

Mätning och beräkning av ljud från vindkraft

Verksamhetsutövaren är skyldig att vidta åtgärder om ett vindkraftverk låter mer än vad som är tillåtet vid till exempel ett bostadshus. Här vägleder Naturvårdsverket om mätning och beräkning av ljud från vindkraftverk.

Innehåll

INNEHÅLL	2
Beräkningar	3
Ljudmätningar	3
Naturljud kan dölja ljudet från vindkraftverken	4
Beräkningar av vindkraftsljud	4
Beräkningsmodeller	5
Ljudutbredning över land	5
Ljudutbredning över hav	6
Andra beräkningsmetoder	6
Mer information	6

Verksamhetsutövaren (den som är ansvarig för vindkraftverken) är ansvarig för att ljudnivån inte överskrider den angivna ljudnivån. När en anläggning fått tillstånd framgår ljudnivån av villkoren. Om det räcker med en anmälan framgår tillåten ljudnivå av de handlingar som hör till ärendet.

Om det blir aktuellt att mäta ljud från etablerade vindkraftverk är det viktigt att först noga tänka igenom syftet med mätningen, så att mätningarna svarar på de frågor man har. Det finns två huvudprinciper: kontroll av ljudet som alstras vid vindkraftverket (emissionsmätning) eller bestämning av ljudnivån i en viss punkt i omgivningen (immissionsmätning). I många fall kan det vara lämpligt att kombinera dessa mätningar. Det är viktigt att mätningar och planering av eventuella åtgärder sker i samråd med boende och tillsynsmyndigheten.

Beräkningar

Vindstyrkan 8 m/s på 10 meters höjd vid markråhetslängden 0,05 meter är det referensvärde vid vilket ljudeffekten oftast anges enligt standard. Vid beräkningar används detta referensvärde. Det motsvarar en vindhastighet på 11,5 m/s på höjden 100 meter.

Beräkningsmodellerna avser medvind. Vid motvind blir ljudnivån lägre, på stora avstånd mycket lägre. Vid vissa topografiska, metrologiska och vegetativa förhållanden är de använda modellerna mer osäkra.

I Naturvårdsverkets rapport "Ljud från vindkraftverk" reviderad utgåva av rapport 6241, koncept 20 april 2010 beskrevs olika modeller för att beräkna ljudets utbredning från vindkraftverk i olika situationer. **Rapporten är under revidering.** Läs mer om beräkningar på sidan 5 "Beräkningar av vindkraftljud". Läs även om bedömningar av ljud från vindkraftverk i det Excel-baserade beräkningsprogrammet (se under Mer information).

Ljudmätningar

För mätningar av emissionen hos ett vindkraftverk används en metod som finns närmare beskriven av International Electrotechnical Commission (IEC) i rapporten "Wind turbine generator systems – Part 11: Acoustic noise measurement techniques". IEC 61 400-11, second edition (Ed 2.1) 2006-11, se även svensk version SS-EN 61 400-11.

Immissionsmätningar bör utföras vid en vindstyrka vid navhöjd som motsvarar referensförhållanden (med navhöjd menas avståndet mellan marken och propellrarnas nav). I vissa fall kan det vara lämpligt att utföra mätningar

även vid andra förhållanden. Råd och anvisningar ges i rapporten ”Mätning av bullerimmission från vindkraftverk”. S. Ljunggren, 1998, Elforsk rapport 98:24 (se under Mer information).

Nedan visas exempel på vindhastighet på olika höjder vid referensförhållanden och markrâhetslängd 0,05 meter:

Navhöjd	Ref. förhållande				
	10 m	80 m	100 m	120 m	150 m
Vindhastighet, m/s	8	11,1	11,5	11,8	12,1

Ett alternativ till bemannade mätningar är att använda långtidsregistrerande ljudnivåmätare som placeras ut under en längre tid för att fånga in ljudnivåerna vid olika meteorologiska förhållanden. Det är dock svårt att i efterhand sortera bort ovidkommande ljud från mätresultaten.

För anmälnings- eller tillståndspliktiga verksamheter, inklusive verksamhet som har meddelats tillstånd utan att det föreligger tillståndsplikt, finns bindande bestämmelser i Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2000:15) om genomförande av mätningar och provtagningar i vissa verksamheter (se under Mer information).

Naturljud kan dölja ljudet från vindkraftverken

Naturliga ljud, som vind i trädkronor eller bruset av vatten, döljer ofta ljudet av vindkraftverken. Undersökningar tyder på att vindkraftverk inte hörs om de har en ljudnivå som är minst 10 dB(A) lägre än bakgrundsljudet. Normalt är det naturliga ljudkällor som kan dölja ljudet på detta sätt. Med naturliga ljudkällor menas till exempel vind i vegetation eller ljud från vågor vid en havsstrand. Även blåst mot hus och annan bebyggelse, kan leda till ljudnivåer som kan maskera ljudet från vindkraft.

För att kunna bedöma om maskering av bakgrundsljud kan påverka hur ljudet från vindkraftverk uppfattas, krävs oftast utförliga utredningar baserade på lokala mätningar eller beräkningar samt att man bedömer inverkan av faktorer som vindhastighet, vindriktning, årstid, temperatur etcetera.

Beräkningar av vindkraftsljud

Ljuddata bör deklarerars enligt IEC TS 61400–14 ”Declaration of apparent sound power values and tonality values”.

Ljuddata bör anges som $L_{wd} = L_w + K$ med verifiering enligt IEC 61400-11 och ISO 7574-2.

- $L_{wd} = L_w + K$
- L_{wd} = deklarerad ljudeffektnivå, dB(A) re 1 pW
- L_w = uppmätt ljudeffektnivå enligt IEC 61400-11 Referensförhållanden 8 m/s. Det ska vara ett medelvärde av ljudeffektnivån bestämd enligt IEC 61400-11 för fler än ett vindkraftverk och justerat till höjden 10 m över mark med markråhetslängden 0.05 m.
- $K = 1,645 \times \sigma$, om spridning i produktion för ett produktionsparti av samma slag finns (referens IEC TS 61400-14)
- $K = \min 3,8$, om deklARATION baseras på mätning av bara ett vindkraftverk med IEC 61400-11 och uppgift om spridning i produktionen saknas (referens SS-EN ISO 4871)
- σ = standardavvikelse, hänsyn tas till mätosäkerhet och spridning i produktionen

Anvisningar för beräkning av σ ges i IEC TS 61400-14

Vid $K = 1,645 \times \sigma$ är sannolikheten 5 % för att en kontrollmätning av ett vindkraftverk från det deklarerade produktionspartiet enligt IEC 61400-11 ska överskrida deklarerat värde.

Beräkningsmodeller

Beräkningarna i Excel-bladen (Lundmark Akustik & Vibration) utgår från de beräkningsmodeller som redovisades i Naturvårdsverkets rapport "Ljud från vindkraftverk", reviderad utgåva av rapport 6241, koncept april 2010.

Beräkningsmodellerna enligt Naturvårdsverkets rapport utgår från fri ljudutbredning i medvind, det vill säga då det blåser från vindkraftverk mot beräkningspunkten, och då ljudabsorptionen i luften är låg, i princip "worst case". Undersökningar när människor störs av vindkraftsljud baseras på sådana undersökningar.

Ljudutbredning över land

I beräkningsmodellerna för ljudutbredning över land förutsätts halvsfärisk ljudspridning (divergens) vid beräkning av geometrisk utbredningsdämpning. Hänsyn tas också till ljudabsorptionen i luft. Två olika beräkningsmodeller används i Excel-bladen:

För avstånd upp till 1000 m: $LA = LWA - 8 - 20 \log(r) - 0,005 r$

För avstånd över 1000 m: $LA = LWA - 10 - 20 \log(r) - \Delta La$

Ljudutbredning över hav

I beräkningsmodellen för ljudutbredning över hav förutsätts halvsfärisk ljudspridning upp till 1000 meter och sedan cylindrisk ljudspridning. Hänsyn tas också till ljudabsorptionen i luft.

$$LA = LWA - 8 - 20 \log(r) - \Delta La + 10 \log(r/1000)$$

Andra beräkningsmetoder

Det finns även mer detaljerade beräkningsmodeller, till exempel Nord 2000, där hänsyn tas till många parametrar. Men det kräver också att flera data tas fram för beräkningarna, vilket kan vara omständligt att få fram och kräver kompetens och erfarenhet. Det har också visat sig att de enklare modellerna normalt ger beräkningsresultat med god noggrannhet, åtminstone när det gäller etableringar på land.

Excel-bladet kan laddas ner från Naturvårdsverkets webbplats (se under Mer information).

Excel-bladen: Copyright, idé och utveckling: Lundmark Akustik & Vibration, telefon 08-751 58 30.

Mer information

[Projektrapport: Upplevd störning av vindkraftsbuller, en jämförande studie av ljud från olika turbiner. k. Bolin, M. Nilsson, G. Bluhm](#)

[Wind Turbine Noise and Natural Sounds: Masking, Propagation and Modeling, Doktorsavhandling Karl Bolin, KTH](#)

[Naturvårdsverkets föreskrifter om genomförande av mätningar och provtagningar i vissa verksamheter: NFS 2000:15 \(pdf 56 kB\)](#)

[Mätning av bullerimmission från vindkraftverk. S. Ljunggren, 1998, Elforsk rapport 98:24.](#)

[Länk till Excelbladen](#)