efterspørger, at resultaterne reproduceres af andre forskergrupper.”*

I 2021 offentliggjorde to forskere fra Nederlandene (Frits van den Berg og Irene van Kamp) en gennemgang af nyere forskningsresultater offentliggjort frem til midten af 2020 om helbredseffekter forårsaget af støj fra vindmøller /15/. Gennemgangen, der havde et særligt fokus på lavfrekvent støj og infralyd, var en opdatering af en tidligere gennemgang fra 2017. Den inddrog bl.a. hovedparten af resultaterne fra undersøgelsens udført af Kræftens Bekæmpelse.

Van den Berg og van Kamp peger på, at støj fra vindmøller generelt har lavere niveauer end støj fra andre kilder som trafik og industri. På den anden side opleves støj fra vindmøller som mere generende end mange andre støjkilder. Det er således også dokumenteret, at bopæl nær vindmøller eller hørbar støj fra vindmøller kan medføre, at beboerne oplever vedvarende gener. For helbredseffekter som søvnforstyrrelser, søvnløshed og mentalt helbred er beviserne selvmodsigende eller utilstrækkelige. Ingen undersøgelser har påvist en betydende sammenhæng mellem støj fra vindmøller og negative helbredseffekter i form af hjerte-kar-sygdomme.

Forskerne har ikke fundet indikationer på, at lavfrekvent støj har andre effekter på beboerne omkring vindmøller end almindelig støj. De har heller ikke fundet, at infralyd med frekvenser under det hørbare område kan have effekt. Det er niveauet for den

---

<sup>1</sup> Sundhedsstyrelsens notat, delnotater og henvisning til Kræftens Bekæmpelses artikler kan findes på Indenrigs- og Sundhedsministeriets hjemmeside på <https://ism.dk/nyheder/2019/marts/undersogelse-om-helbredseffekter-af-vindmoellestoej-er-afsluttet>

samlede støj og variationer i støjens niveau, der i modsætning til lavfrekvent støj og infralyd, er hovedårsagerne til gener forårsaget af støj fra vindmøller.

Imidlertid har forskerne fundet, at søvnforstyrrelser i højere grad ser ud til at være knyttet til oplevede gener frem for objektive støjniveauer. Der er også tegn på en sammenhæng mellem de oplevede gener og klager over negative helbredseffekter. Forskerne peger derfor på, at de samlede gener fra vindmøllestøj er påvirket af andre faktorer end selve støjniveauet. Det er således klare beviser på, at de oplevede gener i høj grad er påvirket af faktorer som mulighed for deltagelse i beslutningsprocesser, oplevelse af en retfærdig proces samt afbalancering af fordele og ulemper ved vindmølleprojekter.

WHO udsendte i 2018 en anbefaling om grænseværdier for forskellige støjkilder, herunder støj fra vindmøller /16/. Baseret på den aktuelle viden om gener på grund af støj anbefaler WHO, at støj fra vindmøller ikke overstiger  $L_{den}$  45 dB udendørs ved boliger. Niveaulet svarer til et niveau, hvor det kan forventes, at 10 % af befolkningen vil opleve støjen som stærkt generende.

WHO har i sine undersøgelser ikke fundet sammenhænge mellem vindmøllestøj og negative helbredseffekter. Der er heller ikke fundet resultater, som siger noget sikkert om søvnforstyrrelser på grund af støj fra vindmøller.

Anbefalingen fra WHO er angivet som  $L_{den}$ , der er en parameter, som i Danmark alene anvendes for trafikstøj.  $L_{den}$  betyder, at støj om natten tillægges 10 dB og støj om aftenen 5 dB før beregning af et samlet gennemsnit for hele døgnet. Det indebærer, at støjen fra en støjkilde, der er i drift hele døgnet, har en højere talværdi opgjort som  $L_{den}$ , end hvis den opgøres som en gennemsnitsværdi uden disse tillæg.

De danske grænseværdier for støj fra vindmøller er fastsat for en worst case situation, hvor støj udbredes i medvind med 6 og 8 m/s. Støjen fra en vindmølle er imidlertid ikke konstant, men varierer med vindhastigheden, og i øvrigt er der ingen støj i situationer med svag eller ingen vind. Det betyder, at en sammenligning mellem vindmøllestøj opgjort som  $L_{den}$  og som et støjniveau under særlige forhold skal ske med forsigtighed.

Det er imidlertid Rambølls skøn, at et niveau for støj fra vindmøller angivet i henhold til vindmøllestøjbekendtgørelsen vil være 4 – 6 dB lavere end angivet som et  $L_{den}$  støjniveau. Dette skøn støttes af en undersøgelse udført for Sundhedsstyrelsen i 2011 /17/ og et review af viden om sammenhængen mellem støj fra vindmøller og helbredseffekter /18/.

Med udgangspunkt i WHO's anbefalinger betyder dette, at ca. 10 % af befolkningen vil være stærkt generet af støj fra vindmøller ved et støjniveau uden korrektion for aften og nat på 39 dB (svarende til WHO's anbefaling om  $L_{den}$  45 dB), som er grænseværdien for støjfølsom arealanvendelse ved 8 m/s, jævnfør Tabel 2.

Det skal bemærkes, at de danske grænseværdier skelner mellem forskellige områdetyper og forskellige vindhastigheder, hvor de foreliggende undersøgelser af sammenhængen mellem gener og støj ikke har en tilsvarende opdeling. Hvis det antages, at mennesker i gennemsnit har samme følsomhed over for støj, uanset boligens placering, indebærer de danske grænseværdier for støj fra vindmøller, at man må forvente

en større andel af stærkt generede blandt de mennesker, der bor i det åbne land, end mennesker, der bor i områder for støjfølsom arealanvendelse, f.eks. en landsby eller et parcelhusområde.

På baggrund af de geneundersøgelser, der er gennemgået ovenfor, blev det i miljøvurderingen af vindmøllestøjbekendtgørelsen i 2018 vurderet, at andelen af stærkt generede, uanset boligens beliggenhed, vil være i intervallet 10 – 15 %, når vindmøllestøjbekendtgørelsens grænseværdier er overholdt.

Miljøstyrelsen har i april 2024 fået udarbejdet et notat om høretærskler og genevirkning for lavfrekvent støj i relation til vindmøller /36/. Notatet redegør også for ny viden om den almindelige støj, dvs. ikke kun den lavfrekvente del af støjen. Det er konklusionen, at den danske grænseværdi for udendørs støj i boligområder på 39 dB ved 8 m/s er i overensstemmelse med undersøgelser, der peger på, at ca. 10 % af befolkningen vil være stærkt generet af støjen ved dette niveau.

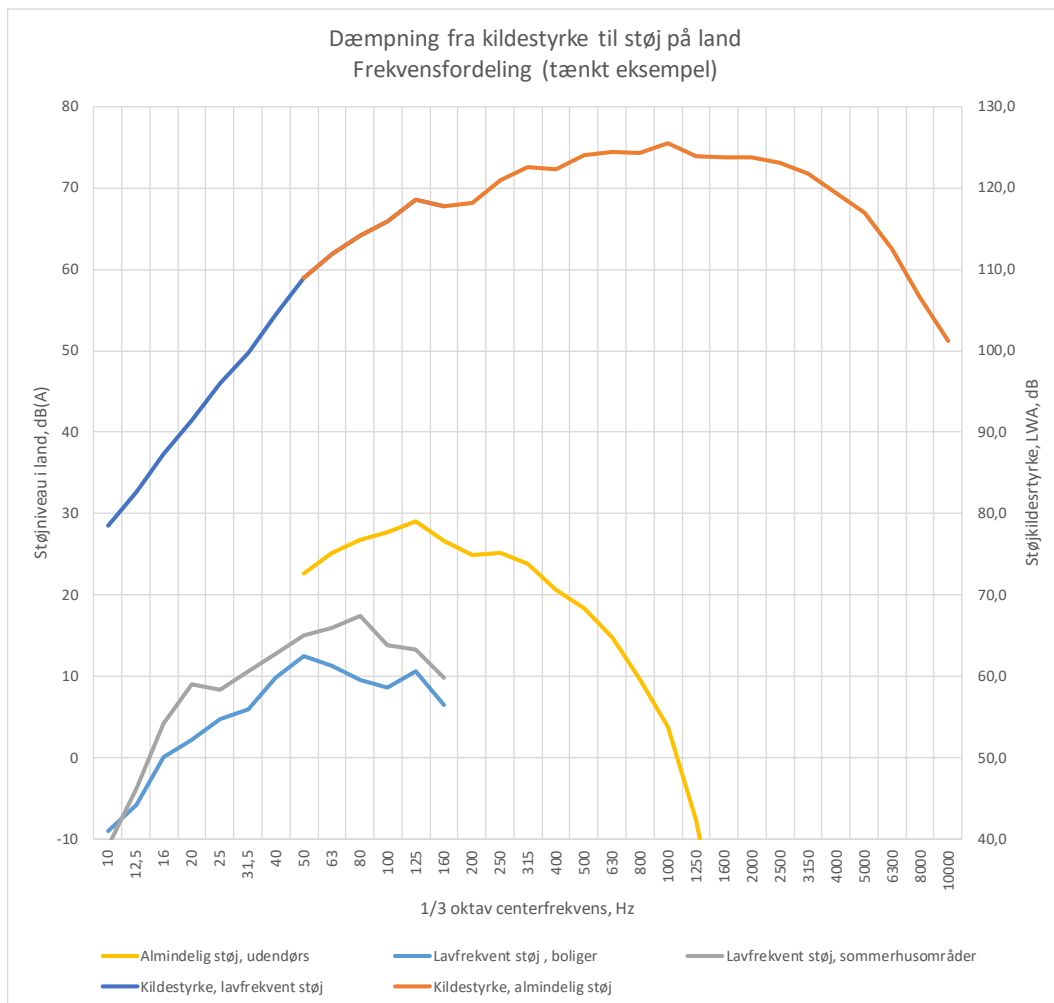
Det er derfor Rambølls samlede vurdering, at de nuværende grænseværdier for almindelig støj i bekendtgørelsen fra 2019 indebærer et beskyttelsesniveau, der svarer til en acceptabel miljøpåvirkning.

Det er desuden Rambølls vurdering, at den danske model med differentierede område typer med lavere grænseværdier for støjfølsom arealanvendelse og for flere vindhastigheder samlet set indebærer en øget beskyttelse af befolkningen mod gener fra støj fra vindmøller sammenlignet med en situation, der er baseret på boliger alene og den samme grænseværdi for alle boliger uanset beliggenhed.

### **6.2.3.2 Gener og helbredseffekter, lavfrekvent støj**

Lavfrekvent støj defineres som den del af den samlede støj, der optræder i frekvensområdet 10 – 160 Hz. Derfor er der et overlap med frekvensområdet for den almindelige støj, som omfatter støj med frekvenser over 50 Hz. Mange velkendte støjkilder giver anledning til støj i det lavfrekvente område. Det gælder f.eks. trafik på veje og jernbaner og fra virksomheder. Der er også et højt lavfrekvent støjniveau i biler og andre transportmidler. Støj fra vind i beplantning og brænding på en kyststrækning giver også anledning til lavfrekvent støj og vil altid i større eller mindre grad være til stede som en baggrundsstøjkilde, når der optræder støj fra vindmøller (i modsætning til andre kilder, der optræder uanset om der er vind eller ej). Ligesom anden støj kan lavfrekvent støj give anledning til gener. Det er dog karakteristisk, at de oplevede gener bliver mærkbare ved niveauer lige over høretærsklen, og generne stiger hurtigere med et øget støjniveau end for støj ved højere frekvenser /36/.

Lavfrekvent støj vurderes indendørs. Hovedparten af den lavfrekvente støj fra havvindmøller placeret langt fra kysten, der i henhold til vindmøllestøjbekendtgørelsens beregningsmetode når ind i bygninger, ligger i frekvensområdet over ca. 50 Hz. Det er illustreret på Figur 3. Ved beregning af lavfrekvent støj indendørs i sommerhusområder, skal der anvendes særlige værdier for den typiske lydisolations for bygninger i disse områder. Det betyder i praksis, at de beregnede niveauer for lavfrekvent støj i sommerhusområder er 4 – 5 dB højere end i andre bygninger. Det fremgår også af Figur 3.



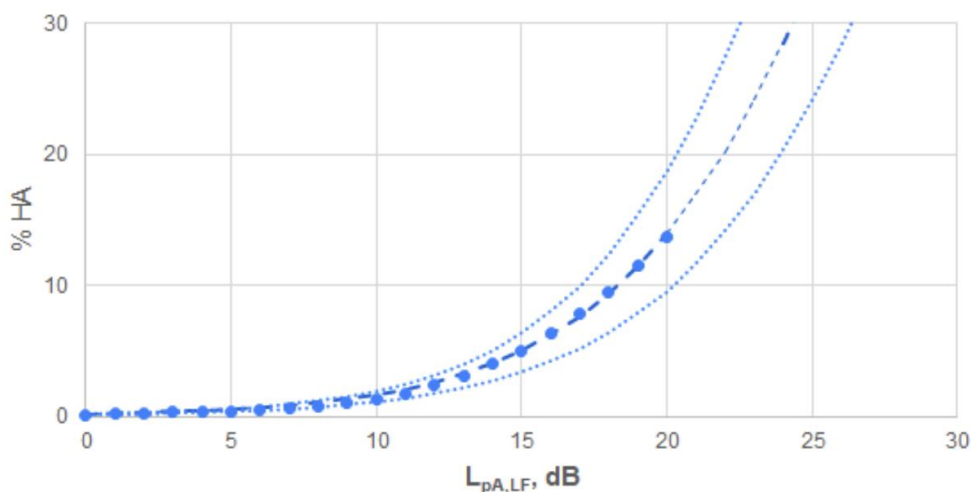
**Figur 3. Frekvensmæssig sammensætning af støj fra havvindmøller. Der er anvendt et tænkt eksempel med en typisk støj kildestyrke for et antal vindmøller på havet (øverste kurve), der er placeret 10 km fra kysten. Støj kildestyrken er vist på skalaen til højre. De tre nederste kurver viser sammensætningen af den støj, der når ind til kysten; almindelig støj samt lavfrekvent støj i henholdsvis boliger og sommerhusområder. Disse niveauer er vist på skalaen til venstre.**

Vindmøllestøjbekendtgørelsen fastsætter en grænseværdi for lavfrekvent støj, som gælder indendørs i beboelse i det åbne land og indendørs i områder til støjfølsom arealanvendelse. Grænseværdien er 20 dB ved både 6 m/s og 8 m/s og svarer til Miljøstyrelsens anbefalede grænseværdi for lavfrekvent støj fra virksomheder i boliger i aften- og natperioden /38/.

I 2002 fik Miljøstyrelsen udarbejdet en arbejdsrapport /39/, der belyser forskellige metoder til vurdering af gener fra lavfrekvent støj. Rapporten konkluderede, at den danske vurderingsmetode med et A-vægtet støjniveau er bedre i overensstemmelse med de oplevede gener end andre afprøvede metoder. Rapporten konkluderede også, at et lavfrekvent støjniveau på 20 dB svarer til en lille oplevet gene.

Det notat om høretærskler og genevirkning for lavfrekvent støj i relation til vindmøller /36/, som Miljøstyrelsens har fået udarbejdet af Force i april 2024, samler ny viden om

emnet. Det fremgår, at der ikke findes undersøgelser af sammenhængen mellem indendørs lavfrekvent støj fra vindmøller og de oplevede gene. Det fremhæves også, at eventuelle kendte sammenhænge for andre støjkloder ikke uden videre kan overføres til støj fra vindmøller. Der er imidlertid en række undersøgelser, som rapporterer sammenhænge mellem det udendørs almindelige støjniveau og den gene, der opleves indendørs. Force er på det grundlag nået frem til kurven på Figur 4. Den bekræfter, at geneniveauet ved et lavfrekvent støjniveau på 20 dB er svarende til 10 – 15 % stærkt generede.



**Figur 4. Sammenhæng mellem indendørs lavfrekvent støjniveau  $L_{pA,LF}$  for vindmøllestøj og procentdelen af stærkt generede (% HA, Highly Annoyed). Der er en usikkerhed på kurven på  $\pm 5$  % stærkt generede. Ved støjniveauer over 20 dB mangler der et data-grundlag. Derfor er den viste kurve en skønnet forlængelse (ekstrapolering). Det betyder, at usikkerheden over 20 dB er større end  $\pm 5$  %.**

Kurven på Figur 4 bekræfter, at geneniveauet stiger mærkbart, når niveauet for den lavfrekvente støj stiger. For almindelig støj udendørs er en tilsvarende kurve mindre stejl /36/. Der er desuden grundlag for en antagelse om, at kurven for lavfrekvent støj er mere stejl for den lave del af det lavfrekvente frekvensområde end for den høje del. Det betyder i praksis, at en stigning i et lydtrykniveau på 5 dB ved 10 Hz vil øge den oplevede lydstyrke lige så meget som 15 dB ved 100 Hz /36/. Hovedparten af lyde-energien i indendørs lavfrekvent støj fra havvindmøller ligger i frekvensområdet over ca. 50 Hz. Det kan begrunde en antagelse om, at kurven på Figur 4 for støj fra havvindmøller i realiteten er mindre stejl. I så fald vil en stigning i støjniveauet give anledning til en mindre stigning i geneniveauet end figuren viser.

Undersøgelse af gener fra støj fra vindmøller er alle baseret på vindmøller på land, hvor afstanden til nærmeste nabo normalt er betydeligt kortere end for havvindmøller. Det betyder, at karakteren af støj fra landbaserede vindmøller er anderledes end støj fra havvindmøller. Det er således velkendt, at støj fra vindmøller på kort afstand varierer, når vingerne bevæger sig gennem luften. Denne variation i støjen (amplitudemodulation) kan have betydning for de gener, som naboer kan opleve, og den kan have større betydning for de oplevede gener end den egentlige lavfrekvente støj. Det er ikke forventeligt, at man vil kunne høre disse variationer i støjen fra store grupper af havvindmøller, der står på mange kilometers afstand.

Hvis kurven, som vist på figuren, forlænges, kan det skønnes, at geneniveauet ved ca. 25 dB kan være 30 – 35 % stærkt generede. Selvom denne antagelse er usikker, og af de nævnte årsager kan være overvurderet, er den det bedste vidensgrundlag, der er tilgængeligt ved vurdering af gener fra lavfrekvent støj med niveauer over 20 dB.

Det er desuden Rambølls samlede vurdering, at den nuværende grænseværdi for indendørs lavfrekvent støj fra vindmøller ( $L_{pA,LF}$  20 dB) svarer til det beskyttelsesniveau, der indebærer en acceptabel miljøpåvirkning. Der er ikke tilvejebragt ny forskningsbaseret viden, som peger på, at grænseværdien bør ændres.

#### **6.2.4 Andre landes regulering af lavfrekvent støj fra vindmøller**

En undersøgelse af regler og metoder for støj fra vindmøller udført i 2016 konstaterede, at Danmark er det første land, der har indført en særlig grænseværdi for lavfrekvent støj fra vindmøller /40/.

Rambøll har i januar 2024 gennemgået regler om støj fra vindmøller i Sverige, Norge, Finland, Belgien, Nederlandene og Tyskland. Det er karakteristisk, at reglerne i de fleste lande ikke skelner mellem vindmøller på land og vindmøller på havet.

Det er kun Danmark, der har fastsat specifikke grænseværdier for lavfrekvent støj. I Nederlandene har myndighederne vurderet, at der ikke er undersøgelser som påviser, at lavfrekvent støj fra vindmøller har nogen speciel eller mærkbar betydning for den samlede støjpåvirkning fra vindmøller<sup>2</sup>. I Sverige vurderes det, at overholdes en udendørs grænseværdi på 40 dB(A) for den almindelige støj, er der i almindelige boliger lille risiko for, at grænseværdier for indendørs lavfrekvent støj kan blive overskredet<sup>3</sup>.

Selvom det må antages, at lavfrekvent støj indgår eller kan indgå i miljøkonsekvensvurderinger i alle lande, er det generelle billede, at lavfrekvent støj derudover kun håndteres, hvis der opstår særlige situationer, f.eks. berettigede klager. Det er nogenlunde på linje med den danske tilgang for støj fra virksomheder.

Det er kun i Norge og Finland, at der findes en særlig metode til beregning af støj fra havvindmøller, og kun i Finland findes en særlige metode for lavfrekvent støj, som dog ikke omfatter en korrektion for multiple refleksioner ved beregning af støj fra havvindmøller.

#### **6.2.5 Vurdering af behov for ændringer**

Det vurderes, at ny viden om gener og helbredseffekter knyttet til lavfrekvent støj fra vindmøller ikke giver anledning til ændringer i vurderingerne af befolkning og menneskers sundhed i miljørapporten fra 2018 om den daværende vindmøllestøjbekendtgørelse /2/ og de ændringer, der efterfølgende blev indarbejdet i den gældende vindmøllestøjbekendtgørelse fra 2019 /3/.

Det er således også Rambølls samlede vurdering, at den nuværende grænseværdi for indendørs lavfrekvent støj fra vindmøller svarer til det beskyttelsesniveau, der indebærer en acceptabel miljøpåvirkning. Der er ikke os bekendt tilvejebragt ny forskningsbaseret viden, som peger på, at grænseværdien bør ændres.

---

<sup>2</sup> <https://www.rvo.nl/onderwerpen/windenergie-op-land/geluid/geluidnormering-windmolens>

<sup>3</sup> <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/vagledning/vindkraft/vagledning-om-buller-fran-vindkraftverk.pdf>

## 6.3 Materielle goder

### 6.3.1 Miljøvurderingen af den eksisterende bekendtgørelse

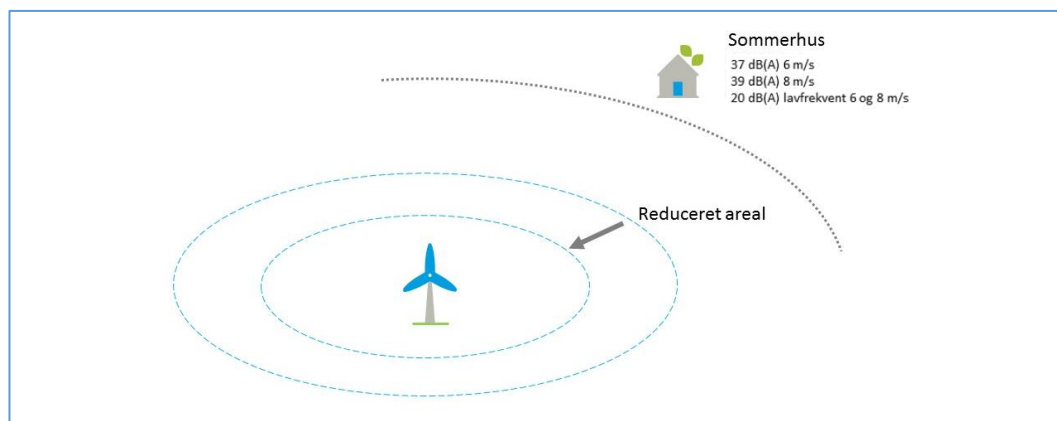
Miljøvurderingen fra 2018 /1/ omfattede en vurdering af påvirkningen på erhverv som følge af vindmøllestøjbekendtgørelsens grænseværdier, beregningsmetoder og vurderingsmetoder for støj fra vindmøller. Det blev vurderet, at vindmøllestøjbekendtgørelsens betydning for materielle goder er knyttet til den mulige arealanvendelse, som påvirkes af bekendtgørelsens grænseværdier. Grænseværdierne definerer nemlig, hvilke områder omkring vindmøller, der er støjbelastede, dvs. udsat for støj over en af grænseværdierne. I henhold til planloven /5/ kan disse områder ikke udlægges til støjfølsom arealanvendelse og der vil være begrænsninger i muligheder for at bygge nye boliger i det åbne land.

Restriktionernes arealmæssige omfang følger af vindmøllestøjbekendtgørelsens grænseværdier, men således også af planlovens forbud mod at udlægge områder til støjfølsom arealanvendelse, hvis de er støjbelastede.

Grænseværdierne for støj fra vindmøller sætter desuden rammer for etablering af nye vindmøller og vindmølleparker på land og på havet, fordi disse anlæg ikke må medføre overskridelse af bekendtgørelsens grænseværdier i eksisterende støjfølsomme områder og ved eksisterende beboelse i det åbne land. Bekendtgørelsens grænseværdier er dermed med til at definere, hvilke arealer, der er til rådighed for opstilling af vindmøller.

Samlet blev det imidlertid konkluderet i miljøvurderingen i 2018, at vindmøllestøjbekendtgørelsens miljøpåvirkning af materielle goder er af rent principiel karakter og uden en kvantificerbar påvirkning.

Det blev vurderet, at de ændringer, der efterfølgende blev implementeret i vindmøllestøjbekendtgørelsen (2019), i princippet kunne påvirke placeringsmuligheder for havvindmøller generelt på grund af en ændret metode ved beregning af støj fra disse vindmøller. Det blev også vurderet, at placeringsmuligheder på havet og på land i nærheden af sommerhusområder kunne blive begrænset. Det skyldes, at der blev indført en ændret beregningsmetode for lavfrekvent støj i sommerhusområde, som kunne medføre en øget beskyttelse af disse områder. Samlet blev det dog vurderet, at ændringerne af vindmøllestøjbekendtgørelsen ville få marginal betydning for materielle goder.



**Figur 5. Illustration af konsekvensen ved den ændring af værdier for sommerhuses lyd-isolation, der blev indført i vindmøllestøjbekendtgørelsen i 2019 /1/.**

### 6.3.2 Gennemgang af ny viden

I perioden siden miljøvurderingen af vindmøllestøjbekendtgørelsen i 2018 er der udgivet flere rapporter over miljøkonsekvensvurderinger af vindmølleprojekter, som har omfattet vurdering af disse konkrete projekters påvirkning for materielle goder. Det er karakteristisk, at disse vurderinger typisk har omfattet erhvervsfiskeri, påvirkning af radar- og radiokæder, råstofindvinding i vindmølleområdet, sejladsforhold og flysikkerhed /19/ /20/ /22/ /23/ /24/ /26/ /27/ /30/ /33/. I nogle tilfælde indgår også den mulige påvirkning af ejendomspriser /25/ /28/ /31/.

De mulige påvirkninger af turisme, friluftsliv og rekreative aktiviteter indgår ikke i alle miljøvurderinger. Når de har indgået, har de typisk være behandlet under overskrifterne socioøkonomiske forhold samt befolkning og menneskers sundhed, men de kan naturligvis også betragtes som materielle goder.

Ved alle vurderinger af mulige påvirkninger af ejendomsværdi, turisme, friluftsliv og rekreative aktiviteter er det først og fremmest projekternes visuelle påvirkning, der er anset for at have betydning. Ingen vurderinger tillægger i denne sammenhæng støjpåvirkningen fra havvindmøller en betydning. Miljøvurderingernes afsnit om støjforhold er i stedet karakteriseret ved, at de undersøger den forventede støj i forhold grænseværdierne i vindmøllestøjbekendtgørelsen og på det grundlag vurderer påvirkningen af mennesker. Hvis grænseværdierne forventes overholdt, vurderes denne påvirkning som lille eller ubetydelig. Det gælder også i tilfælde, hvor den forventede støj er tæt på en eller flere grænseværdier.

Rambøll har i forbindelse med nærværende miljøvurdering ikke fundet resultater af videnskabelige undersøgelser af mulige sammenhænge mellem støjgener og støj specifikt fra havvindmøller. Andre søgninger er kommet til samme resultat /36/. De kendte sammenhænge er således baseret på undersøgelser af gener fra vindmøller placeret på land.

Der er heller ikke fundet undersøgelser af mulige sammenhænge mellem støj fra havvindmøller og påvirkning af ejendomspriser, turisme, friluftsliv og rekreative aktiviteter.



Det er imidlertid veldokumenteret, at den samlede oplevelse af eventuelle gener fra vindmøller er en kombination af især visuelle forhold og støj. En række undersøgelser har således vist, at de visuelle og støjmæssige påvirkninger er tæt forbundne og svære at adskille /36/. Andre faktorer, der kan have betydning for den samlede oplevelse af gener fra vindmøller, kan være personlige holdninger til vindmøller og inddragelse i planlægningsprocesser. Selvom denne viden i vid udstrækning også er baseret på forhold omkring landbaserede vindmøller, findes der en viden om betydningen af den visuelle påvirkning fra havvindmøller. På grund af den tætte sammenhæng mellem visuel påvirkning og støjpåvirkning, er det fundet relevant at omtale den viden om betydningen af den visuelle påvirkning, som har indgået i miljøvurderinger af konkrete havvindmølleprojekter.

#### **6.3.2.1 Påvirkning af turisme, friluftsliv og rekreative aktiviteter**

En række miljøkonsekvensrapporter om havvindmølleparker indeholder således vurderinger af den visuelle påvirknings betydning for turisme, friluftsliv og rekreative aktiviteter /19/ /20/ /23/ /25/ /26/ /27/ /28/ /30/ /31/ /33/. De fleste er imidlertid baseret på viden, der præsenteres i miljøvurderingerne af Horns Rev 3 /23/ samt miljøvurderingerne af Vesterhav Nord og Syd fra 2015 og 2020 /28/ /31/ /30/ /33/ .

Det fremgår af miljøvurderingen af Horns Rev 3, at den visuelle påvirkning fra de tidligere havvindmølleprojekter i området, Horns Rev 1 og 2, tilsyneladende ikke har afholdt turister fra at komme til området. En bekymring om, at havvindmøllerne ville påvirke sommerhusudlejningen, viste sig således at være ubegrundet. Turistorganisationer i området har desuden formidlet havvindmøllerne som en visuel attraktion. Miljøvurderingen konkluderer derfor, at der ikke er grundlag for, at Horns Rev 3 havvindmøllerne vil medføre negative socioøkonomiske effekter, men formentlig kan understøtte de hidtidige turismetiltag.

I forbindelse med miljøvurderingerne af Vesterhav Nord og Vesterhav Syd, som sættes i drift i 2023/2024, blev der i 2016 og 2018 gennemført undersøgelser af lokalbefolkningens holdninger til de to havvindmølleparker. Denne og andre undersøgelser viser, at befolkningen i de berørte områder har forskellige holdninger til havvindmølleparker, men størstedelen af borgerne er positivt indstillede. Nogle mente dog, at støj kan være en gene og en del var bekymrede for, om deres bolig ville tabe i værdi. Undersøgelsen viste også, at en væsentlig bekymring ved kystnære havvindmøller er den visuelle påvirkning /30/ /33/.

Udenlandske undersøgelser har også påvist, at havvindmøllers visuelle påvirkning tillægges stor betydning blandt mennesker, der besøger kystområder. Betydningen er dog blandet. Nogle siger, at de vil opsøge strande uden udsigt til vindmøller, mens andre vil se vindmøller som en attraktion. Det er i tråd med erfaringerne fra Horns Rev vindmølleparkerne.

Det fremgår således af miljøkonsekvensvurderingerne, at den påvirkning af mennesker, der lægges størst vægt på i forbindelse med havvindmølleparker, er den visuelle påvirkning. Men det er ikke en påvirkning, der entydigt er negativ eller positiv. Der er således ikke tegn på, at eksisterende havvindmølleparker har haft negativ betydning for turisme og friluftsliv, men det kan ikke afvises, at der samlet kan være en negativ påvirkning af kystområdets herlighedsværdi.

### **6.3.2.2 Påvirkning af ejendomsværdi**

Der er ikke undersøgelser, som har påvist, at havvindmøller påvirker ejendomsværdi for sommerhuse og boliger i kystområder med udsigt til vindmøllerne. Det fremgår af miljøvurderingen af Horns Rev 3, at de eksisterende havvindmølleparker, Horns Rev 1 og 2, ikke har haft negativ betydning for turismeerhvervet, herunder sommerhusudlejning. I miljøvurderingerne af havvindmølleprojekterne Vesterhav Nord og Vesterhav Syd henvises også til erfaringer fra Nysted, hvor Nysted Havvindmøllepark blev etableret i 2003 ca. 10 km fra kysten. Det omtales således, at en lokal ejendomsmægler i 2014 oplyste, at parken ikke har påvirket ejendomspriserne i området /23/.

En undersøgelse udført af Cowi for Energistyrelsen i 2016 omfattede en analyse af effekter af havvindmøller opstillet mellem 3,5 - 9,5 km fra kysten (Nysted og Rødsand II). Der blev ikke fundet en effekt på ejendomspriserne for helårsboliger og sommerhuse /34/.

På baggrund af interviews med lokale ejendomsmæglere blev det i 2014 vurderet, at etablering af Vesterhav Nord havvindmøllepark ikke ville få betydelig effekt på ejendomspriser, og for helårsbeboelse formentlig ikke en negativ effekt. Det blev derfor i 2015 konkluderet, at Vesterhav Nord og Syd havvindmølleparkerne kan få en ubetydelig negativ påvirkning af ejendomspriserne i de berørte områder.

Det er velkendt, at etablering af vindmøller og andre energianlæg kan påvirke værdien af ejendomme i nærheden. I henhold til værditabsordningen kan boligejere derfor anmelde krav om betaling for værditab som følge af opstilling af vedvarende energianlæg i nærheden af boligen. Ordningen omfatter også havvindmøller, der etableres udenfor udbud eller i områder udpeget til kystnære havvindmølleparker.

### **6.3.2.3 Påvirkning af muligheder for udbygning af havvindmøller**

Ved revision af vindmøllestøjbekendtgørelsen i 2019 var der planer om udbygning af havvindmølleprojekter med et omfang, der ikke væsentligt blev påvirket af bekendtgørelsens nye regler om korrektion for multiple refleksioner og et særligt hensyn til sommerhusområder ved beregning af indendørs lavfrekvent støj. Det hang sammen med projekternes størrelse og en placering typisk ikke mere end ca. 10 km fra kysten, hvor multiple refleksioner har lille betydning. Det var derfor ikke væsentligt ved vurdering af bekendtgørelsens konsekvenser, at beregningsmetoden kunne have betydelige konsekvenser for de beregnede støjbidrag fra vindmøller placeret på væsentlig større afstand fra kysten.

I dag er planerne om udbygning af havvindmøller imidlertid betydeligt mere omfattende og ofte med placeringer langt fra kysten, dvs. mere end 10 km. Det betyder, at vindmøllestøjbekendtgørelsens beregningsmetode for havvindmøller har større konsekvenser for de beregnede støjbidrag fra havvindmøller. Det gælder især ved beregning af lavfrekvent støj. Det vurderes således, at reglerne i den eksisterende bekendtgørelse blokerer for gennemførelse af de havvindmølleprojekter, der er besluttet af Folketinget.

### **6.3.3 Vurdering af behov for ændringer**

Det vurderes samlet, at ny viden om materielle goder, herunder betydning af visuelle påvirkninger, ikke giver anledning til ændringer i vurderingerne af materielle goder i miljørapporten fra 2018, fordi den specifikt forholder sig til støj. Det vurderes imidlertid, at viden om betydningen af den visuelle påvirkning fra havvindmøller og den

kendte sammenhæng mellem gener fra støj og fra visuelle indtryk, bør indgå i vurderingen af den mulige påvirkning af materielle goder, hvis vindmølestøjbekendtgørelsens metode for beregning af lavfrekvent støj fra havvindmøller ændres.

## 7 Miljøvurdering af ændringen

I det følgende har Rambøll, jævnfør afsnit 4 om miljøvurderingens afgrænsning, gennemført en vurdering af bekendtgørelsens miljøpåvirkning af:

- Natura 2000 og bilag IV (biologisk mangfoldighed)
- Befolkning og menneskers sundhed
- Materielle goder.

### 7.1 Natura 2000-områder

I det følgende vurderes påvirkninger fra ændringen af bekendtgørelsen i forhold til beskyttelsen af Natura 2000-områder efter habitatdirektivet (direktiv 92/43/EØF) og fuglebeskyttelsesdirektivet (direktiv 2009/147/EF). Afsnittet udgør en væsentlighedsvurdering, som har til formål at vurdere, om en væsentlig påvirkning af Natura 2000-områdets udpegningsgrundlag kan afvises. Hvis det ikke er tilfældet, skal der gennemføres en uddybende Natura 2000-konsekvensvurdering, der har til formål at vurdere, om planen kan medføre en skadevirkning på områdets udpegningsgrundlag eller områdets integritet.

Natura 2000-områder kan bestå af enten et habitatområde, et fuglebeskyttelsesområde eller begge dele. For hvert Natura 2000-område er der fastlagt en liste med naturtyper, arter og/eller fugle, som det enkelte område er udpeget for at beskytte, det såkaldte udpegningsgrundlag. Det overordnede mål for Natura 2000-områderne er at sikre eller genoprette gunstig bevaringsstatus for de arter og naturtyper, der indgår i områdernes udpegningsgrundlag.

Habitatdirektivet og fuglebeskyttelsesdirektivet angiver også en række kriterier, som skal være opfyldt, for at en naturtype eller art kan siges at have gunstig bevaringsstatus.

Desuden skal områdernes integritet bevares. "Områdets integritet" refererer i habitatdirektivet til nødvendigheden af at opretholde den naturlige tilstand og karakter af et beskyttet område for at sikre bevarelsen af de levesteder og arter, der er beskyttet af direktivet. Det indebærer at forhindre eller minimere menneskelige aktiviteter, der kunne forstyrre eller ændre områdets naturlige dynamik og struktur.

#### 7.1.1 Potentielle påvirkninger

Blandt de typiske påvirkninger fra havvindmøller på Natura 2000-områder er påvirkning fra undervandsstøjs af marine pattedyr, barriereeffekt og kollisionsrisiko for fugle, og påvirkninger af natur på havbunden. Ændringen af beregningsmetoden for vindmøllestøjbekendtgørelsen har ikke betydning for undervandsstøj eller den fysiske fremtræden af vindmøller, og påvirkningerne er derfor af en anden karakter, end dem der normalt vurderes.

Som beskrevet i afsnit 1 er forekomsten af multiple refleksioner fra støj fra havvindmøller på afstande over 10 kilometer fra kysten ikke valideret, men i det omfang, de forekommer, vil korrektionen af beregningsmetoden lede til en øget beregnet luftbåren lavfrekvent støj på afstande over ca. 9 km fra havvindmøllerne. Forekomsten af den øgede lavfrekvente støj afhænger af vindretning, vejforhold, mv.

Arter, som er følsomme over for luftbåren lavfrekvent støj, kan derfor potentielt blive påvirket. Det gælder også arter på udpegningsgrundlaget i Natura 2000-områder og fuglebeskyttelsesområder. Ændringen af bekendtgørelsen vil ikke lede til øget støj under vandoverfladen, og derfor vil arter under havoverfladen ikke blive påvirket.

Som beskrevet i afsnit 6.1.2 om ny viden om sammenhænge mellem støj og arter, findes der en række studier af bredspektret støjs påvirkning af arter. Til gengæld er der begrænset viden om påvirkning af arter fra luftbåren lavfrekvent støj. Det gælder især for lavfrekvent støj fra vindmøller, herunder havvindmøller. Der er ikke fundet litteratur, der påviser en påvirkning af naturtyper, og derfor indgår naturtyper ikke i vurderingen.

Studier har vist, at menneskelig støj påvirker adfærd hos flagermus (/64/ /65/ /66/). Et studie af hestesko-flagermus har vist, at ekkolokationsadfærd også påvirkes ved frekvenser under det område, der er relevant for ekkolokationen /63/. Flagermus' følsomhed overfor lavfrekvent støj er vist at være meget begrænset med variationer på tværs af arter, især i tilfælde af kortvarige lyde /69/. Forskning viser desuden, at flagermus udsender lavfrekvente lyde til at kommunikere med hinanden og skabe sociale relationer, men der er fortsat usikkerhed om vigtigheden og betydningen heraf /70/.

Studier har vist, at luftbåren lavfrekvent støj fra vindmøller muligvis kan påvirke fugles kommunikation /61/, selvom der også er studier, der ikke viser en tilsvarende sammenhæng /62/. Påvirkningen af fugles kommunikation kan have betydning for fuglenes ynglesucces og dermed bestand /61/. Studierne handler blandt andet om rød Hals /61/ og lærke /73/. Et japansk studie viste, at uglers evne til at lokalisere føde påvirkes af trafikstøj, som også indebærer lavfrekvent støj /75/. Studiet viste dog ikke en direkte sammenhæng mellem lavfrekvent støj og påvirkningen af ugle.

I forhold til gnavere har eksperimenter påvist påvirkninger af rotter ved omfattende udsættelse for lavfrekvent støj /60/, men det er foreløbige resultater og en påvirkning af et andet omfang, end de sandsynlige scenarier som ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil indebære. I forhold til rovdyr har studier af grævlingers følsomhed for støj fra vindmøller ikke påvist en direkte sammenhæng med lavfrekvent støj /72/.

Bredspektret luftbåren støj kan potentielt påvirke sæler, der opholder sig på hvilepladser på land, men der er ikke studier, der påviser, at lavfrekvent støj fra vindmøller kan være et problem.

### **7.1.2 Metode og datagrundlag**

Vurderingen af påvirkninger på Natura 2000-områder og deres udpegningsgrundlag baseres på eksisterende viden i form af studier af luftbåren lavfrekvent støj i forhold til arter. I overensstemmelse med habitatdirektivet baseres vurderingerne på bedste videnskabelige viden.

Der er meget begrænset viden om, hvordan luftbåren lavfrekvent støj påvirker forskellige arter, og endnu mindre viden, der modsvarer arter i en dansk kontekst. Derfor baseres vurderingen på de mest relevante undersøgelser i den internationale litteratur.

Vindmøllestøjbekendtgørelsen er ikke geografisk afgrænset, og derfor kan alle marine og kystnære Natura 2000-områder med arter på udpegningsgrundlaget, der er sårbare

overfor luftbåren lavfrekvent støj, potentielt blive påvirket af ændringen. Med meget begrænset videnskabelig viden om specifikke arters følsomhed overfor lavfrekvent støj vil det ikke være muligt at lave en detaljeret gennemgang af påvirkninger af de enkelte arter på Natura 2000-områdernes udpegningsgrundlag. I stedet behandles Natura 2000-områderne i to overordnede kategorier i det følgende.

### 7.1.3 Potentielt påvirkede Natura 2000-områder

Potentielt påvirkede Natura 2000-områder inddeles i to kategorier:

Marine og kystnære Natura 2000-områder med pattedyr på udpegningsgrundlaget. herunder sæler og flagermus, der potentielt kan påvirkes af luftbåren lavfrekvent støj. Det er f.eks. gråsæl og spættet sæl på udpegningsgrundlaget for Natura 2000-områderne nr. 128: Hesselø med omliggende stenrev. Sæler er følsomme overfor almindelig bredspektret luftbåren støj, især på deres raste- og ynglepladser, men der er ikke påvist sammenhænge mellem sælers adfærd og luftbåren lavfrekvent støj. Flagermus er på udpegningsgrundlaget på en række kystnære Natura 2000-områder, f.eks. bredøret flagermus, der er på udpegningsgrundlaget Natura 2000-område 171: Klinteskov og Klinteskov Kalkgrund. Studier er ikke entydige i forhold til, om og hvordan flagermus kan påvirkes af luftbåren lavfrekvent støj. Områderne medtages i væsentlighedsvurderingen ud fra et forsigtighedsprincip.

Marine og kystnære Natura 2000-områder med fugle på udpegningsgrundlaget. Det er f.eks. bjergand, havterne og klyde, der er på udpegningsgrundlaget Natura 2000-områder og fuglebeskyttelsesområder (fx F71 og F123). Arterne kan påvirkes af almindelig bredspektret støj, men der er ikke påvist sammenhænge med lavfrekvent støj. Områderne medtages i væsentlighedsvurderingen ud fra et forsigtighedsprincip.

### 7.1.4 Væsentlighedsvurdering

Vurderingen omfatter de to kategorier:

Kystnære og marine Natura 2000-områder med pattedyr på udpegningsgrundlaget. Som beskrevet i afsnit 1 er det usikkert i hvilket omfang (og i hvilken grad) realiseringen af havvindmølleprojekter efter ændringen af beregningsmetoden i vindmøllestøj-bekendtgørelsen vil resultere i øget lavfrekvent støj. Hvis multiple refleksioner forekommer på over 10 kilometers afstand, vil korrektionen af beregningsmetoden lede til en beregnet øget luftbåren lavfrekvent støj i afstande over 9 km fra havvindmøllen, se Figur 1. Hvis pattedyr på udpegningsgrundlaget befinder sig tættere på en havvindmølle end 9 km, vil ændringen af bekendtgørelsen ikke betyde noget for påvirkningen. Hvis arterne befinder sig længere væk end 9 km, vil det beregnede støjni-veau uden korrektion for multiple refleksioner være mindre end ved en beregning med multiple refleksioner.

Estimatet af, at multiple refleksioner forekommer i op til 30 % af tiden i natperioden om sommeren, i mindre omfang på andre årstider og i praksis ikke om dagen, gælder både på havet og på land. Ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil, uanset om multiple refleksioner forekommer på afstande over 10 km, derfor ikke indebære en øget påvirkning af pattedyr om dagen. På land nær kysten vil ændringen af bekendtgørelsen potentielt lede til en øget lavfrekvent støj i et mindre omfang, jf. afsnit 3.2.

Der er generelt manglende viden om, hvordan pattedyr påvirkes af lavfrekvent støj fra havvindmøller, særligt om natten og langt fra havvindmøller. En sammenligning af

pattedyr på udpegningsgrundlaget for kystnære Natura 2000-områder i og tæt på Danmark 69 med videnskabelig viden om pattedyrs følsomhed for luftbåren lavfrekvent støj giver ikke begrundet formodning om væsentlige påvirkninger af pattedyr på udpegningsgrundlaget ved en potentiel påvirkning i det omtalte omfang.

Som beskrevet i afsnit 7.1.1 giver studier forskellige billeder af, om flagermus kan påvirkes ved lavfrekvent støj fra andre kilder end havvindmøller. Vurderingen af, at påvirkningen fra havvindmøllers luftbårne lavfrekvente støj på flagermus ikke er væsentlig, underbygges af, at flagermus tilsyneladende ikke bliver påvirket af luftbåren lavfrekvent støj, når de bliver tiltrukket af vindmøller i deres jagt på insekter /68/. Flagermus befinder sig desuden i områder, hvor der er lavfrekvent støj fra andre menneskelige aktiviteter, når de f.eks. yngler under motorvejsbroer /74/.

Der kan være tale om en kumulativ påvirkning af pattedyr fra flere forskellige kilder til lavfrekvent støj eller en synergistisk påvirkning på pattedyr fra forskellige typer af støj. De kumulative påvirkninger fra forskellige vindmøller håndteres i vindmøllestøjbekendtgørelsen, og det er ikke på nationalt niveau muligt at identificere konkrete områder, hvor kumulative eller synergistiske påvirkninger kan give anledning til væsentlige påvirkninger.

Det vurderes på den baggrund, at ændringen af beregningsmetoden i vindmøllestøjbekendtgørelsen ikke vil påvirke kystnære og marine Natura 2000-områder med pattedyr på udpegningsgrundlaget.

#### Marine og kystnære Natura 2000-områder med fugle på udpegningsgrundlaget.

Der er generelt manglende viden om, hvordan fugle påvirkes af lavfrekvent støj fra havvindmøller, særligt om natten og i forhold til fuglearter, der forekommer i Danmark. En sammenligning af fugle på udpegningsgrundlaget for marine eller kystnære fuglebeskyttelsesområder i og tæt på Danmark /76/ med videnskabelig viden om fugles følsomhed for lavfrekvent støj giver ikke begrundet formodning om væsentlige påvirkninger af fugle på udpegningsgrundlaget ved en potentiel påvirkning fra luftbåren lavfrekvent støj i det omtalte omfang.

Der kan være potentielle påvirkninger af nataktive fugle som ugler /75/, men studier viser ikke en påvirkning i de dB-niveauer for lavfrekvent støj, som tillades for havvindmøller i Danmark.

Det vurderes på den baggrund, at ændringen af beregningsmetoden i vindmøllestøjbekendtgørelsen ikke vil påvirke kystnære og marine fuglebeskyttelsesområder med fugle på udpegningsgrundlaget.

### **7.1.5 Sammenfattende vurdering**

Det konkluderes ud fra vurderingen af bekendtgørelsens potentielle påvirkning af fugle og pattedyr på udpegningsgrundlaget for marine og kystnære Natura 2000-områder, at det ud fra den bedste videnskabelige viden kan afvises, at der vil ske en væsentlig påvirkning af områdernes udpegningsgrundlag og af områdernes integritet.

Ved konkrete havvindmølleprojekter og konkrete bestandstørrelser bør det undersøges, om påvirkningen fra lavfrekvent støj i samspil med øvrige presfaktorer fra havvindmøllers øvrige påvirkninger (herunder barriereeffekt) og kumulative effekter fra

samfundets øvrige presfaktorer kan have betydning for Natura 2000-områders og fuglebeskyttelsesområders udpegningsgrundlag og integritet.

## **7.2 Bilag IV-arter**

Som for Natura 2000-områderne gælder der særlige regler for vurdering af påvirkninger af habitatdirektivets bilag IV-arter. Der er fokus på, at arterne ikke forsætligt må forstyrres eller slås ihjel, og at arternes yngle- og rasteområder skal beskyttes. Ved vurderingen af påvirkninger, er det ikke individet, men muligheden for at bevare en bestands økologiske funktionalitet, der er i fokus. Tilsvarende indebærer fuglebeskyttelsesdirektivet bestemmelser om beskyttelser af fuglearter og et krav om vurderingen af, om der kan ske påvirkning af fuglebestandene i og uden for Natura 2000-områder, herunder påvirkning af levesteder. Dette afsnit dækker også fuglebeskyttelsesdirektivets bestemmelser.

### **7.2.1 Potentielle påvirkninger**

Som beskrevet i afsnit 1 er det usikkert i hvilket omfang realiseringen af havvindmølleprojekter efter ændringen af beregningsmetoden i vindmøllestøjbekendtgørelsen vil resultere i øget lavfrekvent støj. Hvis multiple refleksioner forekommer på over 10 kilometers afstand, vil korrektionen af beregningsmetoden lede til en beregnet øget luftbåren lavfrekvent støj i afstande over 9 km fra havvindmøllen, se Figur 1.

Ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen kan lede til øget lavfrekvent støj under særlige vejrforhold fra kommende havvindmølleparker. Vindmøllestøjbekendtgørelsen er ikke geografisk afgrænset, og derfor kan alle marine og kystnære bilag IV-arter og fuglearter beskyttet af fuglebeskyttelsesdirektivet, der er sårbare overfor luftbåren lavfrekvent støj, potentielt påvirkes.

Ændringen af bekendtgørelsen vil ikke lede til øget støj under vandoverfladen, og derfor vil påvirkning af bilag IV-arter under havoverfladen ikke indgå i vurderingen.

Der er begrænset viden om påvirkning af arter fra luftbåren lavfrekvent støj. Det gælder især for lavfrekvent støj fra vindmøller, herunder havvindmøller. Arter reagerer på støj på forskellig vis blandt andet på grund af forskelle i følsomhed overfor støj.

Den generelle viden om potentielle påvirkninger fra lavfrekvent støj for bilag IV-arter og beskyttede fugle modsvarer den generelle viden opsummeret i afsnit 7.1.1 for arter på udpegningsgrundlaget for Natura 2000-områder. Her dokumenterer forskningen blandt andet, at lavfrekvent støj kan påvirke sangfugles kommunikation /61/, potentielt ekkolokationsadfærd hos flagermus /64/ og rotters helbred /60/.

### **7.2.2 Metode og datagrundlag**

Vurderingen af biologisk mangfoldighed baseres på eksisterende viden i form af internationale studier af lavfrekvent støj i forhold til arter.

Der er meget begrænset viden om, hvordan lavfrekvent støj påvirker forskellige arter, og endnu mindre viden, der modsvarer arter i en dansk kontekst. Den begrænsede viden betyder, at der er store usikkerheder i vurderingerne.



Vurderingerne foretages på et overordnet niveau, da ændringen af bekendtgørelsen ikke er geografisk afgrænset, og det er derfor ikke relevant at undersøge konkrete lokationer.

### **7.2.3 Potentielt påvirkede bilag IV-arter**

Ud fra den eksisterende viden om hvilke bilag-IV arter og fuglearter beskyttet efter fuglebeskyttelsesdirektivet, der potentielt kan påvirkes af øget lavfrekvent støj, afgrænses undersøgelsen til flagermus og ugler.

Der lever 17 arter af flagermus i Danmark, og de mest almindelige arter i Danmark er sydflagermusen, dværgflagermus, skimmelflagermusen og vandflagermusen /68/. Flagermus jager både på land og over havet, og derfor kan alle arter potentielt blive påvirket af øget luftbåren lavfrekvent støj fra havvindmølleparker.

Stor hornugle, mosehornugle og perleugle er beskyttet af fuglebeskyttelsesdirektivets bilag 1 /79/.

### **7.2.4 Vurdering af påvirkninger af bilag IV-arter**

Ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen vurderes ikke at føre til drab på individer af flagermus, da forøgelsen af luftbåren lavfrekvent støj ikke forekommer i et omfang, der kan dræbe flagermus.

Som beskrevet i afsnit 1 er det usikkert i hvilket omfang realiseringen af havvindmølleprojekter efter ændringen af beregningsmetoden i vindmøllestøjbekendtgørelsen vil resultere i øget lavfrekvent støj. Hvis multiple refleksioner forekommer på over 10 kilometers afstand, vil korrektionen af beregningsmetoden lede til en beregnet øget luftbåren lavfrekvent støj i afstande over 9 km fra havvindmøllen, se Figur 1.

Hvis de beskyttede arter befinder sig tættere på en havvindmølle end 9 km, vil ændringen af bekendtgørelsen ikke betyde noget for påvirkningen. Hvis arterne befinder sig længere væk end 9 km, vil det beregnede støjniveau uden korrektion for multiple refleksioner være mindre end ved en beregning med multiple refleksioner.

Estimatet af, at multiple refleksioner forekommer i op til 30 % af tiden i natperioden om sommeren, i mindre omfang på andre årstider og i praksis ikke om dagen, gælder både på havet og på land. Ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil, uanset om multiple refleksioner forekommer på afstande over 10 km, derfor ikke indebære en øget påvirkning af arter om dagen. På land nær kysten vil ændringen af bekendtgørelsen potentielt lede til en øget lavfrekvent støj i et mindre omfang, jf. afsnit 3.2.

Flagermus kan både påvirkes på land og når de fouragerer ud over havet. Flagermuses flyvning over havet foregår normalt ved relativt lave vindhastigheder, og undersøgelser fra tyske bølger i Østersøen tyder på, at kun meget få flagermus flyver over åbent hav ved vindhastigheder over 5 m/s /78/. Vindmøller støjer mere ved højere vindhastigheder (jf. afsnit 3.2), og flagermus vil derfor ikke blive udsat for de højeste lavfrekvente støjniveauer.

Som beskrevet i afsnit 7.1.1 viser forskning, at flagermus' følsomhed overfor lavfrekvent støj er meget begrænset, især i tilfælde af kortvarige impulser /69/. Det taler desuden for en begrænset påvirkning af lavfrekvent støj, at flagermus bliver tiltrukket af vindmøller i deres jagt på insekter til trods for, at vindmøllerne udsender lavfre-

kvent støj /68/. Hvis multiple refleksioner forekommer ved mere end 10 kilometers afstand, og ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen derfor vil lede til øget luftbåren lavfrekvent støj, vurderes ændringen ikke at være af et omfang, der vil forstyrre flagermus.

Der kan være tale om en kumulativ påvirkning af flagermus fra flere forskellige kilder til lavfrekvent støj eller en synergistisk påvirkning på flagermus fra forskellige typer af støj. De kumulative påvirkninger fra forskellige vindmøller håndteres i vindmøllestøjbekendtgørelsen, og det er ikke på nationalt niveau muligt at identificere konkrete situationer, hvor kumulative eller synergistiske påvirkninger kan give anledning til væsentlige påvirkninger af flagermus.

I forhold til den potentielle påvirkning af ugler, viste et japansk studie, at uglers evne til at lokalisere føde påvirkes af trafikstøj, som også indebærer lavfrekvent støj /75/. Studiet viste dog ikke en direkte sammenhæng mellem lavfrekvent støj og påvirkningen af ugle. Mosehornuglen er dagaktiv, og eftersom der ikke er risiko for øget luftbåren lavfrekvent støj om dagen, kan det afvises, at mosehornuglen påvirkes. For stor hornugle og perleugle kan der være en påvirkning om natten, men det japanske studie indikerer, at der ikke er en påvirkning i de dB-niveauer for luftbåren lavfrekvent støj, som er tillades for havvindmøller i Danmark. Den videnskabelige dokumentation for påvirkning af ugler ved lavfrekvent støj giver dermed grundlag for at afvise en væsentlig påvirkning.

Ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen vurderes på baggrund af ovenstående ikke at medføre forstyrrelse eller ødelæggelse af yngle- eller rastesteder for flagermus eller ugler.

Sammenfattende vurderes det på baggrund af ovenstående, at den økologiske funktionalitet for flagermus og ugler ikke skades.

## **7.3 Befolkning og menneskers sundhed**

### **7.3.1 Potentielle påvirkninger**

Støj fra vindmøller kan i lighed med andre støjklender påvirke mennesker. De mulige påvirkninger er gener fra støjen i sig selv, men i den samlede oplevelse af støjen indgår også menneskers individuelle følsomhed over for støj, individuelle holdninger til støjklender, visuelle indtryk og den sammenhæng i øvrigt, hvor støjen opleves. Støjen kan også påvirke menneskers sundhed. Støj med høje niveauer kan medføre negative helbredseffekter.

Ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen medfører, at der vil være perioder med særlige vejrforhold, hvor de beregnede niveauer for indendørs lavfrekvent støj fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten vil være lavere end forudsat med den eksisterende beregningsmetode i bekendtgørelsen fra 2019. I mange tilfælde vil de beregnede niveauer med begge metoder være lavere end 20 dB. Men det kan forekomme, at de beregnede niveauer med den ændrede metode viser et niveau, der er lavere end grænseværdien på 20 dB, hvor den tidligere beregningsmetode ville vise et niveau, der overstiger 20 dB.

Når der i nogle situationer kan forekomme højere niveauer af lavfrekvent støj i bygninger, kan det påvirke den del af befolkningen, der lever og opholder sig i marine og kystnære områder, hvor der sker udbygning af havvindmøller mere end 20 km fra kysten.

I særlige tilfælde kan ændringen af beregningsmetoden for lavfrekvent støj indendørs formentlig betyde, at der opstår et råderum for højere niveauer af almindelige støj udendørs, men der er ikke forslag om, at ændre metoden til beregning af denne støj, og støjen vil ikke kunne overstige vindmøllestøjbekendtgørelsens grænseværdier. Det vurderes derfor, at den foreslåede ændring er uden betydning for almindelig støj og denne støjs mulige påvirkning af befolkning og menneskers sundhed.

### **7.3.2 Metode og datagrundlag**

Vurderingen af påvirkning af befolkning og menneskers sundhed er baseret på eksisterende viden om lavfrekvent støj og de mulige påvirkninger af mennesker. Der er lagt stor vægt på den opdaterede viden, der indgår i det studie om høretærskler og genervirkninger, som Miljøstyrelsen har fået udført i april 2024 /36/.

Derudover er vurderingen baseret på den opdaterede viden om multiple refleksioner og deres forekomst, som er gennemgået i afsnit 3.2.

Der er tale om en ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen, som har en generel betydning for støj fra vindmøller. Derfor er vurderingen kvalitativ og ikke baseret på konkrete opgørelser eller beregninger, som i stedet indgår ved miljøvurdering af konkrete projekter.

### **7.3.3 Miljøstatus**

Miljøstatus er i princippet den nuværende status for befolkning og menneskers sundhed. Den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil få betydning for de beregnede niveauer for lavfrekvent støj i kystområder, hvor der ud for kysten udbygges nye havvindmølleparker mindst 20 km fra kysten. Ændringen kan derfor vedrøre den del af befolkningen, der bor og opholder sig i disse områder.

Det er derfor områder, som omfatter en stor del af landet og dermed også en så stor del af befolkningen, at der ikke er grundlag for en antagelse om, at denne gruppe har en anden sundhedstilstand end den samlede befolkning. Miljøstatus for befolkning og menneskers sundhed vurderes derfor at være som for Danmarks befolkning som helhed. Det vurderes derfor også, at befolkningen i kystområderne ikke har en anden sårbarhed eller følsomhed over for støjpåvirkninger end befolkningen som helhed.

Det fremgår af afsnit 6.2 om vurdering af den eksisterende vindmøllestøjbekendtgørelse, at der ikke er ny viden om vindmøllestøjs betydning for befolkning og menneskers sundhed, som giver anledning til at ændre bekendtgørelsens regulering af støj fra vindmøller. Det vurderes derfor, at miljøstatus for støj fra vindmøller, herunder lavfrekvent støj, fortsat svarer til et beskyttelsesniveau, der indebærer en acceptabel miljøpåvirkning, som indebærer, at 10 – 15 % af befolkningen kan være stærkt generet af støjen samtidig med, at befolkningen generelt beskyttes mod negative helbredseffekter. Der er ikke os bekendt tilvejebragt ny forskningsbaseret viden, som peger på, at grænseværdierne, herunder grænseværdien for lavfrekvent støj indendørs, bør ændres.

Som omtalt i afsnit 6.3.2 kan der være en tæt sammenhæng mellem vindmøllers visuelle påvirkning og den oplevede støj. Det kan være et tema, der har særlig betydning i kystområder, hvor miljøstatus i modsætning til andre landområder kan være en højere sårbarhed overfor visuelle påvirkninger. Dette emne indgår i miljøvurderingen af materielle goder, afsnit 7.4.

#### **7.3.4 0-alternativet**

0-alternativet indebærer, at der ikke sker en ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsens metode til beregning af lavfrekvent støj fra havvindmøller. Der vil i så fald være uændrede støjmæssige rammer for den fremtidige udbygning af havvindmølleprojekter.

0-alternativet betyder således, at der fortsat kan ske udbygning af nye havvindmølleparker, som kan give anledning til ny støjpåvirkning af mennesker. Reguleringen af lavfrekvent støj vil dog i 0-alternativet være mere restriktiv end ved gennemførelse af den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen. Reguleringen af almindelig støj påvirkes ikke af den foreslåede ændring.

#### **7.3.5 Vurdering af påvirkninger**

Den ændrede beregningsmetode vil betyde, at beregnede niveauer for lavfrekvent støj fra den del af vindmøllerne, der er placeret på havet mere end 20 km fra kysten ud for et støjfølsomt område, vil være lavere end beregnet med den eksisterende metode. Beregning af lavfrekvent støj fra øvrige vindmøller berøres ikke af ændringen.

I situationer, hvor beregninger af den samlede lavfrekvente støj ved brug af begge metoder er lavere end 20 dB, er ændringen uden miljømæssig betydning, fordi det svarer til de eksisterende forhold og 0-alternativet. Det er en situation, der ofte vil være tilfældet, og naturligvis har været det for de havvindmølleprojekter, der hidtil er miljøvurderet.

I nogle fremtidige situationer må det imidlertid forventes, at beregning af den samlede lavfrekvente støj fra alle vindmøller i et område med den foreslåede ændring af bekendtgørelsen vil overholde grænseværdien, mens en tilsvarende beregning med den eksisterende bekendtgørelse fra 2019 vil vise niveauer, der overstiger grænseværdien. Det kan forekomme ved udbygning af havvindmøller, hvor den del af vindmøllerne, der står mere end 20 km fra kysten, får væsentlig betydning for den samlede beregnede lavfrekvente støj fra alle vindmøller. Som omtalt i afsnit 3.2 er det vurderet, at den samlede beregnede lavfrekvente støj i disse situationer kan være 2 – 6 dB højere, når støjen beregnes i henhold til den eksisterende bekendtgørelse (2019) end i henhold til forslaget om ændring af bekendtgørelsen.

Sommerhusområder definerer i de fleste tilfælde det støjmæssige råderum for udbygning af havvindmøller. Hvis beregninger viser et lavfrekvent støjniveau i sommerhusområder svarende til grænseværdien på 20 dB, vil de beregnede niveauer i bygninger i andre områdetyper i nærheden være ca. 4 dB lavere. Det skyldes, at bygninger i andre områder har højere lydisolation end bygninger i sommerhusområder. Hvis disse beregninger i en konkret situation er udført med den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen, vil det betyde, at de beregnede støjniveauer i henhold til den nuværende bekendtgørelse (2019) kan være 22 – 26 dB i sommerhusområder og 18 – 22 dB i bygninger i andre områder.

De højere beregnede niveauer forudsætter imidlertid, at der forekommer multiple refleksjoner. Ved beregning af støj i henhold til den hidtidige bekendtgørelse antages det, at der altid er multiple refleksjoner, men som gennemgået i afsnit 3.2 er det ikke tilfældet. I praksis forekommer multiple refleksjoner ikke i dagperioden. Det er et fænomen, der optræder om natten og i op til 30 % af tiden med den største hyppighed om sommeren.

Den eksisterende beregningsmetode tager i øvrigt ikke hensyn til, at der er situationer, hvor støjen vil være lavere på grund af en vindretning der ikke fører støjen ind mod land. Det forudsætter derfor, at der altid er medvind fra havvindmøllerne ind mod land.

Der er desuden usikkerheder knyttet til betydningen af multiple refleksjoner:

- Beregningsmetodens forudsætninger er valideret for støj fra vindmøller placeret ud til ca. 10 km fra kysten. Det er usikkert i hvilket omfang multiple refleksjoner påvirker lydudbredelse mod land for vindmøller placeret på større afstand fra kysten.
- Beregningsmetoden forudsætter en blank havoverflade. Det betyder for lavfrekvent støj ikke, at der ikke er bølger, men det er usikkert, hvordan lydudbredelse med multiple refleksjoner reelt påvirkes af bølger.
- Beregning med indregning af multiple refleksjoner betyder, at støjen fra vindmøller placeret på havet langt fra kysten tilsyneladende dæmpes meget lidt med øget afstand.

Det er Rambølls vurdering, at vindmøllestøjbekendtgørelsens metode til beregning af støj fra havvindmøller er et kvalificerede bud på de særlige forhold, der kan optræde ved lydudbredelse over havoverflader. Der imidlertid også vurderingen, at det er en forenklet model for et kompliceret fænomen.

Samlet vurderes det, at beregningsmetoden i den gældende vindmøllestøjbekendtgørelse fra 2019 er til den sikre side og især på meget store afstande kan overvurdere støjen fra havvindmøller. Omvendt kan det ikke udelukkes, at en 20 km grænse for indregning af multiple refleksjoner vil underestimere den faktiske støj, der rammer kysten og områder på land, når der forekommer multiple refleksjoner. Det skyldes, at multiple refleksjoner må antages også at optræde på afstande mere end 20 km fra kysten. Omfanget af den mulige overestimering af støjen med beregning i henhold til den gældende bekendtgørelse er usikkert. Omfanget af den mulige underestimering ved beregning i henhold til den foreslåede ændring er også usikkert.

#### **7.3.5.1 Genepåvirkning af mennesker**

Der er ingen viden om, at de hidtidige havvindmølleprojekter i Danmark har givet anledning til støjgener for beboere og brugere af støjfølsomme områder på land. Det kan dog tænkes at være anderledes, hvis der i et område sker så stor udbygning med havvindmøller, at støjen herfra bliver væsentligt højere end fra hidtidige havvindmølleparker. Det forhindres imidlertid af vindmøllestøjbekendtgørelsens grænseværdier for lavfrekvent støj og for almindelig støj, som fortsat vil sætte rammer for en sådan udbygning og sikre, at den ud fra støjmæssige hensyn bliver miljømæssigt acceptabel.

Det fremgår af et notat om genevirkning for lavfrekvent støj i relation til vindmøller, som Miljøstyrelsen har fået udarbejdet i april 2024 /36/, at der ikke findes egentlige undersøgelser af genevirkninger fra indendørs lavfrekvent støj fra vindmøller. De undersøgelser, der findes, er primært baseret på menneskers oplevelse af den udendørs støj fra vindmøller, som de opleves i en permanent situation i og ved boligen. I nogle tilfælde er det dog uklart om oplevede gener er baseret på støjen udendørs eller indendørs. Det er også karakteristisk, at oplevede støjgener ofte er påvirket af visuelle påvirkninger, andre lokale forhold, personlige holdninger mv. De undersøgelser, der findes, tyder dog på, at den danske grænseværdi for indendørs lavfrekvent støj på 20 dB er hensigtsmæssig. Der findes også undersøgelser af gener fra andre kilder til lavfrekvent støj, som peger på en grænseværdi på 20 dB. Det er usikkert, hvor stor gene, der forekommer ved niveauer over 20 dB, men der er i afsnit 6.2.3.2 indsat et kvalificeret skøn fra /36/, som er grundlag for det følgende.

Hvis det antages, at de beregnede niveauer for den samlede lavfrekvente støj fra vindmøller svarer til den oplevede støj, kan det ved et niveau på 20 dB forventes, at ca. 15 % af befolkningen oplever støjen som stærkt generende. Hvis niveauet er 22 dB, kan det forventes, at ca. 20 % oplever støjen som stærkt generende. Ved 26 dB må det forventes, at 30 – 35 % vil opleve støjen som stærkt generende. Antallet af stærkt generende ved niveauer over ca. 20 dB er behæftet med betydelig usikkerhed.

Det er Rambølls vurdering, at disse geneniveauer er det bedste vidensgrundlag, der er til rådighed. Det er dog også vurderingen, at de samlede gener reduceres af to forhold:

- Forhøjede støjniveauer, der kan forekomme i situationer med multiple refleksioner, optræder i begrænsede tidsrum
- Der vil være perioder, hvor vindretningen betyder, at støjen er væsentligt lavere end beregnet i henhold til metoden uden korrektion for multiple refleksioner
- I helårsboliger vil de forhøjede niveauer ud over 20 dB i praksis være begrænset til få dB.

Hvis der i perioder med multiple refleksioner optræder øgede støjniveauer i sommerhusområder, vil det for den enkelte person være begrænset til de perioder, hvor man opholder sig i et sommerhusområde. Der vil også være perioder, hvor støjen er væsentligt lavere. Ved beregning af indendørs støj i sommerhusområder forudsættes en lavere lydisolationsgrad end for boliger i andre områder.

Havvindmøller er ikke den eneste kilde til lavfrekvent støj. Udendørs og indendørs i bygninger forekommer lavfrekvent støj fra andre kilder som vind, beplantning og bølger. Det betyder dog ikke, at andre støjklender overdøver eller maskere støjen fra vindmøller, selvom det formentlig kan forekomme i nogle situationer. Det vil altid afhænge af en konkret sammenhæng mellem støjklendernes indbyrdes styrke og egenskaber.

Det er derfor Rambølls samlede vurdering, at den foreslåede ændring af vindmøllestøj-bekendtgørelsen vil have en lille negativ betydning for de gener, der kan skyldes indendørs lavfrekvent støj i helårsboliger og moderat negativ betydning for de gener, der kan opleves i sommerhusområder. Påvirkningen vil kun optræde i områder, hvor

støj fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten har betydning for den samlede støj fra alle vindmøller. I mange situationer er den samlede støj fra vindmøller ved en bolig eller et støjfølsomt område domineret af eksisterende vindmøller på land.

#### **7.3.5.2 Helbredseffekter**

De undersøgelser, der er udført af mulige negative helbredseffekter på grund af støj fra vindmøller, kombinerer udendørs og indendørs støj. Som det fremgår af afsnit 6.2.3.1 er det ikke påvist, at støj fra vindmøller kan have negative helbredseffekter. Det vides således ikke, hvor meget kraftigere påvirkninger fra lavfrekvent støj eller almindelig støj skal være, før negative helbredseffekter kan forekomme.

De situationer, hvor der kan være øget lavfrekvent støj vil forekomme om natten. Hvis det fører til forstyrret nattesøvn, kan det alt andet lige øge risikoen for negative helbredseffekter.

De undersøgelsesresultater, der foreligger, kan imidlertid ikke give svar på om begrænsede tidsrum med øget indendørs støj i sommerhusområder kan medføre øget risiko for negative helbredseffekter. Det samme gælder den mindre forøgelse af støjniveauet i helårsboliger, der på samme vis kan optræde i begrænsede tidsrum.

Det vurderes dog, at der er tale om små ændringer i den støjpåvirkning, som mennesker kan blive udsat for, hvis beregningsmetoden ændres, og dermed også en lille risiko for, at der kan forekomme negative helbredseffekter.

Vurderingen af støj fra vindmøller adskiller sig dermed fra støj fra bl.a. vejtrafik, hvor det er velkendt, at der kan registreres øget risiko for negative helbredseffekter ved en støjbelastning svarende til den vejledende grænseværdier for støj ved boliger /16/.

Det er derfor Rambølls samlede vurdering, at den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen og dermed beregningsmetoden for lavfrekvent støj for vindmøller mere end 20 km fra kysten, med stor sandsynlighed vil være uden negative helbredseffekter for befolkning og mennesker.

#### **7.3.5.3 Regulering af støj fra vindmøller i Danmark og andre lande**

Ingen af Danmarks nabolande har i lovgivning om støj fra vindmøller fastsat særlige grænseværdier for lavfrekvent støj. De lande, der har taget stilling til spørgsmålet om lavfrekvent støj fra vindmøller, har konkluderet, at når grænseværdier for udendørs almindelig støj er opfyldt, er der normalt ikke problemer med lavfrekvent støj indendørs. Ingen af nabolandene har en særlig beskyttelse af sommerhusområder. I de fleste lande indgår ikke heller korrektion for multiple refleksioner ved beregning af støj fra havvindmøller.

Med den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen fastholder Danmark en grænseværdi for lavfrekvent støj og en særlig beskyttelse af sommerhusområder ved beregning af indendørs lavfrekvent støj. Danmark fastholder også, at multiple refleksioner skal indgå ved beregning af almindelig støj for alle havvindmøller og af lavfrekvent støj fra havvindmøller placeret tættere på kysten end 20 km. Den danske regulering af lavfrekvent støj fra vindmøller er derfor også med den foreslåede ændring mere restriktiv end i nabolandene.

### **7.3.6 Kumulative effekter**

I Danmark er det kun vindmøllestøjbekendtgørelsen, der regulerer støj fra vindmøller, uanset om de står på land eller på havet. I henhold til vindmøllestøjbekendtgørelsen skal der ved planlægning af nye vindmøller altid ske en vurdering af den samlede, kumulative støj fra alle vindmøller i et område, og den samlede støj skal overholde bekendtgørelsens grænseværdier.

Der er ikke kendskab til bekendtgørelser og planer på nationalt niveau, der vil bidrage kumulativt til den ekstra lavfrekvente støj, som ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen kan lede til.

Konkrete kumulative effekter i konkrete geografier på grund af støj fra andre støjkluder end vindmøller kan kun vurderes i forbindelse med miljørapporter af vindmølleplaner eller miljøkonsekvensvurderinger af konkrete vindmølleprojekter. De konkrete forhold indgår derfor ikke i nærværende miljøvurdering. Det vurderes derfor, at den foreslåede ændring af beregningsmetoden for lavfrekvent støj fra havvindmøller ikke bidrager til kumulative effekter på befolkning og menneskers sundhed på et overordnet niveau.

### **7.3.7 Sammenfattende vurdering**

Det er Rambølls samlede vurdering, at ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil have en lille negativ betydning for de gener, der kan skyldes indendørs lavfrekvent støj i helårsboliger og moderat negativ betydning for de gener, der kan opleves i sommerhusområder.

Det er desuden Rambølls samlede vurdering, at ændringen med stor sandsynlighed vil være uden negative helbredseffekter for befolkning og mennesker.

Den danske regulering af lavfrekvent støj fra vindmøller vil fortsat være mere restriktiv end den regulering, der anvendes i nabolandene, som ikke har særlige grænseværdier for lavfrekvent støj og ikke har en særlig beskyttelse af sommerhusområder.



## 7.4 Materielle goder

Ved vurdering af den foreslåede ændrings betydning for materielle goder indgår følgende:

- Kommunernes planlægning af støjfølsom arealanvendelse
- Sommerhusområder og tilknyttede turisterhverv
- Boliger i kystnære områder
- Havvindmølleudbygning.

Kommunernes planlægning indgår egentlig ikke i afgrænsningen af miljøvurderingen (se afsnit 4.1), men det er alligevel medtaget, fordi det skønnes, at der i nogle situationer kan være en påvirkning af kommunernes planlægningsmuligheder.

### 7.4.1 Potentielle påvirkninger

Støj fra vindmøller og andre støjkluder kan medføre gener, der kan have en negativ betydning for attraktiviteten af de områder, som mennesker anvender til støjfølsom udendørs aktivitet. Der kan også være en påvirkning af attraktiviteten, hvis støjen forekommer om natten i områder med overnatning, herunder sommerhusområder, campingpladser, kolonihaver, overnatningspladser i det fri o.lign. Støj kan derfor påvirke værdien af disse områder og de materielle gode, de repræsenterer. Tilsvarende kan øget støj i et område påvirke værdien af boliger.

Ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen medfører, at der vil være perioder med særlige vejrforhold, hvor de beregnede niveauer for indendørs lavfrekvent støj fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten vil være lavere end forudsat med den eksisterende beregningsmetode i bekendtgørelsen fra 2019. I mange tilfælde vil de beregnede niveauer med begge metoder være lavere end 20 dB, men det kan forekomme, at de beregnede niveauer med den ændrede metode viser et niveau, der er lavere end grænseværdien på 20 dB, hvor den tidligere beregningsmetode ville vise et niveau, der overstiger 20 dB.

Når der i nogle situationer kan forekomme højere niveauer af lavfrekvent støj i bygninger, kan det påvirke materielle goder i marine og kystnære områder ud for områder, hvor der sker udbygning af havvindmøller mere end 20 km fra kysten.

Vindmøllestøjbekendtgørelsen sætter de støjmæssige rammer for den mulige udbygning med vindmøller, herunder havvindmøller, i et område. Den foreslåede ændring påvirker derfor mulighederne for udbygning af havvindmøller i områder, der er mere end 20 km fra kysten.

Ændringen kan tænkes at have betydning for kommunernes planlægning af støjfølsom arealanvendelse, selvom bekendtgørelsens grænseværdier ikke ændres.

I særlige tilfælde kan ændringen af beregningsmetoden for lavfrekvent støj indendørs formentlig betyde, at der opstår et råderum for højere niveauer af almindelige støj udendørs, men der er ikke forslag om, at ændre metoden til beregning af denne støj, og støjen vil ikke kunne overstige vindmøllestøjbekendtgørelsens grænseværdier. Det vurderes derfor, at den foreslåede ændring er uden betydning for almindelig støj og denne støjs mulige påvirkning af materielle goder.

#### **7.4.2 Metode og datagrundlag**

Vurdering af påvirkning af materielle goder er baseret på eksisterende viden og erfaringer, der er præsenteret i afsnit 6.3.

Der er tale om en ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen, som har en generel betydning for støj fra vindmøller. Derfor er vurderingen kvalitativ og ikke baseret på konkrete opgørelser eller beregninger, som kan indgå ved miljøvurdering af konkrete projekter.

#### **7.4.3 Miljøstatus**

##### **7.4.3.1 Kommunernes planlægning af støjfølsom arealanvendelse**

Vindmøllestøjbekendtgørelsens grænseværdier kan ikke fraviges og planlovens bestemmelser er også klare. Derfor er der ikke områder til støjfølsom arealanvendelse, som er støjbelastede på grund af støj fra vindmøller. Der kan dog være undtagelser med ældre vindmøller, som er godkendt efter tidligere versioner af vindmøllestøjbekendtgørelsen, hvor der var andre grænseværdier og ingen grænseværdi for lavfrekvent støj.

Ny udbygning af vindenergi på land og på havet medfører, at nye områder vil være omfattet af støjkonsekvenszoner, hvor der ikke kan planlægges ny støjfølsom anvendelse. Omfanget af disse områder og den miljømæssige betydning indgår i miljøvurdering af konkrete vindmølleprojekter.

Vindmøllestøjbekendtgørelsen betyder også, at der ikke kan ske en udbygning, som medfører, at eksisterende og planlagte områder for støjfølsom arealanvendelse og spredt bebyggelse i det åbne land udsættes for støj, der overstiger bekendtgørelsens grænseværdier.

Miljøstatus er derfor, at vindmøllestøjbekendtgørelsen sikrer, at materielle goder i form af støjfølsomme områder ikke udsættes for støj over bekendtgørelsens grænseværdier.

##### **7.4.3.2 Boliger i kystnære områder**

Vindmøllestøjbekendtgørelsen sikrer, at ingen eksisterende eller fremtidige boliger og sommerhuse udsættes for støj, der overstiger bekendtgørelsens grænseværdier. De eneste undtagelser kan være boliger, der lå i nærheden af vindmøller, som blev etableret i henhold til tidligere versioner bekendtgørelsen, hvor der var andre grænseværdier. Det vurderes imidlertid at omfatte meget få boliger.

Hvis vindmøller på land og havvindmøller placeret mindre end 20 km fra kysten (kystnære havvindmøller) medfører gener kan ejere søge om betaling af værditab /35/. For havvindmøller vurderes det, at værditab i givet fald skyldes visuelle påvirkninger og ikke støj. Det er ingen viden om, at de hidtidige havvindmølleprojekter i Danmark har givet anledning til støjgener for beboere og brugere af støjfølsomme områder på land.

Der er ingen undersøgelser, som har påvist, at havvindmøller påvirker ejendomsværdi af sommerhuse og helårsboliger i kystområder med udsigt til havvindmøller.

Miljøstatus er derfor, at der ikke er tegn på, at støj fra havvindmøller påvirker materielle goder i form af ejendomsværdi af boliger og sommerhuse.

#### **7.4.3.3 Sommerhusområder og turisterhverv**

Det er påvist, at hidtidige havvindmølleprojekter i Danmark og i udlandet kan have en visuel påvirkning af brugen af de kystnære områder. Men det er ikke en påvirkning, der er entydigt negativ eller positiv.

Det er veldokumenteret, at den samlede oplevelse af eventuelle gener fra vindmøller er en kombination af især visuelle forhold og støj, men det gælder primært for landbaserede vindmøller. Der er således ingen tegn på sammenhænge mellem støj fra havvindmøller og påvirkning af turisme, friluftsliv eller rekreative aktiviteter.

Det vurderes derfor at miljøstatus er, at støj fra havvindmøller hidtil ikke har haft mærkbar betydning for materielle goder i form af sommerhusområder og turisterhverv.

#### **7.4.3.4 Udbygning af havvindmøller**

Den eksisterende vindmøllestøjbekendtgørelse fastsætter de støjmæssige rammer for udbygning af havvindmøller. Udbygningen skal ske i samspil med støj fra vindmøller på land, så det sikres, at grænseværdierne for den samlede støj fra alle vindmøller ikke overskrides.

Den hidtidige udbygning af havvindmøller i Danmark er naturligvis sket inden for disse rammer, men ved indledende analyser af mulige projekter har det vist sig, at de beregnede niveauer for lavfrekvent støj i sommerhusområder ofte er den begrænsende faktor for omfanget af et konkret projekt.

Det er derfor også forventningen, at det vil være tilfældet for de aktuelle udbygningsplaner.

#### **7.4.4 0-alternativet**

0-alternativet indebærer, at der ikke sker en ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsens metode til beregning af lavfrekvent støj fra havvindmøller. Der vil i så fald være uændrede støjmæssige rammer for den fremtidige udbygning af havvindmølleprojekter.

Det kan medføre, at omfanget af den planlagte udbygning af havvindmøller langt fra kysten begrænses væsentligt.

For kommunernes planlægning og for boliger, sommerhusområder og turisterhverv vil 0-alternativet betyde, at den nuværende miljøstatus vil være uændret. Der vil dog fortsat kunne ske udbygning af nye havvindmølleparker, som kan give anledning til ny støjpåvirkning af disse materielle gode. Reguleringen af lavfrekvent støj vil dog i 0-alternativet være mere restriktiv end ved gennemførelse af den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen. Reguleringen af almindelig støj påvirkes ikke af den foreslåede ændring.

## **7.4.5 Vurdering af påvirkninger**

### **7.4.5.1 Kommuners planlægning af støjfølsom arealanvendelse**

Når konkrete vindmølleprojekter planlægges, indgår der en afklaring af mulige konflikter med de berørte kommuners kommuneplaner og lokalplaner. Det er derfor i miljøvurderingen af konkrete projekter, at disse forhold indgår.

Forslaget om ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen omfatter ikke ændringer af grænseværdierne og påvirker derfor ikke i sig selv kommunernes planlægning.

Den foreslåede ændring af beregningsmetoden for indendørs lavfrekvent støj kan dog i nogle situationer betyde, at nye sommerhuse eller boliger, der med den hidtidige bekendtgørelse er støjbelastede, ikke vil være det med den ændrede bekendtgørelse.

Det forudsætter imidlertid følgende:

- At det er den lavfrekvente støj og ikke den udendørs almindelige støj, der er afgørende
- At den samlede lavfrekvente støj er domineret af støjbidrag fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten.

I praksis vil det kunne forekomme ved planlægning af nye sommerhusområder tæt på kysten, at de to forudsætninger kan være opfyldt. Ved planlægning af nye boligområder, hvor de beregnede niveauer for lavfrekvent støj altid er lavere end i sommerhusområder, vil forudsætningerne sjældent være opfyldt. Når forudsætningerne ikke er opfyldt, vil den foreslåede ændring være uden betydning for en konkret planlægningssituation.

Det er derfor Rambølls samlede vurdering, at den foreslåede ændring vil have en ubetydelig positiv påvirkning af kommunernes muligheder for at planlægge nye støjfølsom arealanvendelse i områder, der er udsat for støj fra havvindmøller.

### **7.4.5.2 Boliger i kystnære områder**

Der er ingen undersøgelser, som har påvist, at hidtidige havvindmølleprojekter har påvirket ejendomsværdi af sommerhuse og helårsboliger i kystområder med udsigt til havvindmøller. For landplacerede vindmøller har undersøgelser vist, at den samlede oplevelse af eventuelle gener fra vindmøller er en kombination af især visuelle forhold og støj. De visuelle og støjmæssige påvirkninger er således tæt forbundne og svære at adskille.

Den foreslåede ændring af beregningsmetoden for lavfrekvent støj fra vindmøller, der placeres mere end 20 km fra kysten, kan gøre det mere attraktivt at udvikle havvindmølleprojekter i disse områder, fremfor i havområder tættere på kysten. Det kan alt andet lige betyde en mindre visuel påvirkning af kystområderne. Der er dog en række anlægstekniske og driftsmæssige fordele ved, at havvindmøller står så tæt på kysten som muligt. Det er derfor ikke givet, at de støjmæssige fordele ved områder mere end 20 km fra kysten altid er store nok til, at de foretrækkes.

Det er i afsnittet om vurdering af befolkning og menneskers sundhed konkluderet, at den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil have en lille negativ betydning for de gener, der kan skyldes indendørs lavfrekvent støj i helårsboliger og moderat negativ betydning for de gener, der kan opleves i sommerhusområder.

Der vurderes, at påvirkningen af materielle goder i form af værdien af boliger og sommerhuse kan have samme omfang. Det kan imidlertid ikke afvises at omtale af den ændrede metode til beregning af lavfrekvent støj kan påvirke beboeres og brugeres forventninger om mulige gener fra denne støj i områder, hvor der sker væsentlig udbygning af havvindmøller mere end 20 km fra kysten.

Det forhold, at de situationer med lavfrekvent støj, der er tale om, har et begrænset omfang, betyder imidlertid, at den reelle påvirkning vil være lille. Det bør også indgå, at den danske regulering af lavfrekvent støj fra vindmøller også med den foreslåede ændring fortsat vil være mere restriktiv end i nabolandene.

Det er på dette grundlag Rambølls samlede vurdering, at den foreslåede ændring kan have en lille negativ påvirkning af materielle goder i form af værdien af boliger og sommerhuse. Påvirkningen vil kun optræde i områder, hvor støj fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten har betydning for den samlede støj fra alle vindmøller.

#### **7.4.5.3 Sommerhusområder og turisterhverv**

Udendørs fritidsaktiviteter og rekreative aktiviteter, kan være elementer i materielle goder som sommerhusområder, rekreative områder, camping mv. Hvis de påvirkes, kan det også have betydning for turisterhverv.

I nogle områder, hvor der tidligere er sket udbygning af havvindmøller, har det vist sig, at udbygningen er blevet en turistattraktion og der er ingen steder set tegn på, at turisme og friluftsliv er blevet påvirket negativt.

Den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen har betydning for lavfrekvent støj indendørs om natten og påvirker derfor ikke menneskers aktiviteter i dagperioden. Udendørs aktiviteter i natperioden kan i princippet blive påvirket, men det vurderes, at støjforholdene udendørs er domineret af den almindelige støj, som i lighed med eksisterende havvindmølleparker ikke vil kunne overstige de grænseværdier, der er fastsat i bekendtgørelsen. Der sker heller ingen ændringer af beregningsmetoden for almindelig støj.

Det er Rambølls vurdering, at de hidtidige erfaringer med mulige gener fra havvindmøller tyder på, at hvis der er gener, skyldes det en visuel påvirkning. Ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen kan medføre en øget påvirkning med lavfrekvent støj, men det vurderes, at den ikke er så stor, at den kan få afgørende betydning for den samlede oplevelse af havvindmøller. Det vurderes derfor, at den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil være uden betydning for materielle goder i form af udendørs fritidsaktiviteter og rekreative aktiviteter knyttet til sommerhusområder og turisterhverv.

#### **7.4.5.4 Udbygning af havvindmøller**

Den foreslåede ændring af beregningsmetoden vil betyde, at der alt andet lige kan gennemføres en større udbygning af havvindmøller i områder, der er mindst 20 km fra

kysten. Det vurderes, at den ændrede metode er en forudsætning for, at en række aktuelle udbygningsprojekter i disse områder kan gennemføres.

Det er derfor Rambølls vurdering, at den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil have en væsentlig positiv betydning for materielle goder i form af udbygningsmuligheder for havvindmøller.

#### **7.4.6 Kumulative effekter**

I Danmark er det kun vindmøllestøjbekendtgørelsen, der regulerer støj fra vindmøller, uanset om de står på land eller på havet. I henhold til vindmøllestøjbekendtgørelsen skal der ved planlægning af nye vindmøller altid ske en vurdering af den samlede, kumulative støj fra alle vindmøller i et område, og den samlede støj skal overholde bekendtgørelsens grænseværdier.

Der er ikke kendskab til bekendtgørelser og planer på nationalt niveau, der vil bidrage kumulativt til den ekstra lavfrekvente støj, som ændringen af vindmøllestøjbekendtgørelsen kan lede til

Konkrete kumulative effekter i konkrete geografier på grund af støj fra andre støjklender end vindmøller kan kun vurderes i forbindelse med miljørapporter af vindmølleplaner eller miljøkonsekvensvurderinger af konkrete vindmølleprojekter. De konkrete forhold indgår derfor ikke i nærværende miljøvurdering. Det vurderes derfor, at den foreslåede ændring af beregningsmetoden for lavfrekvent støj fra havvindmøller ikke bidrager til kumulative effekter på materielle goder på et overordnet niveau.

#### **7.4.7 Sammenfattende vurdering**

Det er Rambølls samlede vurdering, at den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen;

- vil have en ubetydelig positiv påvirkning af kommunernes muligheder for at planlægge nye støjfølsomme arealanvendelse i områder, der er udsat for støj fra vindmøller.
- kan have en lille negativ påvirkning af materielle goder i form af værdien af boliger og sommerhuse i områder, hvor støj fra havvindmøller placeret mere end 20 km fra kysten har betydning for den samlede støj fra alle vindmøller.
- vil være uden betydning for materielle goder i form af udendørs fritidsaktiviteter og rekreative aktiviteter knyttet til sommerhusområder og turisterhverv.
- vil have en væsentlig positiv betydning for materielle goder i form af udbygningsmuligheder for havvindmøller.

## **8 Afværgeforanstaltninger og overvågning**

### **8.1 Biologisk mangfoldighed**

Det er Rambølls vurdering, at den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen har så begrænsede konsekvenser for Natura 2000-områder, bilag IV-arter og beskyttede fugle, at der ikke er behov for afværgeforanstaltninger eller overvågning.

Det er Rambølls anbefaling, at Danmarks omfattende udbygning af havvindmøller indebærer undersøgelser eller monitorering, der kan øge vidensgrundlaget for påvirkninger af beskyttede arter med luftbåren lavfrekvent støj.

### **8.2 Befolkning og menneskers sundhed**

Det er vurderet, at den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen vil have en lille negativ betydning for de gener, der kan skyldes indendørs lavfrekvent støj i helårsboliger og moderat negativ betydning for de gener, der kan opleves indendørs i sommerhusområder.

Det er desuden Rambølls samlede vurdering, at ændringen med stor sandsynlighed vil være uden negative helbredseffekter for befolkning og mennesker.

Der er derfor Rambølls vurdering, at den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen ikke har konsekvenser, der udløser behov for afværgeforanstaltninger eller overvågning.

### **8.3 Materielle goder**

Det er Rambølls vurdering, at den foreslåede ændring af vindmøllestøjbekendtgørelsen har så begrænsede konsekvenser for materielle goder, at der ikke er behov for afværgeforanstaltninger eller overvågning.

## 9 Grænseoverskridende påvirkninger

Bekendtgørelsen om støj fra vindmøller regulerer støjbelastningen fra mulige vindmølleprojekter og fastsætter støjgrænser, der til enhver tid skal overholdes. Den omfatter ikke planlægning af konkrete vindmølleprojekter.

Bekendtgørelsen kan kun håndhæve støj fra vindmøller opstillet i Danmark, og den indeholder ikke specifikke procedurer til at sikre beskyttelse af boliger og støjfølsomme områder i andre lande. Det indebærer, at bekendtgørelsen ikke i sig sikrer, at støj fra vindmøller opstillet i Danmark overholder grænseværdier i andre lande. Ændringer i bekendtgørelsen har i sig selv derfor ikke grænseoverskridende påvirkninger.

Ændringen af beregningsmetoden for lavfrekvent støj kan have påvirkninger, der indirekte kan have betydning for nabolande. Eksempelvis kan en potentielt øget støjbelastning af danske sommerhusområder ved udbygningen af havvindmøller have en mindre betydning for feriemønstre i Danmark og andre lande. De indirekte påvirkninger vurderes at være ikke-væsentlige for nabolandene.

Når konkrete planer eller projekter for vindmøller planlægges på dansk område, er det et krav, at der gennemføres en miljøvurdering eller miljøkonsekvensvurdering i henhold til EU-direktiver (2001/42EF og 2011/92/EU). Hvis det er sandsynligt, at planen eller projektet vil have væsentlige påvirkninger af miljøet i en anden stat eller en anden stat, vil oplysninger om projektet og den mulige grænseoverskridende påvirkning blive givet til de berørte stater.

Proceduren omfatter også, at de berørte stater skal indlede konsultationer om bl.a. planen eller projektets potentielle grænseoverskridende virkninger og de påtænkte foranstaltninger for at reducere eller fjerne sådanne virkninger.



## 10 Referencer

- /1/ Rambøll, 2018. Miljøvurdering af bekendtgørelse om støj fra vindmøller. Udarbejdet for Miljø- og Fødevarerministeriet.
- /2/ Miljøministeriet 2015. Bekendtgørelse om støj fra vindmøller, bekendtgørelse nr. 1736 af 21/12/2015.
- /3/ Miljøministeriet 2019. Bekendtgørelse om støj fra vindmøller, bekendtgørelse nr. 135 af 07/02/2019.
- /4/ Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 51/2021, Støj fra vindmøller.
- /5/ Bekendtgørelse af lov om planlægning, LBK nr. 223 af 01/03/2024
- /6/ Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse, LBK nr. 48 af 12/01/2024
- /7/ Bekendtgørelse af lov om beskyttelse af havmiljøet, LBK nr. 147 af 19/02/2024
- /8/ Aslak Harbo Poulsen, Ole Raaschou-Nielsen, Alfredo Peña, Andrea N. Hahmann, Rikke Baastrup Nordsborg, Matthias Ketzler, Jørgen Brandt, Mette Sørensen. Short-term nighttime wind turbine noise and cardiovascular events: A nationwide case-crossover study from Denmark. *Environment International*, Volume 114, May 2018, Pages 160-166.
- /9/ Aslak Harbo Poulsen, Ole Raaschou-Nielsen, Alfredo Peña, Andrea N. Hahmann, Rikke Baastrup Nordsborg, Matthias Ketzler, Jørgen Brandt, Mette Sørensen. Long-term exposure to wind turbine noise at night and risk for diabetes: A nationwide cohort study. *Environmental Research*, Volume 165, August 2018, Pages 40-45.
- /10/ Aslak Harbo Poulsen, Ole Raaschou-Nielsen, Alfredo Peña, Andrea N. Hahmann, Rikke Baastrup Nordsborg, Matthias Ketzler, Jørgen Brandt, Mette Sørensen. Long-term exposure to wind turbine noise and redemption of antihypertensive medication: A nationwide cohort study. *Environment International*, Volume 121, Part 1, December 2018, Pages 207-215.
- /11/ Aslak Harbo Poulsen, Ole Raaschou-Nielsen, Alfredo Peña, Andrea N. Hahmann, Rikke Baastrup Nordsborg, Matthias Ketzler, Jørgen Brandt, Mette Sørensen. Pregnancy exposure to wind turbine noise and adverse birth outcomes: a nationwide cohort study. *Environmental Research*, Volume 167, November 2018, Pages 770-775.
- /12/ Aslak Harbo Poulsen, Ole Raaschou-Nielsen, Alfredo Peña, Andrea N. Hahmann, Rikke Baastrup Nordsborg, Matthias Ketzler, Jørgen Brandt, Mette Sørensen. Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise and Risk for Myocardial Infarction and Stroke: A Nationwide Cohort Study. *Environmental Health Perspective*, volume 127, issue 3, March 2019.
- /13/ Aslak Harbo Poulsen, Ole Raaschou-Nielsen, Alfredo Peña, Andrea N. Hahmann, Rikke Baastrup Nordsborg, Matthias Ketzler, Jørgen Brandt, Mette Sørensen. Impact of Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise on Redemption of Sleep Medication and Antidepressants: A Nationwide Cohort Study. *Environmental Health Perspective*, volume 127, issue 3, March 2019.
- /14/ Sundhedsstyrelsen 21-02-2019. Notat vedr. den danske vindmølleundersøgelse.
- /15/ van Kamp, I.; van den Berg, F. Health Effects Related to Wind Turbine Sound: An Up-date. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 9133.
- /16/ WHO 2018, Environmental Noise Guidelines for the European Region
- /17/ Sammenhængen mellem vindmøllestøj og helbredseffekter. Udført for Sundhedsstyrelsen, AV 1017/11, Delta 7. marts 2011.

- /18/ Health Effects Related to Wind Turbine Noise Exposure: A Systematic Review. Schmidt JH, Klokke M (2014). PLoS ONE 2014 9(12): e114183.
- /19/ Aflandshage Vindmøllepark. Miljøkonsekvensrapport, Hofor Vind A/S. Niras, 23. november 2021.
- /20/ Frederikshavn Havvindmøllepark. Miljøkonsekvensrapport. Frederikshavn OWF ApS. Niras, 7. april 2022.
- /21/ Miljøvurdering af Planen for Hesselø Havvindmøllepark, delrapport 1: Ikke-teknisk resumé og samlet vurdering. Energistyrelsen, januar 2024.
- /22/ Miljøvurdering af Planen for Hesselø Havvindmøllepark, delrapport 2: Miljø på havet. Energistyrelsen, januar 2024.
- /23/ Horns Rev 3 Havmøllepark, Teknisk baggrundsrapport nr. 24, Socio-økonomi. Energinet.dk. Orbicon, april 2014.
- /24/ Krigers Flak Havmøllepark. VVM-redegørelse. Del 3: Det marine miljø. Natur- og Fødevareministeriet, Naturstyrelsen og Energistyrelsen. 2015.
- /25/ Krigers Flak Havmøllepark. VVM-redegørelse. Del 5: Sammenfatning og konklusion. Natur- og Fødevareministeriet, Naturstyrelsen og Energistyrelsen. 2015.
- /26/ Lillebælt Syd Vindmøllepark. Miljøkonsekvensrapport for vindmøllepark til havs. Lillebælt Vind A/S. Cowi, januar 2024.
- /27/ Miljøvurdering af Planen for Thor Havvindmøllepark Delrapport 2: miljø på havet. Energistyrelsen. Rambøll, februar 2021.
- /28/ Vesterhav Nord Havmøllepark. VVM-redegørelsen. Baggrundsrapport. Socio-økonomi. Energinet.dk. Niras, april 2015.
- /29/ Vesterhav Nord Havmøllepark. VVM-redegørelse og miljørapport. Del 2: Det marine miljø. Miljøministeriet, Naturstyrelsen. Energistyrelsen. April 2015.
- /30/ Vesterhav Nord vindmøllepark. Miljøkonsekvensrapport. Vattenfall. Orbicon/WSP 01-05-2020
- /31/ Vesterhav Syd Havmøllepark. VVM-redegørelsen. Baggrundsrapport. Socio-økonomi. Energinet.dk. Niras, april 2015.
- /32/ Vesterhav Syd Havmøllepark. VVM-redegørelse og miljørapport. Del 2: Det marine miljø. Miljøministeriet, Naturstyrelsen. Energistyrelsen. April 2015.
- /33/ Vesterhav Syd vindmøllepark. Miljøkonsekvensrapport. Vattenfall. Orbicon/WSP 01-05-2020
- /34/ Analyse af vindmøllers påvirkning på priser på beboelsesejendomme. Udarbejdet for Energistyrelsen, Cowi marts 2016
- /35/ Værditabsordningen (nye regler). Energistylsens hjemmeside 2024-04-23. <https://ens.dk/ansvarsomraader/stoette-til-vedvarende-energi/fremme-af-udbygning-med-vindmoeller-1>
- /36/ Høretærskler og genevirkning for lavfrekvent støj i relation til vindmøller. Teknisk Notat. Udført for Miljøstyrelsen. Force Technology, 25. april 2024.
- /37/ The "Genlyd" Noise Annoyance Model. Dose-Response Relationships Modelled by Logistic Functions, Ministry of Science, Technology and Innovation, AV 1102/07, Delta 20. marts 2007.
- /38/ Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø. Miljøstyrelsen 1997.
- /39/ Laboratory Evaluation of Annoyance of Low Frequency Noise. Working Report No. 1 2002. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 2002.
- /40/ Regler og metoder for støj fra vindmøller i andre lande. Miljøprojekt nr. 1894, Miljøstyrelsen, november 2016.
- /41/ Hyppighed for multiple refleksioner ved de danske kyster. Teknisk Notat. Udført for Miljøstyrelsen. Force Technology, 2. maj 2024.

- /42/ Low Frequency Noise from Large Wind Turbines. Background Noise Measurement an evaluation. EFT-06 project. Udført af Delta for Energistyrelsen, April 2008.
- /43/ Støj fra vindmøller ved andre vindhastigheder end 6 og 8 m/s. Teknisk Notat. Udført for Miljøstyrelsen. Delta 3. april 2014
- /44/ Miljøstyrelsens hjemmeside, afsnittet "Støjgrænser", <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/stoej/stoejgraenser>. (2024-04-16)
- /45/ PE beregninger af cylindrisk lydudbredelse. Udført for Miljøstyrelsen. Teknisk notat, Delta, 15. september 2017 (UDKAST)
- /46/ Lars Sommer Søndergaard (Force Technology), Erik Thysell (Force Technology), Christian Claumarch (Force Technology), Andrea Vignaroli (DTU Wind Energy), Carsten Thomsen (Force Technology), Kurt Hansen (DTU Wind Energy), Long distance noise propagation over water for an elevated height-adjustable sound source, 9<sup>th</sup> International Conference on Wind Turbine Noise, INCEEurope, May 2021
- /47/ Danmarks Havplan. Udgivet som digital bekendtgørelse. <https://havplan.dk/da/page/info> (2024-04-18)
- /48/ Danmarks Havstrategi II. Fokus på et godt havmiljø. Miljø- og Fødevarerministeriet, 2019
- /49/ Lars Sommer Søndergaard, Rune Egedal, Erik Thysell; The ocean wave noise masking effect on wind turbine noise audibility. Internoise august 2024 (upubliceret, men stillet til rådighed af Force Technology i udkast april 2024)
- /50/ Arcangeli G, Lulli LG, Traversini V, De Sio S, Cannizzaro E, Galea RP, Mucci N. Neurobehavioral Alterations from Noise Exposure in Animals: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022, 29;20(1):591
- /51/ Y Teff-Seker, O Berger-Tal, Y Lehnardt, N Teschner. Noise pollution from wind turbines and its effects on wildlife: A cross-national analysis of current policies and planning regulations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2022
- /52/ Fernandez-Bellon D, Wilson MW, Irwin S, O'Halloran J. Effects of development of wind energy and associated changes in land use on bird densities in upland areas. *Conservatory Biology* 2019, volume 33. Pages 413–22.
- /53/ Marques AT, Santos CD, Hanssen F, Munoz A-R, Onrubia A, Wikelski M, et al. Wind turbines cause functional habitat loss for migratory soaring birds. *Journal of Animal Ecology*. 2020, volume 89, pages 93–103.
- /54/ Lehnardt Y, T Klein, JR Barber, O Berger-Tal. Experimentally Broadcasted Wind-turbine Sound Drastically Alters Songbirds' Habitat Selection and Vocal Communication in a Natural Environment. *Conservation Biology*. 2023.
- /55/ Scholl EM, Nopp-Mayr U. Impact of wind power plants on mammalian and avian wildlife species in shrub-and woodlands. *Biological Conservation*. 2021.
- /56/ Skarin A, Sandstrom P, Alam M. Out of sight of wind turbines—reindeer response to wind farms in operation. *Ecology and Evolution*. 2018, volume 8, pages 9906–19.
- /57/ Tolvanen A, Routavaara H, Jokikokko M, Rana P. How far are birds, bats, and terrestrial mammals displaced from onshore wind power development? – A systematic review. *Biological Conservation*. 2023.
- /58/ Whalen CE, Brown MB, McGee J, Powell LA, Walsh EJ. Wind turbine noise limits propagation of greater prairie-chicken boom chorus, but does it matter? *Ethology* 2019. Volume 125, pages 863–75.
- /59/ Zwart MC, Dunn JC, McGowan PJ, Whittingham MJ. Wind farm noise suppresses territorial defense behavior in a songbird. *Behavioural Ecology*. 2016. volume 27, pages 101–8.

- /60/ Vasilyeva IN, Bepalov VG, Semenov AL, Baranenko DA, Zinkin VN. The Effects of Low-Frequency Noise on Rats: Evidence of Chromosomal Aberrations in the Bone Marrow Cells and the Release of Low-Molecular-Weight DNA in the Blood Plasma. *Noise Health*. 2017 Mar-Apr;19(87):79-83.
- /61/ Mieke C. Zwart, Jonathon C. Dunn, Philip J.K. McGowan, Mark J. Whittingham, Wind farm noise suppresses territorial defense behavior in a songbird, *Behavioral Ecology*, Volume 27, Issue 1, January-February 2016, Pages 101–108
- /62/ Gómez-Catasús, J, Barrero, A, Llusia, D, Iglesias-Merchan, C, Traba, J. Wind farm noise shifts vocalizations of a threatened shrub-steppe passerine. *Environmental Pollution*. 2022, Volume 303.
- /63/ Hage SR, Metzner W. Potential effects of anthropogenic noise on echolocation behavior in horseshoe bats. *Commun Integr Biol*. 2013 Jul 1;6(4): e24753.
- /64/ Voigt, C. C., Roeleke, M., Marggraf, L., Pētersons, G., & Voigt-Heucke, S. L. (2012). The effect of traffic noise on the activity patterns of bats. *Journal of Animal Ecology*, 81(4), 814-822.
- /65/ Bunkley, J.P. and Barber, J.R. (2015), Noise Reduces Foraging Efficiency in Pallid Bats (*Antrozous pallidus*). *Ethology*, 121: 1116-1121. <https://doi.org/10.1111/eth.12428>
- /66/ Allen Louise C., Hristov Nickolay I., Rubin Juliette J., Lightsey Joseph T. and Barber Jesse R. Noise distracts foraging bats. *Proc. R. Soc. B*. 2021. 288
- /67/ Limpens, H.J.G.A., S. Lagerveld, I. Ahlén, D. Anxionnat, T. Aughney, H.J. Baagøe, , L. Bach, P. Bach, J.P.C. Boshamer, K. Boughey, T. Le Champion, M. Christensen, J.J.A. Dekker, T. Douma, M.-J. Dubourg-Savage, J. Durinck, M. Elmeros, A.-J. Haarsma, J. Haddow, D. Hargreaves, J. Hurst, E.A. Jansen, T.W. Johansen, J. de Jong, D. Jouan, J. van der Kooij, E.-M. Kyheroinen, F. Mathews T.C. Michaelsen, J.D. Møller, G. Pētersons, N. Roche, L. Rodrigues , J. Russ, Q. Smits , S. Swift, E.T. Fjederholt, P. Twisk, B. Vandendriesche & M.J. Schillemans, 2017. Migrating bats at the southern North Sea - Approach to an estimation of migration populations of bats at southern North Sea. Rapport 2016.031. Zoogdierverseniging (Dutch Mammal Society), Nijmegen/ Wageningen Marine Research.
- /68/ Naturstyrelsen. Forvaltningsplan for flagermus. Beskyttelse og forvaltning af de 17 danske flagermus-arter og deres levesteder. 2013.
- /69/ Heffner RS, Koay G, Heffner HE. Bats are unusually insensitive to brief low-frequency tones. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol*. 2019 Aug;205(4):583-594
- /70/ Brix, L. 2022. Hør selv: Flagermus growler som dødsmetalsangere. [viden-skab.dk](https://www.viden-skab.dk).
- /71/ Roseanna C. N. Agnew, Valerie J. Smith, Robert C. Fowkes. Wind turbines cause chronic stress in badgers (*Meles Meles*) in Great Britain. *J Wildl Dis*. 2016. 52 (3): 459–467
- /72/ Daniel Klich, Rafał Łopucki, Agnieszka Ścibior, Dorota Gołębiowska, Marlena Wojciechowska. Roe deer stress response to a wind farms: Methodological and practical implications. *Ecological Indicators*. 2020, 117.
- /73/ Gómez-Catasús J, Garza V, Traba J. Wind farms affect the occurrence, abundance and population trends of small passerine birds: The case of the Dupont's lark. *J Appl Ecol*. 2018; 55: 2033–2042.
- /74/ West, E. W., 2016, Technical Guidance for Assessment and Mitigation of the Effects of Traffic Noise and Road Construction Noise on Bats, California Department of Transportation.

- /75/ Senzaki, M. et al. Traffic noise reduces foraging efficiency in wild owls. Sci. Rep. 6,30602; doi: 10.1038/srep30602 (2016).
- /76/ Miljøstyrelsen. Oversigt over Fuglebeskyttelsesområdernes udpegningsgrundlag. 2022.
- /77/ Miljøstyrelsen. Oversigt over Habitatområdernes udpegningsgrundlag. 2022.
- /78/ Christensen, M., & Hansen, B. 2023. Flagermus og havvind. Udarbejdet for Energistyrelsen.
- /79/ Novana. 2024. Oversigt over arter på EF-Fuglebeskyttelsesdirektivets bilag I og regelmæssigt tilbagevendende trækfuglearter.