

# Studie av kontrollprogram av buller vid vindkraftverk

KARL BOLIN, MARTIN ALMGREN

RAPPORT 6739 • MAJ 2017



# Studie av kontrollprogram av buller vid vindkraftverk

Karl Bolin, Teknisk Doktor (Akustik), Kungliga Tekniska högskolan,  
Marcus Wallenberglaboratoriet för Ljud och Vibrationsforskning

Martin Almgren, Teknisk doktor (Akustik) Almgren Akustikkonsult AB

**Beställningar**

Ordertel: 08-505 933 40

Orderfax: 08-505 933 99

E-post: natur@cm.se

Postadress: Arkitektkopia AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: [www.naturvardsverket.se/publikationer](http://www.naturvardsverket.se/publikationer)

**Naturvårdsverket**

Tel: 010-698 10 00, fax: 010-698 16 00

E-post: [registrator@naturvardsverket.se](mailto:registrator@naturvardsverket.se)

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)

ISBN 978-91-620-6739-7

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2017

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2017

Omslagsfoto: Ole Rønning Kristiansson (vindkraftverk)  
Jens Fredriksson, Akustikkonsulten i Sverige AB (mätning)



## Förord

Kunskapsprogrammet Vindval är ett samarbete mellan Energimyndigheten och Naturvårdsverket med uppgiften att ta fram och förmedla vetenskapligt baserade fakta om vindkraftens effekter på människa, natur och miljö.

Programmets två första etapper 2005–2014 resulterade i ett 30-tal forskningsrapporter samt fyra så kallade syntesarbeten. I syntesrapporterna sammanställer och bedömer experter de samlade forskningsresultaten och erfarenheterna av vindkraftens effekter nationellt samt internationellt inom fyra områden: människors intressen, fåglar och fladdermöss, marint liv och däggdjur på land. Resultaten har bidragit till underlag för miljökonsekvensbeskrivningar samt planerings- och tillståndsproucesser i samband med etablering av vindkraftsanläggningar.

I Vindvals tredje etapp, som inleddes 2014 och pågår till 2018, ingår även att förmedla erfarenheter och ny kunskap från parker som är i drift. Resultat från programmet ska också komma till användning i tillsyn och kontrollprogram samt myndigheters vägledning.

Liksom tidigare ställer Vindval höga krav vid vetenskaplig granskning av forskningsansökningar och forskningsresultat, samt vid beslut om att godkänna rapporter och publicering av projektens resultat. Den här rapporten har skrivits av Karl Bolin, Teknisk Doktor (Akustik), Kungliga Tekniska högskolan, Marcus Wallenberglaboratoriet för Ljud och Vibrationsforskning samt Martin Almgren, Teknisk doktor (Akustik) Almgren Akustikkonsult AB. Författarna svarar för eventuella slutsatser och rekommendationer.

Vindval i maj 2017



# Innehåll

<b>FÖRORD</b>	3
<b>SAMMANFATTNING</b>	7
<b>SUMMARY</b>	9
<b>1. INLEDNING</b>	11
<b>2. KONTROLLPROGRAM OCH EGENKONTROLL</b>	13
<b>3. STEG 1: SAMMANSTÄLLNING AV TILLGÄNGLIGT MATERIAL</b>	15
3.1 Bakgrund	15
3.2 Villkor om kontroll	17
3.3 Metoder	17
3.4 Klagomål	18
3.5 Diskussion steg 1	19
<b>4. STEG 2: DETALJGRANSKNING</b>	21
4.1 Björkhöjden-Björkvattnet	21
4.2 Brahehus	25
4.3 Fredriksdal	28
4.4 Ingelstråde	31
4.5 Jädraås	34
4.6 Karsholm	38
4.7 Lejdebergen	41
4.8 Oxhult-Kåphult	43
4.9 Ytterberg	46
4.10 Örbacken	49
4.11 Östra Herrestad	52
<b>5. LJUDKONTROLL I DANMARK</b>	54
<b>6. DISKUSSION</b>	56
6.1 Kontroll av verkets reglerinställning	56
6.2 Antal verk att mäta	57
6.3 Val av ljudeffektnivå vid ljudberäkningen	58
6.4 Noggrannhet vid kontrollmätning av ljud	58
6.5 Kontroll av ljud från vindriktningsoptimerade parker	59
6.6 Tidpunkter för emissionsmätningar och immissionsmätningar	60
6.7 Onormal amplitudmodulation	61
6.8 Kontroll av ljud från flera närliggande parker	61
6.9 Byggtid	63
6.10 Rekommendation om beräkningsmetod för utbredning av ljud	63
<b>7. CHECKLISTOR FÖR KONTROLL AV LJUD FRÅN VINDKRAFTVERK</b>	65
<b>8. REFERENSER</b>	68



# Sammanfattning

Det nedan redovisade projektet har undersökt kontrollprogram avseende buller för vindkraftsetableringar i Sverige. Krav på kontrollprogram brukar föreskrivas i tillståndsbeslut enligt miljöbalken, för att följa upp villkoren i tillståndsbeslutet. Syftet med projektet har varit att sammanställa information kring kontrollprogram och vindkraftsetableringar samt att diskutera vad som bör ingå i kontrollprogram för ljud från vindkraft. Arbetsmetodiken har bestått av tre delar; Steg 1 var att samla och sammanställa information, huvudsakligen från projektet Kontrollprogram för Vindkraft P40228. I materialet ingår även ett fåtal mindre anläggningar som enbart omfattas av anmälningsplikt. Från denna sammanställning valdes elva parker ut för detaljgranskning i steg 2. I steg 3 har materialet sammanställts och här ges rekommendationer för hur kontrollprogram och uppföljning av buller från enskilda parker bör utformas, för att på ett ändamålsenligt sätt belysa verksamhetens effekter på ljudmiljön. En checklista för vad som bör ingå i kontrollprogram för buller redovisas också.

Parkerna i materialet är tillståndsgivna mellan 2005 och 2012. Praxis och villkorsskrivning har förändrats under den perioden och även därefter. Nya regler för prövning av vindkraft trädde i kraft 2009. Miljödomstolarna har ersatts av mark- och miljödomstolar (2011), och länsstyrelsernas prövning sker i 12 miljöprövningsdelegationer (MPD) enligt förordning (2011:1237). På den tekniska sidan har också förändringar skett. Turbinerna i materialet har en totalhöjd på mellan 100 och 180 meter. Teknikutvecklingen har gjort att det numera är vanligt med ansökningar om verk med en totalhöjd på 200 meter eller mer.

För att komplettera det skriftliga materialet, har tillsynsmyndigheterna kontaktats för att svara på om det finns, eller har funnits, klagomål på buller från närboende. Av de 32 parkerna i materialet hade det, vid någon tidpunkt, funnits klagomål på buller från närboende vid ungefär hälften av etableringarna. I de fall tidpunkter angavs, var det vanligt med bullerstörning på morgnar och kvällar. I knappt hälften av fallen har klagomålen upphört efter något eller några år. I några fall har bullerproblemen varit av den art att verksamhetsutövaren kunnat åtgärda dem på teknisk väg. I de flesta fall är det dock oklart varför klagomålen har upphört. Det går inte att utläsa några generella mönster när det gäller klagomål, eftersom materialet är litet. Det finns enskilda etableringar, som Karsholm, Björkhöjden och Fredriksdal, vilka har genererat många klagomål från boende i närområdet. Det finns andra etableringar med ett flertal boende i områden som exponeras för bullernivåer på 35–39 dBA, där inga klagomål, eller betydligt färre, har inkommit till tillsynsmyndigheten.

I så gott som samtliga fall där mätningar gjorts, har verksamhetsutövaren kunnat visa att ljudvillkoren innehålls. Vid ljudnivån 35–40 dBA från vindkraft, upplever sig 12 % som bullerstörda och ungefär 6 % som mycket störda. Det är därmed uppenbart att en utbyggnad av vindkraft i Sverige kommer att innebära att fler människor störs av vindkraftbuller, även om



verksamhetsutövaren klarar villkoret om 40 dBA ekvivalent ljudnivå utomhus vid bostäder.

Ett flertal vindkraftsetableringar har redovisats i texterna ovan och kontrollprogrammen samt dokumentation kring ljud har granskats. Författarna rekommenderar å det starkaste att vid ljudkontroll med ljudeffektbestämning för vindkraftverk kombinerat med ljudutbredningsberäkning ska ljudeffektbestämningen göras enligt IEC 61400-11 och vara rapporterad enligt standard. Vidare rekommenderar vi att vid immissionsmätningar använda metoder beskrivna i Elforsk 98:24. Det anses vidare fördelaktigt att företaget som gör ljudmätningarna bör vara ackrediterat av Swedac eller motsvarande internationella ackrediteringsinstitut.

Vid ljudimmissionsmätning vid bostad har det visat sig att bakgrundsljudet ofta dominerar totalljudnivån. Då kan bara en övre gräns för vindkraftsljudets bidrag till ljudnivån vid bostaden anges. Om denna övre gräns är högst 40 dBA har man visat att ljudvillkoret 40 dBA innehålls. Osäkerheten i den övre gränsen blir då beroende av bakgrundsljudnivåns spridning, vilken kan vara betydande. Projektgruppens förslag är att spridningen i form av standardavvikelsen bör vara högst 4 dB vid ljudimmissionsmätning för att mätningen ska anses relevant. En ljudemissionsmätning är oftast mindre påverkad av bakgrundsljud och spridning brukar vara mindre än vid en ljudimmissionsmätning. Projektgruppens förslag är att spridningen i form av standardavvikelsen bör vara högst 2 dB vid ljudemissionsmätning för att mätningen ska anses relevant. För beräkning med Nord2000 finns möjlighet att uppskatta noggrannheten eftersom validerande ljudmätningar gjorts i olika typer av terräng. För Naturvårdsverkets beräkningsmodell har Uppsala universitet på senare tid gjort jämförelser mellan beräknad och uppmätt ljudnivå, som skulle kunna utnyttjas för uppskattning av osäkerhet.

Projektgruppen rekommenderar att Naturvårdsverkets ljudutbredningsmodeller bör redovisas i kontrollprogram och i de fall, t ex med omringande verk när medvind från alla håll är uppenbart orealistiskt, i komplex terräng och längre utbredningsavstånd, där en minskad tillförlitlighet kan misstänkas förekomma bör Naturvårdsverkets modell kompletteras med mer noggranna modeller av ljudutbredning, t ex Nord2000, och val av resultat motiveras utifrån aktuellt fall.

Mätstandarden för immissionsmätning Elforsk 98:24 är daterad från före millennieskiftet och tar inte höjd för att dagens turbiner har sammanlagd höjd ibland upp till ca 200 m vilket innebär att det atmosfäriska ytlagret numera överskrids och luftlager med mer kontinuerliga vindar kan uppnås. Från energisynpunkt är det fördelaktigt eftersom el produceras större delar av tiden men ur ett bullerperspektiv är detta negativt eftersom ljud alstras under tidpunkter som kvällar och nätter när mindre verk oftare står stilla. Författarna anser det därmed befogat att vidare arbeta med att undersöka om kvälls-, natt- och morgonmätningar bör komplettera mätmetodiken i Elforsk 98:24. Detta är även föranlett av besvärssrapporter och klagomål som lästs under detta projekts gång där en tydlig trend (dock ej kvantifierad) av besvär under dessa tidpunkter redovisas från närboende.

## Summary

The project presented in this report has investigated control programs regarding noise from wind turbine parks in Sweden. Requirements for inspection are usually prescribed in the permit decision according to the Environmental Code, in order to monitor the conditions in the permit. The aim of the project was to compile information about the inspection and construction procedures and to discuss what should be included in the monitoring program for noise from wind turbines. The study's methodology consisted of three parts; Step 1 was to gather and compile information, mainly from the project P40228. The material also includes a few smaller parks only subject to reporting obligations. From this compilation was chosen eleven parks for detailed examination in step 2. In step 3, the material has been prepared and this section gives recommendations for control and monitoring of noise. Three checklists of what should be included in the monitoring program for noise are also reported.

The parks in the material are confined between 2005 and 2012. The practice and conditions writing has changed over that period and beyond. New rules for the assessment of wind came into force in 2009. The environmental courts have been replaced by the Land and Environment Courts (2011), and the county administrative boards review takes place in 12 environmental assessment missions (MPD) under Regulation (2011: 1237).

On the technical side changes also occurred. The turbines of the material have an overall height of between 100 and 180 meters. Technological development has now (as of 2017) led applications for turbines with a total height of 200 meters or more.

To complement the written material, regulatory authorities have been contacted to answer whether there is, or has been, noise complaints from nearby residents. Of the 32 parks in the material it had, at some point, been complaints about noise from neighbours at about half of the establishments. In cases where the time specified, it was common with noise disturbance in the mornings and evenings. In almost half of the cases, the complaints ceased after a few years. In some cases, noise problems have been of a nature that the operator could mitigate them by technical means. In most cases, it is unclear why the complaints ceased. It is not possible to discern general patterns of complaints, because the small size of the material. There are individual establishments such as Karsholm, Björkhöjden and Fredriksdal, which has generated several complaints from local residents. There are other establishments with a number of residents in areas exposed to noise levels of 35–39 dBA with no complaints, or far fewer, submitted to the regulator.

In almost all cases where measurements are made, the operator show that the noise conditions are fulfilled. At 35–40 dBA noise from wind, 12 % perceive themselves as noise disturbance and about 6 % as much disturbed. It is thus clear that the expansion of wind power in Sweden will mean that more people are disturbed by wind noise, even if the operator can fulfill the condition of 40 dBA equivalent sound level outdoors in residential areas.

A number of wind power projects have been presented in the text below and control programs as well as documentation of the sound has been reviewed. The authors strongly recommend that sound power measurements of wind turbines are made in accordance with IEC 61400-11. Furthermore, we recommend that immission measurements are performed using methods described in Elforsk 98:24. Furthermore, accreditation by SWEDAC or equivalent international accreditation agencies are considered beneficial.

Regarding sound immission measurements at homes, it has been shown that the background noise is often dominating the overall noise level. Then only an upper limit can be specified for wind sound contribution to the sound level at home. If this upper limit is 40 dBA, it has been shown that the sound condition 40 dBA withheld. The uncertainty in the upper limit will then be dependent on the background noise level distribution, which can be significant.

A suggestion from the project group is that the spread in the form of standard deviation should be no more than 4 dB at immission measurements in order to be considered relevant. A sound emission measurement is usually less affected by background noise and scattering. Thus the project group suggests that the spread in the form of standard deviation should be no more than 2 dB for sound emission measurements in order to be considered relevant. For calculation of Nord2000 is possible to estimate the accuracy as validating sound measurements made in different types of terrain. Regarding the Environmental Protection Agency's method of calculation, Uppsala University has recently made a comparison between calculated and measured sound levels, which could be used for estimating inaccuracy. The project group recommends that the Environmental Protection Agency sound propagation models should be reported in the inspection and in cases, for example, with encircling turbines when downwind conditions from all directions is obviously unrealistic, in complex terrain and longer propagation distances, where a reduced reliability may be suspected to occur by using the Environmental Protection Agency model these results are suggested to be supplemented by more detailed models of sound propagation, for example, Nord2000, and the results that are considered to have the highest accuracy are chosen.

Measurement standard for immission Elforsk 98:24 is dated from before the turn of the millennium and does not take height for today's turbines total height sometimes up to 200 m, which means that the rotors exceed the atmospheric surface layer and the air layers with more continuous winds can be swept by the blades. For energy production point of view, it is beneficial because electricity is produced greater part of the time, but from a noise perspective, this is negative because the sound is produced during times like evenings and nights when older turbines often were standing still. The authors therefore consider it warranted further work to examine if evening, night and morning measurements should complement the measurement methodology in Elforsk 98:24. This recommendation is also caused by problems reports and complaints that were studied during this project once there is a clear trend (although not quantified) of symptoms during these times reported by local residents.

# 1. Inledning

Vindval har tilldelat Kungliga Tekniska högskolan, Marcus Wallenberg Laboratoriet för Ljud och Vibrationsforskning, medel för att studera kontrollprogram av buller från vindkraftverk. Projektets mål är att ta fram rekommendationer för hur kontrollprogram och uppföljning av buller från enskilda parker bör utformas för att på ett ändamålsenligt sätt belysa verksamhetens effekter på ljudmiljön. Projektet avser att leverera rekommendationer och en checklista för vad som bör ingå i kontrollprogram för buller enligt Energimyndighetens beslut Dnr. 2016-000195 [1].

Projektledare har varit Karl Bolin (KB) på KTH/MWL och övriga deltagare i projektet har varit Martin Almgren (MA) på Almgren Akustikkonsult AB och Kajsa Olsson (KO). I sammanhanget ska nämnas att MA har tidigare varit anställd på ÅF och arbetat med vissa delar av det nedan redovisade materialet. I möjligaste mån har de etableringar som ÅF deltagit i därför bearbetats av KB men i och med ÅFs dominerande ställning på området har MA arbetat med parker där ÅF varit inblandade, dock ej MA personligen. KO har deltagit i projektet genom företaget Kajsa Olsson reportage.

Materialet som projektet i huvudsak har bearbetat härrör från Kontrollprogram för Vindkraft P40228 (2015), ett projekt inom Nätverket för Vindbruk, utfört av utfört av Länsstyrelsen i Jönköpings län. Innehållet i det materialet var tillståndsbeslut, domar och förelägganden, kontrollprogram som beskrev hur undersökningarna ska genomföras samt rapporter från uppföljande studier av buller (mätning och/eller beräkning av immission respektive emission).

Arbetet har delats in i tre steg redovisade nedan:

- I steg 1 samlades tillståndsbeslut, mätrapporter och andra dokument för 32 vindkraftsparker. I materialet ingår även fyra mindre etableringar som enbart omfattas av anmälningsplikt. KB och MA listade vilka informationstyper som skulle ingå. Tillgänglig information sammanställdes av KO i tabellformat som redovisas excelfil på Vindvals webbplats: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Forskning/Vindval/Manniskors-intressen/>. Denna del ger en kvantitativ redogörelse av den information som finns att tillgå i materialet, till exempel hur t ex driftsdata och aktuell vindriktning redogörs för i materialet. Denna redovisning utförs för att erhålla en bild av tillgängliga data och för att påvisa eventuella luckor i den tillgängliga informationen. Informationen kompletterades med uppgifter från respektive tillsynsmyndighet huruvida klagomål om buller hade förekommit.
- Steg 2 i projektet bestod av en detaljgranskning utförd med utgångspunkt från sammanställningen i steg 1. Elva vindkraftsparker valdes ut för detaljgranskning. Ett möte med referensgruppen hölls efter att rapportförfattarna utformat ett förslag om vilka parker som skulle detaljgranskas i steg 2. Där framkom synpunkter på vad som ska beaktas och urvalet modifierades efter denna diskussion.

- Steg 3 sammanställde resultaten från steg 1 och 2 För att få ett internationellt perspektiv på hur kontrollprogram utformas görs en översiktlig jämförelse hur kontroll av ljud från vindkraft är utformat i Danmark.

De tre projektdeltagarna har varit huvudansvariga för olika delar av studien, Steg 1 har i huvudsak KO sammanställt. Steg 2 och 3 har KB & MA arbetat med. Det kan därför förekomma upprepningar av viss information i redovisningarna för respektive steg.

## 2. Kontrollprogram och egenkontroll

### Kontrollprogram enligt miljöbalken

Krav på kontrollprogram enligt 26 kap. 19 § miljöbalken (MB) föreskrivs vanligen i tillståndsbeslut enligt 9 Kap. MB. Det främsta syftet med kontrollprogram avseende buller är att följa upp villkoren i tillståndsbeslutet. Det är i detta kontrollprogram som uppföljningen av bullervillkoret ska beskrivas. Ur 6 kap. 19 § miljöbalken, ”Verksamhetsutövarens kontroll och miljörapport”:

”Den som bedriver verksamhet eller vidtar åtgärder som kan befaras medföra olägenheter för människors hälsa eller påverka miljön skall förlöpande planera och kontrollera verksamheten för att motverka eller förebygga sådana verkningar.

Den som bedriver sådan verksamhet eller vidtar sådan åtgärd skall också genom egna undersökningar eller på annat sätt hålla sig underrättad om verksamhetens eller åtgärdens påverkan på miljön.

Den som bedriver sådan verksamhet skall lämna förslag till kontrollprogram eller förbättrande åtgärder till tillsynsmyndigheten, om tillsynsmyndigheten begär det.”

### Anmälningsskyldiga verk

Kommersiella vindkraftverk som inte har tillstånd enligt miljöbalken måste anmälas till tillsynsmyndigheten innan de byggs. Om tillsynsmyndigheten kommer fram till att vindkraftverken inte bör förbjudas fattas nästan alltid ett beslut om vilka försiktighetsmått verksamhetsutövaren ska vidta. Regelmässigt förelägger tillsynsmyndigheten då att ljudet från vindkraftverken inte får överstiga 40 dB(A) vid bostäder. I miljöbalken finns inget krav på att kontrollprogram alltid ska finnas men om tillsynsmyndigheten begär det, ska kontrollprogram redovisas och godkännas enligt 6 kap. 19 § miljöbalken (se ovan).

Det är viktigt att tillsynsmyndigheten lägger möda på utformningen av sitt beslut om försiktighetsmått och på att granska ett eventuellt kontrollprogram innan den godkänns.

### Egenkontroll

Den som bedriver tillstånds- eller anmälningsskyldig verksamhet enligt 9. kap MB omfattas av förordningen (1998:901) om verksamhetsutövarens egenkontroll. Ofta vävs vissa delar av egenkontrollen in i kontrollprogrammet eller kontrollplanen.

Verksamhetsutövaren är skyldig att arbeta för att minska miljöpåverkan från verksamheten och att ha tillräcklig kunskap för att uppfylla miljöbalkens krav. Se <http://www.naturvardsverket.se/egenkontroll>. För kontroll av att ljudvillkoret uppfylls krävs det oftast att ett specialiserat ljudmätningföretag eller ljudmätninginstitut genomför mätningen, men viss egenkontroll kan göras av verksamhetsutövaren eller den som sköter driften. En del i egenkontrollprogrammet av ljud från vindkraftverk kan vara att ha rutiner för att

ta emot och agera på klagomål. En dyrare variant är att ha en fast eller flyttbar ljudmätningstrustning och göra förenklade ljudemissionsmätningar med kompletterande avstängning av verket för att bestämma bakgrundsljudnivån. Såväl byggnationen som driften av parken ska kontrolleras.

Ur Naturvårdsverkets föreskrifter om mätning och provtagning i vissa verksamheter (NFS 2000:15):

5§ Verksamheten ska dokumentera:

- a. Syftet med mätningarna
- b. Mätresultat
- c. De tekniska egenskaperna hos mätanordningar, provtagningsutrustning, givare och andra liknande tekniska anordningar för mätning och provtagning som används enligt 3 §
- d. De tekniska förhållanden som omger mätningarna
- e. De metoder för mätning, provtagning och analys som använts
- f. Tid och plats för mätningarna

Dokumentationen ska sparas i fem år.

## 3. Steg 1: Sammanställning av tillgängligt material

### 3.1 Bakgrund

Denna del av projektet syftar till att sammanställa och kategorisera det tillgängliga materialet. I huvudsak har arbetet utförts av KO. Övriga deltagare i projektet har varit behjälpliga med att utarbeta de olika kriterier som skulle redovisas. En kvantitativ sammanställning av samtliga undersökta parker finns tillgängligt i ett excelark på Vindvals webbplats, se: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Forskning/Vindval/Manniskors-intressen/>

De vindparker som ingår i steg 1 har till största delen hämtats från projektet ”Kontrollprogram för vindkraft”, P:40228, sammanställt av Länsstyrelsen i Jönköpings län (2015). De 32 vindkraftparkerna som ingår i steg 1 har varit i drift i minst ett år. Därmed finns i de flesta fall dokument som visar hur uppföljningen av villkor har redovisats. I projektrapporten Kontrollprogram för vindkraft fanns även ett stort antal tillståndsgivna parker som inte har uppförts. Dessa finns inte med i föreliggande rapport.

Mark- och miljööverdomstolen har i en rad prejudicerande domar tagit ställning till hur ljud från vindkraftverk bör regleras. Ett villkor bör enligt praxis (se t ex Mark- och miljööverdomstolen dom den september 2016 i mål M 10647-2015) som huvudregel formuleras enligt följande:

”Den ekvivalenta ljudnivån från verksamheten får under driftsfas utomhus vid bostäder inte överstiga 40 dB(A). Den ekvivalenta ljudnivån ska kontrolleras genom immissionsmätningar eller närfältsmätningar och beräkningar. Inom ett år från det att vindkraftsanläggningen tagits i drift ska en kontroll av den ekvivalenta ljudnivån utföras. Metod för detta ska lämnas in till tillsynsmyndigheten för godkännande. Kontroll ska därefter ske så snart det föreligger förändringar i verksamheten som kan medföra ökade ljudnivåer, eller när tillsynsmyndigheten anser att kontroll av ljudnivån är befogad. Till den slutligt föreslagna utformningen ska det bifogas en ljudberäkning för tydliggörande av att föreskrivna villkor kan innehållas med den slutliga placeringen av vindkraftverken.”

Att praxis och villkorsskrivning har förändrats, framgår i föreliggande rapport. Parkerna i materialet är tillståndsgivna mellan 2005 och 2012. Under den perioden har en rad förändringar skett. Nya regler för prövning av vindkraft trädde i kraft 2009. Miljödomstolarna har ersatts av mark- och miljödomstolar (2011), och länsstyrelsernas prövning sker i 12 miljöprövningsdelegationer (MPD) enligt förordning (2011:1237).

De flesta tillstånden är skrivna omkring år 2010. Att rapporten även tar upp ett fåtal anmälningsärenden beror på att det finns etableringar som består av såväl tillståndspliktiga som anmälningspliktiga verk, samt att det har funnits önskemål från handläggare vid kommuner att inkludera även mindre etableringar i rapporten.



Två parker som inte ingår i Länsstyrelsens Jönköping sammanställning har lagts till för steg 1 resp 2: Karsholm i Skåne och Ytterberg i Västerbotten. De vindkraftparkerna ingår i ett pågående Vindvalprojekt ”Människors upplevelser av ljud från vindkraft i kuperad terräng relaterat till ljudmätning” och anses av den anledningen intressanta att granska.

Villkoret om 40 dB(A) finns uttryckt på olika sätt, antingen som riktvärde eller som ett begränsningsvärde. Begreppet riktvärde var mycket vanligt fram till för några år sedan. I de praxisändrande domarna MÖD 2009:2 och MÖD 2009:9 bestämde Miljööverdomstolen att lämna begreppet riktvärde, som ansågs vara för luddigt och inte bindande. Riktvärdesliknande villkor har underkänts i MÖD. I stället vill man ha värden som anger faktiska begränsningar – begränsningsvärde. Det anger vad som ska gälla samt hur detta ska kontrolleras. Om ett riktvärde överskrids, är verksamhetsutövare skyldig att vidta åtgärder som gör att värdet hålls. Ett gränsvärde (som kan vara ett begränsningsvärde) får inte överskridas.

Vid två parker i materialet (Jädraås i Gävleborg samt Stugyl på Gotland) har några enskilda fastigheter separata värden max 45, resp 42, 44, 46 dBA efter att avtal träffats mellan vindkraftbolagen och de respektive fastighetsägarna.

Endast två av parkerna har villkor om tydligt hörbara toner (begränsning på 35 dBA). För en etablering reglerades amplitudmodulation (impuls ljud) i villkoren för tillståndsbeslutet med en begränsning på 35 dBA. Enligt dom i MÖD (20160302) har det dock inte framkommit skäl att i det aktuella målet föreskriva om lägre begränsningsvärde vid förekomst av amplitudmodulerat ljud. I domen hänvisas till att forskning om amplitudmodulerat ljud från vindkraft inte föranlett ändring i Naturvårdsverkets vägledning för buller från vindkraft eller utmynnat i andra vägledande råd.

Lågfrekvent ljud uppmärksammas i två fall, och då uttryckt som ”lågfrekvent buller inomhus får ej överstiga Socialstyrelsens riktvärden” (numera Folkhälsomyndighetens riktvärden). Enligt kontrollprogrammet kommer verksamhetsutövaren att mäta lågfrekvent ljud i bostäder om klagomål skulle uppstå. En vägledande dom från MÖD 20160302 (M 1064-15), omfattar även lågfrekvent buller som redovisas i angivna tersband. Målet ska vara att uppnå en ljudnivå inomhus som inte överskrider dessa värden och åtgärderna ska vidtas ”endast om kostnaderna är rimliga med hänsyn till bostadens standard, värde och användning samt med hänsyn till den effekt som uppnås. Åtgärderna ska utformas och utföras i samråd med fastighetsägaren.”

I det material som har undersökts, är mätningar inomhus mycket ovanligt, även i de fall då människor har klagat på buller inomhus. Det finns endast ett exempel på mätning av lågfrekvent ljud inomhus.

Ljudmätning före byggnation har inte förekommit vid någon park. Kontroll av vindskyddat läge har gjorts vid en park, efter att den uppfördes: Lejdebergen i Uddevalla kommun.

## 3.2 Villkor om kontroll

Att kontroller ska göras inom ett år efter driftsättning samt därefter minst vart femte år eller när förändringar i verksamheten sker, är en vanlig formulering i villkoren och kontrollprogrammen. Dock har villkoret om femårsintervall blivit mindre vanligt senare år.

Hur tidpunkt för driftsättning ska definieras, har i vissa fall varit föremål för diskussion mellan tillsynsmyndighet och verksamhetsutövare. När provdriften slutförts – vanligtvis två veckor efter att vindkraftverket har kopplats in, lämnar leverantören över vindkraftverket till beställaren. Vi föreslår att driftsättningen ska räknas från den tidpunkten. En lämplig formulering är att kontrolljudmätningen ska göras senast 12 månader efter att verksamhetsutövaren övertagit driften eller 13 månader efter att provdriften startat. Vid större etableringar, när verken sätts i drift vid väsentligt skilda tidpunkter, är det viktigt att dela in driftsättningen i etapper. Ljudkontroll ska ske efter varje etapp, om den beräknade ljudnivån från verken i etappen och de hittills byggda etapperna, väntas överstiga 35 dBA. Om ljudnivån beräknas vara lägre, kan det räcka att vänta med kontrollen tills fler etapper byggts.

En dom i MÖD (M 9473-14) slog fast att det är tillräckligt med närfältsmätningar och beräkningar vid kontroll av buller. Immissionsmätningar behövs inte. Då parkerna i materialet är tillståndsgivna före den vägledande domen 2014, förekommer villkor om immissionsmätningar

Att verk bör vara försedda med någon form av avisningssystem eller system som förebygger ispåbyggnad fanns inte som villkor i någon av parkerna. Se särskilt avsnitt om isbildning i diskussionskapitlet.

## 3.3 Metoder

I fråga om metoder för kontrollmätning av ljud från vindkraftverk, hänvisas i denna rapport ofta till IEC-standard 61400-11 för emissionsmätning, mätning enligt Elforsk 98:24 för immissionsmätning, eller till den metod som tillsynsmyndigheten bestämmer.

Olika metoder för att beräkna ljudutbredning diskuteras också i denna rapport. Naturvårdsverkets metod finns redovisad på Naturvårdsverkets hemsida: Mätning och beräkning av ljud från vindkraft, samt Excelblad, beräkning av vindkraftljud. Beräkningen anpassas efter utbredningslängd och om vindkraftverk är landbaserade eller placerade offshore. Metodens ansats är att beräkna ljudutbredning i förhållanden när det blåser från verket mot mottagaren. Författarna noterar att metoden utvecklades för betydligt lägre vindkraftverk än som är brukligt idag där en högre källhöjd medför att sfärisk spridning blir mer sannolik. Den högre källhöjden kompenseras av att verkens ljudeffekt även har ökat vilket innebär att ljudet sprids på längre avstånd. Studier om hur dessa två motstående effekter har förändrat ljudspridningen för verket är enligt författarnas vetskap inte publicerade, dock visar långtidsmätningar utförda av Conny Larsson, Uppsala universitet, att Naturvårdsverkets modell underskattar ljudnivån från två vindkraftsparker [2].

Nord2000 är en kommersiell mjukvara som beräknar ljudutbredning. Det är vanligt förekommande i de granskade kontrollprogrammen att akustikkonsulter använder den för att beräkna ljudutbredning från vindkraftverk. Metoden använder sig av så kallad strålgång, vilket är en högfrekvensapproximation av vågekvationen för att beräkna ljudets spridning. Nord2000 är ursprungligen utvecklat för att användas för trafikbuller men två publicerade verifikationer av Nord2000 för vindkraftsbuller finns, en från platt mark i Danmark och en från mer komplex terräng i Norge. WiTuProp är en tidigare variant avsedd för beräkning av vindkraftsljudutbredning med delvis samma beräkningsmodeller som det senare Nord2000.

### 3.4 Klagomål

För att komplettera det skriftliga materialet, har tillsynsmyndigheterna kontaktats för att svara på om det finns, eller har funnits, klagomål på buller från närboende. Vid de flesta parkerna i materialet fanns bostäder där ljudnivåerna var över 35 dBA. Av den 32 parkerna i materialet hade det, vid någon tidpunkt, funnits klagomål på buller från närboende vid ungefär hälften av etableringarna. I de fall tidpunkter angavs, var det vanligt med bullerstörning på morgnar och kvällar. I knappt hälften av fallen har klagomålen upphört efter något eller några år. I några fall har bullerproblemen varit av den art att verksamhetsutövaren kunnat åtgärda dem på teknisk väg (felinställning i styrningen, problem med leverantörens mjukvara). I de flesta fall är det dock oklart varför klagomålen har upphört.

Det går inte att utläsa några generella mönster när det gäller klagomål, eftersom materialet är litet. Det finns enskilda etableringar, som Karsholm, Björkhöjden och Fredriksdal, vilka har genererat många klagomål från boende i närområdet. Det finns andra etableringar med ett flertal boende i områden som exponeras för bullernivåer på 35–39 dBA, där inga klagomål, eller betydligt färre, har inkommit till tillsynsmyndigheten. Vi har inga uppgifter om de fall där närboende vänt sig direkt till verksamhetsutövaren med klagomål, annat än i för Björkhöjden där parkens ägare sammanställt synpunkter som kommit in och gjort en redovisning till tillsynsmyndigheten.

#### Urval

Från materialet valdes de nedan redovisade vindkraftparker indelade i länstillhörighet för att närgranskas i steg 2:

<b>Skåne:</b>	Ingelsträde Karsholm Östra Herrestad
<b>Jönköping:</b>	Brahehus Fredriksdal
<b>Västernorrland/Jämtland</b>	Björkhöjden

<b>Gävleborg</b>	Jädraås Västerbotten Ytterberg
<b>Östergötland</b>	Örbacken
<b>Västra Götaland</b>	Lejdebergen.
<b>Halland</b>	Oxhult-Kåphult

Syftet med granskningen har varit att bredda kunskapsbasen för kontrollprogram och uppföljningar. Urvalet av de elva parker som detaljgranskats till steg 2 har gjorts i samråd med projektets referensgrupp. I urvalet har eftersträvat en geografisk spridning, varierad topografi, att få med delar av landet där det finns en ”vana vid vindkraft” respektive där det tidigare inte hade byggts. Etableringarna varierar i storlek från 2 verk (Lejdebergen) till 90 verk (Björkhöjden/Björkvattnet). De har olika turbinleverantörer och verksamhetsutövare – i vissa fall flera verksamhetsutövare och turbin typer i ett parkområde. Där finns anmälningspliktiga verk där frivilliga tillstånd sökts, men den övervägande delen av etableringarna är tillståndspliktiga. De flesta etableringar har prövats enligt lagstiftningen från 1 augusti 2009.

Turbinerna i materialet har en totalhöjd på mellan 100 och 180 meter. Teknikutvecklingen har gjort att det numera är vanligt med ansökningar om verk med en totalhöjd på 200 meter eller mer.

Ambitionen att få en spridning när det gäller utförare av kontroll av ljud har varit svår att förverkliga, då de flesta mätningar har gjorts av ÅF. I många fall har ÅF även anlåtats för att göra ljudberäkningar.

### 3.5 Diskussion steg 1

Där mätningar gjorts, har verksamhetsutövaren kunnat visa att ljudvillkoren innehålls. Närboende som störs av buller från vindkraftverk får då ingen ”objektiv bekräftelse” på sin upplevelse och kan komma att ifrågasätta om riktvärdet är rimligt, eller hur mätningarna har gjorts, som i följande synpunkt, hämtad ur ett överklagande från en närboende (som avlogs av Mark och miljödomstolen), mål nr M 4249-14, MMD Vänersborgs tingsrätt.

”Bullernivån från vindkraftverken överstiger vad tillståndet medger. Det har inte gjorts någon korrekt mätning av bullernivån. Vindkraftsbolaget har gjort en mätning på fel plats och endast under ett par timmar. ... Företaget som uppförde vindkraftsparken har gett vilseledande information innan bygglov gav genom att hävda att inget störande ljud skulle komma att höras vid fastigheten. Av den anledningen framförde jag inte heller några synpunkter mot att bygglov skulle ges.”

Beräknad ljudnivå vid fastigheten var 37 dBA. Under de omständigheterna är det inte orimligt att känna sig störd av ljudet. Vid ljudnivån 35–40 dBA från vindkraft, upplever sig 12 % som bullerstörda och ungefär 6 % som mycket störda [3]. Det är därmed uppenbart att en utbyggnad av

vindkraft i Sverige kommer att innebära att fler människor störs av vindkraftbuller, även om verksamhetsutövaren klarar villkoret om 40 dBA ekvivalent ljudnivå utomhus vid bostäder.

I en i övrigt tyst miljö innebär en ny ljudkälla en förändring. Det är viktigt att verksamhetsutövarens information till de närboende om förändringar i ljudmiljön omfattar mer än en försäkran om att ljudvillkoren innehålls. Det är en fördel om verksamhetsutövaren har en fortsatt dialog med de närboende inför och under byggnation och även efter det. De närboende behöver få veta hur ljudet kan variera under provdrift samt i förhållanden som rör väder och vind, vilka möjligheter till anpassningar av driften som finns samt att högst 40 dBA ekvivalent ljudnivå inte är en garanti för att slippa bli störd.

## 4. Steg 2: Detaljgranskning

Denna del av projektet syftar till att ge en ingående sammanställning av den information som finns tillgänglig för de vindkraftsparker som valdes för detaljgranskning. Arbetet är huvudsakligen utfört av KB och MA.

Det har varit projektets målsättning att granska en variation av olika vindkraftsparker. Urvalet har skett efter de ovan givna kriterierna och efter ett möte med företrädare från Vindvals referensgrupp den 10 maj 2016. Följande elva parker har valts ut, huvudansvarig granskarens initialer är angivet inom parentes efter varje park:

1. Björkhöjden-Björkvattnet (KB)
2. Brahehus (KB)
3. Fredriksdal (KB)
4. Ingelstråde (MA)
5. Jädraås (MA)
6. Karsholm (KB)
7. Lejdebergen (KB)
8. Oxhult-Kåphult (KB)
9. Ytterberg (MA)
10. Örbacken (MA)
11. Östra Herrestad (KB)

Detaljgranskningen av parkerna finns redovisade i bokstavsordning nedan. Ett gemensamt format har eftersträvat för parkerna där de för studien tillgängliga dokument listas, dessa skrivelser granskas och författarnas kommentarer avslutar respektive detaljgranskning.

### 4.1 Björkhöjden-Björkvattnet

Detaljgranskning utförd av Karl Bolin.

90 st Siemens 3.0 DD-113, märkeffekt 3 MW.

VU: SSVAB.

Miljö tillstånd (2009), MÖD (2011)

Drifttagning: 2015/2016.

Terräng: Skog och kuperad terräng.

Klagomål: Ja, bullerdagböcker finns.

## Tillgängliga dokument

- Tillståndsbeslut, 2009
- Kontrollprogram, 2 st för Drift 2014 respektive Buller, 2015
- Rapport om buller, 2011
- Immissionsrapporter 2 st, 2015
- Domar, MÖD
- Tillståndsbeslut

Beslutet innehåller de villkor som Länsstyrelsen i Västernorrland län har lämnat (sid 1–6) samt en omfattande redogörelse för ärendet (sid 6–56). Statkraft SCA Vind AB har sökt och beviljats tillstånd att bygga 240 verk i Sollefteå och Ragunda kommun. Verken ska begränsas till maximal navhöjd (115 m) och rotordiameter (115 m). I byggnads- och återställningsfasen begränsas buller olika tider på dygnet och under helgerna. Vid drift gäller:

”Buller från verksamheten, efter det att vindkraftverken tagits i drift, ska begränsas så att det inte ger upphov till en högre ekvivalent ljudnivå utomhus vid bostads- eller fritidshus än 40 dB(A). Kontroll ska ske så snart det skett förändringar i verksamheten som kan påverka bullernivån eller om det framkommit berättigade klagomål från verksamheten. Kontrollen ska ske genom beräkningar och mätningar. Vilken mätmetod som ska användas ska avgöras i samråd med tillsynsmyndigheten och framgå i kontrollprogrammet.”

Påverkan på rennäring och rovfåglar ska kartläggas under anläggnings- och driftsfas. Mycket stor visuell påverkan bedöms verken att ha i fem byar enligt bolagets miljökonsekvensbeskrivning. Analys med Nord2000 för att undersöka immissionsnivåer vid bostäder (permanent och fritidsboenden) är utförd. Rennäring och fågelliv är de mest debatterade frågorna angående anläggning av parken.

## Kontrollprogram

Drift: Krav på bygg- och återställningsfasen repeteras från dom/beslut och ska lösas genom att krav ställs på entreprenörerna. Krav i driftsfas har beräknats med 90 verk av typen Siemens 3.0 DD-113, märkeffekt 3,0 MW. Bolaget avser utföra kontroll om klagomål uppstår eller förändringar sker med emissionsmätning enligt IEC614 00-11 samt Nord2000 beräkning.

Buller: Kontrollprogrammet innehåller information om förslag till ljudmätningar och rapport av ÅF efter att beslut om kontroll har tagits av Länsstyrelsen i Västernorrland. Långtidsmätningar av ljud planeras i två faser vardera om sex månader med två immissionsmätningar och två emissionsmätningar i fas 1 och fyra immissionsmätningar i fas 2. Immissionsmätning enligt Elforsk 98:24-metoden och valet av platser bestäms av förhärskande vindriktning och var höga ljudnivåer beräknades (oklar referens). Emissionsmätningarna planeras vid verk nära immissionsmätningarna för att öka korrelationen. För att undvika snöbildning på specificerad markplatta i IEC61400-11 ska mikrofonstativ användas.

### **Bullerrapport, Byggnation**

Denna rapport gäller för byggnationsbuller, inte driften, och är utförd av ÅF. Mätningarna använde metoden från Elforsk 98:24 för byggbuller, den metoden är specificerad för vindkraftsbuller i driftsfas. Mätningarna är utförda med snö på marken enligt fotografier i rapporten. Mätningarna är utförda under en halvtimme med maxvärdet LA, 1 min > 50 dBA (orsakade av passerande bilar) och ekvivalentvärde 38 dBA. Anmärkningsvärt korta tider, flera dagars eller kontinuerlig loggning vore sannolikt mer lämpligt för att få en bättre bild av läget eller en beräkning av trafikbuller utifrån prognostiserad trafikintensitet och uppskattning av övriga bullerkällor. Mätningen störs av passerande bilar, mer noggrant val av mätplats bör vara möjlig. Mätmetod för att mäta industribuller bör väl finnas tillgänglig, detta känns inte helt genomtänkt eftersom det inte kan verifieras att gränser hålls annat än för en mycket begränsad period när man inte vet om byggverksamhet pågick i parken och i så fall var någonstans.

### **Immissionsrapporter**

Det finns två tillgängliga dokument om immissionsmätningar vid parken, en indikativ immissionsmätning med korttidsmätningar enligt Elforsk 98:24 metod C och långtidsmätning enligt Elforsk 98:24 metod B och emissionsmätningar enligt IEC61400-11.

Den första rapporten redovisar en indikativ immissionsrapport som är daterad 2015-11-26 från ÅF. 123 vindkraftverk är nu i drift. Indikativa immissionsmätningar i tre punkter redovisas. Kvälls- och nattmätningar utfördes i enlighet med Elforsk 98:24. Mätningarna är utförda natten mellan 30 september och 1/10 2015. Samtliga tre mätpunkter innehåller kravet om 40 dBA vid 8 m/s.

Två avsteg från Elforsk 98:24: redovisas; i en mätpunkt var vindriktningen strax utanför medvindsförhållanden samt att ingen lokal mätmast användes utan elektriska effekter används för att beräkna vindhastighet. Det sistnämnda bör ge högre vindhastigheter än med en lokal mätmast om en högre vindhastighetsgradient förelåg än antaget. Mätningarna utförs på relativt långa avstånd 1450–2400 m. Inspelningstiden var mellan kl 21:20–05:00 och bakgrunds nivåerna mättes (med verken avstängda) 21:50–22:50. Låga bakgrunds nivåer registreras i en punkt LA, bakgrund < 20 dB, ca 34 dB respektive 26–33 dB i de andra punkterna vilket även det får anses vara låga värden, mätningar i vindstyrkor upp till 6 m/s, inget utöver detta men de linjära kurvanpassningarna av bakgrunds nivåerna visar i stort sett ge konstanta nivåer med avseende på vindhastighet.

Långtidsmätningar mellan maj och augusti 2015 rapporteras i det andra dokumentet. Mätningarna uppges ha tre syften (i) som egenkontroll från verksamhetsutövaren för att innehålla riktlinjerna, (ii) att ge en utförligare bild av ljudutbredningen från parkerna samt (iii) att möjliggöra kontinuerlig uppföljning av rapporterade störningar. Två immissionsmätningar genomförs vid fritidsboenden och två emissionsmätningar genomförs vid två närliggande



verk (ca 2,5 km avstånd från immissionsmätningarna). Bildmaterial visar att mätningarna delvis har genomförts under snötäckta förhållanden och för att inte snö ska förstöra mikrofonerna har immissionsmätningen ej använt markplatta utan är placerade på stativ. Ljudnivåer presenteras enligt Elforsk 98:24 rekommendationer och en möjlig tonalitet vid 80 Hz ska undersökas vidare, rapport om detta saknas. En uppdelning på dag-, kvälls- och nattetid av mätdata hade varit intressant för att se om maskeringen minskar med tanke på de mycket låga ljudnivåerna som rapporterades i den indikativa immissionsmätningen beskriven i stycket ovan.

Jämförelser med störningsrapporter från närboende utförs. Bland annat rapporteras lågfrekvent ljud inomhus, vindkraftsleverantören utreder frågan, nya reglerställningar (moder) har införts på somliga verk. Totalt elva störningsrapporter finns registrerade under perioden, två dagtid och nio på kvällar, morgnar och nätter. Ljudnivån 40 dB överskrids inte vid dessa tillfällen vilket kanske är en indikation på att signal-brusförhållandet är av större betydelse än ljudnivån.

Dom Miljööverdomstolen: Domen från MÖD 824-11 (20111123) omfattar Björkhöjden-Björkvattnet, totalt 240 verk. Domen rör påverkan på rennärningen.

### **Kommentar**

Immissionsmätning för vindkraftverk (Elforsk 98:24) väljs av akustikföretaget för att bedöma förekomst av byggnadsbuller. Det anses tveksamt om denna mätmetod med tillräcklig noggrannhet kan bestämma om villkoren uppfylls annat än under mätningens genomförande (halvtimmesmätningar genomfördes). Standardiserade industribuller borde ha utförts.

Immissionsmätningarna under driften har utförts på natten och det ger en belysande bild av hur låga ljudnivåer det kan vara nattetid. Uppenbart har signal-brusförhållandet därmed förbättrats avsevärt jämfört med andra rapporterade mätningar i detta projekt vilket belyser fördelarna att utföra mätningar nattetid. De fördelaktiga förhållandena vid mätningarna får även till konsekvens att maskeringen av vindkraftsbullret i stort sett blir obefintlig och det är ingen god nyhet för boende runt vindkraftverket eftersom verken sannolikt kommer att vara mycket tydligt hörbara. Det anses dock mycket intressant att nattliga mätningar genomfördes som visar på att vindkraftsljudet dominerar ljudbilden under mätningen. Immissionsmätningarna är intressanta och ovanliga ur två perspektiv (i) mätningarna har utförts på natten vilket ger en indikation på ljudnivåerna vid anläggningen vid dessa tidpunkter och (ii) mätningarna har jämförts med boendes klagomål. Noteras kan att bara två störningsrapporter är dagtid och resten kvällar, nätter och morgnar samt att 40 dB inte verkar förhindra beskrivningar som ”kraftigt dån”, ”Det bullrat väldigt mycket. Känns som vi bor vid en stor trafikled eller flygplats”.

## 4.2 Brahehus

Detaljgranskning utförd av Karl Bolin.  
Jönköpings kommun.

9 st Siemens SWT-2.3-101 2,3 MW.

Navhöjd: 99,5.

Rotordiameter: 101 m.

VU: Brahehus Vind AB.

Miljö tillstånd (2010) Miljödomstolen Växjö (2011).

Drifttaget: 2011.

Terräng: Kuperad terräng.

Klagomål: angående fel i bullerberäkning och bullermätning, skuggtid samt placeringen av vindkraftverken. 2011, samma år som parken driftsattes: Buller dagböcker juni-aug. Störningar morgon och kväll vid 2–3 fastigheter. Därefter vidtogs åtgärder och mätningar gjordes. 2016: Inga uppgifter om klagomål.

### Tillgängliga dokument

- Anmälan, 2009
- Kontrollprogram, 2 st för Drift 2010, 2013
- Emissionsmätning 2 st (verk 3 och 6) 2013
- Beslut om försiktighetsåtgärder, 2014
- Klagomål, 2014
- Bullerberäkning, 2014
- Kontroll av ljud 2014

### Anmälan

Författad av Vindkompaniet i Mörbylånga AB avser 9 st verk vid Gränna. Möjligheter till ”någon form av lokalt deläggande” kommer att erbjudas. Fyra samråds- och informationsträffar har hållits. Bullerberäkningen är utförd med Naturvårdsverkets metod och vid de två nordligaste verken planeras ljudoptimerad drift. Riktvärdet 40 dB innehålls vid samtliga bostäder kring parken men överskrids vid rastplatsen Brahehus. Maskering från E4 anses sannolik. Analys av ljudpåverkan planeras när verken är i drift. Skuggor utöver de tillåtna intervallen kommer att påverka tre bostäder, skuggurkoppling utlovas vid aktuella tider om närboende besväras. Bilagor: Fotomontage, Landskapsanalys och Naturinventering.

### Kontrollprogram

Drift: Rapporten från 2010 är skriven av O2 Vindkompaniet föreslår kontrollprogram med avseende på boendemiljö, friluftsliv och landskapsbild. Enkätundersökning planeras efter ett år om inga klagomål uppkommer innan dess i vilket fall det finns beredskap att omgående genomföra en utredning. Undersökningen utförs av en oberoende konsult i specificerat område.

Drift: Rapporten från 2013 är skriven av O2 och kallas Styrdokument Brahehus, nio verk av fabrikat Siemens med 2,3 MW effekt vardera, parken driftsattes mars 2011.

### **Emissionsmätning**

Mätning nr 1: Utfördes på verk nr 3 den 2013-11-04 av ÅF. Ljudeffekten presenteras för 6, 7 och 8 m/s vindhastighet för tre olika driftslägen (mode). IEC61400-11 används och vindhastigheten beräknas ur uteffekten från verket. Drifts- och väderförhållanden redovisas. Resultaten är redovisade i bins för 6, 7, och 8 m/s, mätosäkerheten är uppskattad i enlighet med proceduren i IEC61400-11 till ca 1 dB för de olika vindhastigheterna och driftssättet. Avsteg från IEC61400-11 rapporteras i att vädermast för bakgrundsljud förhindrades placeras uppströms pga kuperad terräng, den placerades nedströms, och att bakgrundsnivåer för 7 m/s användes vid 8 m/s pga för få datapunkter. Mätning 2 redogör för motsvarande IEC61400-11 för verk nr 6 där vissa data lämnas ofyllda pga för få datapunkter, dock refereras sedan till dessa ej angivna värden i dokumentet ”Beräkning efter kontrollmätning” nedan.

Emissionsmätning nr 2: Emissionsmätning med verk utrustat med ”KIT1” – uppgraderingspaket utförda 2013-11-04, liknande redovisning som i den tidigare emissionsmätningen rapporteras.

Beslut om försiktighetsåtgärder: Skriven av Länsstyrelsen i Jönköpings län angående buller och skuggor samt ytterligare restriktioner (ej ljud).  $Leq < 40$  dBA ska kontrolleras genom immissionsmätningar eller emissionsmätningar samt beräkningar. Skuggtiden ska mätas och registreras för att hållas under 8 h/år.

### **Bullerberäkning**

Skriven av Ox2, rapporten berör driften av parken som omnämns i anmälan från 2010 där de två nordligaste verken ska gå i andra ljudoptimerad drift. En lista med vilket mode de olika verken skulle driftsättas i presenteras som skiljer sig från uppgifterna ovan i anmälan. Siemens installerade ljudbegränsningsåtgärder på fyra verk, kallade KIT1, och uppdaterade mjukvaran på verken vilket innebär att tillståndet om 40 dBA innehålls. Verken har under tiden gått i ljudoptimerade moder vilket verkat menligt på elproduktionen. Refererar till ÅFs rapport om att riktvärden innehålls samt visar en ljudkarta utarbetad i WindPro daterad 2009-12-07.

### **Beräkning efter kontrollmätning**

Beräkningen är utförd för att undersöka om de ljuddämpningsåtgärder som utförts på fyra verk medför att riktvärden innehålls. Beräkning med Nord2000 är utförd av ÅF med verken i olika reglermoder med respektive utan ljuddämpning. Ljuddata från emissionsmätning av ett verk utan KIT1. Ljudkartor för de två fallen, ett verk i nedsatt mode utan ljuddämpning och ett verk i nedsatt mode med ljuddämpning presenteras.

## Klagomål

Rapporten behandlar ett antal klagomål och felaktigheter i ÅFs utredning. Den är skriven av Bertil Persson, docent i byggnadsmaterial, som frekvent har blivit förknippad med organiserat vindkraftsmotstånd och saknar enligt författarna till innevarande rapport veterligen akustisk utbildning. Rapporten behandlar 13 verk (inkl anläggningen Tuggarp N om Brahehus) på uppdrag av en boende invid verken. Rapporten påtalar 50 brister varav endast två punkter bedöms som relevanta av författarna till föreliggande rapport. Dessa två redovisas nedan:

- Punkt 5 om utjämning av marken under plattan.
- Punkt 27 om 40 dB ska innehållas hela året bör ”worst case” användas vilket gäller såväl Naturvårdsverkets beräkningsmetodik som Nord2000.

Hur utebliven avjämning av marken under plattan påverkar ljudmätningen är svårt att bedöma av författarna till innevarande rapport. Vidare bedömer vi att om ljudnivåbegränsningen ska utgå från ”worst case” uppstår praktiska problem ta hänsyn till då det innebär att den högsta ljudnivån på vindkraftverkens hela livslängd behöver uppskattas vilket medför svårigheter och belyses t ex av de mätningar av Conny Larsson, Uppsala universitet, som visar på stora spridningar av ljudnivån över lång tid. En ytterligare invändning med ett begränsningsvärde är att dos-responskurvor för störning av vindkraftsbuller använder riktvärden som dos, inte begränsningsvärden.

En intressant aspekt är om (i) listade ljuddata eller uppmätta ska användas vid projektering eftersom detta kan ge stora skillnader i ljudnivå samt (ii) vilket standardväder som ska användas vid beräkningar. Uppfattningen (hos författarna till föreliggande rapport) är att dos-responskurvorna som ligger till grund för besvärsupplevelser ska beaktas i detta sammanhang. Då de svenska är baserade på Naturvårdsverkets metod och de holländska på ISO9613, som båda antar sfärisk ljudutbredning, bör dylika ljudutbredningsalgoritmer vara att föredra om de inte ger märkbart försämrade noggrannhet än mer avancerade beräkningsmetoder, exempelvis Nord2000, vilket sannolikt inträffar i t ex kuperad terräng. I dylika fall bör både avancerade och förenklade beräkningsmetoder redovisas och val av resultat motiveras. Noteras bör att dos-responskurvorna är baserade på undersökningar senast publicerade 2009 vilket leder till att viktiga faktorer såsom högre navhöjd och mer kuperad terräng bara delvis finns redovisade.

## Kommentar

KIT1 ljudoptimering ser ut att ge mätbart högre ljudnivåer jämfört med ett verk utan KIT1, tyvärr saknas mätningar före respektive efter ljudoptimeringen på samma verk tillgängliga vilket hade kunnat vara fördelaktigt för att utröna eventuell effekt. Frågan om hur ljudeffekten varierar mellan olika verk av samma typ verkar här ställts på sin spets i och med att verket med ljuddämpning har högre ljudeffekt än ett närliggande verk utan ljuddämpning. Nivåerna av ljudeffekter som används i beräkningarna kan inte hittas i de referenser som hänvisas till av författarna till innevarande rapport.

## 4.3 Fredriksdal

Detaljgranskningen utförd av Karl Bolin.  
Nässjö kommun.

10 st GE 1,6 MW.

Navhöjd: 96 m.

Totalhöjd: 146 m.

5 st Siemens SWT-2.3-101 2.3 MW.

Navhöjd 99,5 m.

Totalhöjd: 150 m.

1 st Winwind WWD 1000kW.

Navhöjd: 70 m.

Totalhöjd: 100 m.

3 st Vestas V90 2 MW.

Navhöjd 105 m.

Totalhöjd: 150 m.

Terräng: Skog

Miljö tillstånd (2011, Miljödomstolen).

Drifttaget: 2013.

VU: Vestasverk: Smålandsvind. Winwind: Medvind. GE: Fredriksdals Energi AB, Siemens: Bixia.

Klagomål: Från en närboende, företrädesvis morgon och kväll samt vid frost på bladen.

### Tillgängliga dokument

- Dom MD 2011, Beslut MÖD 2011
- Kontrollprogram, 2 st för Drift 2010, 2013
- Emissionsmätning 2 st (verk 3 och 6) 2013
- Immissionsmätning 1 st, 2015
- Beslut om försiktighetsåtgärder, 2014
- Klagomål, 2014
- Bullerberäkning, 2014
- Kontroll av ljud 2014

### Dom MD och MÖD

Beslut, båda 2011: MD ljudvillkor 40 dBA får ej överstigas någon del av dygnet utomhus vid bostadshus. Kontroll av villkoret ska ske inom åtta månader efter att det första vindkraftverket tagits i drift. Innan anläggandet av fundament påbörjas ska bolaget för de fabrikat och verk som avses uppföras ge in beräkningar till tillsynsmyndigheten som visar att det angivna begränsningsvärdet kan innehållas vid klagande grannar (sex stycken sannolikt på två adresser). MÖD prövar inte ärendet.

## Kontrollprogram

Byggnation, 2 st (2012 och 2013): Två dokument om byggnation finns ett från 2012 och ett från 2013. Kontrollprogram från 2012 är skrivet av Höglandsvind AB som är huvudman, sju eller fler verk ska uppföras tillstånd finns för 16 verk. Lastbilstransporter begränsas juni–augusti till vardagar 7–19, buller kan vara en anledning. Ljudvillkoret är det från MD ovan, omedelbara åtgärder vidtas om bullervärdena överskrids.

Ljudvillkor för byggnationen beskrivs under punkt 6.1 och avser att innehålla Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggarbetsplatser, i kontrollprogrammet felaktigt refererad till Naturvårdsverkets författningssamling (NFS2004:14) som berör hantering av farligt avfall, korrekt referens bör vara NFS2004:15. Inga mätningar planeras.

Kontrollprogram nummer 2 är skriven av Stena Renewable för verk 7-16, bullervillkoret och flera övriga villkor verkar vara kopierade från föregående kontrollprogram.

Drift 2 st (2012 och 2013): Kontrollprogrammet från 2012 för fem stycken verk vindkraftverk nr 1, 3, 4, 5 och 6 skrivet av Höglandsvind. Siemens SWT 2,3-101 med effekt på 2,3 MW. Totalhöjd 150 m.

Beskrivning av bakgrund: ”Höglandsvind har projekterat för 16 vindkraftverk strax utanför samhället Fredriksdal i Nässjö kommun. Genom beslut av Miljöprövningsdelegationen vid länsstyrelsen i Jönköpings län 2010-06-03 erhöll Höglandsvind AB tillstånd för etableringen. Ärendet överklagades till dåvarande Miljödomstolen som meddelade dom och tillstyrkte etablering av 16 vindkraftverk 2011-04-29. Mark- och miljööverdomstolen meddelade 2011-08-17 att prövningstillstånd inte meddelats varvid tillståndet vann laga kraft.”

Projektet har delats upp i två delar, komplettering av KP om utbyggnad fortsätter. Bullervillkoret från kontrollprogram byggnation upprepas. Åtgärder vid misstänkta olägenheter orsakad av ljud redovisas. Konsult ska användas för att utföra ljudmätningar och ljudberäkningar.

Kontrollprogram 2013 för tio verk GE 1,6-100 med en effekt om 1,6 MW.

## Emissionsmätning

Två stycken rapporter finns tillgängliga. Dokumentet från 2012 redogör för beräkningar utförda av ÅF, korrespondens mellan grannar och länsstyrelsen där det uppmärksammas att en bostad inte har redovisade ljudnivåer. Redovisade ljudspektra och beräkningsparametrar för Nord2000 för ett flertal olika alternativ med och utan nermodning av vissa verk för att innehålla ljudvillkor. Verken är nu Siemens 2,3 MW, WinWinD WWD 1000 kW och Vestas V90.

I det andra dokumentet beskrivs nu 18 st verk, 10 st GE1,6-100, 5 st Siemens SWT-2.3-101 2,3 MW, 3 st Vestas V90 2 MW och 1 st WinWinD WWD 1000 kW med redovisade ljudeffekter (inkl spektra) och beräkningsparametrar för Nord2000.

### **Immissionsmätning**

Nya moder planeras för fyra verk, beräkningar redovisar punkter och kartor. Innehåller en beskrivning av Immissionsmätning av Siemens 2,3-101 utförd enligt Elforsk 98:24 metod C. Mätningen utfördes i april mellan klockslagen 13-21 vid tomtgräns (ej vid bostad). Ekvivalent ljudnivå 39 dB redovisas vid 7 m/s, inga mätningar för 8 m/s, dock bedöms ljudnivån från verket understiga 39 dB då bakgrunds nivåerna var höga. Tidigare klagomål från boende i fastigheten omnämns. Verken är tidvis ur drift under mätperioden för att mäta bakgrundsljud. Meteorologisk mätmast användes och mätningar från denna redovisas. Vindhastigheten är uträknad från ett verks uteffekt. Graf med mätningar med bakgrunds nivå och verk redovisas, goda signal-brusförhållanden i vindhastigheter upp till 5 m/s på mätplatsen sedan dominerar bakgrundsbrus. Osäkerhetsanalys från IEC61400-11 används för att uppskatta mätnoggrannhet.

### **Mätprogram buller**

Rapporten redovisar ett förslag från ÅF för mätprogram kring verken. Förslaget innebär att en emissionsmätning och beräkning därefter och motiveras av två anledningar (i) låga signal-brusförhållanden vid tidigare immissionsmätning, se föregående stycke samt (ii) att ljudutrymmet ska delas mellan två företag. Emissionskurvor för olika moder ska mätas för ett verk och ett annat verks emission i omodad gång för att utröna eventuella variationer mellan verken. Nord2000 används vid ljudutbredningsberäkningen. Inga resultat från detta förslag finns tillgängliga.

### **Klagomål**

Rapporten innehåller noteringar av närboende och korrespondens mellan tjänstemän på Länsstyrelsen och grannen. Grannen till verken har noterat de tillfällen verken är som mest störande under perioden 28/11–14/3 uppehåll januari, morgon 14 st, kvällar 14 st nätter 10 st, hela dagen 3 st. Grannen noterar att det är mest besvär vid frost på bladen samt morgnar, kvällar och nätter.

### **Kommentar**

Olika uppgifter om typer av verk och att flera olika verksamhetsutövare är inblandade, parken byggd i etapper. Modning används för att innehålla villkoret. Klagomålen från grannen väcker sympati hos författarna samtidigt som bullerriktlinjerna, i likhet med andra riktlinjer för trafikbuller etc, medför att en andel av närboende blir mycket störda.

Fredriksdal är ett exempel på en park med flera andra verksamhetsutövare i närheten. Äldst är ett WinWind-verk med hög ljudeffektnivå. Denna typ av verk uppgavs ha en relativt låg ljudeffektnivå vid projektering. När den typen av verk kontrollerades på en annan plats i Sverige, visade det sig att den hade flera dB högre ljudeffektnivå. Det har skapat problem även på andra platser i Sverige där den typen av verk finns. Ljudberäkningarna i

Fredriksdal inklusive WinWind-verket bygger på att WinWind-verket har den lägre ljudeffektnivån som angavs vid bygglovsanmälan. (I närheten finns även Smålandsvinds tre Vestas-verk, som kontrollerats av ÅF.)

## 4.4 Ingelstråde

Detaljgranskningen utförd av Martin Almgren.  
Höganäs kommun.

3 st. REpower (Senvion) MM82, 2050 kW.

Navhöjd: 59 m.

Rotordiameter: 82 m.

Totalhöjd: 100 m.

VU: Öresundskraft (2 verk) Höganäs kommun (1 verk).

Miljötillstånd 2 verk (2008). Bygglov 1 verk (2009).

Drifttagning: 2013.

Terräng: Plan mark.

Klagomål: Flertalet klagomål i vissa vindlägen (v-nv).

### Tillgängliga dokument

- Mail till kommunen med klagomål och redovisning av olägenheter. Mailet är vidarebefordrat till Länsstyrelsen i Skåne. 2015-04-02
- Yttrande med klagomål från ombud. 2014-12-06
- Miljötillsynsnämndens i Höganäs beslut 2014-11-17 efter klagomål, ljudmätning och ljudberäkning. Flera bilagor med bland annat ljudmätning och ljudberäkningar och med två granskningsrapporter som bilagor. Vidare är Länsstyrelsens beslut 2008-05-22 om tillstånd för Öresundskrafts två verk, liksom miljönämndens beslut om anmälan för det tredje verket till Kulla Villan AB, bilaga.
- Fullmakter till ombudet Thomas Edler 2015-01-12
- Yttrande från Öresundskraft Kraft & Värme med ljudmätning och bemötande från Sweco 2015-02-16
- Remiss från Länsstyrelsen till kommunen om överklagande av kommunens beslut. Överklagandet inte med i detta dokument. 2015-02-18
- Underrättelse till ombudet Edler om överklagande 2015-02-25
- Fråga från ombudet Edler om koordinater för uppmätt verk 2015-03-04
- Underrättelse till Bolaget om överklagande 2015-03-06
- Bolagets svar med förtydligande om koordinater 2015-03-12
- Underrättelse till ombudet Edler om koordinater 2015-03-16
- Handlingar från ombudet Edler med uppgifter om ljudeffektnivå, yttrande från Gunnar Lundmark, Bertil Persson 2015-03-22
- Mail från kommunen till Länsstyrelsen om utbyte av vindkraftverk 2015-06-25



- Mail från kommunen till boende om kommunens verk 2015-08-12
- Mail från kommunen till Länsstyrelsen om klagomål 2015-08-04 samt 2015-08-20
- Yttrande om jäv 2015-02-23

### **Tillståndsbeslut och förelägganden**

Miljödomstolen i Växjö avslår samtliga fem överklaganden mot två vindkraftverk i Ingelstråde,. Länsstyrelsen hade tidigare gett Öresundskraft tillstånd enligt miljöbalken. Kommunen har byggt ett tredje verk också.

I beslutet från Länsstyrelsen, refererat i miljötillsynsnämndens beslut 2014-11-17 avseende Öresundskrafts två verk står att ”den ekvivalenta ljudnivån utomhus vid bostäder får på grund av vindkraftverken som riktvärde inte överstiga 40 dBA”. Länsstyrelsens beslut är daterat 22 maj 2008. Det tredje verket fick ett föreläggande från miljönämnden till Kullavind AB att detta verk skulle driftas så att den ekvivalenta ljudnivån, som riktvärde, utomhus vid bostäder inte överskrider 40 dBA. Miljötillsynsnämnden tolkar besluten att bullret från de tre verken tillsammans inte ska överstiga de nationella riktlinjer som anger högst 40 dBA vid bostäder.

I materialet saknas kontrollprogram samt ljudberäkningar före byggnation. Miljötillsynsnämnden uppmanade Öresundskraft och Höganäs kommun att låta mäta och utreda bullret från de tre vindkraftverken för att kontrollera att bullret inte överskrider 40 dBA i närheten av bostäder.

### **Ljudemissionsmätningar**

Öresundskraft beställde ljudmätningar av Sweco AB efter miljötillsynsnämndens uppmaning. Sweco gjorde en ljudemissionsmätning i juni 2014 på verket på fastigheten Ingelstråde 4:59.

I samband med klagomålen diskuterades hur många verk man bör mäta vid. Nytt och troligt utfall av flera mätningar ställdes mot kostnad. Nämnden ansåg att det räckte att mäta på ett av de tre verken.

Ljudemissionsmätningen har redovisats i en rapport utförd av Sweco Environment AB, Malmö Miljöanalys och akustik, på uppdrag av Öresundskraft kraft och värme AB. Uppdraget avser vindkraftspark Ingelstråde 2:16 och titeln är ”Emissionsmätning och spridningsberäkning av ljud från vindkraft.” Datum för rapporten är 2014-07-03.

Mätningen är inte utförd av ett ackrediterat ljudmätninglaboratorium. Mätningen är utförd enligt IEC 61400-11, edition 2, 2006-11. Man hänvisar till referens (2), men det finns ingen referenslista. Rapporten från ljudemissionsmätningen borde ha gjorts i en separat mätrapport och redovisningen borde skett enligt anvisningar i mätstandarden IEC 61400-11. Redovisningen av rådata, t ex uppmätt total ljudtrycksnivå och bakgrundsljudnivå plottat mot vindhastighet saknas.

En sekundär vindskärm har använts. Det anges inte om hänsyn tagits till skärmens dämpning. Den verkliga ljudeffektnivån kan därmed vara högre.

Foton som ska redovisas vid en ljudmätning enligt IEC 61400-11 saknas. De bör vara med för att visa hur det ser ut vid mätplatsen. Kan man se vindkraftverket från mikrofonen? Hur ser mätplattan och vindskärmen ut?

Tersbandsspektrum, som man normalt bestämmer vid ljudemissionsmätning enligt IEC 61400-11, borde då ha redovisats. Då finns också en chans att se om det finns risk för hörbara toner.

Osäkerheten som beräknats för ljudeffektnivån bestämd vid mätning redovisas i en tabell, men det framgår inte vilka delar man tagit hänsyn till, så som anges i mätstandarderna.

### **Ljudimmissionsmätning**

Sweco har utfört en ”rekognoserande” ljudmätning vid en bostad i samband med ljudemissionsmätningen. Det står att mätningen gjordes med vägledning av Naturvårdsverket – Mätning och beräkning av ljud från vindkraftverk, vägledning – 2013-02-21. Bakgrundsljudet dominerade ljudnivån och inga slutsatser om ljudet vid bostaden kunde dras. Ljudnivån var 51 dB med ett verk i drift och 53 dB med verket avstängt. Inga foton finns från denna mätning heller.

### **Ljudimmissionsberäkning**

Ljudberäkning utfördes av Sweco i juli 2014. Man använde då ljudeffektnivån 101 dBA från mätningen vid ett verk. Den var flera dB lägre än de 105 dBA som leverantören av verken garanterat. Efter kritik gjorde man om beräkningen med garanterad ljudeffektnivå för de två icke uppmätta verken. Då hamnade man över 40 dBA vid någon bostad. Efter diskussion med leverantören kom man fram till att det garanterade källjudet innehåller en marginal för att minska risken för överskridande av garanterat värde. En ny beräkning gjordes då med ljudeffektnivåerna 101, som Sweco mätt upp för ett verk, och 104 dBA för de två andra verken efter uppgift från leverantören. Med dessa indata klarar man 40 dBA vid bostäder och miljötillsynsmyndigheten godkände denna kontroll.

Beräkningarna har utförts med Nord2000 och indata är redovisade. Versionen av mjukvaran Soundplan borde angetts.

### **Klagomål och yttranden**

Kommunens miljötillsynsmyndighet har i sitt beslut gått igenom och bemött många av klagomålen. Genomgången visar att Bolaget har kunnat bemöta klagomålen eller justera sin ljudberäkning. De klagande har anlitat bland andra civilingenjör Gunnar Lundmark (akustikkonsult) och Bertil Persson, docent i byggnadsmaterial, som frekvent har blivit förknippad med organiserat vindkraftsmotstånd och saknar, enligt författarna till innevarande rapport, vetenskaplig, akustisk utbildning, för att granska rapporten för ljudemissionsmätning och ljudberäkning.

Gunnar Lundmark har kritik av ljudemissionsmätningen och rapporteringen av denna. Exempelvis saknas rådata. Gunnar Lundmark anser att då den uppmätta ljudeffektnivån ligger flera dB under den garanterade, borde man ha mätt på alla tre verken, eller lagt på 3,8 dB i enlighet med IEC TS 61400-14. Bertil Persson kritiserar också ljudemissionsmätningen.

När det gäller ljudberäkningen anser Gunnar Lundmark först och främst att ljudeffektnivån för de tre verken valts på ett felaktigt sätt och att man borde räknat med Naturvårdsverkets beräkningsmodell, eftersom den använts vid de miljömedicinska störningsundersökningarna som ligger till grund för riktvärdet 40 dBA. Han tycker det är otillfredsställande att använda beräkningsmodellen Nord2000, eftersom att man genom val av parametrar kan påverka beräkningsresultatet.

Sweco och Öresundskraft har bemött kritiken. En del av Perssons kritik saknar grund, men om redovisningen i Swecos rapport hade varit mer fullständig och enligt standard, hade en del kritik kunnat undvikas.

### **Diskussion**

Ljudemissionsmätningen borde ha gjorts som en ackrediterad mätning. Mätningen och rapporten borde gjorts mer utförligt i enlighet med mätstandarderna IEC 61400-11. Genom att mäta på åtminstone två verk hade verksamhetsutövarna haft en chans att på ett bättre sätt rättfärdiga sitt val av ljudeffektnivå för verken i ljudberäkningen.

## **4.5 Jädraås**

Detaljgranskningen av Jädraås av Martin Almgren.

Ockelbo kommun

Jädraås: 66 st Vestas V112 3MW.

Navhöjd 119 m.

Rotordiameter: 112 m.

VU: Arise.

Miljötillstånd: 2010.

Drifttagning: 2012/2013.

Terräng: Skog och kuperad terräng.

Klagomål: Från tre av de boende i Ulvtorp, markerat som ljudkänsligt område (33–38,8 dBA enligt ljudberäkning 2011). Då mätningar senare visade att riktvärdet innehölls, avskrevs klagomålen. Klagomål i början, när parken trimmades in, från en boende i Kungsberget (ej markerat som ljudkänsligt område).

### Tillgängliga dokument

- Kontrollprogram för driftsfasen från Jädraås vindkraft AB, reviderad 2014-11-06
- Rapport emission. Tre ackrediterade mätrapporter från ÅF 2014-03-26 (Vkv44, vkv45 och vkv50)
- Dokument med ljudkontrollrapport med ljudimmissionsberäkning från ÅF 2014-03-26 och följebrev från Bolaget

### Kontrollprogram

Det är Arise som ligger bakom kontrollprogrammets utformning och genomförande. Beskrivningen av villkoren i miljötillståndet och hur dessa ska kontrolleras, är tydlig.

Parken har 66 verk av typen Vestas V112 med navhöjd 119 m och rotordiameter 112 m. Det innebär att totalhöjden är 175 m. Märkeffekten är 3 MW per verk och alla verken drivs i sin grundmod, mod 0, utan ljudreglering. Verksamhetsutövaren Jädraås Vindkraft AB är noggrant beskriven med kontaktpersoner och deras e-postadress och telefonnummer. Det anges att både Falu och Ockelbo kommuner är tillsynsmyndigheter. Miljöprövningsdelegationen vid Länsstyrelsen i Gävleborgs län har lämnat miljötillstånd. 2010 lämnades ett tillstånd och senare, 2011, lämnades ett nytt tillstånd där villkor om totalhöjden och hindermarkering ändrades.

Ljudvillkoret, villkor 8, finns återgivet i kontrollprogrammet.

Buller från vindkraftverken ska begränsas så att det inte ger upphov till högre ekvivalent ljudnivå utomhus vid bostäder än 40 dB(A), undantaget finnbostaden Kolkilampi på fastigheten Jädraås 1:115 där ljudnivån inte får överstiga 45 dB(A).

Innan anläggningen påbörjas ska en förnyad ljudberäkning redovisas för tillsynsmyndigheten, baserad på vindkraftverkens slutliga positioner och vald verksmodell. I övrigt ska kontrollen av villkoret hanteras inom ramen för kontrollprogrammet.

Villkoret för ekvivalent ljudnivå 40 dBA är återgivet på ett sätt som är vanligt. Det ovanliga är att för en bostad, finnbostaden Kolkilampi, tillåts 45 dBA. Det framgår av kontrollprogrammet att man förhandlat med fastighetsägare och lämnar kompensation. Det framgår inte av det återgivna villkoret hur kontrollen av ljudvillkoret ska göras. Det ska hanteras av kontrollprogrammet, som i sin tur ska godkännas av tillsynsmyndigheten om det behövs beslut.

I villkor 1 hänvisas till ansökan och vad som Bolaget i övrigt åtagit sig. Längre ner i programmet beskrivs vad Bolaget åtagit sig. Det enda som står om ljud där är att analys av ljudpåverkan vid de närmast belägna fastigheterna ska göras senast 2 år efter anläggningens uppförande.

Inget nämns i det återgivna villkoret om toner, maximal momentan (fast) A-vägd ljudnivå, impulsljud eller onormal amplitudmodulation ej heller om krav på lågfrekvent ljud. Dessa ljudparametrar nämns inte heller i kontrollprogrammet.

I Bolagets kontrollprogram anger de hur kontrollen ska genomföras. Senast 18 månader efter driftsättning av det sista verket ska ljudemissionsmätningar enligt mätstandarden IEC 61400-11 göras vid 3 av de 66 verken och ljudimmissionen vid närliggande bostäder beräknas. Dessutom ska en ljudimmissionsmätning enligt Elforsk 98:24 göras vid Kolkilampi. Rapport från ljudmätningen ska lämnas till tillsynsmyndigheten med kommentarer och förslag på eventuella åtgärder. 3 verk motsvarar 5 % av totala antalet verk.

Ljudemissionsmätningar ska upprepas minst vart femte år eller då ändringar görs i verksamheten som kan orsaka en högre ljudnivå. Det anges inte på hur många verk man avser att göra de upprepade ljudmätningarna.

I kontrollprogrammet i punkten om ljudvillkoret anges även att Bolaget har ett Event Management System där klagomål noteras och Driftansvarig, Site Manager, Miljöansvarig och Verkställande tjänsteman blir informerade. Det beskrivs även hur kontroll och uppföljning av klagomål ska göras (kontroll av avvikande ljud, fel på verken, jämförelse med ljudberäkningar och ljudmätningar). Klagomål har inkommit till kommunen från tre fastighetsägare i Ulvtorp, där den beräknade ljudnivån är 33–38,8 dBA, samt till Länsstyrelsen från ägaren till en fritidsfastighet i Kungsberget som inte är markerad som ljudkänsligt område. Klagomålen har avskrivits då mätningar och beräkningar visar att villkoren innehålls. Inga klagomål från boende i fastigheten Kolkilampi, där den beräknade ljudnivån är 42,5 dBA.

### **Rapport emission**

Den första av de tre rapporterna avser en ljudemissionsmätning av vindkraftverk Vkv44 enligt mätstandarden IEC 61400-11, ed 2.1 och är utförd 2013-11-28. Mätningen är ackrediterad och rapporten är gjord 2014-03-26, dvs 4 månader efter genomförandet. Det borde kunna ha redovisats tidigare.

Ljudeffektnivån redovisas vid vind-BIN-klasserna 6, 7, 8, 9 och 10 m/s. Verkets medeleffekt och rotorvarvtal redovisas också. Vindhastigheterna avser vindhastighet som räknats om till 10 m höjd. Mätosäkerheten anges för 6, 7 och 8 m/s. Vid mätningen enligt standard gör man en korrektion av bakgrundsljudnivån vid samma vindhastighet med verket stillastående. För 9 och 10 m/s fanns inga bakgrundsljudnivåer och man har använt bakgrundsljudnivån vid 8 m/s.

Redovisningen av ljudmätningen har gjorts enligt standarden. Tonalanalys har dock inte gjorts, men man konstaterar att inga toner subjektivt kunde höras. Ljudeffektnivån i tersband, korrigerat för bakgrundsljud, redovisas i bilaga.

Mätosäkerhet i form av standardosäkerhet redovisas. Där ingår dels spridning i mätvärdena, dels osäkerhet på grund av olika komponenter som risk för fel i kalibrering, kedja av mätinstrument, etc. Det största felet av dessa komponenter uppges härröra från meteorologiska variationer (turbulens). Det är angivet på ett sätt som beskrivs i standarden.

I rapporten anges vidare två avsteg från mätstandarderna. Det första är att man relaterat bakgrundsljudnivåerna, då rotorn parkerats, till vad som uppmätts med nacelleanemometern, som kalibrerats enligt ”nacelle anemometer method”, och inte vad som uppmätts med en separat mätmast. Konsekvensen av detta beskrivs inte vilket borde ha gjorts. En fördel med värden från nacelleanemometern är att en tiometersmast för höga verk i skogsmiljö hade gett för låga vindhastigheter då vinden bromsas upp av omgivande träd. En nackdel är att kalibreringen med ”nacelle anemometer method” görs med roterande rotor. När rotorn står stilla kan vinden skärmas mer eller mindre beroende på hur bladen står. Felet gör att vindhastighetsmärkningen av respektive ljudnivå för bakgrundsljuden kan hamna fel. Felet blir litet om skillnaden mellan totalljudnivån och bakgrundsnivån är stort. I det aktuella fallet är skillnaden ca 10 dB och avvikelserna blir därmed bedömd vara liten.

Den andra avvikelserna är det inte mättes bakgrundsljudnivåer vid 9 och 10 m/s. Man har då antagit att bakgrundsljudnivån vid 9 och 10 m/s är densamma som vid 8 m/s och för ett resonemang att det leder till en underskattning av bakgrundsljudnivån, vilket i sin tur leder till att bakgrundskorrekturen blir mindre och ljudeffektnivån för verket därmed kan överskattas. Det är ett rimligt resonemang.

Rapporten har fotografier som visar verket och mätutrustningen.

De två andra ljudemissionsrapporterna är likartade. Ingen jämförelse görs med antagen ljudeffektnivå i projekteringen. Det ska man normalt inte heller göra i en ackrediterad rapport.

### **Rapport immission**

I följebrevet anges Bolagets slutsats att villkoret om ljudnivå vid närliggande innehålls med god marginal.

Kontrollrapporten från ÅF innehåller en beskrivning av ljudimmissionsmätningen vid Kolkilampi och dels ljudberäkningarna för ljudnivå vid bostäder utgående från uppmätt ljudemission från tre av verken.

ÅF har gjort en särskild rapport för ljudimmissionsmätningen. Den har dock inte gjorts tillgänglig för projektet, och förmodligen inte heller för tillståndsmyndigheten. Den redovisas sammanfattningsvis. Mätresultaten vid Kolkilampi visar att bakgrundsljudet med de närmaste verken avstängda är av samma storleksordning om totalljudnivån med alla verk i drift. Då kan man bara ange en övre gräns för ljudimmissionen och i detta fall är den 49 dBA. ÅF anger att kontrollen av ljudnivån då bör göras med närfältmätning av ljud och beräkning av ljudutbredningsdämpningen. Det är enligt min mening det enda rimliga i detta fall. Den beräknade ljudnivån vid Kolkilampi blev 41 dBA enligt tabell 3 i rapporten.

I kontrollrapporten redovisas beräkningsförutsättningar och indata till beräkningarna. Beräkningarna har gjorts med beräkningsmetoden Nord2000 för det så kallade medvindsfallet, dvs det blåser från varje ljudkälla mot varje mottagarpunkt. I Nord2000 kan man räkna för verkliga vindriktningar, och

det görs i en del andra fall, särskilt om man driver parken i med olika ljudreglering för olika vindriktningar. Val av ljudeffektnivå för ljudberäkningen är något av det viktigaste valet för en sådan beräkning. I detta fall har man utgått från de tre ljudemissionsmätningarna i tersband, eftersom Nord2000 räknar för varje tersband. För de tre uppmätta verken har man valt den högsta ljudeffektnivån oberoende av vindhastighet. Det visar sig vara vid 7 m/s. För övriga icke uppmätta verk har den högsta av de tre mätta ljudeffektnivåerna valts. Man konstaterar också att samtliga uppmätta ljudeffektnivåer är lägre än eller lika med det som tillverkaren garanterar. Skillnaden mellan de tre verken kommenteras inte, men den är ganska liten 105,3, 105,6 och 105,4 dBA, dvs högst 0,3 dB.

Kontrollrapporten innehåller även ett avsnitt om osäkerhet och marginal. Beräkningsmodellens osäkerhet för ett 90-procentigt konfidensintervall anges till  $\pm 2$  dB för de beräkningspunkter som ligger nära parken. För punkter längre bort blir osäkerheten större. Mätosäkerheten för ljudemissionsmätningarna är  $\pm 1$  dB och den sammanvägda osäkerheten för mätning och beräkning anges till  $\pm 2,2$  dB.

I rapporten anges vidare att enligt praxis ska det beräknade värdet, utan avdrag eller tillägg till osäkerheten, användas för bedömning mot riktvärdet 40 dBA.

## 4.6 Karsholm

Detaljgranskning utförd av Karl Bolin.  
Kristianstad kommun.

5 st REpower MM92 2050 kW.

Navhöjd: 100 m.

Rotordiameter: 92,5 m.

VU: Karsholms vindkraft AB.

Miljö tillstånd 2008.

Drifttaget: 2012.

Terräng: Skog och kuperad terräng.

Klagomål: Från boende i 22 hushåll på 1,5–2 km avstånd från etableringen.

### Tillgängliga dokument

Dokumentationen kring Karsholm grundar sig på en 324 sidor lång sammanställning av korrespondens mellan närboende och kommunen, en advokatbyrå samt akustikkonsulten ÅF. Följande sammanställning av dokumentationen har genomförts:

- Vindkraftverken är byggda på en ås, närboende som drabbas av buller bor relativt långt ifrån (1,5–2 km) men i dalarna under åsen. Till att börja med kom klagomål från sex boende. Ljudberäkning vid bostäder visar 36 dBA. Frågan om vindskyddat läge hade utretts i ansökan, men ansågs inte aktuell, enligt bolaget. Terrängförhållandena – skog – ansågs

bra eftersom störningar av ljud skulle dämpas. Beräkningar vid de bostäder som låg närmast etableringen visade att ljudkravet klarades, därför ansågs det inte vara problem med de bostäder som låg längre bort.

- Kommunen förelade om närfältsmätning, beräkning samt indikerande immissionsmätning. Närfältsmätning visade 38 dBA och immissionsmätning 38 dBA, ljudvillkoret innehölls med andra ord. Simrishamns kommun begärde att MPD omprövar ljudvillkoret, med motiveringen att en olägenhet som inte planerades har uppkommit och att 35 dBA bör gälla som riktlinje. Kommunen förelade om långtidsmätning – kontinuerlig mätning (vid viss vindriktning, viss väderlek) och underlagsmaterial för att se om det ljudet gick att reglera.
- Verksamhetsutövaren har via advokatbyrå motsatt sig 35 dBA som gräns och hävdade att man gjort de redovisningar som krävdes samt att MPD/kommunen borde ha utfört egna utredningar innan begäran att villkoren skulle omprövas. De boende ansåg att mätningar inte hade skett under rätt tid på dygnet. Ljudet upplevdes inte som störande dagtid och då är bakgrundsnivån högre.
- MMD kom fram till att mätning vid 8 m/s på 10 m höjd, innebar att bolaget hade gjort vad de kunnat för att visa att de innehåller villkoret. Det kan dock finnas tider/tidpunkter när man inte klarar 40 dBA. För att gå vidare med detta krävs mätningar. Föreläggandet var inte så exakt formulerat, att mätningen skulle ske under andra tider än de utförda. När bolaget överklagade MPD:s beslut om långtidsmätning, yrkade Länsstyrelsen att MMD skulle hålla syn tidig morgon eller sen kväll när ljudfenomenen uppkommer. Domstolen fann detta onödigt och upphävde beslutet, men fann att omprövning kan ske om någon olägenhet misstänks. MMD kom fram till att mer underlag kan tas fram i tillsynen. Bolaget delar inte den uppfattningen. Det är inte visat att villkoret innehålls vid alla tillfällen: ärendet kom tillbaka till tillsynsmyndigheten som ska förelägga om ytterligare undersökning. I skrivande stund (2016) är inte dessa mätningar rapporterade men uppgifter från tillsynsmyndigheten ger besked om att bl. a. mätningar av inomhusnivåer och amplitudmodulationer ska utföras. Såväl verksamhetsutövare, tillsynsmyndighet och MPD anser att det är rimligt mäta enligt standard.
- MÖD gav inget prövningstillstånd.
- ÅF kopplas in för att genomföra immissionsmätningar vilka beskrivs och kommenteras i stycket nedan. ÅF gjorde ljudmätningarna på uppdrag av verksamhetsutövaren för att kontrollera om ljudvillkoret uppfylldes. Ljudvillkoret befanns vara uppfyllt och tillsynsmyndigheten godkände kontrollen. Kommunen tyckte dock därefter att en olägenhet, som inte förutsågs vid tillståndsansökan, fanns, och ville att Länsstyrelsen skulle ändra villkoret. Länsstyrelsen beslutade om att ytterligare undersökningar skulle göras, bland annat avseende amplitudmodulation. Bolaget motsatte sig stora delar av Länsstyrelsens föreläggande.



- För närvarande pågår ett Vindvalprojekt som genomför långtidsmätningar av ljudet vid Karsholmsverken och närboende som för bullerdagbok i området. Huvudförfattaren till innevarande rapport Karl Bolin är delaktig i denna studie men eftersom den pågår till december 2017 och resultaten inte är validerade noteras bara att vindparken kring Karholm lyckligtvis är ett undantagsfall när det gäller bullerstörningar kring vindkraftsparker i Sverige och att omfattande analyser av varför det är så pågår både på myndighetsnivå och inom akademien.

### Immissionsmätning

Utförd den 2 september 2013 kl 07–15. I en period i mitten av mätningen 10–12 är verken avstängda och analys enligt Elforsk 98:24 metod C har använts för att uppskatta ljudnivåer från vindkraftverken. Vindskyddat läge anses föreligga men låga bakgrundsnivåer kunde inte verifieras av mätningen.

### Diskussion

Kan Elforsk 98:24 sid 29 rekommendation: ”Bakgrundsbullret skall mätas med aggregatet(-en) avstängt omedelbart före eller efter mätningen av aggregatbullret” anses uppfyllda eller ska kortare tid förflyta mellan avstängning och påsättning? Är kvartsintervaller eller dylikt praktiskt möjliga, sannolikt med lite jobb från verksamhetsutövaren och någon minuts buffert mellan skiftningarna i mätningarna för att inte banda samman driftsförhållanden?

Mätpersonalen noterar att det är tystare på morgonen (kl 07) när mätningen börjar än när inspelningarna av bakgrundsljud utförs 10–12. Vidare anses det med grund i störningsrapporterna som fokuserar på nätter och morgnar förunderligt att mätning utförs under dagtid och accepteras som representativ.

Skrivelsen om vindskyddat läge skulle behöva specificeras. Gäller den bara vid 8 m/s? Det är inte längre en representativ vindhastighet för vkv-buller som numer produceras vid lägre vindhastigheter och höga vindhastighetsgradienter (inversionsförhållanden). Ett exempel från rapporten på detta är vid vindhastighetsintervallen 2–3 m/s där bakgrundsnivån är låg, ca 35 dB och signal-brus-förhållandet är positivt (högre nivå med vkv påslagna än vid bakgrundsmätning), se bl a ÅF immissionsrapport fig 8. En liknande analysmetod som BIN-metoden i IEC61400-11 skulle kunna vara tillämplig för att analysera när/vid vilka vindhastigheter låg bakgrundsnivå kan tänkas uppkomma. En BIN-analys med variansanalys (ANOVA) för olika vindhastighetsintervall skulle också kunna vara ett alternativ för att se när och hur stora skillnaderna är i ljudnivå med verk på och av från mätningar med Elforsk 98-24 Metod C som bas.

Dessa observationer leder till två öppna frågor:

1. Är arbete för att beskriva vindskyddat läge och låg bakgrundsnivå angeläget?
2. Eller är det rådigt att börja använda LDEN som i Nederländerna och Norge för att minska ljudnivåer kvälls- och nattetid?

## 4.7 Lejdebergen

Detaljgranskning utförd av Karl Bolin.  
Uddevalla kommun.

2 st Enercon E-82 E2, maxeffekt 2,0 MW.

Navhöjd 78 m.

Bygglov (2008) och Miljötillstånd.

Drifttaget: 2011.

VU: Bohus Vind AB.

Terräng: Skog/bergsterräng.

Klagomål: Den första tiden klagade närboende på buller såväl dagtid som nattetid, inomhus och utomhus. De senaste åren har det inte varit några klagomål.

### Tillgängliga dokument

- Anmälan 2008-06-02
- Beslut 2011-12-09
- Dom MMD 2015
- Immissionsmätning 2 st, 2013 och 2014

Kontrollprogram saknas.

### Anmälan

Rapporten är skriven av handläggare på miljö- och stadsbyggnadsnämnden i Uddevalla kommun. Etableringen omfattar två verk på Lejdeberget, Uddevalla kommun om 2–3 MW. Vindenergi Väst AB har 2006 skickat in ansökan med bl a bullernivåer, dokumentet finns inte tillgängligt för granskning. Bullervillkoret som föreslås lyder:

Buller från vindkraftverken får inte under någon del av dygnet överstiga ekvivalent ljudnivå 40 dB(A) vid bostäder. Om denna bullernivå överskrids skall verksamhetsutövaren vidta åtgärder så att nivån innehålls.

### Beslut

Beslutet är skrivet av handläggare på miljö- och stadsbyggnadsnämnden i Uddevalla kommun och innehåller endast bullerfrågor. Dokumentet består till huvuddelen av kommentarer och ställningstaganden på svar från verksamhetsutövaren som lämnats till kommunen uppdelat i elva punkter.

Nedan kommenteras de områden som anses mest intressanta:

- Punkt nr 1 berör 1,4 dBA skillnad i ljudnivåer (immission) mellan kommunens beräkning med Naturvårdverkets modell och det underlag som verksamhetsutövaren har lämnat in. Beräkningarna är utförda med samma källstyrka och kommunen anser att det ”tydligt och på ett vederhäftigt sätt visas att ljudnivån 40 dB(A) innehålls”. Det framkommer av beräkningarna att två verk är byggda och i drift vid detta tillfälle.

- Punkt nr 3 berör eventuellt vindskyddat läge vid en fastighet. Detta ska utredas av verksamhetsutövaren för två fastigheter med bullerstörda boende vid lokala läförhållanden. Orsak, tidpunkter och omständigheter om vindskyddat läge ska redovisas av verksamhetsutövaren.
- Punkt nr 9 berör vilket emissionsvärde som ska användas, turbintillverkaren Enercon garanterar  $L_w = 104 \pm 1$  dBA och därmed ”kanske de beräkningar som gjordes innan verken uppfördes ha använt 105,0 som ingångsvärde för ljudeffektnivån istället för 103,8 och även i en senare beräkning då 104,5 användes.”
- Punkt nr 10 diskuterar att en ny beräkning med fyra verk som redovisats för kommunen och om riktvärdet kan innehållas vilket inte är fallet enligt Naturvårdsverkets modell för låg källstyrka om 103,5 dBA vilket var det lägsta värdet i punkt 9.

### Immissionsrapporter 2013 och 2014

Den första rapporten redovisar en Elforsk 98:24 mätning vid bostad i juni 2013 utförd av ÅF. Efter provlyssning tillsammans med de boende bestäms mätplats till en av två berörda fastigheter, den som anses ha lägst bakgrundsljud alstrat av vegetation. Ljudimmissionsmätning är utförd vid 4–13 m/s vindhastigheter och effekten från verken, mätosäkerheten är konstant (4,2–4,3 dB) sånär som på 0,1 dB över alla vindhastigheter (detta kräver ett utmärkt vindskydd, har Rycote-skärmen och skumskydd validerats i vindtunnel för 13 m/s?). Mätningar är utförda periodvis under en vecka, perioderna rapporteras tillsammans med verkens driftsförhållanden dock inga perioder efter kl 22 eller innan kl 08 vilket kan anses relevant ur störningsperspektiv. Vindskyddat läge konstateras råda men låga bakgrundsnivåer kunde inte mätas upp, slutsatsen blir att 40 dBA rekommenderas som riktlinje. Bifogade tersbandsspektrum skiftar i nivåer, för låga vindhastigheter (<9 m/s) finns toppen vid 2 kHz vilket ser ut att vara ett tydligt spektrum från lövskog, vid högre vindstyrkor skiftar toppen till 1 kHz vilket liknar ett vindkraftverk, se t ex Møller & Pedersen [4] som redovisar ett flertal ljudspektra från vindkraftverk.

Den andra rapporten är ett beslut taget av kommunen (Miljö- och Stadsbyggnadsnämnden) att 40 dBA fortsatt bör gälla. Underlag till beslutet redovisas samt hur Naturvårdsverkets riktlinjer har tolkats. En sammanfattning av immissionsrapporten och kommentarer till denna följer. De närboende har fått lämna synpunkter på rapporten och vill att immissionsmätningar utförs vid båda fastigheterna samt att mätningar bör utföras vid avlovade tillfällen.

### Miljödomstolen

Boende har överklagat immissionmätning och vill att i första hand 35 dBA ska gälla som riktlinje och i andra hand att immissionmätning utförs under avlovade förhållanden med frusen, ej snöklädd mark. MMD anser inte att det framkommit omständigheter som ger upphov till strängare bullerkrav och att mätningen är utförd enligt praxis.

## 4.8 Oxhult-Kåphult

Detaljgranskning utförd av Karl Bolin.  
Laholms kommun.

Oxhult: 12 st Vestas V90 2,0 MW.

Tornhöjd: 105 m.

Rotordiameter: 90 m.

Kåphult: 7 st GE 2,5 MW.

Navhöjd: 105 m.

Rotordiameter: 90 m.

Miljötilstånd (20090617). MD (20100311).

Drifttagning: 2011.

Terräng: Skogsterräng.

Klagomål: Flertal klagomål i början. Det senaste år 2012, från en närboende.

### Tillgängliga dokument

- Tillståndsbeslut (utökning 2009)
- Immissionsrapporter, 3 st, från 2010, 2012 och 2015
- Emission och immissionsrapporter, 2 st från 2015
- Emissionsrapporter, 2 st (för två olika verk LaOx 1 resp 7) från 2015
- Bullerberäkning från 2015
- Kontrollprogram drift, 2 st från 2011 och 2013
- MÖD protokoll från 2010
- Dom MD från 2010

### Tillståndsbeslut

De begränsningar som finns på buller från parken ändras från föregående tillståndsbeslut (2/4 2008, ej tillgängligt i denna granskning) och lyder:

Lydelsen av tillståndsvillkor nr 3 ändras till:

3. Den ekvivalenta ljudnivån enligt villkor nr 2 ska kontrolleras genom närfältsmätningar och beräkningar samt genom immissionsmätningar vid bostäder. Inom ett år från det att vindkraftsanläggningen tagits i drift ska en kontroll av den ekvivalenta ljudnivån vid bostäder i närheten utföras. Kontroll ska därefter ske så snart det skett förändringar i verksamheten som kan medföra ökade bullernivåer, dock minst en gång vart tredje år.

### Tillkommande villkor

Miljöprövningsdelegationen föreskriver följande nya villkor, utöver dem som redan meddelats i tillståndet den 2 april 2008:

3a. Om vindkraftsanläggningen orsakar problem med lågfrekvent buller vid bostäder, ska bolaget vidta åtgärder för att avhjälpa problemet. Lågfrekvent buller ska kontrolleras genom mätningar inom ett år från det att vindkraftsparken tagits i drift.

Utöver detta redogör tillståndsprovningen för de flerfaldiga skrivelser som lämnats in av närboende på grund av buller eller befarat buller, lågfrekvent ljud nämns specifikt.

### **Kontrollprogram**

Två dokument finns tillgängliga, från 2011 respektive 2013.

Kontrollprogram från 2011: Parken är byggd av Arise Farm 1 AB i två etapper, mellan 2008 och 2010. De 12 första verken i Oxhult är Vestas V90 2,0 MW med rotordiameter 90 m och de 7 i Kåphult är av märket General Electric med listad effekt på 2,5 MW och rotordiameter 100 m.

Ljudvillkoret från 2008 som gäller enligt skrivelsen är: ”Den ekvivalenta ljudnivån utomhus vid bostäder får på grund av vindkraftverken inte överstiga 40 dB(A) ekvivalent ljudnivå”.

Nytt beslut från Länsstyrelsen 2009 i och med att Kåphult uppfördes är att:

- Närfältsmätningar och beräkningar samt immissionsmätningar vid bostäder ska genomföras inom ett år efter drift samt att kontroll ska ske vart tredje år
- Sid 4 och 5 saknas i den inskannade rapporten, sid 6 påbörjas med specifikationer på immissionsmätning så viss information om ljudvillkor har sannolikt gått förlorat på sid 4 och 5
- Tillståndet ger att förutom immissionsmätningar vart tredje år ska även lågfrekvent ljud mätas genom att beräkna skillnaden mellan dBA och dBC och mätningen uppfyller att  $LA \ll 40$  dB och  $LC-LA < 15$  dB

Ljudimmissionsmätning enl Elforsk 98:24 redovisas i Bilaga 2. Mätningen ska i första hand använda metod C annars metod B. Ljudnivåmätare med trigger för höga ljudnivåer föreslås som alternativ till bemannade mätningar.

Beräkning av ljudemissionen sammanställs.

Kontrollprogram från 2013: Mer information om ljud finns i rapporten, förutom de immissionsmätningar som beskrivits ovan, finns information om att ljuddämpning (antaget serrationer ”hajfenor”) på Kåphultsverken och att dessa körs i mode 0, dvs inte är nedställda längre.

### **Emissionsrapport**

Rapporten är skriven av ÅF till Arise Wind Farm 1 AB, Niklas Carlsson, kvalitetsansvarig Martin Almgren, som även medverkande i detta projekt. Rapportering har skett enligt IEC61400-11 rekommendationer.

Ljudeffekten mätt på verket LaOx1 och LaOx7 typ Vestas V90 2,0 MW enligt IEC 61400-11 är utförd 2006.

Vindhastigheter för mätningen: 6, 7 och 8 m/s med vanlig analysmetod ger låga korrelationer och BIN-analys har därför utförts för de olika vindhastigheterna.

Mätosäkerheter för de två analysmetoderna är redovisade och verken körs i mode 0, dvs full elektrisk effekt, gäller för alla resultat, dubbla vindskydd användes.

#### **Analys OxLa1:**

Vindhastigheter beräknas delvis fram genom effektkurvan och delvis från nacelle anemometer-metoden. Korrelationskoefficienterna för regressionskurva är väldigt låga, 0,01 resp 0,09 detta ger att BIN-analys, dvs analys av vindhastigheterna 6, 7 och 8 m/s görs separat dock med fortsatt låg korrelationskoefficient 0,001–0,0556. Mätosäkerheterna är uppdelade i olika komponenter och anges i tabell enligt föreslagen standard. Avsteg från mätstandardens redovisas i punktform.

#### **Analys OxLa7:**

Liknande metodik och redogörelse som för första verket, låga korrelationskoefficienter noteras. Noteras också att ljudnivån var 0,2–0,4 dB högre vid 7 än 8 m/s.

#### **Ljudutbredningsberäkning**

Nord2000 används för samtliga resultat, inga resultat redovisas enligt Naturvårdsverkets beräkningsmetod. Parametrar för beräkningarna finns redovisade, dessa bör gå att reproducera.

Val av ljudeffekter skiljer sig åt mellan Oxhult och Kåphult-verken, rapporten är inkonsekvent genom att använda högsta ljudeffekt för Oxhult (från verk 7) men ta enskilda verks ljudeffekt för Kåphult (större variationer av LWA observeras i Kåphult).

#### **Rapport om immission och emission**

Allmän information: 5,5 h mätning, 17/4 kl 13–19:10 mycket störningar noterades i form av vindbrus från träd samt djurläten.

Beskrivning av vindkraftverken och driftförhållanden, driftsmoder 0 redovisas. Sammanfattande dokument av emission och immissions dokumenten redovisade ovan. Felaktighet på sid 4, sektion 4.2: ”Ljudeffektnivån har mätts vid verk 1 och verk 7. Den högsta ljudeffektnivån uppmättes till 103,1 dBA vid verk 7.”, det noteras av KB att 103,4 dBA uppmättes för 7 m/s vindhastighet dock dimensioneras för 8 m/s där högsta ljudnivån var 103,1 dBA.

#### **Miljödomstolens dom Oxhult-Kåphult**

Nord2000 accepteras som beräkningsverktyg. En uppföljning av lågfrekvent ljud ska ske vid verken men specifika metoder eller gränsvärden specificeras inte.

Miljööverdomstolens beslut är att inte pröva fallet.

## 4.9 Ytterberg

Detaljgranskning utförd av Martin Almgren  
Malå kommun.

22 st Vestas V90.

Navhöjd 105 m.

VU: Vasavind (Tidigare ägt av Nordisk Vindkraft).

Miljö tillstånd: 2010.

Drifttagning: 2011.

Skog och kuperad terräng.

Klagomål: Från två boende. Ljuddagbok finns.

### Tillgängliga dokument

- Bolagets kontrollprogram 2010-12-02
- Bolagets svar på begäran att redovisa kontrollprogram. En version från 2010-06-09 ges här. 2013-04-08
- Länsstyrelsens föreläggande om kompletterande ljudmätning. Odaterad Wordfil. Ljudmätningen ska redovisas senast 2014-02-14
- 11 olika mail med klagomål, frågor och svar från Länsstyrelsen. 2012-2013
- Länsstyrelsens beslut om tillstånd 2009-11-13
- Bolagets redovisning av ljudmätningar 2013-08-12
- Bolagets svar på föreläggande med ljudberäkning och PM om amplitudmodulation 2014-02-25
- Bolagets redovisning av ljudinspelningar 2013-07-29

### Tillståndsbeslut och förelägganden

I tillståndet anges följande bullervillkor:

”Ljud från vindkraftverken får inte överskrida ekvivalent ljudnivå om 40 dB(A) utomhus vid bostadshus. Ekvivalentvärdet ska beräknas för och får inte överskridas under någon enskild 4 timmarsperiod. Kontroll ska ske genom mätning och beräkning första gången inom ett år från det att vindkraftsanläggningen tagits i drift.

Kontrollen ska utföras i enlighet med vedertagen internationell standard, utifrån tre (3) vindkraftverk. Uppgifter från denna mätning används för beräkning av ljudemission enligt etablerade beräkningsmodeller. Kontroll ska ske årligen, men om tre efter varandra följande mätningar visar att begränsningsvärdet innehålls ska mätning istället ske vart femte år eller om ytterligare vindkraftverk driftsätts eller om verksamheten förändras på ett sådant sätt som kan medföra ökade bullernivåer.”

I tillståndet anges också att det ska finnas ett kontrollprogram som visar hur villkoren följs och där metoder och tillvägagångssätt för kontroll och utvärdering ska anges. Kontrollprogrammet ska ges in till tillsynsmyndigheten.

Länsstyrelsen anger att ljudvillkoret följer i stort sett det som Bolaget föreslagit och anger att intervallet om fyra timmar bedöms vara en rimlig tidsintervall för beräkning av den ekvivalenta ljudnivån i detta fall.

Länsstyrelsen refererar till bullerberäkningar som visar att högsta beräknade ljudnivån är 34,4 dBA vid Nyborg. Länsstyrelsen begärde, troligen i början av 2013, att egenkontrollprogrammet skulle redovisas, enligt dokument från Nordisk Vindkraft 8 april 2013. Det tycks också komma ett föreläggande 2014 från Länsstyrelsen om kompletterande ljudmätningar, 555-7858-2013. Vi har inte tillgång till det föreläggandet.

### **Kontrollprogram**

Kontrollprogrammet är daterat 2010 innan driftsättning. Bullervillkoret återges.

I kontrollprogrammet står att klagomål ska dokumenteras och bedömas. En dagbok ska föras där bland annat klagomål ska registreras.

Ett egenkontrollprogram och riskbedömning redovisades i april 2013 efter begäran från Länsstyrelsen. Egenkontrollprogrammet gäller för tre parker, bland annat Ytterberg. Egenkontrollprogrammet innehåller bland annat kontrollprogrammet från 2010 i bilaga 1, länkar till analyser gällande påverkan av ljud i bilaga 4. Länkarna fungerar inte i det dokument vi har. Ljudberäkningar före byggnation saknas i vårt material.

### **Ljudemissionsmätningar**

I en kontrollrapport från augusti 2013 redovisas ljudemissionsmätningar för tre verk tillsammans med beräknad ljudnivå vid bostäder. Nordisk Vindkrafts moderbolag RES har genomfört kontrollen.

Valet av vilka tre verk som mätts kommenteras inte. I bullervillkoret står att tre verk ska mätas.

Ljudemissionsmätningarna har skett enligt IEC 61400-11, upplagan från 2003, men har inte redovisats i separata detaljerade rapporter och har inte heller gjorts ackrediterat. Vid mättillfället kom man inte upp i 8 m/s på 10 m höjd. Data från verken loggades samtidigt. Man konstaterar att de garanterade ljudeffektnivåerna inte överskreds. Mätosäkerheten anges, men det framgår inte om alla delar, som anges i standarden, ingår. Foton från de tre mätuppställningarna visas. Separat vindmast tycks inte ha använts. Det skrivs att data har korrelerats med väderdata från två mätmaster. På vilket sätt framgår inte. Inga uppgifter ges om brummanden, toner eller tersbandsnivåer.

### **Ljudimmissionsmätningar**

Inga ljudmätningar enligt Elforsk 98:24 finns redovisade i de dokument vi har tillgängligt. Det har inte heller efterfrågats.

Efter klagomål om brummanden och vibrationer vid en bostad gjorde RES en utredning med dagboksanteckningar från de boende, jämförelse med driftsdata och ljudinspelningar med en ljudinspelare tillhandahållen av RES.



Redovisningen sker i en rapport från 2013. Analysen av dagboksanteckningarna jämfört med driftsdata visade inga direkta samband förutom att majoriteten av klagomålen registrerades vid temperaturer från -6 till +1 grader.

Ljudinspelningarna startades av de boende när de upplevde störning. Två gjordes utomhus och nio inomhus. Den objektiva analysen av inspelningarna i form av spektrogram, dvs tidfrekvensanalyser, finns komplett redovisad. Dessutom gjordes subjektiva bedömningar av analyspersonalen. Med spektrogram kan man se förekomst av amplitudmodulation och toner.

RES menar att det bara är en av inspelningarna som kan relateras till störande ljud från ett vindkraftverk och det är en inspelning där det förekommer tydlig amplitudmodulation på 4 dB från dal till topp och där ljudet kan relateras till att det var is på rotorbladen.

### Ljudimmissionsberäkningar

I kontrollrapporten 2013 från Nordisk Vindkraft redovisas ljudberäkningar med Naturvårdsverkets modell för ljudnivån vid bostäder. Eftersom de uppmätta ljudeffektnivåerna inte kunde mätas vid 8 m/s har man använt de garanterade ljudeffektnivåerna, vilka sägs inte överskridas vid de lägre vindhastigheterna. Det verkar rimligt. Man har inte angivits vilket tersbandspektrum man använt. Det behövs när man räknar med Naturvårdsverkets beräkningsmodell för avstånd över 1000 m mellan verk och bostad. Kanske har man använt de av leverantören uppgivna värdena.

Den högsta beräknade ljudnivån anges ligga 7,9 dB under 40 dBA-gränsen.

I rapporten redovisar man även, som information, ett så kallat "noise footprint" beräknat med metoden i ISO 9613:2. Det är en oktavbandsmetod. Det står att man använt maximal ljudeffektnivå, men i övrigt ges inga indata.

Efter föreläggande från Länsstyrelsen har man redovisat beräkningar av A-vägda och C-vägda ljudnivåer och lågfrekvent ljud i tersband. Beräkningarna har gjorts av ÅF 2014. Martin Almgren, som är medförfattare till denna rapport om ljudkontrollprogram, har varit kvalitetsansvarig på ÅF. Beräkningarna har gjorts med Nord2000. Indata redovisas. För ljudeffektnivån har man använt de av RES uppmätta ljudeffektnivåerna och extrapolerat från en lägre vindhastighet till 8 m/s. För tersbandsspektrum har man använt ackrediterade ljudmättningsrapporter, för motsvarande verk, tillhandahållna av Vestas. Vid beräkningen av lågfrekvent ljud inomhus har man använt schablonvärden för fasaddämpning enligt en dansk forskningsartikel.

ÅFs beräkning visar att man klarar Naturvårdsverkets och Folkhälsomyndighetens riktvärden för lågfrekvent ljud med minst 9 dB marginal.

### Klagomål och yttranden Ytterberg

Vi har 11 mail avseende klagomål 2012 till 2014. Det talas om brummanden och vibrationer och diskussion om vad som krävs för omprövning. "Ljudet är konstant och i grunden ej väderberoende. Däremot förstärker olika väder och aerodynamiska ljud den totala ljudstörningen." De redovisade klagomålen verkar komma från boende vid en bostad.

Baserat på klagomålen gjorde RES en särskild utredning, se ovan under avsnittet om ljudmissionsmätningar.

### **Diskussion Ytterberg**

I ÅFs PM nämns inget om de brummanden och vibrationer som en boende klagat över. Eftersom det fanns klagomål om brummanden, borde uppmätt tersbandspektrum använts i stället för det av verksleverantören deklarerade.

Ljudmissionsmätningarna borde i första hand ha utförts ackrediterat. I andra hand borde ljudmissionsmätningarna redovisats på ett mer fullständigt sätt enligt standarden. Ljudspektrum i form av tersbandsvärden borde ha redovisats och använts i ljudberäkningen. Hur osäkerhetsanalysen är gjord är inte redovisad.

## **4.10 Örbacken**

Detaljgranskningen utförd av Martin Almgren.  
Mjölby kommun.

11 st GE, 2,5 MW (2.75-103 / 2.5-103).

Navhöjd: 100 m.

Rotordianeter: 103 m.

Miljö tillstånd (2010).

Drifttagning: 2012.

VU: Stena Renewable.

Terräng: Skog och kuperad terräng.

Klagomål: Nej.

### **Tillgängliga dokument**

Länsstyrelsens beslut om kontrollprogram med kommunakten som bilaga.

Innehåller dokument om Bolagets kontrollprogram. 2011-06-11

Bolagets kontrollprogram 2014-11-24

Bolagets miljörapport 2013. 2014-04-01

Ljudmissionsmättningsrapport verk 3 2012-07-06

Ljudmissionsmättningsrapport verk 6 2012-07-13

Ljudmissionsmättningsrapport verk 1 2012-08-07

Länsstyrelsens tillståndsbeslut 2010-05-28

Tillståndsbeslut och förelägganden

I tillståndsbeslutet anges att ljudberäkning i beräkningsprogrammet

Windpro finns som underlag.

Det står att bullervillkoret är:

”Den ekvivalenta ljudnivån från den samlade verksamheten ska begränsas så att den inte överstiger 40 dB(A), mätt som frifältsvärde, inte överskrids vid omkringliggande bostäder.” Vidare anges att kontroll ska ske genom immisionsmätningar vid omkringliggande bostäder.

## Kontrollprogram

Kontrollprogrammet förekommer i två utgåvor. Utgåvan från 2011 är skriven innan verken är tagna i drift och utgåvan från 2014 är utgiven efter att verken tagits i drift och att ljudet kontrollerats. Utgåvan från 2011 innehåller en bra beskrivning om vad som ska hända om ljudnivån vid bostäder överskrider 40 dBA. Det avsnittet är borttaget i 2014 års utgåva. Det är rimligt eftersom man visat att 40 dBA inte överskridits.

I miljörapporten 2013 står att rapport som visar att man klarar ljudvillkoret skickats till miljöinspektören i februari 2013. Vi har dock inte tillgång till den. Projektgruppen har heller inte tillgång till ljudberäkningar före byggnation.

## Ljudemissionsmätningar

Parken har 11 verk. Ljudemissionsmätning från tre verk har redovisats. Ljudmätningarna har utförts 2012 av det tyska företaget Windtest Grevenbroich gmbh enligt IEC 61400-11 ed 2.1 2006. Mätföretaget är ackrediterade av det tyska ackrediteringsorganet, men rapporterna är inte försedda med ackrediteringsmärket. Mätningarna är dock fullständigt redovisade enligt standarden, med exempelvis rådata, tersbandsdata och fotografier.

Mikrofonens vindskärm och den ljudhårda plattan visas i figur 2. Plattan ligger på ojämn terräng, vilket gör det svårt att jämna till marken runt plattans kant.

För verk 3 har vindmätningmast använts. I rapportens figur 3 visas fotot på denna. Masten, som är 10 m hög, står nära träd som ser ut att vara högre. Det är tveksamt om vinddata från masten är representativa för den vind som är relevant för rotorn. Navhöjden är 100 m.

Den elektriska effekten mättes samtidigt med ljudet med hjälp av en elektronisk anordning tillhandahållen av tillverkaren av vindkraftverket. Data för effekten sparades på en hårddisk för senare analys. Under mätningen har även varvtal och bladvinkel, liksom vindhastigheten vid navhöjd, registrerats av mätföretaget. Det gör det möjligt, i teorin, att objektivt kontrollera verkets inställning i olika moder. Vid mätning av total ljud och bakgrundsljud var övriga vindkraftverk i drift.

Man har lyckats få med ett bra intervall för de standardiserade vindhastigheterna på 10 m höjd, från 5,5 till 11 m/s på en mättid av 7 timmar under eftermiddagen. Det framgår inte om det är vindhastigheterna mätt med tiometersmasten eller om det är vindhastigheterna beräknade ur den elektriska effekten. Eftersom tiometerssensorn skärmas av träden är det troligt att det är de beräknade vindhastigheterna man avser. Man hörde toner. Ingen direktivitet kunde subjektivt uppfattas.

Bra att rådata t ex i form av momentan ljudnivå och andra mätdata under hela mättiden visas såsom i figur 2 i rapporten.

Vindhastigheten har bestämts ur den elektriska effekten, vilket är den metod standarden anger som den föredragna, när total ljudet ska relateras till vindhastigheten. För bakgrundsljudet har vindhastigheten från tiometersmasten använts. Då har man först bestämt kvoten mellan vindhastigheten

vid navhöjd och vindhastigheten på 10 m. Kvoten kapp blev 4,82. Det är mycket och indikerar att tiometersmastens värden är kraftigt påverkade av den omgivande skogen. Man kan ifrågasätta hur rimligt det är att använda korrigerade data från vindmasten. Å andra sidan är totalljudnivån nästan 10 dB högre än bakgrundsljudnivån. Det innebär att eventuella fel i vindhastigheten vid bakgrundsljudmätningen blir av mindre betydelse.

En avvikelse från standarden anges när man använt ett tredje gradens polynom istället för ett fjärde gradens polynom vid anpassning av en kurva för bakgrundsljudet som funktion av vindhastighet i enminutsintervall. En rimlig förklaring anges.

Ljudeffektnivån i olika vindbin 6 till 10 m/s uppvisar ett normalt uppträdande, dvs ljudeffekten stiger upp till ca 7 m/s och konstant däröver. I rapporten förklaras också varför det är sannolikt att ljudeffekten inte ökar vid vindhastigheten över 10 m/s.

Tonanalys är genomförd och redovisad. Enligt standard ska toner över viss hörbarhet redovisas och det har skett. Man anger att tonernas hörbarhetsvärden är så stora bara i verkets närhet och inte på flera hundra meter.

Turbulensintensiteten har bestämts med hjälp av data från anemometern vid navet eftersom tiometerssensorn påverkas av skogen.

För att identifiera att vindkraftverket gått i den normala driftsmoden redovisas varvtal och bladvinkel som enminutsmedelvärden som funktion av vindhastighet. Det anges dock inte på vilket sätt man ser att det är den normala driftsmoden. Det är inte alla turbintillverkare som tillåter att man visar varvtal och bladvinkel som funktion av vindhastighet. Det anses i sådana fall vara en företagshemlighet och konkurrensfördel.

Osäkerhetsanalysen redovisas detaljerat, även för tonaliteten och tersbandsnivåerna.

Oktavbandsnivåer redovisas upp till 8000 Hz och tersbandsnivåer upp till 10000 Hz i tabeller i bilaga.

Ljudemissionsmätningar redovisas för verk 6 och verk 1 förutom för verk 3. Verk 6 går i ljudreducerad mod NRO 103 och verk 1 i mod NRO 104. För verk 3 i normaldrift blev ljudeffektnivån 105,1 dBA vid 8 m/s, för verk 1 i mod NRO 104 blev den 104,6 och för verk 6 i mod NRO 103 blev den 102,7 dBA.

Villkoret ska kontrolleras med ljudimmissionsmätningar. Vi har inte tillgång till några sådana ljudmätningar, ej heller till ljudimmissionsberäkningar.

## **Diskussion**

Kontrollen finns inte fullständigt redovisad. Enligt tillståndet ska kontroll ske med ljudimmissionsmätning vid bostäder, men någon sådan kontrollrapport hittas inte.

I tillståndet står inte hur ofta kontroll ska ske. Då gäller förmodligen vad som skrivits i den godkända kontrollplanen, dvs om förändringar sker som väntas öka ljudet eller om tillsynsmyndigheten bedömer att kontroll ska göras.

Kontrollprogrammet från 2011 för Örbacken är föredömligt utformat i vissa avseenden. Där beskrivs till exempel vad som ska hända vid ett överskridande. Efter den första kontrollen gjordes 2014 ett nytt mindre omfattande kontrollprogram.

## 4.11 Östra Herrestad

Detaljgranskning utförd av Karl Bolin.  
Simrishamns kommun.

9 st Vestas V90 1.8 MW, märkeffekt 1800 kW.

Rotordiameter 90 m.

Totalhöjd: 125 m.

VU: Vattenfall.

Miljö tillstånd (MÖD 20080729).

Drifttaget: 2010.

Tillsynsmyndighet: Länsstyrelsen Skåne.

Terräng: Jordbrukslandskap.

Klagomål: Enstaka, vid ett fåtal tillfällen. Det senaste 2013.

### Tillgängliga dokument

- Kontrollprogram , 2 st för Byggnation respektive Drift, 2010
- Emissionsrapport, 2011
- Immissionsrapport, 2011
- Emissions- och Immissionsrapport 2011
- Domar, MMD och MÖD

### Kontrollprogram

Byggnation: Programmet är skrivet av Vattenfall 2010-03-30 och innefattar 9 st 2 MW verk. I rapporten nämns inte buller, dock saknar projektgruppen tillgång till de tre vidtalade bilagorna.

Drift: Av Vattenfall, daterad 2010-06-01. I kapitel 2 redovisas Vattenfall Vindkraft ABs organisation och planering för dotterbolagens verksamhet i samband med byggnationen. Kapitel 3 redovisar hur tillståndets villkor ska uppfyllas och ljud specificeras i villkor 3.4 enligt:

”Ljud från verksamheten skall begränsas så att det som riktvärde inte ger upphov till högre ekvivalent ljudnivå utomhus vid bostäder än 40 dB(A). Om ljudet innehåller ofta återkommande impulsljud eller hörbara tonkomponenter eller bådadera skall för den ekvivalenta ljudnivån gälla riktvärdet 35 dB(A). Momentana ljud får som riktvärde nattetid, klockan 22–07, inte överstiga 55 dB(A).”

Beräkningar av ÅF-Ingemansson ligger till grund för immissionsberäkningar och emissionsmätningar planeras enligt IEC 61400-11 standarden och immissionsmätningar ska också utföras. Kontroll av toner ska genomföras. Riktvärden för byggbuller ska uppfyllas, se Bilaga A sid 8.

Bilaga 4 anger tillståndet beviljat av Simrishamns kommun, 2007-11-01 via MD, Växjö tingsrätt, ljudvillkoret (villkor nr 4) är ordagrant det som redovisas ovan. Domen medger att effekten ökas till 2,5 MW per verk.

### **Emissionsrapport**

Utförd av ÅF, Mätningen är utförd enligt IEC61400-11 standard på ett verk och mätosäkerheten rapporteras. Mätningarna utfördes vid två tillfällen, 2010-03-22 kl 10:30–24:00 och 2010-10-23 mellan 00:00–02:30 samt 12:30–14:00, mätningar är alltså utförda nattetid och vid vår/vårvintern (Simrishamn) och på hösten. Vindkraftverket är av fabrikat Vestas V90 med märkeseffekt 1,8 MW. Korrelationskoefficienten mellan vindhastigheten och LAeq,1min är lägre än tillåtet och BIN-analys har utförts för 6, 7, 8, 9 och 10 m/s. Högsta ljudnivå noteras vid 7 m/s vilket är samma vindhastighet som max LA i Oxhult-Kåphult (samma turbintyp) värdet för 7 m/s har senare använts i Nord2000 för immissionsberäkning. Toner uppfattades vid mätningen på verken. Analys av tonala komponenter i ljudet är genomförd för vindhastigheten 7 m/s och resultatet visar att det tonala innehållet överstiger gränsvärdet vilket rapporteras.

### **Immissionsrapport**

Immissionsmätningar i tre punkter har genomförts på 200–380 m avstånd från närmaste verk. Rapporten redovisar parametrar för ytråhet m.fl. till Nord2000 resultaten. Mätpunkterna är valda långt från bebyggelse. Emissionen för samtliga verk är uppmätt med förenklad metod (100,8–102,4 dBA), alla verk gick i mode 0, den högsta källstyrkan används vid immissionsberäkning. Bullerkarta samt tabell för närliggande bostäder redovisas.

### **Emissions och Immissionsrapport**

Bullerskyddsåtgärder för att minska den tonala komponenten är genomförda av Vestas vilket uppges ha gett avsedd verkan vid två immissionsmätningar men vid emissionsmätning rapporteras fortsatt tonala komponenter. Spektrum före och efter bullerskydd redovisas, från att ha påvisat ett flertal övertoner kvarstår en ton efter åtgärderna.

### **Dom MD och MÖD**

Bilaga 4 anger tillståndet beviljat av Simrishamns kommun, 2007-11-01 via MD, Växjö tingsrätt, ljudvillkoret (villkor nr 4) är ordagrant det som redovisas ovan. Domen medger att effekten ökas till 2,5 MW per verk., Miljööverdomstolen fastslår domen.

## 5. Ljudkontroll i Danmark

Vindmøllebekendtgørelse trådte i kraft den 1 januari 2012. Buller från vindkraftverk som anmäls före det datumet regleras enligt tidigare bestämmelser. Information finns på <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=139658#Kap2>

### Bullergränser i Danmark

- För bostadsområden, sommarstugeområden: 39 dB (vid 8m/s) och 37 dB (vid 6 m/s).
- För spridd bebyggelse i öppet landskap: 44 dB (vid 8 m/s) och 42 dB (vid 6 m/s).

Bullergränsen räknas högst 15 meter från bostad. Gränsen för lågfrekvent ljud är 20 dBALF vid såväl 6 som 8 m/s. Denna gräns gäller för beräknat ljud inomhus. I Danmark har man ett speciellt lågfrekvensmått. Till skillnad från Sverige har Danmark också en avståndsregel mellan vindkraftverk och bebyggelse, 4 gånger vindkraftverkets höjd.

### Tillsyn

Sedan 2007 är kommunen tillsynsmyndighet, och klagoinstansen är Natur- och miljöklagevernet. Anmälan om etablering eller ändring av vindkraftverkes in till kommunen, och ska omfatta dokumentation av bullerförhållanden samt placering av verken.

I Danmark finns inget krav på kontroll av buller med särskilda tidsintervall. Däremot ska anmälan om ändring göras till kommunen om det skett förändringar som innebär ökat buller, exempelvis om vindkraftverket kan köras i olika moder och modkörningen ändras så att mer buller genereras.

### Anmälan

En anmälan ska innehålla typcertifikat av vindkraftverk samt koordinater. I dokumentationen ska finnas en redogörelse över mätning av källjudet, enligt standard IEC 61400-11, av ett eller flera av vindkraftverken i anmälan. Mätningarna ska vara giltiga för ett vindkraftverk av samma höjd som det anmälda. Om höjden på det anmälda verket är högre än det som mätningarna gäller, ska bullerutbredningen innehålla en säkerhetsmarginal. Ska vindkraftverken köras i ljudreducerad drift ska mätningar av källstyrkan omfatta dessa driftsituationer.

### **Beräkningar av buller**

Beräkningarna behöver, till skillnad från mätning av källjud, inte utföras av ackrediterade/certifierade ljudlaboratorier. Det som ingår i beräkningen är:

- Källstyrka.
- Avstånd mellan vindkraftverk och bullerkänsliga punkter, bostäder.

Av beräkningen ska framgå varifrån dokumentationen av källstyrka härrör. Lågfrekvent ljud beräknas enligt Nord 2000.

### **Kumulativa effekter**

Det ackumulerade bullret från anmälda (kommande) och befintliga vindkraftverk i området ska beräknas. I beräkningen ingår källstyrka från de ansökta verken samt källstyrka från befintliga verk. I vindparker med flera typer av turbiner mäts källstyrkan av minst tre utvalda turbiner av varje typ.

Kommunen kan fastslå en lägre ljudnivå för den första etableringen i ett område, för att säkra att det senare kan uppföras fler vindkraft i området utan att den samlade ljudnivån överskrids. Kommunen kan beräkna den samlade, förväntade ljudnivån i ett område för att värdera vilka krav som ska ställas på en enskild etablering och i planen tydliggöra den bullerbelastade ytan runt en fullt utbyggd vindkraftpark. I Danmark finns undantag för bullergränser vid vindkraftägarens/ägarnas egen bostad.



## 6. Diskussion

Begreppet riktvärde var mycket vanligt fram till för några år sedan. I de praxisändrande domarna MÖD 2009:2 och MÖD 2009:9 bestämde Miljööverdomstolen att lämna begreppet riktvärde, som ansågs vara för luddigt och inte bindande. Riktvärdesliknande villkor har underkänts i MÖD. I stället vill man ha värden som anger faktiska begränsningar – begränsningsvärde. Det anger vad som ska gälla samt hur detta ska kontrolleras. Om ett riktvärde överskrids, är verksamhetsutövare skyldig att vidta åtgärder som gör att värdet hålls. Ett gränsvärde (som kan vara ett begränsningsvärde) får inte överskridas. Författarna till föreliggande rapport har åsikten att de begränsningar för buller oavsett källa som samhället ska sätta upp ska skydda mot alltför omfattande störningar och eventuella medicinska konsekvenser bullret kan medföra. Vidare kan det förvisso bli svårt att alltid hålla sig under en viss ljudnivå om det är vad MÖD menar med begränsningsvärde, en sådan tolkning blir tekniskt och naturvetenskapligt svår att innehålla eftersom en "worst case" över verkens hela livslängd blir dimensionerande vid ett begränsningsvärde. Hur detta i praktiken ska gå till, genom omfattande och kontinuerliga ljudmätningar vid varje närboende fasad under ca 20 års tid eller genom ljudberäkningar beaktande exceptionella väderförhållanden är, enligt författarna, svårt att bedöma och vidare anses det ej validerat om dessa tillfällen är de när ljudstörning från vindkraftverk uppstår.

Ett flertal vindkraftsetableringar har redovisats i texterna ovan och kontrollprogrammen samt dokumentation kring ljud har granskats. Projektgruppen rekommenderar å det starkaste att vid ljudkontroll med ljudeffektbestämning för vindkraftverk kombinerat med ljudutbredningsberäkning ska ljudeffektbestämningen göras enligt IEC 61400-11 och vara rapporterad enligt standard. Vidare rekommenderar vi att vid immissionsmätningar använda metoder beskrivna i Elforsk 98:24. Det anses vidare fördelaktigt att företaget som gör ljudmätningarna bör vara ackrediterat av Swedac eller motsvarande internationella ackrediteringsinstitut.

### 6.1 Kontroll av verkets reglerinställning

Om det visar sig vid en kontroll att vindkraftsverkens ljudeffektnivå är högre än vid den ljudberäkning som ligger till grund för tillståndsbeslutet, måste verken ljudregleras till en lägre ljudeffektnivå, men bara om ljudnivån vid bostad överstiger 40 dBA. Om det, å andra sidan, visar sig vid en kontroll att vindkraftsverkens ljudeffektnivå är lägre än vid den ljudberäkning som ligger till grund för tillståndsbeslutet, kan verken ljudregleras till en högre ljudeffektnivå, men bara om ljudnivån vid bostad inte överstiger 40 dBA.

Ibland dyker det upp en misstanke att verksamhetsutövaren manipulerar verkets reglering i samband med ljudmätning. För att försäkra sig om att

detta inte sker rekommenderar vi med detta projekt att den elektriska effekten dokumenteras, t ex genom varvtal och bladvinkel under hela mätningen. Ljudreducerande reglering innebär att man förändrar varvtal och bladvinkel, vilket i sin tur påverkar den utvunna elektriska effekten. Alla verkstillverkare vill inte avslöja hur de reglerar verken, men den som genomför mätningen kan göra en egen analys. Vid en ljudmätning ÅF gjorde på två verk, där det ena skulle vara nedreglerat, visade det sig att de som ansvarade för driften hade blandat ihop numreringen av verken. Verket som skulle gå i normaldrift var nedreglerat och verket som skulle vara nedreglerat gick i normaldrift, trots det uppfylldes ljudvillkoret.

I förslaget till kontrollprogram för Örbacken, utgåvan från 2010, reviderad 2011, står följande:

”De av Bolaget valda vindkraftverken har sju olika ”växlar”. Varje gång parametern ändras sparas det i styrsystemets parameterlogg. Parameterloggfilen sparas automatiskt i styrsystemets minne och uppdateras kontinuerligt under hela vindkraftverkets livslängd. Data kan när som helst laddas ur styrsystemet. På detta sätt kan vindkraftsverkets historik, inklusive vilken mode vindkraftverket körts ifrån dag ett till valt datum tas fram. Bolaget föreslår att man i samband med miljörapporteringen redovisar utdrag för de vindkraftverk som enligt den slutliga ljudberäkningen ska göras med Noise Reduced Operation Mode.”

## 6.2 Antal verk att mäta

Det finns en tumregel troligen härrörande från Vestas att 5 % av verken, dock högst 5 stycken, ska kontrolleras. ÅF har tidigare dessutom tillämpat metoden att mäta på minst ett verk av olika slag eller ljudregleringsinställning. I tabellen nedan visas antal verk i de parker vi detaljgranskat och antal verk som mätts samt beräknade spridningsmått.

Författarna föreslår följande rutin för val av verk att kontrollera ljudemissionen:

- Om det är verk som är av samma fabrikat, samma tillverkningsserie (”batch”), har samma programvara för styrning och samma reglerinställning, mät då på 5 % av verken och minst 1 stycken om det är två verk eller fler. Notera att vi kopplar val av ljudeffektnivå till mätresultatet och spridningen. Genom att kontrollera fler verk kan verksamhetsutövaren i de flesta fall reducera spridningen
- Om verken i en park skiljer sig åt, tillämpa då regeln om minst 1 verk och 5 % på varje typ
- Välj de verk som påverkar ljudnivån vid bostäder mest.
- Vid misstanke om att något verk låter mer än andra, kontrollera även det verket.

**Tabell 8.1: Antal verk att mäta samt beräknade spridningsmått**

Park	Antal verk i parken	5% eller minst 1	Antal kontrollerade verk	Övrigt	Medel	Standardavvikelse	Max-min
Östra Herrestad	9	1	9	Detaljerad mätning vid ett verk och förenklad mätning vid 8 verk	101,7	0,5	1,6
Brahehus	9	1	2	Verken var olika. Det ena var försett med ljuddämpningsanordningar "KIT1" och det andra var i normalutförande. Varje verk mättes i tre reglermoder, Normal 0 dB, Mode -4 dB och Mode -5 dB.			
Ingelstråde	3	1	1	Statistik omöjligt			
Karsholm	5	1	2		104,2	0,3	0,6
Björkhöjden				Endast mätning under byggtiden.			
Örbacken	11	1	3				
Lejdebergen	2	1		Saknas tillgång till ljudemissionsmätningarna i vår databas.			
Oxhult	12	1	2		103,0	0,1	0,2
Kåphult				Saknas tillgång till i ljudemissionsmätningarna i vår databas.			
Jädraås	66	3	3		105,4	0,1	0,3
Ytterberg	22	1	3	Mätning vid 6 m/s	100,5	0,3	0,8
Fredriksdal	10+5+3+1	1 av 5					

Tabellen visar att i de fall mätning skett på flera verk, är spridningen är liten.

### 6.3 Val av ljudeffektnivå vid ljudberäkningen

Vid ljudberäkning innan verken är byggda väljs av leverantören deklarerad eller garanterad ljudeffektnivå. När parken är byggd och ljudemissionsmätning har gjorts, görs ljudberäkningen med uppmätt ljudeffektnivå för de verk som kontrollmätts. För övriga verk väljs ljudeffektnivå såsom medelvärdet plus spridningsmått enligt IEC TS 61400-14, vilket också rekommenderas av Naturvårdsverket i vägledningsrapporten "Mätning och beräkning av ljud från vindkraft", 2013-06-10, se <http://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/buller/buller-vindkraft/matning-berakning-vindkraftljud-20130610.pdf>

### 6.4 Noggrannhet vid kontrollmätning av ljud

Vid ljudemissionsmätning vid bostad har det visat sig att bakgrundsljudet ofta dominerar totaljudnivån. Då kan man bara ange en övre gräns för vindkraftsljudets bidrag till ljudnivån vid bostaden. Om denna övre gräns är högst

40 dBA har man visat att ljudvillkoret 40 dBA innehålls. Osäkerheten i den övre gränsen blir då beroende av bakgrundsljudnivåns spridning, vilken kan vara betydande.

Ett förslag är att spridningen i form av standardavvikelsen bör vara högst 4 dB vid ljudmissionsmätning för att mätningen ska ha ett värde vid bedömning av ljudnivån. Det hindrar inte att man redovisar resultatet.

En ljudmissionsmätning är oftast mindre påverkad av bakgrundsljud och spridning brukar vara mindre än vid en ljudmissionsmätning. Ett förslag är att spridningen i form av standardavvikelsen bör vara högst 2 dB vid ljudmissionsmätning för att mätningen ska ha ett värde vid bedömning av ljudnivån.

Beräkningen av ljudnivå vid bostad utgående från verkens ljudeffektnivå bör ha en noggrannhet i form av standardavvikelse som inte överstiger 4 dB. För beräkning med Nord2000 finns möjlighet att uppskatta noggrannheten eftersom validerande ljudmätningar gjorts i olika typer av terräng. För Naturvårdsverkets beräkningsmodell har Uppsala universitet på senare tid gjort jämförelser mellan beräknad och uppmätt ljudnivå, något som skulle kunna utnyttjas för uppskattning av osäkerhet.

## 6.5 Kontroll av ljud från vindriktningsoptimerade parker

I en vindriktningsoptimerad park har man varierad ljudregleringsinställning beroende på vindriktning. Om det mest exponerade huset ligger öster om en park kan det vara så att man får ställa ner de närmsta verken vid västlig vind och man kan ställa upp dem vid östlig vind. Det beror på att ljudutbredningsdämpningen är störst då ljudet går mot vindriktningen och minst då ljudet utbreder sig i vindriktningen, effekten accentueras med avståndet och minskar ju högre verket är.

Det finns ett flertal möjligheter för att anpassa verken till olika vindriktningar som redovisas nedan.

- Indelningen av vindriktningen i sektorer, t ex var trettionde grad eller var femtonde grad, och välja inställningar på alla verk, så att man hamnar på högst 40 dBA vid alla bostäder för alla vindriktningar.
- Ett vindkraftverks ljudutstrålning har direktivitet. Normalt skickas mest ljud ut nedströms och uppströms rotorn och minst i rotorplanet. För ytterligare information om direktivitet hänvisar författarna till referens [6]. Om direktiviteten finns uppmätt, kan man utnyttja det också i en vindriktningsoptimering. I ljudmissionsmätningens standarden IEC 61400-11 ingår en beskrivning av bestämning av direktivitet.
- I något fall har man även prövat att ha olika ljudregleringsinställning vid olika vindhastighet.

Om det är möjligt att göra en ljudmissionsmätning, dvs om bakgrundsljudnivån inte är för hög, skulle en sådan kontroll behöva att alla vindriktningar täcks in. Ofta används mellan 12 och 24 vindsektorer och det blir därmed troligen tidskrävande att mäta ljudmissionen för en dylik konfiguration. Notera att man även vid en långtidsmätning behöver stänga av verken under någon till några timmar, beroende på hur vindhastigheten varierar, för att bestämma bakgrundsnivån. Genom att göra ljudmissionsmätningar i den byggda parken för alla de ljudregleringsinställningar som är aktuella, kan ljudberäkningsmetoder beräkna ljudnivån för specifika vindriktningar. Om även vindkraftverkens direktivitet ska utnyttjas måste mätning av direktivitet i ljudmissionen också utföras. Det anses därför av författarna att immissionsmätningar kan bli både svåra att genomföra och tidskrävande vid vindriktningsoptimerade parker och att emissionsmätningar med beräkningar är ett mer tillgängligt alternativ för att analysera ljudnivåer hos närboende. En tillförlitlig och reproducerbar dokumentation av vindriktningsoptimeringen, dvs använda källstyrkor i olika moder och när dessa planeras att användas rekommenderas starkt av projektgruppen i fall vindriktningsoptimering används i parker.

## 6.6 Tidpunkter för emissionsmätningar och immissionsmätningar

Ljud från vindkraftverk har tidsvariationer, både i kort tid såsom svischande ljud i bladpassagefrekvensen men även längre variationer orsakade av varierande väder och markförhållanden. En relevant frågeställning som därmed uppkommer är vilka tider som mätningar kan rekommenderas.

Emissionsmätningar ska enligt standarden IEC 61400-11 utföras i medvindsförhållanden ( $\pm 45^\circ$  nedströms ett verk). Emissionsmätningar utförs på nära håll, på avståndet  $1\frac{1}{2}$  navhöjden, vilket medför att meteorologisk påverkan på ljudspridningen kan anses försumbar. En hård platta under mikrofonen minimerar påverkan av lokal markimpedans. Mätmetoden anses därmed väl lämpad för att uppskatta ljudeffekten från vindkraftverk.

Mätstandarden för immissionsmätning Elforsk 98:24 är daterad från innan millennieskiftet och tar inte höjd för att dagens turbiner har sammanlagd höjd ibland upp till ca 200 m vilket innebär att det atmosfäriska ytlagret numer överskrids och luftlager med mer kontinuerliga vindar kan uppnås. Från energisynpunkt är det fördelaktigt eftersom el produceras större delar av tiden men ur ett bullerperspektiv är detta negativt eftersom ljud alstras under tidpunkter som kvällar och nätter när de mindre verken stod stilla. Författarna anser det därmed befogat att vidare arbete med att undersöka om kvälls-, natt- och morgonmätningar bör komplettera mätmetodiken i Elforsk 98:24. Detta är även föranlett av de många besvärssrapporter och klagomål som lästs under detta projekts gång där en tydlig trend (dock ej kvantifierad) av besvär under dessa tidpunkter redovisas från närboende.

## 6.7 Onormal amplitudmodulation

Amplitudmodulation av ljudet förekommer för alla vindkraftverk med blad-försedda rotorerna. Riktvärdet, och ljudvillkoret enligt rättspraxis, 40 dBA ekvivalent ljudnivå vid vindhastigheten 8 m/s på 10 m höjd tar hänsyn till den svischande karaktären hos vindkraftsljud. Miljömedicinska studier, huvudsakligen utförda av Eja Pedersen, har bekräftat att riktvärdet ger liknande proportioner störda som riktvärden från andra bullerkällor.

Onormal amplitudmodulation, OAM, visas i en artikel av Cand & Bullmore [7], bero på stallning, dvs när bladets attackvinkel blir för stor mot luftströmmen vilket orsakar stark nedströms turbulens och lyftkraften på bladet sjunker drastiskt. Strömningen överstegras normalt när rotorbladet är i sitt högsta läge under ett rotorvarv. Det uppstår vanligtvis inte, men kan förekomma framförallt vid stabila atmosfäriska gränsskikt. En ökad navhöjd kommer sannolikt att minska risken för OAM, eftersom skillnaden i vindhastighet mellan de nedersta och det översta läget för bladspetsarna minskar.

För att minska risken för störning av onormal amplitudmodulation rekommenderar författarna de metoder som redovisas av Cand & Bullmore [7] samt Cassidy & Bass [8]. Där föreslås att en dialog mellan verksamhetsutövaren och kringboende initieras för att ta reda på förekomsten av OAM. Om sådan påvisas utförs ljudmätningar och analys före och efter åtgärd enligt de redovisade metoderna. Möjliga åtgärder är antingen modifiering av bladens bakkanter eller ändring av regleringen av bladvinkeln. Den sistnämnda ändringen kan göras vid de tillfällen då man funnit att OAM riskerar uppstå. Man riskerar att få försämrade energiutvinning vid bladvinkeländring. Vid upphandling kan också krävas att leverantören redovisar åtgärder för att observera OAM och hur de utformar sina verk för att minska risken för OAM. Vid upphandling av vindkraftverk anses det därmed viktigt att säkerställa i avtalet att möjligheten att modifiera bladbakkanterna och att reglera bladvinkeln finns.

## 6.8 Kontroll av ljud från flera närliggande parker

En dom från MÖD 20160302 behandlar 16 respektive 11 verk som delvis påverkade samma område (.M 1064-15)

Om flera vindkraftsparker påverkar samma område måste villkorsregleringen säkerställa att boende inte riskerar att utsättas för högre bullernivåer än vad som kan godtas från hälso- och miljösynpunkt. Vid samtidig prövning av två parker räknas båda med redan lagakraftvunna tillstånd som påverkar samma område. Tillståndshavaren ska ha egna begränsningsvärden att förhålla sig till. I nu aktuella fall fick respektive verksamhetsutövare angivna nivåer (36,37,38,39 dBA) i angivna punkter (kartbilaga). Detta syftade till

att ingen bostad sen skulle få över 40 dBA vilket vid bostäder i praxis har bedömts godtagbart för att förhindra olägenheter för människors hälsa och miljön. (källa: Vindlov.se)

Redan i tillståndsprocessen måste man ta hänsyn till ljud från närliggande vindkraftsparker. Det kan vara redan byggda parker eller parker som fått tillstånd, men inte byggts ännu. Riktvärdet för ljud från vindkraft avser ljud från all vindkraft, oavsett verksamhetsutövare, som bidrar till ljudexponering upp mot 40 dBA vid bostäder.

Det bästa är om verksamhetsutövarna kan samverka och presentera en ljudberäkning som visar att det är troligt att man klarar 40 dBA vid bostäder. Det skulle kunna innebära att den som fick tillstånd först, eller redan driver en park med 40 dBA som villkor, sänker sitt ljudbidrag genom nedreglering eller borttagande av verk, mot ekonomisk kompensation från de andra tillkommande verksamhetsutövarna. Det noteras av författarna att det ursprungliga miljötillståndet sannolikt behöver ändras i dessa fall.

Om den som redan har 40 dBA som villkor inte accepterar att begränsa sin verksamhet, kan det bli svårt för nya sökande att visa att de kan klara 40 dBA tillsammans med de befintliga verken, men det finns flera fall där man lyckats. I många fall har olika verksamhetsutövare samarbetat och gjort en gemensam ljudberäkning och fördelat ljudutrymmet, ibland kallad SLS, Sound Level Sharing. Det går till så att var och en av verksamhetsutövarna dimensionerar sin park som om de vore ensamma om att behöva klara 40 dBA. Det bygger på att de litar på varandra och använder sina normala metoder för att skapa en utformning av parken som ger kostnadseffektiv elproduktion. Därefter görs en gemensam beräkning med alla samverkande parker.

En kommun som har en vindbruksplan där man pekar ut områden lämpliga för vindkraft, skulle kunna kräva i tillståndsprocessen, eller med föreläggande om försiktighetsåtgärder, att en sökande måste anpassa sig till kommande ansökningar som kommunen vill, eller hoppas, få in. Det skulle kunna leda till att den första verksamhetsutövaren får ett villkor som är lägre än 40 dBA vid bostad, säg 39 eller 37 dBA. Genom en relativt enkel beräkning med Naturvårdsverkets ljudberäkningsmodell och en uppskattning av hur många verk man skulle kunna placera in på närliggande fastigheter inom utpekade vindbruksområde, skulle man kunna ange ett sådant begränsningsvärde. Om den sökande vill bekosta en beräkning med en mer detaljerad och validerad beräkningsmodell, såsom Nord2000, kan ett mer underbyggt begränsningsvärde tas fram.

Om man ska kontrollera en vindkraftspark intill en eller flera andra parker som fått miljötillstånd om 40 dBA vardera, då har tillståndsmyndigheten förmodligen "gjort bort sig" och det blir svårt att hävda att verksamhetsutövarna ska begränsa sig till under 40 dBA. Om någon av parkerna är anmälningspliktig, och anmälan om bygglov gjorts, finns det förmodligen större möjligheter för tillsynsmyndigheten att kräva att denna park måste begränsa sig till under 40 dBA.

En del kommuner tillämpar principen att ställa krav på vilken ljudeffektnivå som ska tillåtas för planerade verk. Det är dock bättre att ställa krav på ekvivalent ljudnivå vid bostad, eftersom även verkets frekvensspektrum inverkar på A-vägda ljudnivån. När man sätter fransar (serrations, hajfenor, etc) på bladens bakkant, kan det hända att ljudet förskjuts från lägre frekvenser mot högre och den A-vägda ljudeffektnivån liksom den A-vägda ekvivalenta ljudnivån intill verket ökar, men ljudnivån på någon kilometers håll minskar.

Om kontroll av ljudet från en vindkraftpark, säg park 3, ska ske där ljudvillkoret är formulerat som att den ekvivalenta ljudnivån inte får överstiga 40 dBA inklusive ljudbidrag från närliggande befintliga vindkraftparker, säg park 1 och park 2, måste ljudemissionsmätning, dvs bestämning av ljudeffektnivån, för verken i park 3 göras och därefter en ljudberäkning inklusive ljudeffektnivån från verken i park 1 och park 2. Park 1 och park 2 bör redan vara kontrollerade med avseende på ljud. Hamnar man på högst 40 dBA kan man vara nöjd. Hamnar man över 40, och park 1 och park 2 redan uppfyllt sina villkor, måste park 3 dra ner på sitt ljud.

Vilket avstånd gäller för inverkan på ljudnivån från flera verk? Ystad-Österlenregionens Miljöförbund tillämpar principen att alla verk inom 2 km radie från en bostad ska räknas med. Om det är stora parker kan avståndet behöva vara större. Då kan det också bli nödvändigt att ta hänsyn till vindriktning för att inte ställa onödigt hårda krav.

## 6.9 Byggtid

Under byggtiden är det viktigt att se till att Naturvårdsverkets riktvärden för buller från byggplatser, se NFS 2004:15, uppfylls. Det innefattar buller från vägbyggen, stenkrossning, skogsavverkning, provdrift av verken under byggtiden. Det ska ingå i kontrollprogrammet. En ljudberäkning av byggbullret bör göras om det inte är uppenbart att ljudet vid bostäder blir försumbart.

## 6.10 Rekommendation om beräkningsmetod för utbredning av ljud

De etableringar som granskats i projektet har använt sig av antingen Naturvårdsverkets modeller eller Nord2000 för att uppskatta ljudutbredningen. De akustikbolag som granskats har delade åsikter om vilken metod som är att föredra, ÅF har använt sig av Nord2000 motiverat av att den har verifierats mot mätningar och har god noggrannhet i komplex terräng medan Gunnar Lundmark och Bertil Persson (den sistnämnda saknar examen inom akustik) menar att Naturvårdsverkets modeller är att föredra eftersom transparensen ökar samt att Eja Pedersens dos-responskurvor bygger på dessa modeller.



Båda argumenten har sina uppenbara fördelar. En mer noggrann utbredningsalgoritm t ex Nord2000 kan i en komplex miljö fånga upp lokala koncentrationsområden och skuggzoner vilket inte är fallet med Naturvårdsverkets modell. Det kan därför rekommenderas att i föreliggande fall lita mer på resultat från mer avancerade algoritmer. Argumentet att Naturvårdsverkets metod är att föredra finns också eftersom annars jämförs pären med äpplen, dvs dos-responskurvan bygger på denna typ av utbredningsmodell och därmed bör dosen dvs ljudnivån beräknas på samma sätt som i studierna. Eja Pedersen har publicerat resultat om dos-responskurvor från 662 enkätsvar i komplex terräng, se ref [9] baserat på Naturvårdsverkets modeller.

Projektgruppen rekommenderar att Naturvårdsverkets ljudutbredningsmodeller bör redovisas i kontrollprogram och i de fall, t ex med omringande verk när medvind från alla håll är uppenbart orealistiskt, i komplex terräng och längre utbredningsavstånd, där en minskad tillförlitlighet kan misstänkas förekomma bör Naturvårdsverkets modell kompletteras med mer noggranna modeller av ljudutbredning, t ex Nord2000, och val av resultat motiveras utifrån aktuellt fall.

## 7. Checklistor för kontroll av ljud från vindkraftverk

### Verksamhetsutövarens checklista

1. Planera i god tid. Genom att göra egenkontrollprogrammet i ett tidigt skede är man beredd på diskussioner om bullervillkoret och har en chans att påverka det så att det blir rimligt.
2. Redovisa ljudvillkoret. Om miljötillståndet ännu inte är klart, redovisa vilket ljudvillkor ni yrkar på. Ljudvillkor kan avse A-vägd ekvivalent ljudnivå vid bostad, skärpt villkor vid hörbara toner i ljudet vid bostad, lågfrekvent ljud inomhus vid bostad och impulsljud vid bostad. En del vill begränsa kravet till ett emissionskrav, t ex på A-vägd ekvivalent ljudeffektnivå, så kallat källjud. Det rekommenderas inte.
3. Ange vilken metod för kontroll som ska användas, ljudimmissionsmätning eller ljudemissionsmätning kombinerat med ljudutbredningsberäkning.
4. Bestäm vid hur många och vid vilka verk kontroll ska ske.
5. Ange vilken metod för ljudberäkning som kommer att användas.
6. Ange val av mät företag eller hur mät företaget ska utses. Ange om ett ackrediterat mät företag ska användas.
7. Ange vad som kommer att ske om ljudvillkor inte uppfylls vid ljudkontroll.
8. Ange i egenkontrollprogrammet hur buller vid byggplatsen ska begränsas.
9. Vid upphandling av verk, se till att få både A-vägd ljudeffektnivå och tersbandspektrum, garanterat. Det är viktigt för att kunna göra en detaljerad ljudberäkning och att beräkna lågfrekvent ljud.
10. Vid upphandling, se till att det finns flera ljudregleringsmoder, så att ljudnivån kan regleras ner, eller upp, i efterhand om det blir nödvändigt eller möjligt, efter ljudkontrollen.
11. När verk valts, gör en kompletterande ljudberäkning som visar att ljudvillkoret kommer att klaras.
12. Innan byggnationen påbörjas, gör en ljudberäkning för att undersöka om byggbuller kommer att bli ett problem som ska begränsas eller inte.
13. Ange när ljudkontrollen ska göras efter byggnation, provdrift och övertagande.
14. Genomför ljudkontrollen första gången.
15. Redovisa ljudkontrollen snarast och få ett beslut om godkännande från tillsynsmyndigheten.
16. Revidera kontrollprogrammet efter genomförd förstagångskontroll. Hänvisa till kontrollrapporten och tillsynsmyndighetens beslut. Kontrollprogrammet kan göras enklare för påföljande kontroller.

### Tillsynsmyndighetens checklista

1. Sammanställ dokument för kontroll
  - Lagakraftvunnet miljötillstånd eller bygglovsanmälan med kommunalt föreläggande om försiktighetsåtgärder
  - Kontrollprogrammet
  - Eventuella klagomål och bemötanden
  - Håll dokumenten lätt åtkomliga på server
2. När ska kontrollen göras? Ska den upprepas?
3. Hur ska kontrollen göras? Vilka ljudexponeringsmått ska mätas? A-vägd ekvivalent ljudnivå mätt enligt viss standard, lågfrekvent ljud, onormal amplitudmodulation, impuls ljud?
4. Är det föreskrivet vilken metod för kontroll som ska användas? Ljudimmissionsmätning vid bostad eller annan kontrollpunkt eller ljud-effektbestämning vid vindkraftverk kombinerat med ljudutbredningsberäkning till bostäder.
5. Beakta punkterna i föregående avsnitt
  - Kontroll av verkens reglerinställning
  - Antal verk att mäta
  - Val av ljudeffektnivå vid ljudberäkningen
  - Noggrannhet vid kontrollmätning av ljud
  - Kontroll av ljud från vindriktningsoptimerade parker
  - Tidpunkter för emissionsmätningar och immissionsmätningar
  - Isbildning på blad
  - Kontroll av ljud från flera närliggande parker
6. Är byggbuller behandlat i kontrollprogrammet? Hur säkerställs att Naturvårdsverkets riktvärden innehålls?
7. Bedöm vald utförare av ljudmätningen och ljudberäkningen. Är utföraren ackrediterad av Swedac eller motsvarande internationellt ackrediteringsorgan? Har utföraren erfarenhet av kontroller?
8. Sammanställ dokument efter kontroll
  - Ljudmättningsrapporter
  - Ljudberäkningsrapporter
  - Sammanfattande kontrollrapport
9. Fatta beslut om ljudkontrollen ska godkännas eller inte. Om inte, redogör för kompletteringar.

### Ljudmätningens företags checklista

1. Samla in lagakraftvunnet miljötillstånd med ljudvillkor, förelägganden och verksamhetsutövarens kontrollplan
2. Gör en tydlig uppdragsbekräftelse där det framgår vad som ska göras, vad som ingår i uppdraget och vad det kostar. Hänvisa också till allmänna bestämmelser för konsultuppdrag, ABK 09. Redovisa om du är ackrediterad för den aktuella typen av ljudmätningar och ljudberäkningar. Skriv i uppdragsbekräftelsen efter vilka standarder ljudmätningarna kommer att ske och vilken ljudberäkningsmetod som kommer att användas. Ange om avvikelser från standard kommer att ske.
3. Ange när mätningarna kan ske och vilka omständigheter, t ex avseende vädret, tidpunkt och mättid, som måste vara uppfyllda. Om Bolaget har en deadline att hålla, varsko i god tid om det inte går att hålla den, t ex på grund av väderomständigheterna.
4. Etablera kontakt med driftsoperatören i god tid för att kunna göra avstängning av verken vid mätning av bakgrundsljud och för leverans av driftsdata efter mätningen. Om ljudmätningens företag ska mäta driftsdata själv behövs tillgång till mätgränssnitt i tornet.
5. Gör ljudmätningen enligt standard så komplett som möjligt. Gör analysen och rapporteringen enligt standard och leverera rapporten till verksamhetsutövaren snarast.
6. Gör ljudberäkningen enligt överenskommen metod och redovisa i en kontrollrapport med kompletta indata, så att beräkningarna kan upprepas av en annan med tillgång till samma beräkningsprogram. Referera till mät-rapport och ange särskilt hur ljudeffektnivåer för verken valts. Det är viktigt att också ange noggrannhet för ljudmätning och ljudberäkning.

## 8. Referenser

1. Beslut. Studie av kontrollprogram av buller vid vindkraftverk. Energimyndigheten Dnr. 2016-000195, projektnr 42161-1, datum 2016-02-29.
2. Larsson, C. (2014). Ljud från vindkraftverk, modell-validering-mätning: Slutrapport Energimyndighetens projekt 32437-1, <http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:774947/FULLTEXT03.pdf>
3. Pedersen, E, van den Berg, F, Bakker, R & Bouma, J, Response to noise from modern wind farms in The Netherlands, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126, 634–643 (2009).
4. Møller H & Pedersen C. S., “Low-frequency noise from large wind turbines *The Journal of the Acoustical Society of America*, 129, 3727–3744 (2011).
5. Støj fra vindmøller, Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 1, 2012, <http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2012/05/978-87-92903-08-2.pdf>
6. Amplitudmodulation och direktivitet för vindkraftljud – mätning och analys. Slutrapport – rapport D. Uppdragsgivare: ÅForsk, Ångpanneföreningens forskningsstiftelse, Författare: Martin Almgren, ÅF-Infrastructure AB, uppdragsnummer 566673, 2013-02-12.
7. Cand, M & Bullmore, A., Measurements demonstrating mitigation of far-field AM from wind turbines, 6th International Meeting on Wind Turbine Noise, Glasgow 20–23 april 2015.
8. Cassidy, M. & Bass, J., Addressing the issue of amplitude modulation: A developer’s perspective, 6th International Meeting on Wind Turbine Noise, Glasgow 20–23 april 2015.
9. Pedersen E. and Persson-Waye K.P., Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments, *Occup. Environ. Med.* 2007;64;480-486.

# Studie av kontrollprogram av buller vid vindkraftverk

RAPPORT 6739

NATURVÅRDSVERKET  
ISBN 978-91-620-6739-7  
ISSN 0282-7298

KARL BOLIN, MARTIN ALMGREN

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

Rapporten har granskat dokumentation avseende buller för ett 30-tal vindkraftsetableringar i Sverige. Den innehåller rekommendationer för hur kontrollprogram och uppföljning av buller från enskilda parker bör utformas för att på ett ändamålsenligt sätt belysa verksamhetens effekter på ljudmiljön. I rapporten finns checklistor för vad som bör ingå i kontrollprogram för buller. Parkerna i material kommer i huvudsak från projektet Kontrollprogram för vindkraft (Länsstyrelsen i Jönköping, 2014), tillståndsgivna mellan 2005 och 2012. Rapporten speglar också förändringar i villkorsskrivning och praxis under denna period. I materialet ingår även ett fåtal mindre anläggningar som enbart omfattas av anmälningsplikt. De slutsatser som observeras är generellt att ljudvillkoren innehålls och att mätningarna är korrekt genomförda. För att komplettera material har uppgifter inhämtats från tillsynsmyndigheter om eventuella klagomål på buller från närboende vilket visade sig ha förekommit vid ungefär hälften av parkerna. Vid immissionsmätningar rekommenderas metoder beskrivna i Elforsk 98:24. Mätförfarandet togs fram före millennieskiftet och beaktar inte att dagens turbiner ibland har höjder över 200 m vilket medför ökade vindresurser på kvällar och nätter. Författarna anser det befogat att vidare arbete med att undersöka om kvälls-, natt- och morgonmätningar bör komplettera mätmetoden.

**Kunskapsprogrammet Vindval** samlar in, bygger upp och förmedlar fakta om vindkraftens påverkan på den marina miljön, på växter, djur, människor och landskap samt om människors upplevelser av vindkraftanläggningar. Vindval erbjuder medel till forskning inklusive kunskapssammanställningar och synteser kring effekter och upplevelser av vindkraft.

