



PM04

1 (10)

Handläggare  
Paul Appelqvist

Tel +46 10 505 60 24

Mobil +46 70 184 57 24

Fax +46 10 505 00 10

paul.appelqvist@afconsult.com

Datum  
2014-11-20

Vattenfall Vindkraft AB  
Att: Ivette Farias

Uppdragsnr  
571154

Vindkraftpark Grönhult  
Utredning lågfrekvent ljud  
Paul Appelqvist  
Uppdragsansvarig

# Utredning av lågfrekvent ljud från vindkraftpark Grönhult – Layout B, Tranemo och Gislaveds kommuner

## 1 Bakgrund

Vattenfall Vindkraft AB har av Länsstyrelsen i Västra Götalands län fått en kompletteringsbegäran i tillståndsärendet för vindkraftpark Grönhult rörande utredning av lågfrekvent ljud. Kompletteringen rör lågfrekvent ljud för tre parklayouter benämnda Layout A-C. ÅF Ljud & Vibrationer har uppdragits av bolaget att utföra en sådan utredning där beräkning för Layout B redovisas i detta PM. Beräkningarna är utförda för Layout B med 16 vindkraftverk av verktyg Gamesa G128 4.5 MW, för två totalhöjder 150 m respektive 200 m. Därutöver görs samma beräkning för Layout A och Layout C i två separata PM [1][2].

## 2 Allmänt om lågfrekvent ljud från vindkraft

Infraljud och lågfrekvent ljud från vindkraft väcker ofta oro hos boende kring planerade och befintliga vindparker. Infraljud brukar definieras som ljud mellan frekvenserna 1 och 20 Hz och lågfrekvent ljud som ljud mellan frekvenserna 20 och 200 Hz. Naturvårdsverket har låtit göra en kunskapsmanställning gällande infraljud och lågfrekventljud från vindkraftanläggningar [3], studien är sammanställd av några av Sveriges främsta forskare inom akustik och miljömedicin och finns i en reviderad slutversion daterad 2011-11-28.

När det gäller infraljud säger denna rapport följande:

*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.



När det gäller lågfrekvent ljud så finns det enligt rapporten inget som särskiljer ljud från vindkraft från andra ljudkällor i samhället. I Naturvårdsverkets rapport står:

*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.*

Enligt den forskning som finns tillgänglig idag kring lågfrekvent ljud föreligger således ingen risk för allvarliga störningar av lågfrekvent ljud från vindkraft, varken i nuläget eller i framtiden. Detta förutsatt att de föreskrivna riktvärdena efterföljs.

Slutsatsen från [1] att större vindkraftverk genererar förhållandevis mer lågfrekvent ljud än mindre vindkraftverk har dock ifrågasatts i senare studier. I [4] redovisas en sammanställning av frekvensspektrum från flera hundra vindkraftverk 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.*

Författaren spekulerar i om det kan ha att göra med att tillverkarna av vindkraftverk fokuserar på designen av nya vindkraftverk för att minimera lågfrekvent ljud, då det t.ex. i Danmark har införts krav på lågfrekvent ljud.

I en debattartikel i Läkartidningen, 2013-08-06, menade Enbom och Enbom att infraljud från vindkraftverk är en förbisedd hälsorisk. Debattinlägget bemöttes i Läkartidningen [5] av forskarna bakom Naturvårdsverkets kunskapsmanställning [3]. De skriver följande.

*Det finns inget stöd för att vindkraft genererar hälsovådliga nivåer av infraljud eller att vindkraftsbuller orsakar yrsel, tinnitus, ljudöverkänslighet eller liknande symtom. Vindkraftsbuller och det visuella intrånget uppfattas av många som en allvarlig försämring av både boendemiljön och livskvaliteten. Det är denna fråga som vi bör diskutera.*

### 3 Metodbeskrivning

Det finns i dagsläget inget specifikt riktvärde gällande lågfrekvent ljud och vindkraft. I Naturvårdsverkets rekommendationer, vilka anges här [6], sägs att:

*” Naturvårdsverket anser därför att man vid de större verken bör beakta och följa upp lågfrekvent ljud. Ett sätt att ganska enkelt bedöma om det förekommer lågfrekvent ljud, är att ta reda på skillnaden mellan A-vägt (se under Mer information) och C-vägt ljud. Det är sannolikt inget problem om den A-vägda nivån är klart under riktvärdet samtidigt som skillnaden mellan det C-vägda och A-vägda värdet är mindre än cirka 20 dB. Om det däremot skiljer mer bör man göra en mer noggrann mätning. Folhälsomyndigheten har gett ut allmänna råd som bland annat innehåller riktvärden för lågfrekvent buller inomhus.”*

En bra utgångspunkt utifrån dessa rekommendationer är därvid att undersöka skillnaden mellan A-vägt och C-vägt ljud. Detta kan i beräkningsmodellen Nord2000 utföras med beräkningar



utgående från vindkraftverkets käll ljud i 1/3- oktavband, även kallat tersband. Om tersband ej finns tillgängligt för verktypen kan beräkning utföras för oktavband, där varje oktavband fördelas på tre tersband. Detta ger dock en något större osäkerhet på resultatet. Om skillnaden mellan det beräknade A-vägda och C-vägda ljudet är större än 20 dB eller om skillnaden är nära 20 dB och den ekvivalenta ljudnivån är kring riktvärdet 40 dBA bör en vidare undersökning utföras.

I Sverige har tidigare Socialstyrelsen, i SOSFS 2005:6, angett riktvärden för lågfrekvent ljud inomhus [7]. Riktvärdena angavs som ljudnivån per tersband mellan frekvenserna 31,5 och 200 Hz. I den ovan nämnda rapporten som Naturvårdsverket låtit sammanställa [6] sägs att det är dessa riktvärden som bör ligga till grund för om en vindpark klarar det lågfrekventa ljudet vid bostäder eller ej. Från och med 2014-01-02 har de tidigare allmänna råden SOSFS 2005:6 från Socialstyrelsen upphävts och nya allmänna råd om buller inomhus, FoHMFS 2014:13 [8], har angetts av Folkhälsomyndigheten, se tabell 1. Riktvärdena har i de nya allmänna råden avrundats till heltal men motsvarar de värden som tidigare har angetts i SOSFS 2005:16. Det finns inget riktvärde för lågfrekvent ljud utomhus. Bedömningen i detta PM görs utifrån dessa nya riktvärden i enlighet med FoHMFS 2014:13 [8].

**Tabell 1.** Riktvärden för lågfrekvent ljud enligt FoHMFS 2014:13 [8]

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

Ljudnivån inomhus beräknas i tersband genom antagandet av en fasaddämpning enligt Tabell 2. Dessa värden är från en artikel om ljudisolering i bostäder vid låga frekvenser enligt *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* [9]. De motsvarar ljudnivån i fritt fält ute minus ljudnivån inne som förväntas överskridas av 80 - 90% av typiska danska bostäder. Fasaddämpningen är uppmätt på hus i Danmark och normalt har bostadshus i Sverige fasader med bättre isolering som dämpar ljudet bättre. Noterbart är dock att det finns hus med sämre isolering där det oftast är fönstertypen som är dimensionerande.

**Tabell 2.** Antagen fasaddämpning utifrån Hoffmeyer o Jakobsen[9].

Frekvens (Hz)	Fasaddämpning dL i 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

Mätningarna som ligger till grund för Hoffmeyer och Jakobsens artikel har kritiserats för att ge för hög fasaddämpning, se Møller et al. i referens [10]. Vår bedömning är dock att de värden på



fasaddämpningen som använts i aktuella beräkningar utgör en rimlig skattning för svenska förhållanden, så länge inga andra rekommendationer finns att tillgå från Naturvårdsverket.

## 4 Resultat

Utifrån dessa premisser görs den fortsatta detaljerade studien mot Folkhälsomyndighetens riktvärden [8] i de fem ljudkänsliga punkter som har högst beräknad A-vägd ekvivalent ljudnivå.

Ljudutbredningsberäkningarna är gjorda med den nordiska beräkningsmodellen Nord2000, Delta, av 1719/01, 2002 med förutsättningar enligt Naturvårdsverkets praxis d.v.s. konstant medvind för vindhastigheten 8 m/s på 10 m höjd. Beräkningsresultatet och beräkningsförutsättningarna redovisas i dokument [11] och [12]. Programvara som använts är SoundPLAN 7.1. Totalt ingår bolagets 16 vindkraftverk av verktyp Gamesa G128 4.5 MW med navhöjd 86 m respektive 136 m i beräkningarna, totalhöjd 150 m respektive 200 m..

Indata för ljudeffekt och frekvensspektrum till beräkningar framgår av [11] och [12]. Frekvensspektrum för verktypen har tagits för verktyp Gamesa G128 5.0 MW Standard Operation. Frekvensspektrum har skalats för att motsvara garanterade ljudeffektnivåer, för verktypen, för i beräkningarna använda reglerinställningar. Garanterade ljudeffektnivåer innehåller normalt en marginal om de framtagits på korrekt sätt av tillverkaren. Därutöver finns marginal att reglera samtliga vindkraftverk med minst 0.9 decibel som skyddsåtgärd, för båda totalhöjderna.

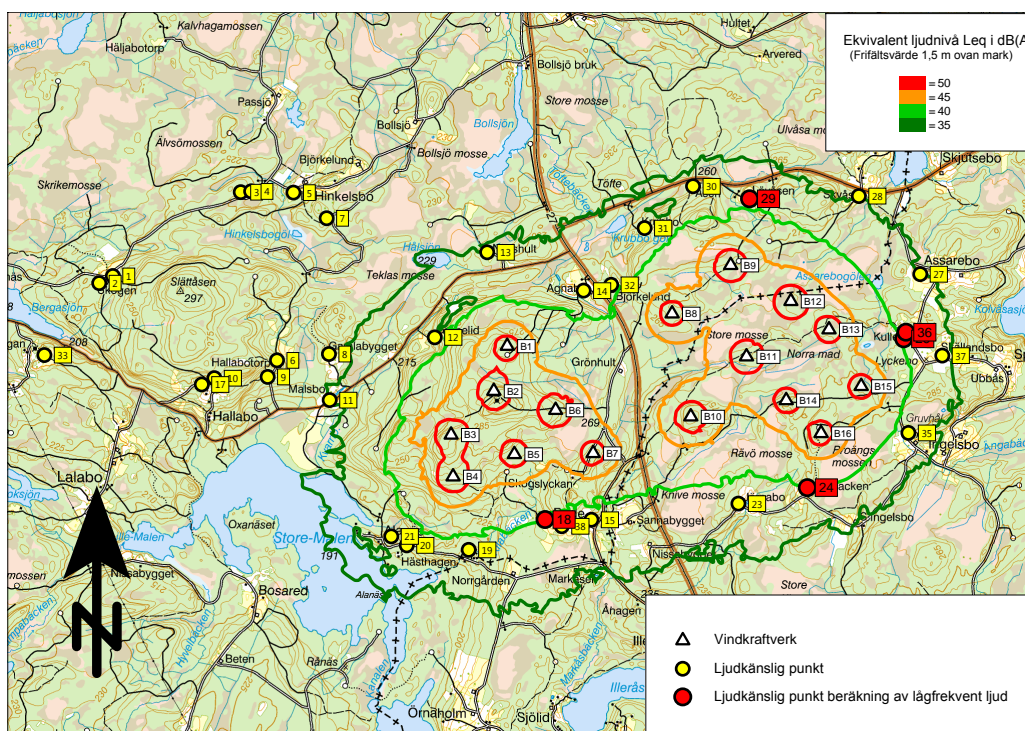
Beräkning av A-vägda och C-vägda ljudnivåer för samtliga ljudkänsliga punkter redovisas i [11]. De visar att skillnaden  $L_{C,eq} - L_{A,eq}$  är mindre än 20 decibel för alla ljudkänsliga punkter. Det ska noteras att det inte finns något riktvärde kopplat till ekvivalent ljudnivå i dBC eller skillnaden  $L_{C,eq} - L_{A,eq}$ . Det riktvärde som Naturvårdsverket rekommenderar för lågfrekvent ljud från vindkraft, och som föreskrivits i aktuellt kompletteringsföreläggande, är Folkhälsomyndighetens riktvärde för lågfrekvent ljud inomhus enligt [8].

En ökad skillnad i  $L_{C,eq} - L_{A,eq}$  kan ofta inträffa på större avstånd från en vindkraftpark. Orsaken till detta är att låga frekvenser inte dämpas lika mycket som höga frekvenser, men det innebär inte att ljudnivån i låga frekvenser ökar varvid högst lågfrekvent ljud ofta uppträder vid högst A-vägd ekvivalent ljudnivå. Detta konstateras även i Naturvårdsverkets anvisningar i [7]:

*Det är sannolikt inget problem om den A-vägda nivån är klart under riktvärdet samtidigt som skillnaden mellan det C-vägda och A-vägda värdet är mindre än cirka 20 dB*

Utifrån dessa premisser görs den fortsatta detaljerade studien mot Folkhälsomyndighetens riktvärden [8] i de ljudkänsliga punkter som har högst beräknad A-vägd ekvivalent ljudnivå. Dessa presenteras för respektive totalhöjd, 150 m och 200 m, i avsnitt 4.1 och 4.2.

## 4.1 Resultat totalhöjd 150 m



**Figur 1.** Utvalda ljudkänsliga punkter (röda) med högst ekvivalent A-vägd ljudnivå [11] och [12].

**Tabell 3.** Skillnad mellan A-vägd och C-vägd ljudnivåer.

	Ekvivalent ljudnivå i dBC	Ekvivalent ljudnivå i dBA	Ekvivalent ljudnivå i dBC-dBA
18	54	40	14
24	54	40	14
26	54	40	14
36	53	39	14
29	53	39	14

Av Tabell 3 framgår att skillnaden mellan A-vägd och C-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus ej är större än 20 dB i de fem utvalda ljudkänsliga punkterna med högst A-vägd ekvivalent ljudnivå. Därefter utförs en detaljerad frekvensanalys av ljudnivån i tersband inomhus, Tabell 4, genom antagandet av en fasaddämpning enligt Tabell 2.

**Tabell 4.** Beräknad ljudnivå i tersband inomhus i dB. Ovägt.

	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
18	42	39	34	30	27	25	24	21	14
24	42	39	35	30	26	24	23	19	14
26	41	38	34	30	26	25	24	20	13
36	40	37	34	30	26	24	24	20	14
29	41	38	33	29	25	23	23	19	13

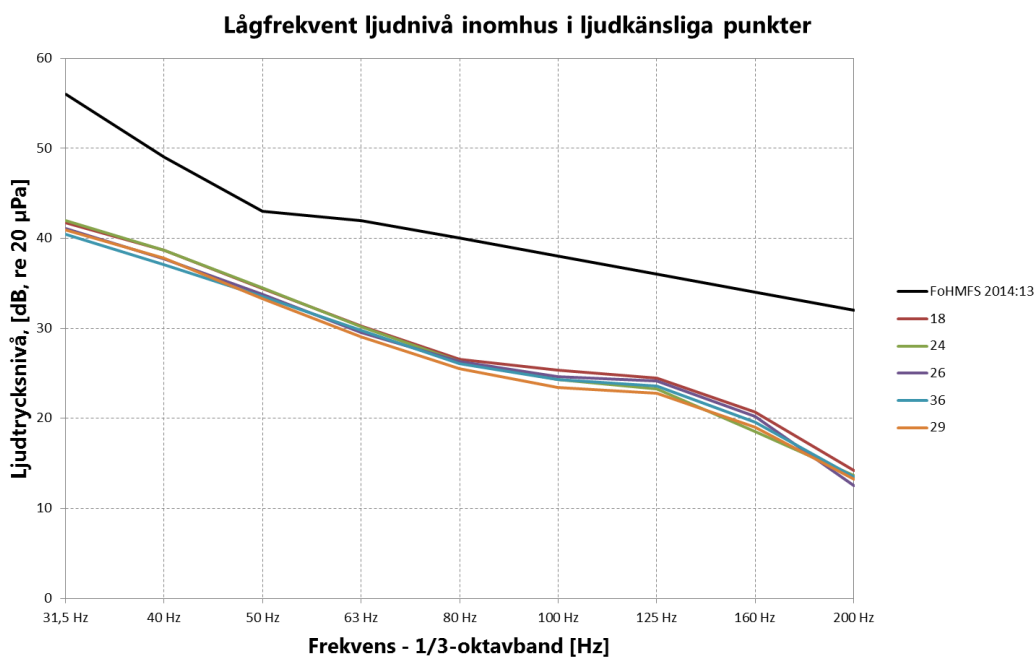
Resultatet av den detaljerade frekvensanalysen ges i Tabell 5, där skillnaden mellan Socialstyrelsens riktvärden och beräknad ljudnivå anges. Ett negativt värde innebär att riktvärdena innehålls vilket markeras med grönt i tabellen.

Punkter som ej klarar riktvärdena markeras med **rött**. Det finns inga sådana punkter. I Figur 2 redovisas även ett diagram med beräknad ljudnivå inomhus och Socialstyrelsens riktvärde.

**Tabell 5. Skillnad mellan riktvärdena i FoHMFS 2014:13 och beräknade ovägda ekvivalenta ljudnivåer dB.**

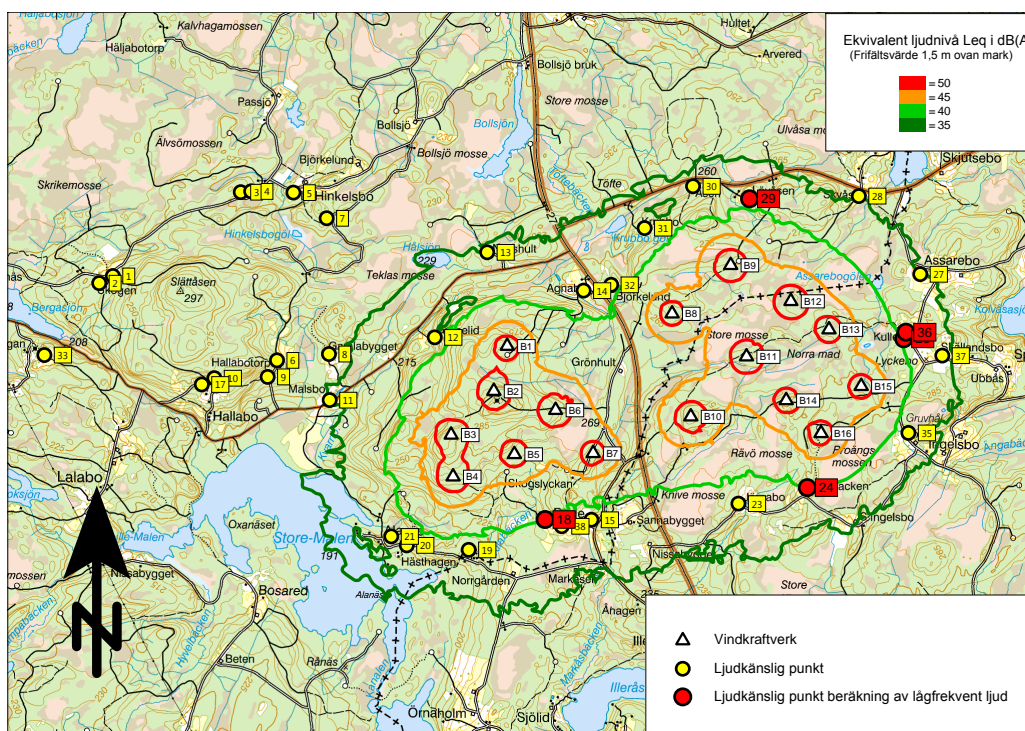
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
<b>18</b>	-14	-10	-9	-12	-13	-13	-12	-13	-18
<b>24</b>	-14	-10	-8	-12	-14	-14	-13	-15	-18
<b>26</b>	-15	-11	-9	-12	-14	-13	-12	-14	-19
<b>36</b>	-16	-12	-9	-12	-14	-14	-12	-14	-18
<b>29</b>	-15	-11	-10	-13	-15	-15	-13	-15	-19

För att säkerställa att riktvärdena innehålls för alla ljudkänsliga punkter, trots att den ekvivalenta ljudnivån i dBA är klart under riktvärdet 40 dBA för merparten av dessa, görs en översiktlig analys av frekvensinnehållet för samtliga ljudkänsliga punkter. Av denna kontroll framgår att riktvärdena enligt [8] innehålls för alla ljudkänsliga punkter.



**Figur 2. Jämförelse mellan beräknad ovägd ekvivalent ljudnivå i beräkningspunkterna och riktvärdena i FoHMFS 2014:13.**

## 4.2 Resultat totalhöjd 200 m



**Figur 3.** Utvalda ljudkänsliga punkter (röda) med högst ekvivalent A-vägd ljudnivå [8] och [9].

**Tabell 6.** Skillnad mellan A-vägd och C-vägd ljudnivåer.

	Ekvivalent ljudnivå i dBC	Ekvivalent ljudnivå i dBA	Ekvivalent ljudnivå i dBC-dBA
18	54	40	14
24	54	40	14
26	53	40	13
36	53	39	14
29	53	39	14

Av Tabell 6 framgår att skillnaden mellan A-vägd och C-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus ej är större än 20 dB i de fem utvalda ljudkänsliga punkterna med högst A-vägd ekvivalent ljudnivå. Därefter utförs en detaljerad frekvensanalys av ljudnivån i tersband inomhus, Tabell 7, genom antagandet av en fasaddämpning enligt Tabell 2.

**Tabell 7.** Beräknad ljudnivå i tersband inomhus i dB. Ovägt.

	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
18	42	38	34	30	27	25	23	19	14
24	41	38	34	30	26	24	21	16	15
26	41	38	34	30	26	25	23	16	13
36	40	38	34	30	26	24	22	17	13
29	41	38	33	29	26	23	22	17	13

Resultatet av den detaljerade frekvensanalysen ges i Tabell 8, där skillnaden mellan Socialstyrelsens riktvärden och beräknad ljudnivå anges. Ett negativt värde innebär att riktvärdena innehålls vilket markeras med grönt i tabellen.

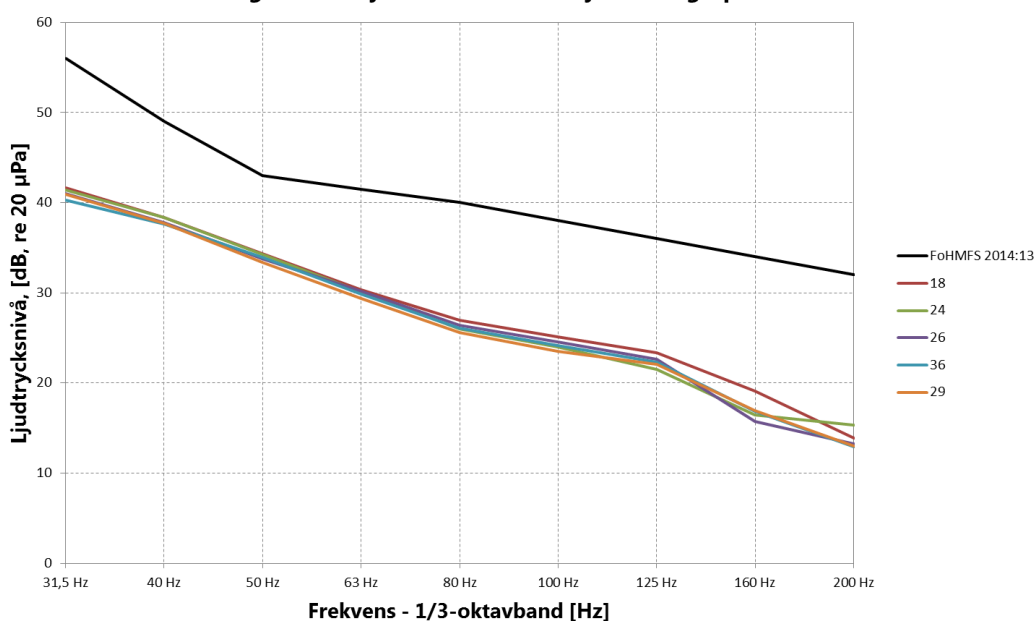
Punkter som ej klarar riktvärdena markeras med rött. Det finns inga sådana punkter. I Figur 4 redovisas även ett diagram med beräknad ljudnivå inomhus och Socialstyrelsens riktvärde.

**Tabell 8.** Skillnad mellan riktvärdena i FoHMFS 2014:13 och beräknade ovägda ekvivalenta ljudnivåer dB.

	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
18	-14	-11	-9	-11	-13	-13	-13	-15	-18
24	-15	-11	-9	-11	-14	-14	-15	-18	-17
26	-15	-11	-9	-11	-14	-13	-13	-18	-19
36	-16	-11	-9	-12	-14	-14	-14	-17	-19
29	-15	-11	-10	-12	-14	-15	-14	-17	-19

För att säkerställa att riktvärdena innehålls för alla ljudkänsliga punkter, trots att den ekvivalenta ljudnivån i dBA är klart under riktvärdet 40 dBA för merparten av dessa, görs en översiktlig analys av frekvensinnehållet för samtliga ljudkänsliga punkter. Av denna kontroll framgår att riktvärdena enligt [5] innehålls för alla ljudkänsliga punkter.

**Lågfrekvent ljudnivå inomhus i ljudkänsliga punkter**



**Figur 4.** Jämförelse mellan beräknad ovägd ekvivalent ljudnivå i beräkningspunkterna och riktvärdena i FoHMFS 2014:13.

## 5 Kommentarer

Notera att det finns en viss beräkningsmarginal genom att beräkning skett för fallet att det blåser medvind från alla verk mot respektive bostad och att fasadisolering med låg ljuddämpning antagits.





Vindkraftverk av annan typ kan ha ett annat spektrum i lågfrekvensområdet, det kan vara lägre eller högre. Frekvensspektrum kan även skilja mellan olika exemplar av samma verktyp. Generellt garanterar inga leverantörer frekvensdata utan endast A-vägd total ljudeffektnivå, enligt vår erfarenhet.

För att få ett noggrannare resultat kan även ljudisoleringen på berörda fastigheter uppmätas och ansättas i beräkningarna. ÅF har föreslagit för Naturvårdsverket att ta fram schablonvärden för fasadisolering på svenska hus, detta har ännu inte gjorts.

## 6 Slutsatser

Utifrån utförda beräkningar konstateras att skillnaden mellan A-vägd och C-vägd ljudnivå är mindre än 20 dB för alla ljudkänsliga punkter med ljudnivå nära 40 dBA.

Därutöver görs en mer detaljerad frekvensanalys av ljudnivåerna inomhus, genom en antagen fasaddämpning, i de fem punkter som har högst ekvivalent A-vägd ljudnivå utomhus. Vid jämförelse mot riktvärdena i FoHMFS 2014:13 konstateras att dessa riktvärden innehålls för alla frekvenser för de fem ljudkänsliga punkterna, för båda totalhöjderna.

Även övriga ljudkänsliga punkter klarar dessa riktvärden enligt analys av respektive frekvensspektrum. Baserat på [8] föreligger således ingen risk för allvarliga störningar till följd av lågfrekvent ljud från vindkraft för den planerade vindkraftsparken. För aktuell verktyp och totalhöjder.

Det ska även tilläggas att det i aktuella beräkningar finns en marginal då det som skyddsåtgärd går att reglera ner samtliga vindkraftverk med upp till 0,9 decibel.

## 7 Referenser

[1] 571154 PM03 Utredning lågfrekvent ljud Grönhult layout A 141120

[2] 571154 PM05 Utredning lågfrekvent ljud Grönhult layout C 141120

[3] Nilsson M E, Bluhm G, Eriksson G & Bolin K, Kunskapssammanställning om infra- och lågfrekvent ljud från vindkraftsanläggningar: Exponering och hälsoeffekter, Slutrapport till Naturvårdsverket, 2011-11-28

[4] Søndergaard, B, Low frequency noise from wind turbines: Do the Danish regulations have any impact?, Proceedings 5<sup>th</sup> International Conference on Wind Turbine Noise, Denver, 28-30 Augusti 2013.

[5] Nilsson M E, Bolin K & Bluhm G, Replik om vindkraft: Vindkraftsbuller är inte ett infrajudsproblem, Läkartidningen. 2013;110:CHLW, Läkartidningen.se 2013-10-04

[6] <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning-amnesvis/Buller/Buller-fran-vindkraft/>, Sidan uppdaterad 25 februari 2014 av Ingrid Johansson Horner. Sidan avläst 20 November 2014.

[7] SOSFS 2005:6 [M] Allmänna råd - Buller inomhus

[8] FoHMFS 2014:13 Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus, 2014



PM04

2014-11-20

10 (10)

[9] 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

[10] Møller, H, Pedersen, S, Persson Waye, K & Pedersen Ch S, , Comments to the article "Sound insulation of dwellings at low frequencies", Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, vol 30, no 3, 2011,

[11] 571154 Bilaga D01-D02 Ljudimmissionsberäkning Grönhult Layout B 141120

[12] 571154 Bilaga D03-D04 Lågfrekvensberäkning Grönhult Layout B 141120

ÅF-Infrastructure AB  
Ljud & Vibrationer  
Stockholm

Granskad av

Paul Appelqvist

Martin Almgren