

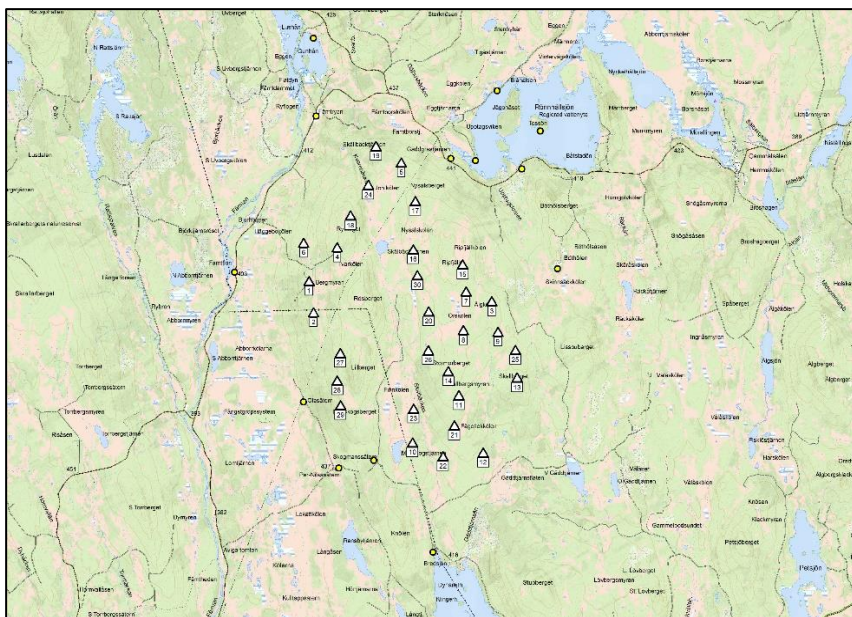
# 5

Ljudberäkningar



# Ljudimmissionsberäkning av ljud från vindkraft

Vindpark Ripfjället - 30 vindkraftverk Vestas V162-5.6 MW med totalhöjd 250 m



## Kundinformation

**Projekt:** Vindpark Ripfjället  
**Kund:** WPD Scandinavia AB  
**Kundreferens:** Weronica Andersson

## Projektinformation

**Dokument-ID:** 10-20011 A01  
**Projekt nr:** 10-20011  
**Datum:** 2020-02-28

## Bolagsinformation

**Namn:** Akustikkonsulten i Sverige AB  
**Adress:** Ringvägen 45B, 11863 Stockholm  
**Telefon:** +46(0)8-29 89 00  
**E-post:** info@akustikkonsulten.se

## Sammanfattning av utförda beräkningar

WPD Scandinavia AB (bolaget) projekterar för vindpark Ripfjället i Malungs kommun. I samband med tillståndsprocessen ska ljudberäkningar utföras. Bolaget har därvid anlitat Akustikkonsulten i Sverige AB (Akustikkonsulten) för att utföra ljudberäkningar av A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus samt lågfrekvent ljud inomhus.

Beräkning av A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus utförs för vindpark Ripfjället, 30 vindkraftverk av verkstyp Vestas V162-5.6 MW med navhöjd 169 m och totalhöjd 250 m, med den nordiska beräkningsmetoden Nord2000 i enlighet med praxis. Praxis innebär att beräkningarna utförts för medvind 8 m/s på 10 m höjd. Därutöver beräknas lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5-200 Hz, baserat på beräknad ljudnivå i samma frekvensband utomhus och en antagen konservativ fasaddämpning. Beräkningarna redovisas som A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus samt lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5-200 Hz i 13 ljudkänsliga punkter vid bostadshus. Därutöver redovisas en ljudkarta med A-vägd ekvivalent ljudnivå med ISO-linjer i steg om 5 dBA.

Resultatet för A-vägd ekvivalent ljudnivå jämförs mot riktvärdet enligt praxis, 40 dBA. För lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5-200 Hz görs jämförelsen mot riktvärdena i *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus, FoHMFS 2014:13*.

Folkhälsomyndighetens riktvärden redovisas i detalj på sida 4 inklusive hur riktvärdena har tillämpats för vindparker enligt flera domar i Mark-och miljööverdomstolen (MÖD). Beräkning av lågfrekvent ljud inomhus utgår från Akustikkonsultens metod beskriven på sida 5.

Resultatet kan sammanfattas enligt nedan:

### **Jämförelse mot riktvärde - Ekvivalent ljudnivå**

Riktvärdet för A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus, 40 dBA, **innehålls** i samtliga 13 ljudkänsliga punkter. Det finns ytterligare en skyddsmarginal, om en framtida kontroll av ljud visar att riktvärdet överskrids, då det finns reglerinställningar som möjliggör att samtliga vindkraftverk kan ljudregleras med 6,0 dBA. Beräkningarna visar således att det finns faktiska och tekniska möjligheter att innehålla riktvärdet.

### **Jämförelse mot riktvärden - Lågfrekvent ljud**

Riktvärdena inomhus i 1/3-oktavband mellan 31,5-200 Hz, motsvarande Folkhälsomyndighetens riktvärden i FoHMFS 2014:13, **innehålls** för alla frekvenser i samtliga 13 ljudkänsliga punkter.

Sida	Innehåll
4	Riktvärden lågfrekvent ljud
5	Metod lågfrekvent ljud
6	Beräkningsförutsättningar
7	Ljuddata
8-9	Verksdata
10	Resultat - Ljudkarta
11-12	Resultat - Ekvivalent ljudnivå
13-16	Resultat - Lågfrekvent ljud

**Riktvärden lågfrekvent ljud**

För riktvärden och bedömning av lågfrekvent ljud hänvisar Naturvårdsverket till *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus, FoHMFS 2014:13*. Riktvärdena redovisas i Tabell 1.

Det finns även exempel i rättspraxis på att lågfrekvent ljud reglerats enligt dessa riktvärden. Se t.ex. Mark-och miljööverdomstolen (MÖD) domar i mål M 1067-15 och M 1064-15. Det är därvid också, utifrån dessa domar, lämpligt att göra bedömning av lågfrekvent ljud från vindparker mot Folkhälsomyndighetens riktvärden, i de fall det anses nödvändigt. I de hänvisade domarna anges även förtydliganden kring vad som gäller vid överskridande av riktvärdena. Det anges dels att ett visst antal överskridande av riktvärdena tillåts enligt nedan:

*”Om bostäder på grund av verksamheten mer än vid enstaka tillfällen, och högst fem dygn per år, exponeras för lågfrekvent buller som ger upphov till överskridanden inomhus av följande värden, ska bolaget genomföra bullerbegränsande åtgärder.”*

Därutöver anges hur de bullerbegränsande åtgärderna bör genomföras vid överskridande:

*”Målet för åtgärderna ska vara att uppnå en ljudnivå inomhus som inte överskrider dessa värden. 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.”*

**Tabell 1. Riktvärden för lågfrekvent ljud enligt FoHMFS 2014:13.**

Frekvens (Hz)	Ljudtrycksnivå (dB)
31,5	56
40	49
50	43
63	42
80	40
100	38
125	36
160	34
200	32

### Metodbeskrivning - Beräkning av lågfrekvent ljud inomhus

Det finns ingen av Naturvårdsverket anvisad metod för beräkning av lågfrekvent ljud inomhus för jämförelse mot Folkhälsomyndighetens riktvärden. Den metod som används i aktuella beräkningar är baserad på Akustikkonsultens erfarenhet, från ett stort antal utredningar av lågfrekvent ljud både genom beräkning och kontrollmätning, och bedöms ge ett bra underlag för bedömning mot aktuella riktvärden. Metoden redovisas enligt nedan.

Utredningen baseras på beräkning av ljudnivåer utomhus i 1/3-oktavband, mellan 31,5-200 Hz, med den nordiska beräkningsmetoden Nord2000. Därefter beräknas ljudnivåer inomhus i 1/3-oktavband utifrån en antagen konservativ fasaddämpning, för jämförelse mot riktvärdena enligt Tabell 1.

Den fasaddämpning som antas, se Tabell 2, är från en artikel om ljudisolering i bostäder vid låga frekvenser av Hoffmeyer och Jakobsen, *Sound insulation of dwellings at low frequencies, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, vol 29, no 1, pp 15-23. 2010*. Enligt studien har 80 - 90 % av typiska danska bostäder bättre fasaddämpning. Noterbart är också att fasaddämpningen är uppmätt på hus i Danmark och normalt har bostadshus i Sverige fasader med bättre isolering som dämpar ljudet bättre. Det kan dock också finnas hus med sämre fasaddämpning. Akustikkonsultens bedömning är att dessa värden på fasaddämpningen utgör en rimlig skattning för svenska förhållanden, så länge inga andra rekommendationer finns att tillgå från Naturvårdsverket.

Beräkningsgång för beräkning av lågfrekvent ljud inomhus kan sammanfattas i punktform enligt punkt A-D:

- A. Beräkning av ljudnivå mellan 31,5-200 Hz utomhus med Nord2000
- B. Antagande av fasaddämpning enligt Tabell 2
- C. Beräkning av ljudnivå inomhus mellan 31,5-200 Hz, Punkt A – Punkt B
- D. De beräknade ljudnivåerna inomhus i punkt C jämförs mot riktvärden i Tabell 1

**Tabell 2. Antagen fasaddämpning enligt Hoffmeyer och Jakobsen.**

Frekvens (Hz)	Ljudtrycksnivå (dB)
31,5	6,7
40	7,6
50	10,3
63	14,2
80	17,5
100	18,4
125	17,5
160	18,6
200	22,4

Vindpark	Verkstyp	Antal vindkraftverk	Navhöjd [m]	Totalhöjd [m]	Ljudeffektnivå [dBA]
Ripfjället	Vestas V162-5.6 MW	30	169	250	104,0

Beräkningsparametrar i programvara	
Beräkningsprogram	SoundPLAN 8.1
Beräkningsstandard	Nord2000
Sökradie	30 000 m
Beräkningshöjd	1,5 m
Lufttryck	1013,25 mbar
Relativ luftfuktighet	70 %
Temperatur	15 °C
Temperaturgradient	0,05 °C/m
Råhetslängd enligt NV Rapport 6241	0,3 m
Höjd anemometer	10 m
Vindhastighet	8 m/s
Standardavvikelse vindhastighet	0,5 m/s
Vindriktning	Medvind åt alla håll
Turbulenta vindhastighetsfluktuationer	0,12 m <sup>4</sup> /3/s <sup>2</sup>
Turbulenta temperaturfluktuationer	0,008 K/s <sup>2</sup>
Effektiv flödesresistans mark	Klass D
Effektiv flödesresistans vatten	Klass H
Koordinatsystem	SWEREF99 TM (15°)
Höjddata	GSD2 och GSD50

#### Information om beräkningsparametrar

Eftersom vädret under ett normalår är högst varierande i Sverige väljs värden på vädret enligt praxis, vilket även motsvarar värden enligt ISA-Standarden (International Standard Atmosphere) för lufttryck och temperatur. Lufttrycket ska då vara 1013,25 mbar och temperaturen 15°C. Luftfuktigheten 70% och temperaturen 15°C rekommenderas även i de nya finska riktlinjerna för beräkning av ljud från vindkraft med Nord2000 liksom i de danska industribullerföreskrifterna. I beräkningsmetoden för externt industribuller, rapport DAL-32, som brukar användas i Sverige för industribullerberäkningar rekommenderas luftfuktigheten 70% och temperaturen 15°C för planeringsändamål.

Noterbart är också att beräkningarna är utförda för positiv temperaturgradient vilket motsvarar svag inversion. Värdet 0,05 °C/m är det högsta värdet som är godkänt enligt mätmetoden för ljudimmission av vindkraft enligt den av Naturvårdsverket rekommenderade mätmetoden Elforsk 98:24. Ljudnivån vid positiv temperaturgradient blir i regel högre än vid negativ temperaturgradient.

Markens "hårdhet" eller impedans anges i Nord2000 som effektiv flödesresistans. Det finns totalt 8 klasser, A-H, där A är väldigt mjuk mark och H är väldigt hård mark. Klass D klassas som normal mark. I aktuella beräkningar används klass D för normal mark och klass H för vattenytor.



Vindkraftverk	Reglerinställning	Ljudeffektnivå, $L_{WA}$ [dBA]
Vestas V162-5.6 MW	Mode 0 STE*	104,0

**Referens ljuddata:** Ljudeffektnivå och frekvensspektrum i 1/3-oktavband har tagits från leverantörens dokument: 0079-5298\_01 daterat 2019-01-23. Den angivna ljudeffektnivån för reglerinställning "Mode 0 STE" är 104,0 dBA. Det finns därutöver fem reglerinställningar med en lägre ljudeffektnivå. Det innebär att det finns en skyddsmarginal om ytterligare 6,0 dBA på samtliga vindkraftverk i aktuell beräkning, om en framtida kontroll visar att riktvärdet överskrids.

Dokumentet har erhållits av Vestas Northern Europe AB och enligt sekretessavtal mellan Vestas och Akustikkonsulten i Sverige AB får frekvensdata ej redovisas.

\*STE=Blad med Serrated Trailing Edge

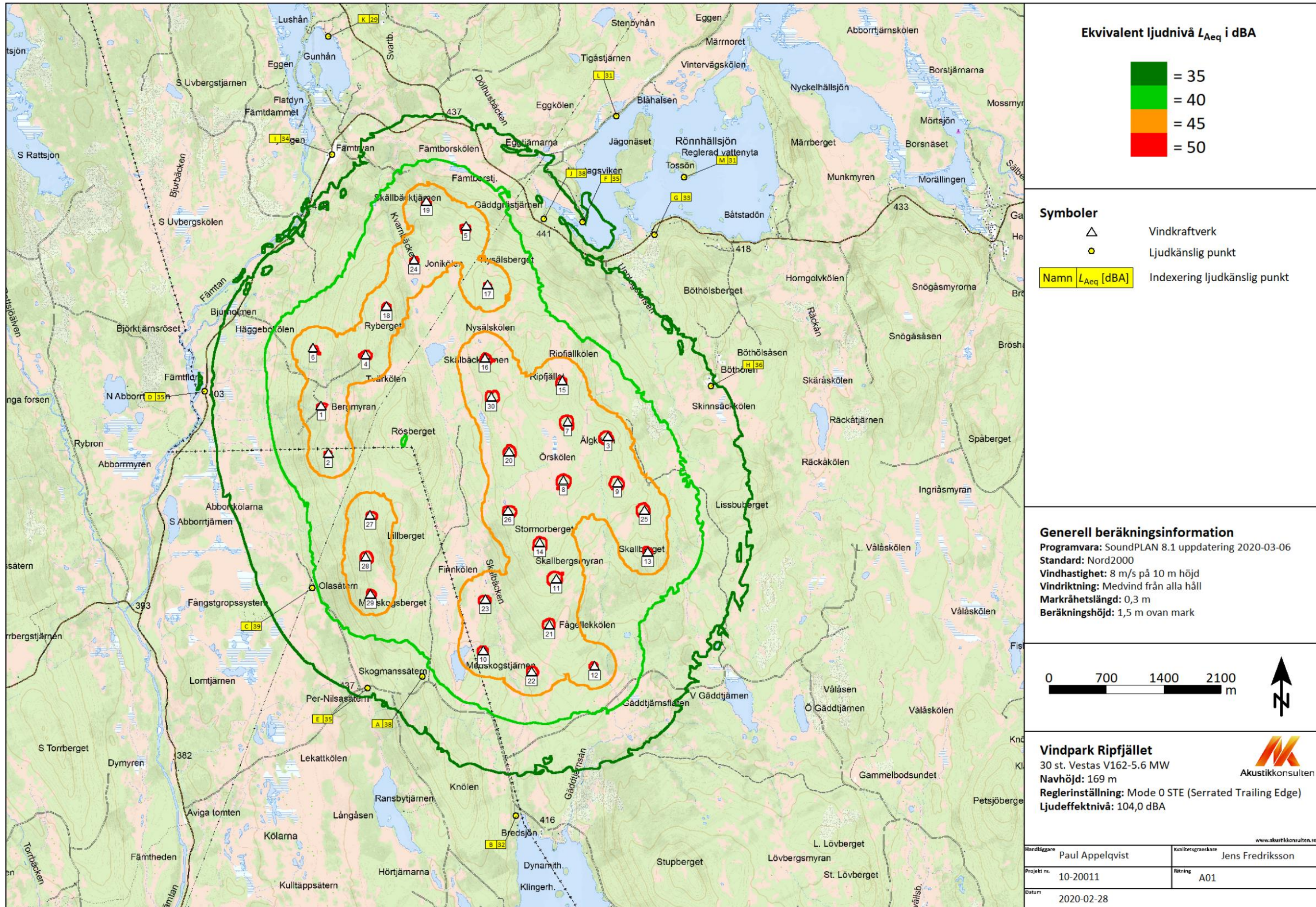
#### Information om ljuddata

Beräkningar gäller utifrån de använda ljuddata, ljudeffekt samt frekvensspektrum. Dessa ljuddata garanteras inte av Akustikkonsulten i Sverige AB.

Vindpark Ripfjället								
Vindkraftverk	Verkstyp	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]
1	Vestas V162-5.6 MW	403246	6729596	Mode 0 STE	104,0	169	663	494
2	Vestas V162-5.6 MW	403335	6729004	Mode 0 STE	104,0	169	685	516
3	Vestas V162-5.6 MW	406747	6729213	Mode 0 STE	104,0	169	732	563
4	Vestas V162-5.6 MW	403788	6730230	Mode 0 STE	104,0	169	715	546
5	Vestas V162-5.6 MW	405014	6731830	Mode 0 STE	104,0	169	657	488
6	Vestas V162-5.6 MW	403145	6730315	Mode 0 STE	104,0	169	644	475
7	Vestas V162-5.6 MW	406253	6729397	Mode 0 STE	104,0	169	739	570
8	Vestas V162-5.6 MW	406203	6728667	Mode 0 STE	104,0	169	732	563
9	Vestas V162-5.6 MW	406862	6728639	Mode 0 STE	104,0	169	726	557
10	Vestas V162-5.6 MW	405226	6726552	Mode 0 STE	104,0	169	640	471
11	Vestas V162-5.6 MW	406114	6727441	Mode 0 STE	104,0	169	699	530
12	Vestas V162-5.6 MW	406582	6726360	Mode 0 STE	104,0	169	632	463
13	Vestas V162-5.6 MW	407232	6727775	Mode 0 STE	104,0	169	708	539
14	Vestas V162-5.6 MW	405913	6727894	Mode 0 STE	104,0	169	736	567
15	Vestas V162-5.6 MW	406188	6729907	Mode 0 STE	104,0	169	741	572
16	Vestas V162-5.6 MW	405242	6730191	Mode 0 STE	104,0	169	713	544
17	Vestas V162-5.6 MW	405280	6731103	Mode 0 STE	104,0	169	700	531
18	Vestas V162-5.6 MW	404041	6730832	Mode 0 STE	104,0	169	735	566
19	Vestas V162-5.6 MW	404528	6732142	Mode 0 STE	104,0	169	643	474
20	Vestas V162-5.6 MW	405537	6729027	Mode 0 STE	104,0	169	714	545
21	Vestas V162-5.6 MW	406029	6726871	Mode 0 STE	104,0	169	672	503
22	Vestas V162-5.6 MW	405812	6726289	Mode 0 STE	104,0	169	626	457
23	Vestas V162-5.6 MW	405248	6727187	Mode 0 STE	104,0	169	643	474
24	Vestas V162-5.6 MW	404380	6731409	Mode 0 STE	104,0	169	674	505
25	Vestas V162-5.6 MW	407195	6728297	Mode 0 STE	104,0	169	686	517
26	Vestas V162-5.6 MW	405529	6728291	Mode 0 STE	104,0	169	701	532
27	Vestas V162-5.6 MW	403843	6728237	Mode 0 STE	104,0	169	709	540
28	Vestas V162-5.6 MW	403786	6727719	Mode 0 STE	104,0	169	690	521
29	Vestas V162-5.6 MW	403849	6727255	Mode 0 STE	104,0	169	697	528

Vindpark Ripfjället								
Vindkraftverk	Verkstyp	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]
30	Vestas V162-5.6 MW	405320	6729706	Mode 0 STE	104,0	169	704	535







Ljudkänslig punkt	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Marknivå [möh]	Ekvivalent ljudnivå [dBA]	Riktvärde [dBA]	Innehålls riktvärdet JA/NEJ
A	404486	6726245	500	38	40	JA
B	405623	6724511	416	32	40	JA
C	403141	6727347	426	39	40	JA
D	401825	6729791	403	35	40	JA
E	403817	6726099	441	35	40	JA
F	406439	6731895	417	35	40	JA
G	407319	6731742	428	33	40	JA
H	408004	6729855	502	36	40	JA
I	403384	6732739	419	34	40	JA
J	405966	6731936	424	38	40	JA
K	403334	6734207	415	29	40	JA
L	406849	6733214	417	31	40	JA
M	407675	6732453	416	31	40	JA

## Information om resultat

Resultatet är redovisat för 1,5 m höjd över mark.

Se ljudkartorna för indexering av ljudkänsliga punkter.

Det är punktberäkningen enligt ovan som ger det exakta resultatet. Om resultatet i ljudkartan samt punktberäkningen skiljer åt är det punktberäkningen som ska användas.

Avrundning har utförts i enlighet med s.k. svensk avrundning vilket innebär att 40,49 dBA avrundas till 40 dBA och att 39,50 dBA avrundas till 40 dBA. Noterbart är dock att ingen ljudkänslig punkt har avrundats ner till 40 dBA.

Riktvärdet för A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus, 40 dBA, **innehålls** i samtliga 13 ljudkänsliga punkter.

1) **Punkt A:** Beräknade ljudnivåer utomhus mellan 31,5-200 Hz. Beräkningarna har utförts med den nordiska beräkningsmodellen Nord2000 enligt praxis, vilket innebär att det blåser medvind 8 m/s på 10 m höjd.

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå utomhus i 1/3-oktavband [dB] <sup>1)</sup>								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
A	50	49	48	46	45	43	41	39	36
B	45	44	43	42	40	39	35	32	33
C	50	49	48	47	45	43	40	36	37
D	47	46	45	43	42	40	36	32	33
E	47	45	44	43	42	41	39	36	35
F	47	46	45	43	42	40	38	35	33
G	46	45	44	42	41	39	34	32	32
H	48	47	46	45	43	41	37	33	34
I	46	45	44	42	41	39	37	34	33
J	48	48	46	45	44	42	39	36	35
K	43	42	41	39	38	35	30	31	31
L	45	44	43	41	40	37	33	31	32
M	45	44	43	41	39	37	33	31	33

2) **Punkt B:** Fasaddämpning enligt artikeln *Sound insulation of dwellings at low frequencies, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, vol 29, no 1, pp 15-23. 2010* av Hoffmeyer och Jakobsen.

3) **Punkt C:** Ljudnivå inomhus fås genom att subtrahera ljudnivå utomhus i varje 1/3-oktavband med motsvarande frekvensband för fasaddämpningen, **Punkt A – Punkt B.**

Fasaddämpning [dB] enligt Hoffmeyer och Jakobsen <sup>2)</sup>									
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
	6,7	7,6	10,3	14,2	17,5	18,4	17,5	18,6	22,4
Ljudnivå inomhus i 1/3-oktavband [dB] <sup>3)</sup>									
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
A	43	41	37	32	27	24	24	20	14
B	39	37	33	28	23	20	18	13	11
C	43	42	38	32	28	25	23	17	14
D	40	38	34	29	25	21	18	13	11
E	40	38	34	29	24	22	22	18	13
F	40	38	34	29	25	22	21	16	11
G	40	37	33	28	23	20	17	13	10
H	42	40	36	30	26	22	19	15	12
I	39	37	33	28	23	21	20	16	11
J	42	40	36	31	27	24	22	18	13
K	37	34	30	25	21	17	13	12	9
L	38	36	32	27	22	18	15	12	10
M	38	36	32	27	22	19	15	13	10



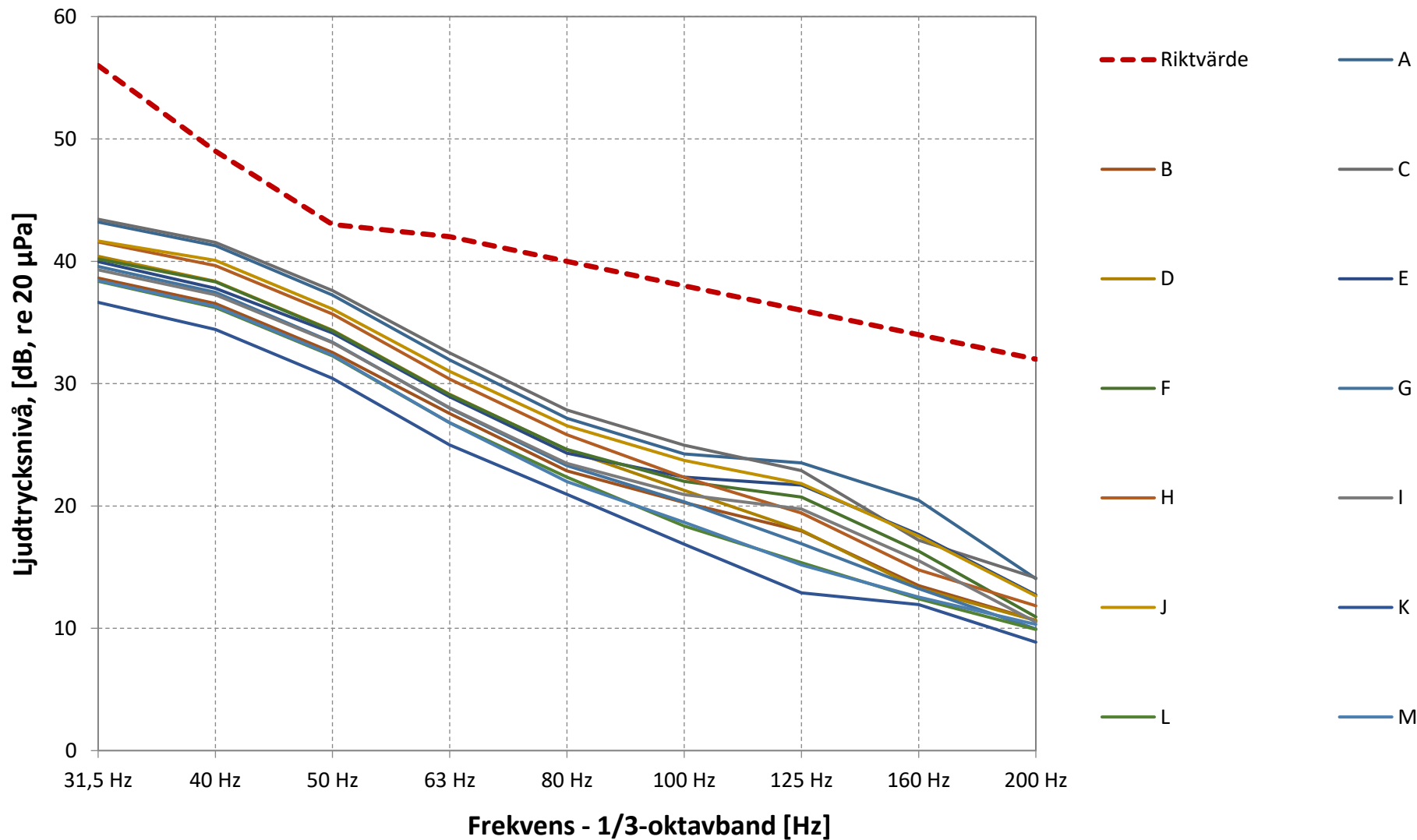
4) Riktvärden enligt Folkhälsomyndighetens rekommendation för lågfrekvent ljud inomhus, FoHMFS 2014:13.

5) **Punkt D:** Tabellen visar skillnaden mellan ljudnivån inomhus i varje 1/3-oktavband och riktvärden enligt punkt 4) i motsvarande frekvensband. Ett negativt grönt värde indikerar att riktvärdet innehålls medan ett positivt rött värde indikerar ett överskridande.

Detta illustreras även i grafen där den röda streckade linjen utgör riktvärdena för lågfrekvent ljud och de övriga linjerna utgör beräknade ljudnivåer inomhus mellan 31,5-200 Hz. Om linjerna ligger under den röda streckade linjen innehålls riktvärdena.

Riktvärden [dB] enligt FoHMFS 2014:13 <sup>4)</sup>									
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
	56	49	43	42	40	38	36	34	32
Jämförelse med riktvärden, 1/3-oktavband [dB] <sup>5)</sup>									
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
A	-13	-8	-6	-10	-13	-14	-12	-14	-18
B	-17	-12	-10	-14	-17	-18	-18	-21	-21
C	-13	-7	-5	-10	-12	-13	-13	-17	-18
D	-16	-11	-9	-13	-15	-17	-18	-21	-21
E	-16	-11	-9	-13	-16	-16	-14	-16	-19
F	-16	-11	-9	-13	-15	-16	-15	-18	-21
G	-16	-12	-10	-14	-17	-18	-19	-21	-22
H	-14	-9	-7	-12	-14	-16	-17	-19	-20
I	-17	-12	-10	-14	-17	-17	-16	-18	-21
J	-14	-9	-7	-11	-13	-14	-14	-16	-19
K	-19	-15	-13	-17	-19	-21	-23	-22	-23
L	-18	-13	-11	-15	-18	-20	-21	-22	-22
M	-18	-13	-11	-15	-18	-19	-21	-21	-22

## Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter



Uppdrag:  
10-20011  
PM 01

Datum  
2020-02-28

Upprättad av:  
Paul Appelqvist  
Telefon:  
0730 - 780 986  
E-post:  
paul@akustikkonsulten.se

Beställare:  
WPD Scandinavia AB  
Genom:  
Weronica Andersson



# Kunskapsläget – Infraljud och lågfrekvent ljud från vindkraft

## 1 Inledning

WPD Scandinavia AB ("Bolaget") har en pågående tillståndsansökan för att etablera en vindpark i Malungs kommun, vindpark Ripfjället. I samrådsprocessen har det inkommit frågor och synpunkter rörande eventuell påverkan från bl.a. infraljud orsakat av den planerade vindparken. Bolaget har gett Akustikkonsulten i Sverige AB (Akustikkonsulten) i uppdrag att se över kunskapsläget kring infraljud från vindkraftverk, vilket redovisas i föreliggande PM. Därutöver inkluderas även samma översyn för lågfrekvent ljud, då bedömning och konsekvenser av lågfrekvent ljud ofta blandas ihop med infraljud.

## 2 Slutsats infraljud och lågfrekvent ljud

Baserat på genomgången i detta PM kan följande slutsatser dras.

### Infraljud:

- Det finns inga riktvärden på infraljud (1-20 Hz) från vindkraftverk i boendemiljö i Sverige idag och den generella forskningssynen i världen är att ljudnivåerna av infraljud ligger klart under perceptionströskeln för människor. Det finns heller ingen evidens för kända hälsoeffekter för infraljud under perceptionströskeln.
- Baserat på rådande kunskapsläge är det därvid inte troligt med hälsoeffekter orsakade av infraljud från vindpark Ripfjället. Det är därutöver viktigt att ha ett holistiskt synsätt vid bedömning av potentiella effekter av infraljud. Det finns psykologiska studier som visar att en uppbyggd förväntan på symtom i praktiken kan orsaka reella symtom som inte har direkt koppling till den faktiska exponeringen av infraljud, se avsnitt 5.1.

- Enligt aktuella domar i Mark- och miljööverdomstolen samt Mark- och miljödomstolen ska infraljud inte heller regleras i tillstånd för vindparker.
- Enligt Naturvårdsverkets remiss till ny vägledning för buller från vindkraftverk anger även Naturvårdsverket att det inte finns några evidens för negativa hälsoeffekter orsakat av infraljud från vindkraftverk.

#### Lågfrekvent ljud:

- Det finns en etablerad rättspraxis på reglering av lågfrekvent ljud (20-200 Hz) från vindkraftverk där Folkhälsomyndighetens riktvärden på lågfrekvent ljud inomhus tillämpas som ett åtgärdsinriktat villkor.
- Folkhälsomyndighetens riktvärden lämpar sig väl för bl.a. vindkraft liksom andra bullerkällor i samhället och det är inte troligt att dessa kommer förändras inom överskådlig tid.
- Om riktvärdet på A-vägd ekvivalent ljudnivå, 40 dBA, innehålls är det också troligt att Folkhälsomyndighetens riktvärden på lågfrekvent ljud innehålls. Om Folkhälsomyndighetens riktvärden inomhus innehålls är det heller inte troligt med allvarliga störningar eller olägenhet för människors hälsa p.g.a. lågfrekvent ljud från vindkraftverk.
- Beräkningar av A-vägd ekvivalent ljudnivå samt lågfrekvent ljud utförda av Akustikkonsulten för vindpark Ripfjället visar att både 40 dBA samt Folkhälsomyndighetens riktvärden innehålls med givna förutsättningar (1). Detta bekräftar slutsatsen i föregående punkt d.v.s. att om 40 dBA innehålls är det även troligt att Folkhälsomyndighetens riktvärden innehålls.

## 3 Allmänt om infraljud och lågfrekvent ljud

Infraljud definieras normalt som ljud mellan frekvenserna 1 och 20 Hz och lågfrekvent ljud som ljud mellan frekvenserna 20 och 200 Hz. Ljud från vindkraftverk innehåller, precis som många andra bullerkällor i samhället, både infraljud, lågfrekvent ljud, liksom ljud vid högre frekvenser. Det huvudsakliga ljudbidraget, som kan uppfattas av människans hörsel, vid en bostad ligger i frekvensintervallet 500-1000 Hz vilket ger bidrag till den A-vägd ekvivalenta ljudnivån, normalt riktvärde 40 dBA, som brukar förknippas med ett "svi-schande ljud".

## 4 Villkorsreglering av infraljud och lågfrekvent ljud

### 4.1 Infraljud

I Sverige finns i dagsläget, 2020, inga riktvärden på infraljud från vindkraftverk. Detta baseras bl.a. på den generella forskningssynen att infraljud från vindparker inte är ett problem vilket också är Naturvårdsverkets samt miljödomstolarnas nuvarande bedömning, se slutet på detta avsnitt för exempel på domstolspraxis. Det kan här noteras att det inte heller finns riktvärden på infraljud från andra samhällsbullerkällor, t.ex. vägtrafik eller industrier. De enda exponeringsvärden som finns, för jämförelse, på infraljud i Sverige är de riktvärden som anges av Arbetsmiljöverket i *AFS 2005:16, Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller* (2) enligt Tabell 1.

Tabell 1. Exponeringsvärden för infraljud enligt AFS 2005:16 (2)

Frekvens (Hz)	Ljudtrycksnivå (dB)
2	130
2,5	126
3,15	122
4	118
5	114
6,3	110
8	106
10	102
12,5	98
16	94
20	90

Det anges även om dessa exponeringsvärden att (2):

*”Angivna värden ligger 5–10 dB över perceptionströskeln. Infraljud med nivåer under dessa exponeringsvärden torde normalt inte leda till några effekter. Vid mätning av infraljud genom bestämning av den totala G-vägda ljudtrycksnivån enligt SS-ISO 7196 gäller ovanstående för G-vägda exponeringsvärden under ca 105 dB.”*

Att tänka på är att det normalt accepteras högre ljudnivåer i arbetsmiljö jämfört med boendemiljö, men de angivna exponeringsvärdena är högst sannolikt satta ur hälsoperspektiv för långvarig exponering i arbetsmiljö. Som nämns finns inga motsvarande exponeringsvärden för boendemiljö i Sverige.

Ett annat vanligt sätt att ange exponeringsvärden för infraljud är som G-vägd ljudnivå. I Danmark anges t.ex. för infraljud, av Miljøstyrelsen d.v.s. motsvarande Naturvårdsverket i Danmark, ett generellt riktvärde på 85 dB som G-vägd ljudnivå inomhus i bostadshus (3), vilket är 10 dB under perceptionströskeln som brukar anges till 95 dB som medelvärde. Detta för att väga in individuell spridning mellan olika människor (4). Tydligt för de riktvärden som finns på infraljud i världen är dock att de är kopplade till perceptionströskeln, där infraljud under denna perceptionströskel enligt den generella forskningssynen inte anses leda till kända hälsoeffekter.

Enligt ett antal aktuella domar i både Mark- och miljööverdomstolen (MÖD) samt Mark- och miljödomstolen (MMD) anges att infraljud från vindparker inte ska regleras vid tillståndsprövning av vindparker. Se t.ex. Mark- och miljödomstolen dom i mål M 4293-18 daterad 2019-05-09 (5). I domen framgår att ett antal parter i målet yrkat på reglering av infraljud bl.a. genom skyddsavstånd till den sökta vindparken. Som stöd har man anfört ett antal studier inom ämnet, som hävdas visa på hälsorisker. MÖD anger dock följande om infraljud i domskälet, där den information som framförts av parter i målet har beaktas i beslutet (sida 17):

*”Mark- och miljööverdomstolen bedömer att det inte finns skäl att föreskriva villkor om infraljud. Yrkandet om att vindkraftverk inte ska få placeras närmare någon bostad än två kilometer samt yrkandena om ändring av bullervillkor och införande av villkor om infraljud ska därmed avslås.”*

Enligt rådande rättspraxis ska infraljud således inte regleras vid tillståndsprövning av vindparker.

## 4.2 Lågfrekvent ljud

När det gäller lågfrekvent ljud från vindkraft har riktvärden enligt *FoHMS 2014:13, Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus* (6) tillämpats i många nya tillstånd för vindparker. Riktvärdena reglerar lågfrekvent ljud inomhus i 1/3-oktavband mellan 31,5-200 Hz enligt Tabell 2.

Tabell 2. Riktvärden för lågfrekvent ljud enligt FoHMFS 2014:13 (6)

Frekvens (Hz)	Ljudtrycksnivå (dB)
31,5	56
40	49
50	43
63	42
80	40
100	38
125	36
160	34
200	32

Riktvärdena på lågfrekvent ljud är enligt Folkhälsomyndigheten satta för att undvika olägenhet för människors hälsa (6):

*”Dessa riktvärden bör tillämpas vid bedömningen av om olägenhet för människors hälsa föreligger.”*

Det är således viktigt att poängtera att dessa riktvärden inte är satta rakt av utifrån hörbarheten. För frekvensbanden 31,5-50 Hz ligger ovan givna riktvärden strax under perceptionströskeln (Enl. definition i ISO 226:2003), men inte för högre frekvenser, där man alltså tillåter att ljudet är hörbart, så länge det inte överskrider angivna nivåer.

Dessa riktvärden har även etablerats i fast rättspraxis i ett stort antal domar i MÖD, bl.a. domar i mål M 1064-15 och M 1067-15 daterade 2016-03-02 (7) (8).

## 5 Kunskapsläget – Infraljud och lågfrekvent ljud

Frågan kring infraljud och lågfrekvent ljud har varit uppe i debatten kring vindkraft under lång tid och det finns olika syn i forskningsvärlden kring den reella påverkan. För att utreda den reella påverkan av lågfrekvent ljud och infraljud från vindkraftverk har därvid Naturvårdsverket låtit utföra en kunskapsammanställning i ämnet (9), studien är från 2011 och utförd av några av Sveriges främsta forskare inom akustik och miljömedicin. Studien är idag, 2020, således nio år gammal och i nästföljande avsnitt görs en vidare bedömning om det framkommit nya rön inom ämnet som skulle föranleda ett nytt förhållningssätt. Det som är viktigt att trycka på när det gäller bedömning av buller är att påverkan alltid måste ställas i relation till exponeringsvärden och hur människor påverkas, det som vanligt kallas dos-responssamband.

## 5.1 Infraljud

När det gäller infraljud sägs i Naturvårdsverkets kunskapssammanställning att (9):

*”Infraljud (1–20 Hz) från vindkraftverk är inte hörbart på nära håll och än mindre på de avstånd där bostäder är belägna. Det finns inga belägg för att infraljud vid dessa nivåer bidrar till bullerstörning eller har andra hälsoeffekter. Utifrån dagens kunskapsläge finns det således ingen forskning som tyder på att infraljud är ett problem kring vindparker.”*

Att infraljud från vindkraftverk har låga ljudnivåer, i relation till perceptionströskeln för infraljud, bekräftas även av en stor tysk studie från 2015 (10). I studien som finansierats av Ministry for the Environment, Climate and Energy of the Federal State of Baden-Wuerttemberg redovisas mätningar av infraljud och lågfrekvent ljud från 6 olika vindkraftverk med en märkeffekt på 1,8-3,2 MW. Det görs också jämförande mätningar på andra ljudkällor i samhället som t.ex. vägtrafik. En slutsats när det gäller infraljud är att nivån på ett avstånd mellan 120 m och 300 m från vindkraftverken ligger väl under den mänskliga perceptionströskeln, vilket således bekräftar slutsatsen i Naturvårdsverkets studie från 2011 (9). Nivån av infraljud har inte heller högre nivåer än många andra ljudkällor som finns i samhället t.ex. vägtrafik eller industrier.

En liknande studie har även utförts i Australien finansierad av Environment Protection Authority, motsvarande Naturvårdsverket. Studien är publicerad 2013 och bekräftar mätresultatet från den tyska studien samt Naturvårdsverkets slutsats i dess kunskapssammanställning och sammanfattas enligt nedan:

*”It is clear from the results that the infrasound levels measured at the two residential locations near wind farms (Location 8 near the Bluff Wind Farm and Location 9 near Clements Gap Wind Farm) are within the range of infrasound levels measured at comparable locations away from wind farms. Of particular note, the results at one of the houses near a wind farm (Location 8) are the lowest infrasound levels measured at any of the 11 locations included in this study.*

*This study concludes that the level of infrasound at houses near the wind turbines assessed is no greater than that experienced in other urban and rural environments, and that the contribution of wind turbines to the measured infrasound levels is insignificant in comparison with the background level of infrasound in the environment.”*

Med slutsatsen att nivåer av infraljud inte är högre kring vindparker än generellt i samhället. Tvärtom uppmättes de lägsta nivåerna av infraljud i studien vid en av de undersökta vindparkerna, i jämförelse med 11 andra mätplatser i studien bl.a. i stadsmiljö.

Att infraljud från vindkraftverk ligger väl under den mänskliga perceptionströskeln, för ljudnivåer över perceptionströskeln finns det kända hälsoeffekter, är också slutsatsen i en stor kanadensisk studie från 2015 med fokus på ljud från vindkraft och människors hälsa (11):

*”In addition, the Panel found no evidence that wind turbines routinely produce infrasound at levels significantly higher than other environmental sources, such as the wind itself, or at levels associated with the known health effects of infrasound.”*

När det gäller hälsoeffekter kopplat till infraljud är det vetenskapligt vedertaget att höga ljudnivåer av infraljud kan ge olika typer av symtom, t.ex. hjärt- och kärleffekter. Detta är en anledning till de exponeringsvärden som anges av Arbetsmiljöverket för arbetsmiljöer (2). Ett yrke där hälsoeffekter orsakade av infraljud uppmärksammats är t.ex. piloter som ofta utsätts för väldigt höga nivåer av infraljud. Detta rör dock betydligt högre ljudnivåer än vad som uppmäts kring vindparker i ett stort antal forskningsstudier, bl.a. de som refereras i detta PM. En del forskningsstudier pekar dock på att hälsoeffekter kan uppkomma även för infraljud under perceptionströskeln. När det gäller hälsoeffekter är det dock viktigt att ha underbyggda evidens vilket ofta är en brist i flertalet av dessa studier.

Som exempel kan nämnas den diagnos som kallas "vibroakustisk sjukdom" (vibroacoustic disease), vilken har förts fram av en portugisisk forskargrupp vars resultat publicerats i olika forum t.ex. i (12). Relevansen av denna diagnos i relation till vindkraft har bedömts av en rad framstående forskare, t.ex. i Naturvårdsverkets kunskapssammanställning samt den kanadensiska studien från 2015 där bl.a. en av Sveriges främsta forskare inom området, Kerstin Persson Wayne verksam på Göteborgs Universitet, var delaktig. I Naturvårdsverkets kunskapssammanställning sägs om "vibroakustisk sjukdom" att (11):

*"Detta har inte uppmärksammats av andra forskare trots att denna grupp propagerat för vibroakustisk sjukdom de senaste 20-30 åren i olika artiklar (främst konferensbidrag). Problemet verkar endast relevant vid höga yrkesexponeringar, till exempel hos flygmekaniker (Castelo Branco & Alves-Pereira, 2004), knappast vid låg dos från vindkraftverk. Diskussionen kring vibroakustisk sjukdom ligger fortsatt på hypotesstadiet och belägg för problem relaterat till ljud från vindkraft saknas."*

Vilket bekräftas av den kanadensiska studien (11):

*"A Portuguese research group has argued that infrasound and low-frequency noise from wind turbines may cause "vibroacoustic disease," a hypothesized syndrome including cardiovascular effects such as increased risk of coronary artery surgery, which may be associated with long-term exposure to sound with high sound pressure levels and low-frequency components (Alves-Pereira & Branco, 2007). To date, independent research has failed to support the existence of "vibroacoustic disease" (Kåsin et al., 2012)."*

Sammanfattningsvis finns det 2020, vad Akustikkonsulten känner till, ingen forskning som vunnit hävd med stöd av evidens att infraljud från vindkraftverk kan orsaka hälsoeffekter. Det är som nämnts tidigare mycket viktigt att forskning kring buller kan underbyggas med det s.k. dos-responssambandet, vilket som sagt är den stora bristen i studier som hävdar att hälsoeffekter från infraljud existerar. En annan mycket viktig faktor att beakta i bedömningen är att ljudnivåer av infraljud från vindparker inte är högre än infraljud i t.ex. en normal stad med vägtrafik eller på en arbetsplats, även där med långvarig exponering.

När det gäller självrapporterade symtom som kopplas till infraljud från vindparker finns även andra teorier kring orsak. I flera olika artiklar (13) (14) (15) görs en koppling till psykologiska faktorer kopplat till förväntade symtom från infraljud orsakade av vindkraftverk och hur det rapporteras i medier och andra forum. Teorin är att den faktiska upplevelsen kan vara kopplad till denna förväntan och inte direkt till den reella dosen av infraljud. Att förväntan av potentiella störningar faktiskt kan påverka den faktiska rapporterade stör-



ningen, bl.a. symtom som kan förekomma vid höga ljudnivåer av infraljud, är även en slutsats i en stor tysk studie från 2017 (16). En slutsats från denna studie är att personer som är kritiska till en etablering av vindkraft redan i projekteringsfasen, även är de som rapporterar störningar och symtom då vindparken är i drift. Enligt denna studie är det därför viktigt med korrekt och saklig information redan i projekteringsfasen, för att förebygga negativ påverkan för så många människor som möjligt.

När det gäller infraljud kan även nämnas att Naturvårdsverket i sin remiss till ny vägledning för buller från vindkraftverk, hösten 2019, har gjort en bedömning av infraljud från vindkraftverk utifrån rådande kunskapsläge (17). I remissen nämns (sida 4):

*”Lågfrekvent buller ska heller inte förväxlas med infraljud som är icke-hörbart ljud under 20 Hz. Infraljud kan visserligen påverka människor negativt vid höga nivåer. Exempelvis kan personer som jobbar på vissa bullrande industrier och i flygplan exponeras för infraljud som orsakar obehag och i förlängningen andra negativa hälsoeffekter. På de avstånd som krävs mellan vindkraftverk och bostäder i Sverige är nivån av infraljud från vindkraftverk betydligt lägre och det finns ingen evidens för negativa hälsoeffekter orsakat av infraljud från vindkraftverk.”*

Vilket är i linje med Akustikkonsultens slutsats i detta PM.

## 5.2 Lågfrekvent ljud

Gällande lågfrekvent ljud finns det enligt Naturvårdsverkets kunskaps sammanställning inget som särskiljer ljud från vindkraft från andra ljudkällor i samhället (9):

*”Lågfrekvent ljud (20–200 Hz) från moderna vindkraftsverk är ofta hörbart vid gällande riktvärden för bostäder, men vindkraftsbullret har inte större innehåll av lågfrekvent ljud än andra vanliga bullerkällor vid deras riktvärden, till exempel buller från vägtrafik. Större vindkraftverk genererar förhållandevis mer lågfrekvent ljud än mindre vindkraftverk, även med hänsyn taget till total ljudnivå. Med allt större vindkraftverk kommer därför andelen lågfrekvensljud i vindkraftsbullret att öka något. Förutsatt att riktvärdet utomhus vid bostadens fasad, 40 dBA, och Socialstyrelsens riktvärden för lågfrekvent buller inomhus är uppfyllda är det dock inte troligt att allvarliga störningar till följd av lågfrekvensbuller från vindkraft är att vänta i framtiden.”*

Slutsatsen från (9) att större vindkraftverk genererar förhållandevis mer lågfrekvent ljud än mindre vindkraftverk har dock ifrågasatts i senare studier. I en studie från 2014 (18) har en sammanställning av frekvensspektrum från flera hundra vindkraftverk redovisats och slutsatsen är att ljudnivån vid låga frekvenser, från nya moderna vindkraftverk, snarare har minskat de senaste åren:

*“This suggests that there is a development towards less low frequency noise, possibly because tonality in this frequency range is an area of focus for the developers. Also aerodynamic and aero acoustic optimization of the blades tends to shift the aero acoustically generated noise towards higher frequencies.”*

En orsak till detta kan vara att tillverkare av vindkraftverk designar nya vindkraftverk för att minimera lågfrekvent ljud, då det i många länder har införts krav på lågfrekvent ljud

t.ex. i Sverige och Danmark. Att det inte går att dra en generell slutsats att större vindkraftverk ger mer lågfrekvent ljud är också Akustikkonsultens erfarenhet från ett stort antal närfältsmätningar, mätning av källljud, på vindkraftverk.

Lågfrekvent ljud från olika ljudkällor i samhället har behandlats i en övergripande studie från 2017 utförd av Arbets- och miljömedicin, vid Göteborgs universitet (19). Studien är utförd inom ramen för projektgruppen om lågfrekvent buller i den nationella bullersamordningen som består av Folkhälsomyndigheten, Boverket, Trafikverket, Naturvårdsverket och Transportstyrelsen. Syftet med studien är bl.a. att utreda dagens kunskapsläge kring lågfrekvent ljud kopplat till störning och annan hälsopåverkan, att utgöra underlag för framtida uppdateringar av vägledningar samt att utreda om Folkhälsomyndighetens riktvärden på lågfrekvent ljud är tillräckliga för villkorsreglering av lågfrekvent ljud. I studien behandlas bl.a. lågfrekvent ljud från vindkraftverk:

*”För vindkraftverk är risken liten för nivåer högre än rekommenderade riktvärden enligt FoHMFS 2014:13 och utvärderat under 30 sekunder, i de exempel vi studerat. I verkliga fall förekommer dels villor med sämre ljudisolering, och dels mer extrema vädersituationer, och marginalen är inte särskilt stor. Det går inte att utesluta att höga ljudnivåer vid låga frekvenser kan förekomma i enskilda fall, men sannolikt är det riktvärdet för utomhusnivå (40 dB A-vägd ekvivalent nivå vid 8 m/s vindhastighet på en höjd av 10 m över marknivå) som kommer att vara det avgörande i de flesta fall.”*

Slutsatsen är således att det sannolikt är utomhusnivån, ekvivalent ljudnivå 40 dBA, som är avgörande vid etablering av vindparker. Det går dock inte att utesluta höga ljudnivåer vid låga frekvenser i enskilda fall, t.ex. kan en del hus kan ha väldigt dålig fasadisolering. När det gäller Folkhälsomyndighetens riktvärden, som ofta tillämpas i tillstånd för vindparker, dras följande slutsats i studien:

*”Vi kan idag utifrån befintligt kunskapsläge inte se att det finns skäl att ha olika riktvärdeskonstruktion för olika bullerkällor. Befintliga beräkningsmetoder kan utgå från tersband (Nord 2000, Harmonoise) och dagens mätinstrument kan mäta tersband med god noggrannhet.”*

Detta är även i linje med etablerad rättspraxis där villkorsreglering av lågfrekvent ljud har fastställts utifrån Folkhälsomyndighetens riktvärden, se t.ex. domar i mål M 1064-15 och M 1067-15 daterade 2016-03-02 (7) (8). I domskälet till dom M 1064-15 (7) resonerar domstolen även kring eventuella störningar av lågfrekvent ljud:

*”Mark- och miljööverdomstolen bedömer att det är en låg sannolikhet för att verksamheten ska ge upphov till störningar på grund av lågfrekvent buller. Den lämpligaste regleringen för att säkerställa att bostäder i omgivningen inte utsätts för oacceptabla nivåer av sådant buller är ett åtgärdsinriktat villkor av det slag som framgår av domslutet.”*

Domstolen nämner således dels att det är låg sannolikhet för störningar orsakat av lågfrekvent ljud och dels att villkoret bör vara åtgärdsinriktat. I villkoret för lågfrekvent ljud i den aktuella domen (7) tillåts högre ljudnivåer än Folkhälsomyndighetens riktvärden vid enstaka tillfällen. Vid ofta förekommande överskridanden kan verksamhetsutövaren åläggas att utföra åtgärder, t.ex. sätta in nya fönster, i syfte att förbättra fasaddämpningen så att riktvärdena kan innehållas. Liknande villkor på lågfrekvent ljud har fastställts i ett antal

domar i MÖD och lägre instanser fram till 2020 och får nu anses utgöra praxis på hur lågfrekvent ljud från vindkraft ska regleras. Liknande villkorskonstruktion finns även för t.ex. hamnverksamhet som också ofta regleras för lågfrekvent ljud.

## 6 Referenser

1. **Appelqvist, P och Fredriksson, J.** *10-20011 A01 Ljudimmissionsberäkning 200228.* Stockholm : Akustikkonsulten i Sverige AB, 2020-02-28.
2. **Arbetsmiljöverket.** *AFS 2005:16, Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller.* u.o. : Arbetsmiljöverket, 2005-03-17. 91-7930-455-9.
3. **Miljøstyrelsen.** Grænseværdier for lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer. [Online] [Citat: den 25 02 2019.] <https://mst.dk/luft-stoej/stoej/stoejgraenser/lavfrekvent-stoej-infralyd-og-vibrationer/>.
4. **Jakobsen, J.** *Danish guidelines on environmental low frequency noise, infrasound and vibration.* u.o. : JOURNAL OF LOW FREQUENCY NOISE, VIBRATION AND ACTIVE CONTROL, 2001-03-02.
5. **SVEA HOVRÄTT, Mark- och miljööverdomstolen.** M 4293-18, Stockholm : SVEA HOVRÄTT, Mark- och miljööverdomstolen, 2019-05-09.
6. **Folkhälsomyndigheten.** *FoHMFS 2014:13, Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus.* u.o. : Folkhälsomyndigheten, 2014.
7. **SVEA HOVRÄTT, Mark- och miljööverdomstolen.** M 1064-15, Stockholm : SVEA HOVRÄTT, Mark- och miljööverdomstolen, 2016-03-02.
8. —. M 1067-15, Stockholm : SVEA HOVRÄTT, Mark- och miljööverdomstolen, 2016-03-02.
9. **Nilsson M E, Bluhm G, Eriksson G & Bolin K.** *Kunskapsammanställning om infra- och lågfrekvent ljud från vindkraftsanläggningar: Exponering och hälsoeffekter, Slutrapport till Naturvårdsverket.* 2011-11-28.
10. **Ratzel U, et al.** *Low-frequency noise incl. infrasound from wind turbines and other sources.* u.o. : LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, November 2016.
11. **THE, COUNCIL OF CANADIAN ACADEMIES.** *Understanding the Evidence: Wind Turbine Noise, The Expert Panel on Wind Turbine Noise and Human Health.* Ottawa : THE COUNCIL OF CANADIAN ACADEMIES, 2015.
12. **Alves-Pereira, M. och Castelo Branco, N. A. A.** *In-home wind turbine noise is conducive to vibroacoustic disease.* Lyon : Proceedings of the 2nd International Meeting on Wind Turbine Noise, 2007.
13. **Crichton, F, et al.** *The power of positive and negative expectations to influence reported symptoms and mood during exposure to wind farm sound.* u.o. : Health Psychol, 2013.



14. **Crichton, F och al, et.** *Can expectation produce symptoms from infrasound associated with windturbines?* u.o. : Health Psychol, 2013.
15. **Deignan, B., Harvey, E. och Hoffman-Goetz, L.** *Fright factors about windturbines and health in Ontario newspapers before and after the Green Energy Act.* u.o. : Health Risk Soc, 2013.
16. **Pohl, J.,M et al.** *Understanding stress effects of wind turbine noise – The integrated approach.* u.o. : Energy Policy, 2017.
17. **Naturvårdsverket.** *Remiss om buller från vindkraftverk.* Stockholm : Naturvårdsverket, 2019.
18. **B, Sondergard.** *Noise and Low frequency noise from Wind Turbines.* Melbourne : Inter-noise 2014, 2014.
19. **Persson Wayne K, Smith M, Ögren M.** *Hälsopåverkan av lågfrekvent buller inomhus, RAPPORT NR 3:2017.* Göteborg : ARBETS OCH MILJÖMEDICIN I GÖTEBORG, 2017.

Akustikkonsulten i Sverige AB

Paul Appelqvist  
Handläggare

Jens Fredriksson  
Kvalitetsgranskning