

Ljud i havet – påverkan på marina djur

Elforsk rapport 02:45

Ljud i havet – påverkan på marina djur

Elforsk rapport 02:45

Ljud i havet – påverkan på marina djur

Elforsk rapport 02:45

Förord

Då allt fler vindkraftverk planeras för placering i havet har frågan uppkommit om fiskar och marina djur kommer att störas av buller från verken. För att söka svar på denna fråga har ett antal utredningar om buller i havet studerats. Dessa utredningar har behandlat buller från olika fartyg och buller från järnvägsbroar. Med utgångspunkt från detta har sedan jämförelse gjorts med buller som uppmätts och beräknats uppstå från stora vindkraftverk. Slutligen har bullernivåerna jämförts med ljudkänsligheten för fisk och marina däggdjur.

Den föreliggande rapporten kan ge en fingervisning om hur fiskar kommer att påverkas och i vilken grad de kan uppfatta buller från vindkraftverk.

Projektet har genomförts av Kjell Jonasson, Göteborg Energi AB inom ramen för Elforsks vindkraftprogram. Programmet finansieras av Falkenberg Energi, Gräninge Kraft, Göteborg Energi, Härnösands Elnät, Statens Energimyndighet, Statkraft, Sydkraft Umeå Energi, Vattenfall och Öresundskraft.

Stockholm december 2002

Ulf Arvidsson

Elforsk AB
Programområde El- och värmeproduktion

Sammanfattning

En vindkraftpark kommer att påverka havsmiljön under flera faser av en vindparks livstid. De olika stegen i parkens miljöpåverkan är parkens byggnad, drift och avveckling. Alla kommer mer eller mindre inverka på havsmiljön och marina organismer. Föreliggande rapport belyser hur de marina djuren kan uppfatta ljud från vindkraftverken under drift. Dessa ljud jämförs sedan med de ljud som normalt uppkommer från annan marin verksamhet.

Rapport har utarbetats genom att studera ett antal vetenskapliga rapporter som behandlat ljudutbredning i havet samt mätningar av marina djurs ljuduppfattning.

Ljudmätningar från vindkraftverk är begränsad då ytterst få havsbaserade vindkraftverk av storlek i MW-klassen finns att mäta på. Som en jämförelse redogörs för ljud från fisketrålare, färjor, Ro-Ro fartyg, järnvägsbroar mm. Olika konstruktioner av vindkraftverk ger olika ljud beroende på konstruktionen av de komponenter som finns i vindkraftverket. Ljudet emitteras ut i vattnet olika beroende på vilket fundament som används. Bottenbeskaffenheten i havet påverkar även dämpningen av ljudet. Bottnar med riklig växtlighet av sjögräs dämpar bättre än om botten är en hård stenbotten.

De ljudmätningar som genomförts på ljud i havet från vindkraftverk visar att ljudnivån avtar snabbt vid ökande frekvens. På 100 meters avstånd från vindkraftverket uppmätts ljud på ca 120 dB vid 10 Hz, men i frekvensområdet över 50 Hz avtar ljudnivån ner mot 75 dB. Den forskning som bedrivits vid Universitetet i Liverpool visar att endast fiskar med utvecklad simblåsa, exempelvis torsk och sill, uppfattar dessa ljudnivåer. Torsk uppfattar ljudnivåer på ca 70 dB inom frekvensområdet 50 – 400 Hz. Vid 50 meters avstånd från vindkraftverken kan fiskar med underutvecklad simblåsa uppfatta enstaka toner från vindkraftverket. Fiskar med underutvecklad simblåsa har en nedre hörseltröskel på omkring 90 dB.

Ljudutbredningen i havet är komplicerad. Den beror bland annat av salthalt och skiktning av vatten med olika temperaturer. Den ljudspridning som beror på skiktningar i vatten är känd från lokalisering av fartyg från ubåtar, men skiktens tjocklek varierar beroende på årstid, nederbörd och lokalisering. Viss muntlig information inom detta område har erhållits från Marinen.

Summary

A wind park affects the marine environment during several different phases of its lifetime. The different stages in the park's environment effect are construction, operation and dismantling. All of these different stages affect more or less the marine environment and its inhabitants. This report illustrates the how the various marine animals can experience sounds from the wind park during its operation. These sounds are compared to normal marine activities.

This report has been a result by studding a number of scientific reports on effect of noise from offshore wind farm, railroad bridges and ships on marine wildlife.

Sound measurements from wind parks are limited, as there are very few sea-based wind parks in the MW class to listen to and measure. As a comparison, we use sounds from fishing trawlers, ferries, Ro-Ro ships, train bridges, etc.

Different methods of construction give of different sounds, depending on the different elements used for the Wind Park. Sounds from the Wind Park are transmitted differently to the surrounding water depending on which sort of foundation is used.

The consistency of the seabed itself affects the efficiency of the sound suppression. Seabed's with an abundance of sea-grass and seaweed dampen the sound much better than a hard rocky seabed.

To further complicate matters, sound transmission in water is dependent on the degree of salt in the water and the layers of different temperatures in the water. The sound transmission due to temperature layers in the water is, however, rather well known from the military problem of locating ships from submarines. However the layers thickness can vary with the season, the precipitation from the atmosphere and the local conditions. Certain oral information in this area was obtained from the Navy.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	MÅL.....	1
2	ALLMÄNT OM LJUD.....	2
2.1	LJUDETS UPPKOMST	2
2.2	MÄTNING AV UNDERVATTENSBULLER	2
2.3	SPRIDNING	2
3	LJUD FRÅN VINDKRAFTVERK.....	4
3.1	LJUDNIVÅ FRÅN VINDKRAFTVERK	4
3.2	FUNDAMENTETS BETYDELSE	5
4	MARINA DJURS LJUDUPPFATTNING.....	6
4.1	MARINA DJURS HÖRSELTRÖSKEL.....	6
4.2	FISKARS LJUDKÄNSLIGHET	6
4.3	MARINA DÄGGDJURS LJUDKÄNSLIGHET	7
5	LJUD FRÅN MARINA AKTIVITETER	9
5.1	JÄMFÖRELSE MED LJUD FRÅN FARTYG MM	9
5.2	LJUD FRÅN JÄRNVÄGSBROAR.....	10
6	SLUTSATSER.....	11
7	REFERENSER:	12

1 Inledning

1.1 Bakgrund

För att kunna bedöma om fiskar, sälar och andra marina djur kommer att störas av ljud från vindkraftverk måste man ha kunskap om hur dessa djur uppfattar ljud. I en engelsk undersökning [1] har man försökt att fastställt hörseltröskeln för torsk, lax, plattfisk, delfiner, sälar och späckhuggare. Med detta som underlag kan man jämföra olika ljudkällor för att avgöra om ljuden kan uppfattas av dessa djur.

Vid utbyggnad av en vindkraftpark kommer ljudnivån i vattnet att öka inom området. Vilken direkt påverkan ljudet kommer att ha på det marina livet under uppbyggnadsskedet är mycket svårt att uttala sig om. Denna ljudstörning blir dock kortvarig. Man kan ändå jämföra den med det fartygsbuller som finns uppmätt för exempelvis fiskefartyg. Vid en jämförelse med de ljud som sedan uppstår under driftskedet är detta mycket begränsat i jämförelse med ljud från fartygstrafik, broar, stora havsvågor mm. Denna bedömning är baserad på de mätningar som utförts på vindkraftverk med storleken upp till 500 MW och beräkningar av ljud från vindkraftverk i MW-klassen. Sedan länge vet man att stadigvarande ljud från exempelvis fiskebåtar inte stör, eller skrämmer fisken, vilket däremot ljud från ett tåg som passerar en järnvägsbro gör.

1.2 Mål

Målet med detta projekt är:

- Att bedöma marina djurs möjlighet att uppfatta ljud från vindkraftverk.
- Uppskatta ljudets spridning i havet
- Jämföra olika fundamentkonstruktioners ljudspridning
- Jämföra ljud från vindkraftverk med naturligt förekommande ljud i havet.

2 Allmänt om ljud

2.1 Ljudets uppkomst

Studerar man ljud från vindkraftverk finner man att detta består av dels ett bredspektriskt brus tillsammans med diskreta toner. Det bredspektriska bruset härrör från luftströmmarna runt turbinbladen, medan tonerna kommer från kuggväxlar och elektrisk utrustning. Samtliga dessa ljud sprids till vattnet på två vägar, dels genom luften ner i vattnet och dels som stomljud ner till fundamentet och ut i vattnet.

Då luft och vatten har helt olika akustisk impedans kommer största delen av ljudet i luft att reflekteras mot vattenytan. Detta medför att endast en liten del av det luftburna ljudet blir undervattensljud. För stomljudet däremot finns en direkt koppling mellan fundament och vatten. Detta innebär således att ljudet i vatten från havsbaserade vindkraftverk nästan uteslutande består av vibrationer från växellådor, lager och vibrationer från transformatorer, elmaskiner och annan elektrisk utrustning.

2.2 Mätning av undervattensbuller

Ljud uppkommer genom tryckvågor som fortplantas i ett medium, vanligtvis luft, metaller eller vatten. Vid mätning i luft anges ljudtrycket som en relation till $20 \mu\text{Pa}$. Värdet uttrycks i dBA. Vid mätning i vatten sker relation i dB till trycket $1 \mu\text{Pa}$. Detta innebär att mätetalen från ljud i luft och i vatten inte lika enkelt går att jämföra. Ljud i luft uttrycks i dBA vilket skall återspegla hur en människa uppfattar ljudet. Ljudet fortplantar sig vidare olika beroende på mediets densitet. Ju högre densitet ett medium har desto högre är ljudets hastighet. För luft anger man ljudets hastighet till 330 - 350 m/sek, beroende på temperatur och lufttryck, för vatten ca 1500 m/sek och för stål ca 5100 m/sek.

Om man vill jämföra ljud över respektive under vatten kan man säga att 30 dBA relativt $20 \mu\text{Pa}$ kan uppfattas som en tyst bakgrunds nivå i en skog. Vid mätningar i vatten motsvara 60 dB, relativt $1 \mu\text{Pa}$, en relativt tyst bakgrunds nivå. Detta medför att uppmätta havsljud på 130 dB bör jämföras med ca 100 dBA i luft.

Detta visar att det är viktigt att inte blanda ihop mätetal för ljud i vatten med det som gäller för ljud i luft.

2.3 Spridning

Ljud sprids normalt i alla tre planen, x-, y- och z-riktning, eller framåt/bakåt, åt sidorna och uppåt/nedåt. Då det gäller ljud i havet brukar man göra en förenkling och säga att havsljud endast sprids i två riktningar, x- och y-riktning, framåt/bakåt och åt sidan. Denna förenkling är möjlig då man betraktar ljudkällor, som står på grunda områden och på avstånd som är större än vattendjupet. Ännu tydligare blir detta betraktelsesätt då man betänker att havsvatten uppträder som skikt med olika salthalt eller temperatur. Ljud inom ett skikt sprids inte över till ett annat skikt utan reflekteras mot gränsskiktet. Ljudet från ett vindkraft kan då sägas avta med 3 dB vid fördubbling av avståndet.

Mätningar som gjorts utanför Gotland, på vindkraftverk placerade med rörfundament [2], har också bekräftat detta. Ljudtrycket studerades där inom frekvensområdet 1 –

1000 Hz. Där uppmättes ca 86 dB vid 50 m avstånd, för frekvensen 200 Hz. Vid 200 m avstånd hade ljudet minskat till ca 80 dB. Mätningar skedde även vid 400 och 1000 m avstånd, men då försvann ljudet i bakgrundsbruset. Detta låg inom området 77 – 80 dB. (Obs! 60 dB i havet betraktas som tyst bakgrund).

Då man studerar ljudspridning i vatten från vindkraftverk placerade på fundament i havet måste flera faktorer beaktas vilka påverkar ljudspridningen. Ljudreflexioner kan ske i olika temperatur- och salthalts skikt och ljudets dämpning som beror på bottnarnas beskaffenhet. Mjuka dyiga bottenar eller bottenar med stor beväxtning dämpar mycket bra, vilket hårda stenbottenar inte gör. Temperatur- och salthaltsskiktningen varierar dessutom beroende på havsströmmar vilka i sin tur påverkas av variationen i lufttrycket. Årstider kan därför också sägas ha en inverkan på ljudspridningen.

3 Ljud från vindkraftverk

3.1 Ljudnivå från vindkraftverk

Hittills har endast ett begränsat antal ljudmätningar på vindkraftverk genomförts. I början av 1990 utförde Fiskeriverket ljudmätningar [3] på "Svante", ett vindkraftverk på 220 kW. Detta vindkraftverk hade ett tripod-fundamenten av betong. Fiskeriverkets ljudmätningar omfattade ljud ner till 10 Hz.

Intresset för havsbaserade vindkraftverk ökade från försvarets sida så att dessa uppdrog åt FOI att under sommaren 2000 genomförde ljudmätningar vid vindkraftparken Bockstigen utanför Gotland. Vid detta tillfälle genomfördes även mätningar av det elektromagnetiska fält som beror på transformatorer och elkablar. Vindkraftpark består av fem stycken 500 kW verk. Dessa vindkraftverket är placerade på var sitt rörfundament. De mätinstrument som används vid bullermätningarna registrerade havsbuller inom frekvensområdet 1 Hz – 10 kHz. Då vissa delar av denna utredning [2] inte är godkänd för spridning återopas därför endast slutsatser om ljudspridningen. FOI's rapport redovisar de ljud som fanns inom frekvensområdet 1 – 1000 Hz. Uppdraget från marinen till FOI har tillkommit i huvudsak för att utröna om fientliga undervattensverksamheter skall kunna maskeras av ljud eller elektromagnetiska störningar från havsbaserade vindkraftverk.

Mätningarna som genomfördes av Fiskeriverket på "Svante" visade att fundamentet hade ett ljudmaximum runt 16 Hz vid vindhastigheten 12 m/s. Ljudstyrkan uppmättes till 113 dB med referens 1 μ Pa. Ljudet var lågfrekvent och avklingade snabbt så att ljud över 500 Hz var försumbart jämfört med bakgrundsljudet.

Ljudmätningar vid Bockstigen sydväst om Näsudden på Gotland visade att fundamentet har stor betydelse för ljudets frekvensomfång. Fundament till dessa vindkraftverk har sänkts ned i borrhål i kalkstensbotten. Ljudet har mätts på 50, 200, 400 och 1000 meters avstånd. Det uppmätta ljudet har sedan analyserats inom frekvensområdet 1 – 1000 Hz. Även här kunde man konstatera att ljud över 400 á 500 Hz försvann i bakgrundsljudet. Mätningarna från 50 m avstånd visar på ett antal toner vid 160, 270 och 312 Hz. Dessa toner uppmättes till runt 105 - 110 dB med referens 1 μ Pa. Vid 200 m avstånd hade tonerna dämpats till 90 - 95 dB. Som slutsats från dessa mätningar kan sägas att vid avstånd över 200 meter och för frekvenser över 150 Hz avklingade ljudnivån från 80 dB ner mot 65 dB vid 1 km avstånd. Vid längre avstånd från ljudkällan försvann ljudet i bakgrundsbruset.

Ljud från stora vindkraftverk finns ännu inte tillgängliga. Mätningar kommer inom kort att ske på Utgrunden på vindkraftverk i MW-klassen. På prototypstadiet finns i dag vindkraftverk med en effekt på 2½, 3 och 3½ MW, men dessa finns ännu inte byggda som havsbaserade verk. I ett försök att uppskatta ljudstrålningen från stora vindkraftverk har det danska konsultföretaget Ødegaard & Dannesskiold-Samsø AS [4] utgått från mätningar på två havsbaserat 500 kW vindkraftverk, ett på betongfundament och ett med rörfundament. Med hjälp av fundamentsvibrationer från landbaserade 500 kW och 2 MW har man sedan beräknat förmodade undervattensljud för gravitations- och rörfundament för 2 MW verk.

Resultatet av dessa beräkningar blev att ett gravitationsfundament skulle ge en ljudeffekt på 140 dB rel. 1 μ Pa på 1m avstånd och ett 2 MW vindkraftverk på ett rörfundament skulle ge 126 dB. Beräkningarna redovisar inte ljud under 10 Hz. Dessa resultat måste dock hanteras med varsamhet då skalningsantagandena inte har verifierats. Omräknat för ett avstånd på 100 meter skulle ljudtrycket då ligga på 110 – 115 dB för de lägsta frekvenserna.

3.2 Fundamentets betydelse

För havsförlagda vindkraftverk kommer för närvarande endast tre olika fundamentstyper till användning, nämligen gravitationsfundament, rörfundament eller tripodfundament. Gravitationsfundamentet är ett fundament som tillverkas av armerad betong. Storleken och tyngden av dessa fundament gör i sig att ljudet från ett vindkraftverk placerat på ett sådant fundament dämpas väsentligt. Dessa fundament används vanligtvis inte på vattendjup över ca 15 m.

För vattendjup över 15 m blir rör- eller tripodfundament bästa alternativet till fundament. Rörfundamentet består av ett stålrör med en diameter på upp till 4 meter. Rörfundamentet eller monopile fundamentet har bättre ljudledande egenskaper än betongfundamentet. Betongfundamentet har å andra sidan en större ljudöverförande yta mot vattnet. Danska mätningar har visat att vid en jämförelse av ljud från dessa båda fundamentstyper ger rörfundamentet en större andel ljud inom frekvensområdet 50 – 500 Hz än betongfundamentet. Betongfundamentet i sin tur alstrar mer ljud under 50 Hz, men av lägre amplitud. Tripodfundamentet slutligen kan bestå av tre smalare rör eller tre ben med fackverkskonstruktion. Några mätningar från stora vindkraftverk med denna typ av fundament finns inte gjorda varför man kan spekulera i att tripoden av rör, något så när kommer att likna ljudöverföringen från ett monopile fundament. Fackverksfundamentet borde ge mindre ljud, detta på grund av den begränsade kontaktytan mellan fundament och vatten. Ljudet från dessa fundament kan man förmoda kommer att ligga inom det högre frekvensavsnittet.

För samtliga fundamentstyper gäller att vibrationerna i fundamentet ökar ju högre upp från botten man kommer. Av den anledning kommer därför det utsända ljudets amplitud också att öka ju närmare vattenytan man kommer.

4 Marina djurs ljuduppfattning

4.1 Marina djurs hörseltröskel

Den föreliggande utredningen syftar till att få en uppfattning av om marina djur kan störas av ljud från vindkraftverk. Av den anledning är en del i utredningen att redovisa dessa djurs hörseltröskel eller vilka ljud de kan uppfatta. Genom att jämföra detta med de ljud som uppkommer från vindkraftverk får man en uppfattning om marina djur kan uppfatta ljuden. Vidare kan man jämföra vindkraftverkens ljud med de ljud som normalt kan förekomma i havet från annan mänsklig aktivitet och naturliga fenomen. Detta kan sedan ligga till grund för ett antagande hur djuren kommer att reagera. En dokumentation av djurs hörseltröskel är i princip samma undersökning som görs på människor, med nedsatt hörsel, för att utreda vilken hörapparat som passar personen bäst.

I en miljörapport för Rödsand har man studerat ljudpåverkan på fisk [5]. Hörseluppfattningen hos fisk är lokaliserat till fiskens inneröra genom påverkan på de så kallade öronstenarna. Då en fisk kropp inte skiljer sig väsentligt från omgivande vatten blir det fiskens inneröra som uppfattar ljud. Hos de fiskarter som har utvecklad simblåsa kommer denna att på ett väsentligt sätt bidra till fiskens ljuduppfattning. Fiskar med simblåsa har en övre hörselgräns vid ca 500 Hz. Som exempel på fiskar med simblåsa kan bland annat nämnas sill och torsk. Hos fiskar utan simblåsa, eller med en underutvecklad sådan, kommer ljudförnimmelsen att avta brant för frekvenser över 100 Hz. Exempel på sådana fiskar är plattfisk, lax och makril.

Mätning på de marina djuren för att undersöka deras ljudkänslighet sker genom att registrera deras reaktion på diskreta toner. Undersökningen hämtad från en engelsk rapport från år 2001 [1]. Mätningar är gjorda på torsk, lax, sandskädda, säl, delfin och späckhuggare. Mätningarna som utförts på fisk visar att dessa har sitt känsligaste område kring 100 Hz medan de marina däggdjurs känsligaste område ligger kring 10 000 Hz och är klart mycket känsligare än fisk.

4.2 Fiskars ljudkänslighet

Nedanstående diagram visar att torskfiskar är en art som uppfattar undervattensljud mycket bra. Deras känsligaste området ligger runt 100 Hz. Andra fiskarter med utpräglad simblåsa såsom exempelvis sill uppfatta också ljudvågor i vatten på ungefär samma sätt som torsken. Sandskädda och laxfiskar, som har en sämre utvecklad simblåsa, har sitt känsligaste område ungefär inom samma område fast 20 respektive 30 dB sämre ljudkänslighet. Dessutom avtar dessa fiskars ljudkänslighet mycket brant vid frekvenser över ca 100 Hz. Detta medför att då man jämför de ljudmätningar från vindkraftverk som finns tillgängliga med fiskars ljudförnimmelser är det endast torsken som kan uppfatta ljudet från vindkraftverk. Sandskädan och laxen kan uppfatta buller och några diskreta toner som uppkommer i vindkraftverken då avståndet till ljudkällan är under 100 meter.

Fiskar med utvecklad simblåsa har en nedre hörseltröskel som ligger inom området kring 70 dB vid frekvensområdet runt 100 Hz. Fiskar med underutvecklad simblåsa däremot har sin nedre hörseltröskel vid ca 90 dB. Detta framgår tydligare av nedanstående diagram.

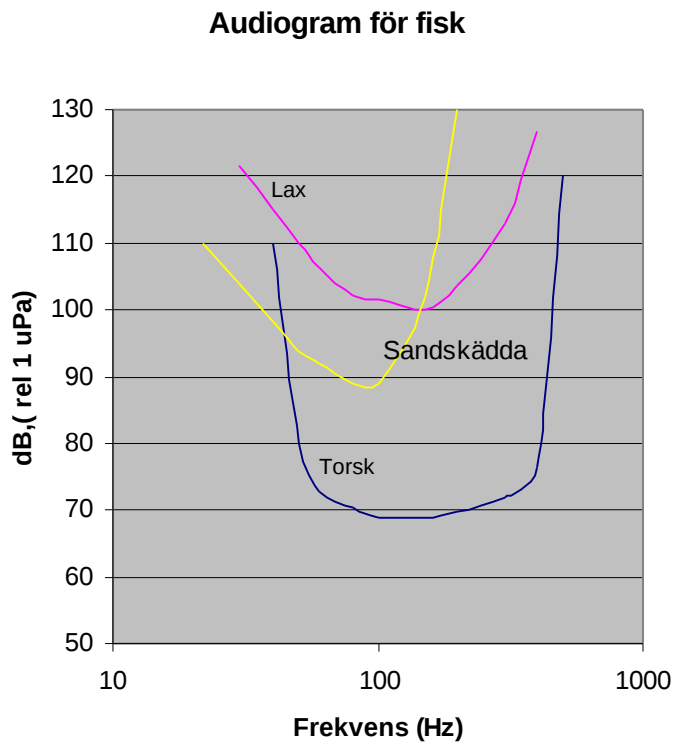


Diagram 1. Jämförande hörseltröskel för torsk, lax och sandskädda.

4.3 Marina däggdjurs ljudkänslighet

Mätningar som genomförts på marina däggdjuren har genomförts på säl, delfin och späckhuggare. Det visade sig att dessa har ett mycket bättre hörselorgan och att deras känslighet ligger inom ett intervall 1000 – 100 000 Hz. Inom frekvensområdet under 1000 Hz har de marina däggdjuren sämre hörselförmåga jämfört med fiskar. Vidare har man konstaterat att de marina däggdjuren kan uppfatta ljud ner till 42 – 45 dB (referens 1 μ Pa). Detta är ljudtryck klar under det en människa kan uppfatta, där 60 dB i vatten uppfattas som en tyst bakgrund. Dessa djurs hörseltröskel ligger alla runt 45 dB inom frekvensområdet runt 10 000 Hz. Däremot är ljudkänsligheten låg inom det område där vindkraftverken avger mest ljud. Nedan visas hörseltröskeln för säl, delfin och späckhuggare.

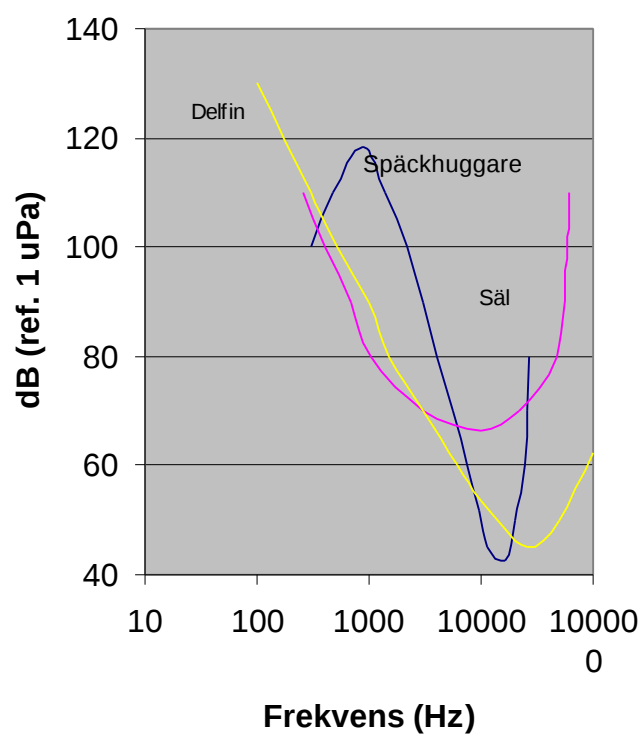


Diagram 2: Jämförande hörseltröskel för späckhuggare, säl och delfin.

5 Ljud från marina aktiviteter

5.1 Jämförelse med ljud från fartyg mm

Fiskeriverket har genomfört en studie av ljud från fartyg och en del andra aktiviteter i havet som kan åstadkomma ljudstörningar. Det är intressant att jämföra dessa ljudnivåer med de från vindkraftverk. Effekten av ljud från fartyg på fisk är sedan lång tid kända, varför man kan dra vissa slutsatser om hur havsbaserade vindkraftverk kommer att påverka fisken. Mätningar har genomförts på fisketrålare, katamaranfärjor och vanliga färjor, container- och Ro-RO-fartyg samt sandsugare. Mätningarna har gjorts på 100 meters avstånd. Sammantaget kan man konstatera att dessa verksamheter ger ett brett ljudband inom frekvensområdet 2 – 1000 Hz. Ljudstyrka från dessa aktiviteter ligger i huvudsak inom intervallet 110 – 150 dB (1 μ Pa). Containerfartyg och fisketrålare ger ljudnivåerna på ca 150 dB i frekvensintervallet 50 – 200 Hz.

En jämförelse mellan buller från fartygsverksamhet och de mätningar som gjorts på havsbaserad vindkraftverk visar att buller från vindkraftverk överensstämmer med det högsta fartygsbullret i intervallet 2 – 20 Hz. Detta intervall ligger dock utanför det område där fiskar kan uppfatta buller enligt de undersökningarna som är gjorda i England. Nedan visas en sammanställning av dessa mätningar. Som jämförelse har även ljud från havsvågor lagts in i nedanstående diagram.

Vindkraftbuller i relation till fartygsbuller

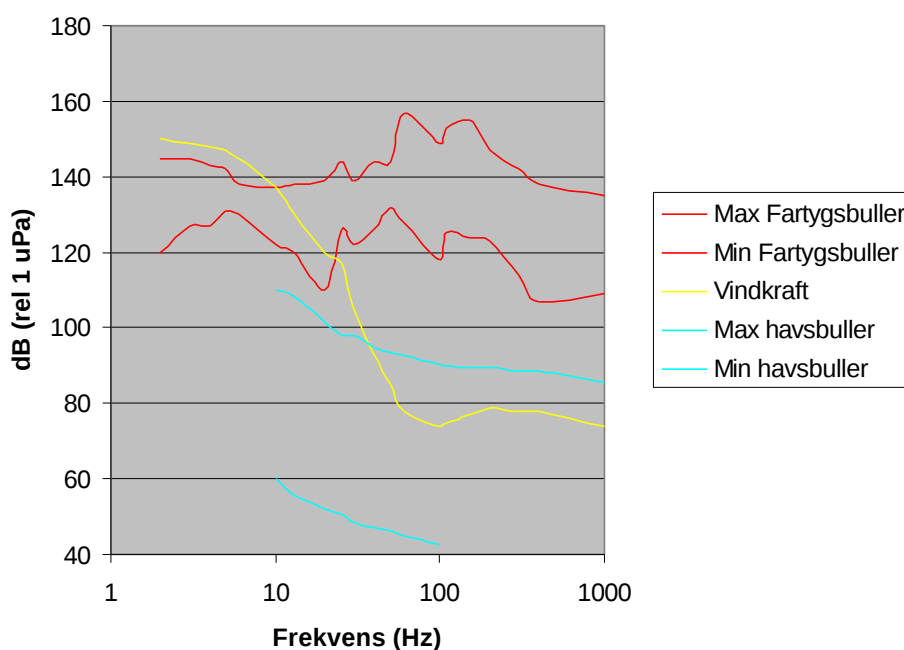


Diagram 3. Buller från olika fartyg och havsvågor jämfört med buller från vindkraftverk

5.2 Ljud från järnvägsbroar

Mätningar av ljudtryck från en järnvägsbro har också genomförts i Fiskeriverkets regi. Dessa mätningar visar att bullernivån ligger relativt jämt på 120 – 130 dB i frekvensområdet 2 – 400 Hz. Enstaka toppar når upp till 138 dB i frekvensområdet strax under 100 Hz. Därefter dämpas ljudet ner mot ca 100 dB vid 1000 Hz.

Vid observation av fiskars beteende i samband med plötsligt uppkomna ljudstörningar har man kunnat konstatera att fisk undviker dessa områden mycket mer än områden med kontinuerliga ljud.

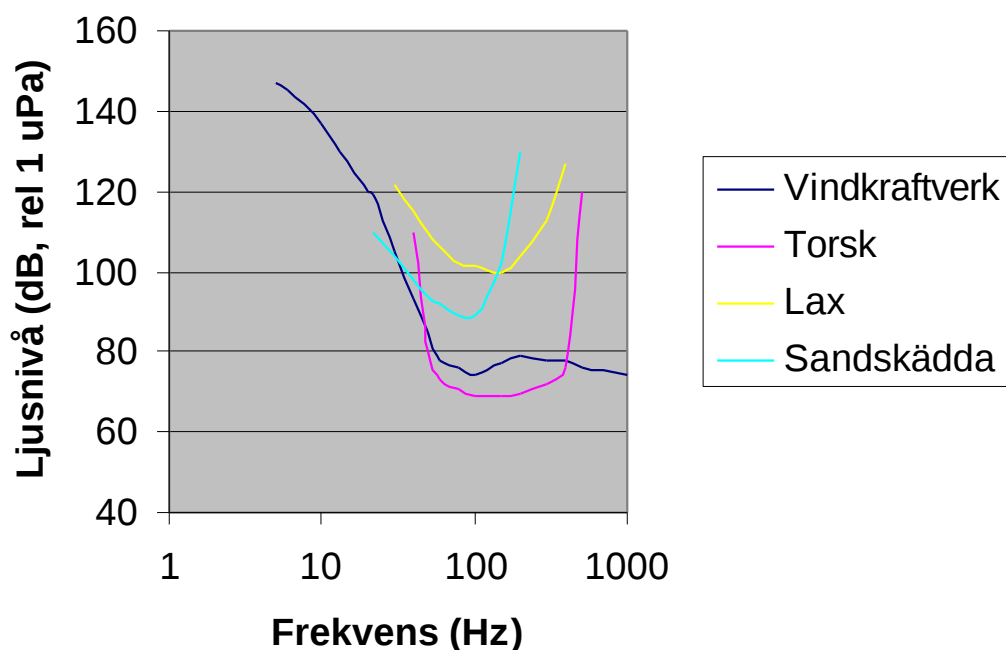
6 Slutsatser

De mätningar och beräkningar som genomförts på ljudalstring från vindkraftverk visar att det alstrade ljudet på 100 meters avstånd, i frekvensområdet 1 – 50 Hz, ligger i nivå med ljud från exempelvis fiskefartyg. Vid högre frekvenser avtar ljudet från vindkraftverk mycket snabbt. Då man jämför ljuder från vindkraftverk med den hörselkurvor som uppmätts på torsk, lax och sandskädda, finner man att på 200 meters avstånd, kommer endast torskfiskar att kunna uppfatta ljud från vindkraftverk. På 50 meters avstånd från vindkraftverken kommer samtliga undersökta fiskar att uppfatta buller eller enstaka starka toner från verken. Dessa toner ligger i amplitud i samma nivå som de lägsta bullernivåerna från fartyg.

Fiskars ljuduppfattning från vindkraftverk skulle kunna sammanfattas i nedanstående diagram. För de marina däggdjuren gäller att dessa har sin absolut bästa hörsel inom ett område som vida överskrider det frekvensområde där vindkraftverken avger störande ljud. Höga frekvenser dämpas dessutom mycket snabbt ut och försvinner i bakgrunds-ljudet.

Det går inte att exakt redovisa hur ljudutbredningen från vindkraftverk kommer att se ut. Detta beror på att olika salthalt och olika temperaturskikningar av havsvatten medför olika förutsättningar för ljudspridningen. Vidare kommer ljudet att dämpas olika beroende på bottenbeskaffenheten. Lösa bottenar med riklig beväxtning dämpar bättre än hårda bottenar. Med de mätningar och beräkningar som finns tillgängliga i litteraturen är det svårt att hävda att fisk kommer att bli märkbart störda av ljud från vindkraftverk. Sammantaget kan sägas att buller från vindkraftverk endast för vissa diskreta toner når upp till den amplitud som de högsta naturliga havsljuden kan åstadkomma.

Fiskars Ljuduppfattning på 100 meter



7 Referenser:

- [1] Vella G m fl "Assessment of the effects of noise and vibration from offshore wind farms on marine wildlife", (University of Liverpool, 2001).
 - [2] Tim Fristedt m fl. FOI, "Acoustic and Electromagnetic noise induced by wind mills – implications for underwater surveillance systems", ISSN 1650-1942. (2001).
 - [3] Westberg H, Fiskeriverket, "Fiskeriundersökningar vid vindkraftverket Svante 1", (1994).
 - [4] Deng U, Ødegaard & Danneskiold-Samsø AS, "Havvindmølle – VVM", (2000).
 - [5] VVM-redogörelse for havmølleparken ved Rødsand, MKB-rapport nr 18, pt. 4.5 (2000).
 - [6] Westberg H, "Ljud och vibrationer vid broar", Fiskeriverket, (196).
- Text [normal]

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 25 30. Telefax 08-677 25 35
www.elforsk.se