

Ljud från stora vindkraftverk



Innehåll

| | |
|----------------------------------|----|
| Sammanfattning | 4 |
| Inledning | 5 |
| Skyddsavstånd och riktvärden | 6 |
| Ljudutbredning över hav och land | 7 |
| Ljudets karaktär | 8 |
| Beräkningsmodellens giltighet | 12 |
| Källhänvisning | 13 |



Fotograf: Kentaroo Tryman / Johnér

Sammanfattning

Utvecklingen går mot allt större vindkraftverk och syftet med denna rapport är att beskriva hur en sådan förändring påverkar ljudspridningen. Moderna vindkraftverk har ofta en höjd om 200-300 meter. Det kan konstateras att en förändring i storlek inte innebär ökad ljudstyrka. Större vindkraftverk har större rotor och då går vindkraftverket långsammare och de svichande ljuden blir därför långsammare. Större vindkraftverk placeras också med längre avstånd till varandra och ljudstyrkan från en vindkraftspark blir därmed fördelad över ett större område. Det finns även andra skillnader, en viktig sådan är att ljudutbredningen sker på högre höjd över mark.

Rapporten är en sammanfattning av kunskapsläget om ljud från stora vindkraftverk och eventuella skillnader jämfört med mindre vindkraftverk. Framtagandet bygger på befintlig kunskap och omvärldsbevakning samt intervjuer med experter på området har genomförts.

Den större rotorn innebär inte ökad förekomst av särskilt störande ljud såsom amplitudmodulation, toner eller lågfrekvent ljud. Erfarenheter från Sverige och Danmark visar att ljudstyrkan och det lågfrekventa ljudet från nya stora vindkraftverk är ungefär densamma som för äldre mindre vindkraftverk. De senaste och mest omfattande studierna om stora vindkraftverk och lågfrekvent buller visar att det inte beror på vindkraftverkets storlek utan snarare är kopplat till struktur och vindkraftverksmodell. Större vindkraftverk använder ibland sågtandade blad för att minska högfrekventa ljud och då blir det lågfrekventa ljud som är kvar tydligare. Studier av infraljud visar att sådana ljud inte innebär negativa hälsoeffekter. Den så kallade A-vägningen av ljudet som gör att det är anpassat till människans hörsel är ett fortsatt relevant mått även vid större vindkraftverk. Riktvärdet 40 dBA ekvivalent ljudnivå fungerar effektivt som en högsta ljudnivå med de beräkningsinställningar som används.

Den beräkningsmetod som används för beräkning av ljud från vindkraft i Sverige, Nord 2000, täcker behovet för att beräkna ljudutbredning även från stora vindkraftverk. Det innebär ingen skillnad att vindkraftverken har blivit högre för beräkning av ljud, samma beräkningsmodell är fortsatt applicerbar och har hög noggrannhet vid jämförelse med mätning.

Naturvårdsverkets bedömning är att större vindkraftverk i nuläget inte motiverar en översyn av gällande riktvärde. Det finns inte heller motiv för tillämpning av skyddsavstånd då riktvärdet indirekt innebär ett skyddsavstånd som avgörs av ljudnivån i stället för avstånd i antal meter.

Ljud från stora vindkraftverk

Ingen ökad förekomst av särskilt störande ljud.

Beräkningsmetoden Nord 2000 fungerar även för stora vindkraftverk.

Tillämpning av skyddsavstånd i stället för riktvärde i dBA rekommenderas inte.

Riktvärdet 40 dBA är fortsatt relevant.

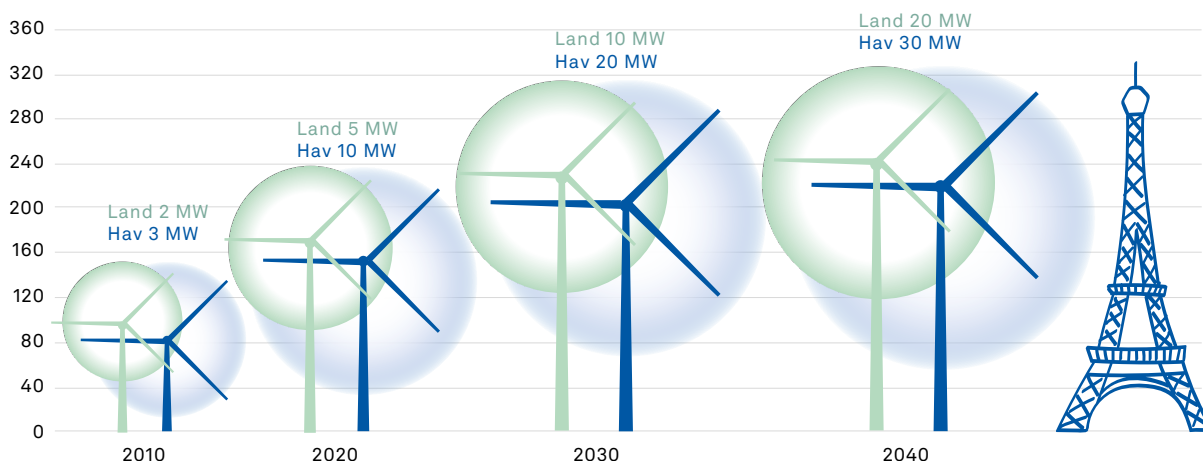
Inledning

Storleken på vindkraftverk har ökat över tid. Utvecklingen går mot att såväl tornhöjd, rotorblad och maskinhus blir allt större. Idag finns vindkraftverk som är mer än 200 meter höga i drift och aktuella planer på verk uppemot 300 meter. Vid planering av vindkraftsparker med vindkraftverk som är 300 m höga så finns farhågor om att de kommer bullra mer och att ljudets karaktär bli mer störande. Rapporten är en sammanställning av kunskapsläget idag, år 2025, och fokuserar i huvudsak på undersökningar från Sverige och Danmark. Vindkraftverkens storlek ökar i snabb takt, se figur 1, och därför måste kunskapsläget om buller och riktvärden från stora vindkraftverk följa med, se figur 2.

Rapporten fokuserar på följande delar:

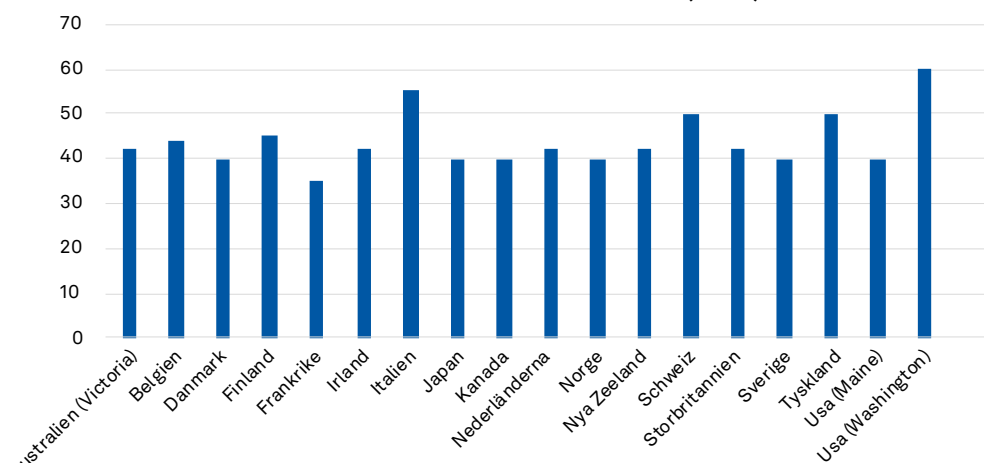
1. Skyddsavstånd och riktvärden
2. Ljudutbredning över hav och land
3. Ljudets karaktär
4. Beräkningsmodellens giltighet

Teknikutveckling 2010-2040 (höjd och installerad effekt)



Figur 1. Vindkraftverkens ökning i storlek över tid. Källa: Svensk Vindindustri

Riktvärde buller vid bostad (dBA)



Figur 2. Riktvärden i olika länder. Källa: A review of noise guidance for onshore wind turbines, WSP

Skyddsavstånd och riktvärden

I Sverige används riktvärdet 40 dBA ekvivalent ljudnivå oavsett tid på dygnet. Som regel används inte skyddsavstånd mellan vindkraftverk och berörda bostäder med avseende på buller. Minsta tillåtna avstånd kan avgöras av ljudnivån men ofta är andra faktorer styrande, som placering på terräng som är tillgänglig och ger hög produktionskapacitet. Ett skyddsavstånd är enkelt att förstå och tillämpa men förhållandet till ljudnivån kan då variera. Som exempel kan det vara flera vindkraftverk som placeras på minsta tillåtna skyddsavstånd och då riskerar riktvärdet överskridas. Skyddsavstånd kan utgöra översiktligt komplement till riktvärde vid enstaka vindkraftverk men blir mindre relevant när det är flera. Riktvärde i form av acceptabel ljudnivå blir mer rättvisande och förebygger risk för störning bättre än ett skyddsavstånd [1].

Det finns länder som använder skyddsavstånd mellan bostad och vindkraftverk med avseende på buller. Polen har haft ett skyddsavstånd på 10 gånger vindkraftverkets totala höjd men ändrade det år 2023 till 500-700 meter. Flera regioner i Tyskland har 1000 meter som rekommendation. Regionen Bayern i Tyskland har haft 10 gånger vindkraftverkets höjd som skyddsavstånd men då det visat sig begränsa möjligheten att etablera vindkraft så har avståndet minskats [2].

I en EU-studie¹ anges olika länders skyddsavstånd och enligt sammanställningen har Sverige 500 meter till enstaka hus och 1000 meter till urban miljö. Källorna som hänvisas till är Boverket (2012), Karolinska institutet (2016) och Shahid Hussain Siyal (2015). I källorna kan det förekomma tumregler som möjligen är anledningen till den felaktiga uppgiften om att det finns skyddsavstånd på grund av buller i Sverige. Enligt sammanställningen så är skyddsavstånd för stora vindkraftverk i EU mellan 400-2000 meter [2].

Ett modernt vindkraftverk med ca 105 dBA i ljudstyrka motsvarar 40 dBA på cirka 500 meter. Det bör alltså inte finnas något behov av skyddsavstånd då ljudstyrka från moderna vindkraftverk är mellan 104-107 dBA och om det är fler än ett vindkraftverk så blir också avståndet till riktvärdesnivån längre. En mellanstor vindkraftpark med ca 2-5 verk innebär 40 dBA på cirka 600-800 meter. En stor vindkraftspark med fler än fem vindkraftverk kan innebära en ljudnivå om 40 dBA på omkring 1000 meters avstånd.

Ljudeffektnivån beror inte på höjden av vindkraftverket, det är modell som påverkar. Tornen kan vara olika höga med samma modell och rotorstorlek.

Faktaruta

| Riktvärdet 40 dBA | Avstånd | Exempel vindkraft | Ljudstyrka |
|----------------------|---------|------------------------|------------|
| 1 vindkraftverk | ~500 m | Vestas V90 (ca 150 m) | 104 dBA |
| 2-5 vindkraftverk | ~700 m | Vestas V110 (ca 150 m) | 106,5 dBA |
| Över 5 vindkraftverk | ~1000 m | Vestas V162 (ca 246 m) | 104 dBA |

Ett riktvärde på ljudnivå är ett mer robust mått än skyddsavstånd.

Avståndsangivelse kan utnyttjas som komplement vid översiktliga bedömningar.

Flera vindkraftverk innebär större ljudspridning och därmed avstånd till riktvärdet 40 dBA.

¹ Wind potentials for EU and neighbouring countries

Ljudutbredning över hav och land

Ljudutbredning från vindkraftverk är annorlunda än många andra källor då ljudkällan befinner sig högt upp i luften. Vind på högre höjder, luft och temperatur är annorlunda än vid marken, vilket kan påverka ljudutbredningen. Ljudet böjer sig ned mot marken vid gynnsamma väderförhållande som medvind och temperatur som ökar med höjden. I Sverige används beräkningsmodellen Nord2000 som kan hantera olika väderförhållanden. De inställningar som används för beräkning av ljud från vindkraft är gynnsamma för ljudets utbredning vilket betyder att beräkningar ger höga ljudnivåer vid bostäder åt alla håll från vindkraftverket. Det är inte så höga ljudnivåer året om och därför innebär det att resultaten från beräkningar har en inbyggd säkerhetsmarginal vilket normalt ger ett högre resultat än det verkliga ljudet som uppstår vid bostad [1]. Andra länder, som Norge, räknar även på driftmedeltid för vindkraftverket för att få ett medelvärde även på ljudnivån. Det ger avsevärt lägre beräknade nivåer än det sätt vi räknar på i Sverige.

Stora vindkraftverk som är högre upp över marken än äldre mindre vindkraftverk låter ungefär lika högt vid källan oavsett höjd på verket [3]. Ljudutbredningen kan påverkas av verkets höjd då bladen skär igenom flera olika vindlager vilket kan öka ljudet. Vid högre höjd så kan vindkraftverket nå luftlager där vindstyrkan

är mer stabil vilket är gynnsamt för elproduktionen. Det medför också att ljudutbredningen är mer stabil och att vindkraftverket oftare är i drift och avger ljud, skillnaden på hur ofta vindkraftverket är i gång är marginell jämfört med mindre vindkraftverk [4]. I Sverige tillämpas som nämns ovan ett beräkningsfall där nivån motsvarar en slags övre gräns av ljudspridningen som beaktas i beräkningsinställningar och tillämpning av riktvärde. Även när det blåser mindre vid marknivån så kan vindstyrkan på 250-300 meters höjd vara hög, vilket betyder att bakgrundsljud från vegetation som maskerar kan avta samtidigt som vindkraftsljudet är stabilt. Detta kan påverka upplevd ljudnivå men den beräknade och uppmätta ljudnivån kommer inte påverkas vid beräkning och mätning i dessa gynnsamma ljudutbredningsfall.

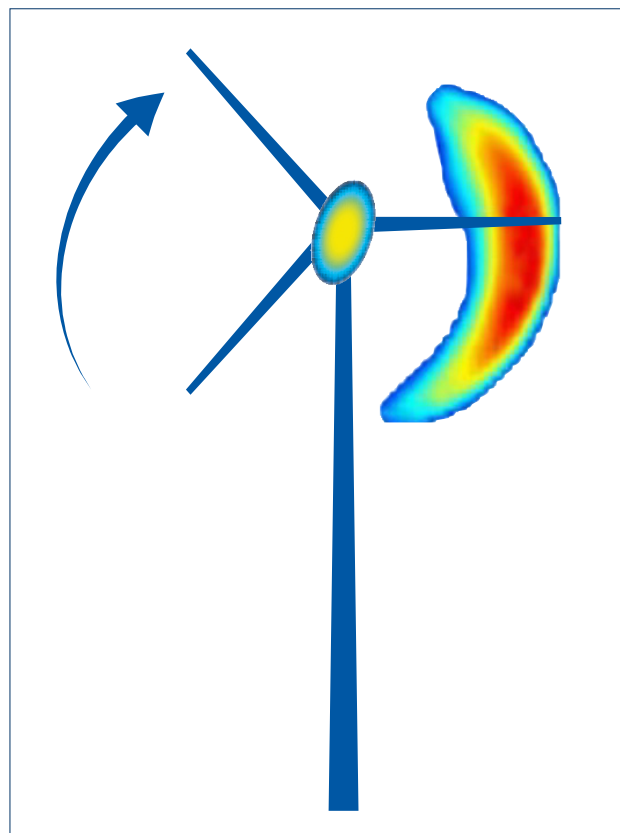
Vid särskilda meteorologiska förhållanden så kan ljud över hav få multipla reflexer (egentligen refraktion) mellan den hårda havsytan och de luftlager som böjer ned ljudvågorna. Ljudet kan då inte breda ut sig lika lätt i höjdlid vid sådana situationer vilket gör att ljudet sprids längre. På långa avstånd och under sådana meteorologiska förhållanden blir ljudkällans ljudutbredning cylindrisk i stället för sfärisk, vilket innebär att ljudnivån avtar med 3 dB per avståndsfördubbling i stället för 6 dB som sker när ljudet kan spridas åt alla håll [1].

Vid havsbaserad vindkraft sprids ljudet längre sträckor än över land.

Skillnad i ljudutbredning från stora vindkraftverk jämfört med mindre vindkraftverk är liten.

Ljudets karaktär

Ljud från vindkraftverk kan beskrivas som svischande, där varje blads skärning nedåt genom luften hörs när man befinner sig nära källan. Detta kallas för amplitudmodulation, dvs att ljudet inte är konstant utan återkommer i omgångar. En vanlig missuppfattning är att det ljud som uppstår cirka en gång per sekund är när bladen passerar förbi tornet men det är egentligen när bladet är på väg ner och är vinkelrätt med tornet som ljudet oftast uppstår. Det högsta ljudet uppstår några meter från toppen av bladet i änden av vingen. Ljudets riktning är ned mot marken i samma riktning som bladet rör sig, se figur 3. Ljudet är starkast framför och bakom rotorn och svagare i den riktning bladen pekar. Det är viktigt att förstå orsaken till ljudet då åtgärder som till exempel sågtandade blad är till för att minska den mekanismen. Höjden där det mesta ljudet uppstår för stora vindkraftverk är inte högst upp utan i samma höjd som tornet, mitt i rotorn. Ljud uppstår över hela bladen och längs hela rotationen men är som starkast i detta läge [1], [4].



Figur 3. Svischljudets uppkomst sker när bladet är på väg ned. Bildrättighet S. Oerlmans, 2019.

Det svischande ljudet är det som oftast upplevs störande av ljudets karaktär, följt av visslande ljud (bladspets) och pulserande (tornpassage). Lågfrekvent ljud kan upplevas störande men normalt inte i samma utsträckning [5]. En del vindkraftverk kan upplevas ha särskilda toner. Det kan vara lågfrekvent ljud som ett dovt mullrande men också högfrekventa ljud som upplevs mer tjutande. Ljudets karaktär kan påverka störning och ibland mer än den totala decibelnivån. Vissa typer av ljud kan vara av en sådan karaktär att de orsakar en högre grad av störning än andra. Ett sådant exempel är om ljudet innehåller tydligt hörbara toner.

Ljud med återkommande dunkande kan också orsaka en högre grad av störning än ljud med en jämnare ljudstyrka [6]. För att kompensera för denna ökade störningsrisk kan riktvärdet skärpas i de fall där särskilt störningsframkallande ljud förekommer mer än vid enstaka tillfällen. För vindkraftsbuller är tydligt hörbara toner och kraftig amplitudmodulation att beakta som särskilt störningsframkallande [1].

Amplitudmodulation

Vindkraftsbuller är till sin natur svischande med ungefär ett svischande ljud per sekund. Ljud som varierar i styrka på detta sätt kallas amplitudmodulerat ljud, det vill säga ljudstyrkan varierar med tiden. En av de tydligaste ljudkällorna på ett vindkraftverk är bladspetsarna. I närheten av ett vindkraftverk är amplitudmodulationen från bladspetsarna påtaglig. I normalfallet avtar den variationen med avståndet. Hur påtaglig amplitudmodulationen är beror på verkets utformning, driftförhållanden och meteorologiska förhållanden. Ibland uppstår situationer med amplitudmodulation som då kan höras som ett varierande ljud på långt avstånd från verket [1].

Onormal amplitudmodulation kan uppkomma då vindkraftverkens blad skär genom flera olika lager av luft och vinkeln på bladet inte blir optimal i vissa luftlager. Då skapas turbulens runt bladet och mer buller genereras vilket samtidigt ger försämrade energiproduktion och effektivitet. Onormal amplitudmodulation är vanligare under sena kvällar och nätter och den varierar beroende på vindförhållandena kring rotorn. Amplitudmodulerat ljud kan upplevas som mer störande än vanligt ljud. Det saknas dock kunskap om hur tydliga variationer som krävs och hur ofta amplitudmodulation behöver förekomma för att risken för olägenhet för människors hälsa ska öka. Forskning och utveckling av mätmetoder pågår, såväl i Sverige som internationellt [1].

En del länder har kommit längre i att kontrollera amplitudmodulation. Till exempel så görs i Finland kontroll på 125 meter från vindkraftverk och om variationen i amplitudmodulation överstiger 3 dB kan korrektioner utföras [7] men oftast noteras det endast om förekomst vid höga ljudnivåer och sker sällan i praktiken. Det finns föreslagna metoder där skillnaden mellan de högsta och lägsta ljuden ger amplitudmodulationens variation. Detta avgörs för olika frekvensband och om skillnaden är stor kan åtgärder eller skärpning av krav bli aktuellt. Åtgärder kan vara att justera bladens vinkel när de skär igenom luften och minska avstannande av bladet, som kan påverka amplitudmodulationen.

Standardiserade metoder för mätning och modeller för bedömning av ökad störningsrisk av amplitudmodulerat ljud saknas, därför har Naturvårdsverket valt att för närvarande avstå från att införa någon särskild gräns för när en skärpning av riktvärdet för vindkraftsbuller bör göras med anledning av amplitudmodulation. Kraftig amplitudmodulation vid bostäder är dock att beakta som särskilt störningsframkallande och verksamhetsutövaren bör vidta åtgärder för att undvika att detta förekommer mer än undantagsvis, särskilt om de ekvivalenta nivåerna vid bostäder är i intervallet 35 – 40 dBA. När kunskapsläget förbättras kan Naturvårdsverket komma att komplettera vägledningen om ljud från vindkraft i fråga om ofta återkommande amplitudmodulation.

Det ska betonas att inga tydliga studier från Sverige visar på att större vindkraftverk innebär mer amplitudmodulation. En studie från Finland visar snarare att med större vindkraftverk så minskar amplitudmodulationen [8]. En svensk studie från Uppsala universitet visade på att tydlig amplitudmodulation vid vindkraftverk inte alltid hördes vid bostad och att särskilda meteorologiska fall gjorde det hörbart [9]. För stora vindkraftverk så är det större risk att rotorn skär igenom fler luftlager. De vindkraftverk som är 200-250 meter höga och kontrollerats med mätningar i Sverige har inte visat på annorlunda amplitudmodulation än mindre vindkraftverk. De vindkraftverk som har uppvisat problem med amplitudmodulation har snarare berott på en felaktigt inställd attackvinkel på bladen som påverkat hur bladet skär genom luften.

Särskilt störande ljud kan vara både i form av svischande, pulserande, visslande eller lågfrekvent ljud.

Större vindkraftverk innebär inte att ljudet har mer amplitudmodulation.

Lågfrekvent ljud

Lågfrekvent buller är ljud i frekvensområdet under 200 Hz. Påtagligt lågfrekvent buller upplevs ofta som särskilt störande. Vanliga bostadsfasader och fönster har ofta sämre ljudisolering i låga frekvenser och det lågfrekventa ljudet kan även förstärkas inomhus. Därför är det inte ovanligt att upplevelsen av lågfrekvent buller är starkare inomhus än utomhus. Det finns risk att man underskattar risken för störning om buller som är påtagligt lågfrekvent anges i dBA. Därför anges Folkhälsomyndighetens riktvärden för lågfrekvent buller inomhus i dB, dvs utan den så kallade A-vägningen som filtrerar bort mycket av det lågfrekventa bullret. Svenska studier har visat att så länge buller från vindkraftverk inte överskrider riktvärdet 40 dBA utomhus är risken liten att riktvärdena för lågfrekvent buller inomhus överskrids [10]. Folkhälsomyndighetens riktvärden för lågfrekvent ljud tillämpas för vindkraft och gäller mellan 31-200 Hz, vilket rekommenderas i vägledning [1] och i rättspraxis. En del länder har valt annan utformning av riktvärden för lågfrekvent ljud. I exempelvis Danmark summeras lågfrekventa tersband till ett värde som inte får överskrida 20 dBA inomhus

Ljud under ca 20 Hz kallas för infraljud. Infraljud är vanligtvis inte hörbart men kan ändå påverka människor negativt om ljudnivån är tillräcklig hög. Vindkraftverkens rotation ger upphov till infraljud som ofta ligger kring 1 Hz. I det frekvensområdet krävs en nivå på 120 dB för att kunna uppfattas av människor. På de avstånd som krävs mellan vindkraftverk och bostäder i Sverige är nivån av infraljud från vindkraftverk betydligt lägre och det finns enligt Naturvårdsverkets bedömning ingen evidens för påverkan på människor orsakat av infraljud från vindkraftverk [10] [11] [12] [13].

Alla vindkraftverk kan avge lågfrekvent ljud, det beror inte på deras storlek vare sig i elektrisk effekt eller höjd. Lågfrekvent ljud beror mer på vindkraftverkets struktur än dess storlek. I Danmark har två studier utförts där man kommit fram till två diametralt olika slutsatser angående om stora vindkraftverk innebär mer lågfrekvent

ljud [3][14]. I en efterföljande studie i Danmark med en större mängd data, var slutsatsen att stora vindkraftverk inte avger högre lågfrekvent ljud än små vindkraftverk [14]. Det finns generellt sett ingen tydlig korrelation mellan storleken på ett vindkraftverk och karaktären på det buller som avges, utöver att stora vindkraftverk roterar långsammare, och att ljudet från bladen därmed varierar i en långsammare takt [3]. Större blad kan innebära mer lågfrekvent ljud och skiftning ned i tersband av ljudenergi men det verkar vara mer kopplat till modell. För vindkraftverk med sågtandsblad så minskas högfrekventa ljud vilket kan resultera i att det är mer lågfrekventa ljud som hörs.

Stora vindkraftverk innebär inte mer lågfrekvent ljud, det beror på vindkraftverksmodell



Toner

Det förekommer att vindkraftverk avger rena toner. Det kan bero på mekaniska ljud från toppen av tornet och generatoren som kan upplevas som gnissel eller lågfrekvent ljud. Det kan också förekomma toner i det aerodynamiska ljudet som uppstår vid vingarna men de är inte stabila. För att utvärdera toner kan först en subjektiv bedömning göras genom att lyssna på plats, vid den berörda bostaden. Om toner då hörs eller om osäkerhet om detta råder bör en objektiv utvärdering göras. Mätning genomförs då vid bostad enligt Elforsk 1998:24 men tonaliteten utvärderas lämpligtvis enligt den metod som beskrivs i mätmetoden IEC 61400-11 "Wind turbines - Part 11: Acoustic noise measurement techniques".

Det kan vara mer relevant att använda tonanalys och skärpning av krav enligt ISO 1996-2 som har olika steg för skärpning baserat på hörbarhet av ton.

Det blir inte mer tonalt ljud för att vindkraftverket blir större. Tonala ljud beror oftast på maskinljud från navet.

Stora vindkraftverk innebär inte mer toner

Som vid alla särskilt störande ljud kan riktvärdet skärpas vid förekomst av toner



Beräkningsmodellens giltighet

Beräkningsmodellen som används för beräkning av ljud från vindkraft i Sverige är Nord 2000. Modellen är utformad för att räkna ljud på långa avstånd och använda indata från meteorologi. De inställningar som används är gynnsamma för ljudutbredning och innebär medvind från alla håll. Om två vindkraftverk är placerade åt två olika håll från en mottagare så beräknas ändå båda med medvind till mottagaren vilket därmed resulterar i en säkerhetsmarginal vid beräkning. Beräkningarnas resultat med Nord 2000 har hög noggrannhet jämfört med mätningar [1].

Vid beräkning så antas allt ljud komma från en punkt motsvarande navet i rotorn. För höga vindkraftverk så kan ljudet uppstå lika långt ifrån som bladet är långt vilket ibland kan vara så långt som cirka 90 meter. När bladet är närmast mottagaren så innebär riktningen på bladet att

ljudet blir lägre i riktning mot mottagaren på grund av ljudets direktivitet, dvs ljudstyrka i olika riktningar. När bladet är som högst upp så skapas inte lika mycket ljud som när bladet är i samma höjd som navet. Därför är det relevant att ljudkällan är i mitten på rotorn vid vindkraftverkets nav. Att placera flera källor är inte nödvändigt, då vindkraftverket vrider sig och en sfär eller linjekälla är inte bättre än att ha en punkt med korrekt ljudeffektnivå i mitten. Skillnaden i avstånd mellan nav och bladets yttre spets och avstånd mellan vindkraftverk och mottagare är stor men ljudets påverkan på den skillnaden är försumbar.

Inga särskilda modeller behövs för att beräkna infraljud från vindkraft då detta i flertal studier konstaterats inte ha någon påverkan på människor [10] [11] [12][13].

Nord2000 är en lämplig beräkningsmodell för beräkning av ljud från stora vindkraftverk.

Beräkning är mer tillförlitligt än mätning och har säkerhetsmarginal.

Källhänvisning

- [1] Vägledning om buller från vindkraftverk, Naturvårdsverket 2020
- [2] Wind potentials for EU and neighbouring countries, EU JRC Technical reports 2018
- [3] Danska Miljöministeriets hemsida om ljud från vindkraft och refererade studier, <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/stoej/vindmoeller>
- [4] Recent advances in wind turbine noise research, University of Adelaide 2020
- [5] Perception and annoyance due to wind turbine noise – a dose-response relationship, H. A. Pedersen and C. L. Wayne (2004). " Journal of the Acoustical Society of America, 116(6), 3466-3471
- [6] Wind Energy and Health: A review of the evidence, International Energy Agency (IEA) (2019).
- [7] Mätning av bullernivån från vindkraftverk vid objekt som utsätts, Ympäristöministeriö 2014
- [8] Noise annoyance of wind turbines, VTT 2011
- [9] Amplitude modulation of sound from wind turbines under various meteorological conditions, Larsson, Öhlund, Uppsala Universitet 2014
- [10] Kunskapssammanställning om infra- och lågfrekvent ljud från vindkraftsanläggningar: exponering och hälsoeffekter. Naturvårdsverket, 2011
- [11] Health effects related to wind turbine sound, including lowfrequency sound and infrasound, van Kap & van den Berg, Acoust Aust. 46:31-57, 2018
- [12] Infrasound Does Not Explain Symptoms Related to Wind Turbines, VTT 2020
- [13] Vindkraftens påverkan på människors intressen, Naturvårdsverket 2021
- [14] A review of noise guidance for onshore wind turbines, WSP, 2022



Vindkraft och ljudspridning

Storleken på vindkraftverk har ökat över tid. Idag finns vindkraftverk i drift som är mer än 200 meter höga och aktuella planer på verk uppemot 300 meter. Det kan påverka ljudutbredningen och potentiellt även störningsupplevelsen. Högre och mer kraftfulla vindkraftverk innebär dessutom att meteorologin behöver beaktas på annat sätt. Naturvårdsverket har undersökt om det är skillnader mellan vindkraftverk av olika ålder och storlek med avseende på hur ljudet sprids till omgivningen. I arbetet har även ingått att ta reda på om ljudets karaktär förändras och om särskilt störande ljud ökar eller minskar i olika situationer, beroende på utformning. Rapporten är en sammanfattning av aktuellt kunskapsläge.