



# BULLERUTREDNING

Kvarnbackens Vindkraftspark

24.6.2024

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	SAMMANFATTNING .....	3
2	BAKGRUND .....	4
3	BULLER.....	5
3.1	Allmänt .....	5
3.2	Hur buller bildas.....	5
4	GRÄNSVÄRDEN FÖR BULLER.....	7
4.1	Statsrådets förordning om riktvärden för utomhusbuller från vindkraftverk .....	7
4.2	Åtgärdsgränser enligt förordningen om boendehälsa.....	7
5	UTGÅNGSDATA OCH METODIK.....	8
5.1	Utgångsdata .....	8
5.2	Metod.....	10
6	UPPSKATTAD BULLERPÅVERKAN .....	12
6.1	Nuvarande situation .....	12
6.2	Påverkan under byggtiden.....	12
6.3	Påverkan under driftstiden.....	12
6.4	Lågfrekvent buller .....	14
6.5	Påverkan då parken tas ur bruk .....	14
6.6	Osäkerhetsfaktorer i beräkningen.....	14
7	UPPFÖLJNING OCH HANTERING AV BULLERPROBLEM .....	15
8	REFERENSER.....	16
9	RAPPORT ÖVER MODELLERINGSUPPGIFTER, KVARNBACKEN .....	17
	Bilaga 1: Resultat av bullermodelleringen .....	19
	Bilaga 2: Beräkning av lågfrekvent ljud.....	20
	Bilaga 3: Vindkraftverkens positioner .....	23

## ANSVARFRISKRIVNING

*Denna bullerutredningsrapport har upprättats i två språkversioner: svenska och finska. Stor omsorg har lagts på att säkerställa att båda versionerna är konsekventa och korrekta. Vid eventuella avvikelser eller skillnader i tolkning mellan de två versionerna ska dock den svenska versionen gälla och betraktas som den auktoritativa texten för alla beslut och åtgärder baserade på denna rapport.*

## VERSIONSHISTORIK

Version	Författare	Granskare	Godkännare	Sammanfattning
Ver 1	Christian Granlund, 2024-06-24	Alexander Ehrs 2024-08-16	Alexander Ehrs 2024-08-16	Bullerutredning för Kvarnbackens vindkraftspark.

# 1 SAMMANFATTNING

## **Uppgift:**

Bullerutredning för Kvarnbackens vindkraftspark.

## **Arbetsmetoder:**

I utredningen har uppgifter om vindkraftverkens buller, gränsvärden för buller, modelleringsmetoder och lokala förhållanden använts. Modelleringen utfördes i huvudsak i windPRO Ver3.6 programmets DECIBEL-modul samt enligt antaganden och utgångsdata i ISO 9613-2 standarden. Modelleringen och rapporteringen följer Miljöministeriets anvisningar från Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Modellering av buller från vindkraftverk (Miljöministeriet, 2014). Modelleringen av lågfrekvent ljud är också gjord enligt Miljöministeriets anvisningar. De beräkningsparametrar som använts i utvärderingen finns angivna i denna rapport. Resultaten har jämförts med riktvärdena i statsrådets förordning (Statsrådets förordning om riktvärden för utomhusbuller från vindkraftverk 1107/2015).

Lågfrekvent buller har räknats med R-programmet och beräkningen har gjorts enligt anvisningarna som Miljöministeriet publicerade i februari 2014. Byggnadernas ljudisolering är beräknad enligt DSO 1284 och resultaten har jämförts med social- och hälsovårdsministeriets riktlinjer för ljud inomhus. Dessutom har alternativa isoleringskoefficienter som föreslagits i en studie av Åbo yrkeshögskola (ANOJANSSI-projektet, 2020) använts vid beräkningen av lågfrekvent buller.

## **Resultat:**

Enligt modelleringarna överskrids inte riktvärdena i statsrådets förordning för bostäder och fritidsbostäder. Inte heller social- och hälsovårdsministeriets riktlinjer för lågfrekvent ljud inomhus överskrids.

## 2 BAKGRUND

Bullerutredningen har utförts för Kvarnbackens vindkraftspark i Kronoby kommun. Kvarnbackens vindkraftspark består av sex vindkraftverk. I bullermodelleringen har vindkraftverkstypen SG-170 6.6 MW använts. Vindkraftverken i modelleringen har en navhöjd på 210 meter och utgångsbullernivån 106,0 + 2,0 dB(A) säkerhetsmarginal. I modelleringen har ljuddata från tillverkaren Siemens-Gamesa använts (från oktober 2022).

Utredningen är utförd enligt miljöministeriets anvisningar (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) i windPRO Ver3.6-programmets bullerberäkningsverktyg. Modelleringen och beräkningarna av lågfrekvent ljud har gjorts i programmet R och enligt miljöministeriets riktlinjer från 2014.

## 3 BULLER

### 3.1 ALLMÄNT

Ljud är en vågrörelse som färdas från en ljudkälla, genom till exempel luft, till en observationspunkt. Ljud kan variera i styrka, frekvens och periodicitet. Det bör noteras att det A-vägda måttet på ljudstyrka (dB[A]) som ofta används i detta sammanhang inte är samma sak som den absoluta ljudstyrkan (dB). Den absoluta ljudstyrkan innehåller summan av ljudstyrkan på alla frekvenser, medan det A-vägda värdet innehåller de frekvenser som kan uppfattas av människan.

Ett ljud klassificeras som buller om en person upplever det som obehagligt eller störande. Personer upplever bullerpåverkan på olika sätt. Samma ljud kan beroende på plats och person upplevas som ett obehagligt, ett neutralt eller ett behagligt ljud. Hur ljudet uppfattas påverkas också av ljudets styrka, frekvens samt periodicitet.

Förutom själva ljudet som kommer från ett vindkraftverk finns det också andra bakgrundsljud som påverkar hur ljudet upplevs. Bakgrundsljuden kan bland annat dölja typiska egenskaper hos ljudkällan, som t.ex. ljudets periodicitet. Vanliga orsaker till bakgrundsljud är sus från vinden samt ljud från trafiken. Då vindstyrkan ökar tillräckligt, drunknar ljudet från vindkraftverket i ljudet från vinden.

Ett kraftigt eller störande buller kan medföra hälsorisker samt påverka den omgivande naturen. Ju närmare man kommer ett vindkraftverk, desto mera störande kan bullret upplevas. Därför är det viktigt att undersöka området ur en markanvändningssynvinkel.

### 3.2 HUR BULLER BILDAS

Ljudet som bildas vid ett vindkraftverk består av ljud från vingarnas rörelse, som står för den största delen av vindkraftverkets ljudpåverkan, men också av mekaniska ljud i maskinrummet. Ljudets karaktär varierar beroende på väderförhållanden och vindkraftverkstypernas olika tekniska lösningar (Miljöministeriet, 2016).

Det aerodynamiska bullret från vindkraftverk är ett susande ljud från vindkraftverkets snurrande rotorblad. Ett periodiskt susande ljud uppstår då luftskikten komprimeras då bladet passerar tornet samt då bullret reflekteras från tornet. Vid hård vind är ljudet som starkast, speciellt då vinden

blåser från samma håll som vindkraftverket befinner sig sett ur observationspunkten. Temperaturen och luftfuktigheten påverkar också ljudets styrka. Det som huvudsakligen påverkar ljudets spridning är ändå utgångsljudnivån, avståndet till vindkraftverket samt antalet vindkraftverk i området (Miljöministeriet, 2016).

De lokala förhållandena kan dämpa ljudet. Ljudstyrkan minskar då man förflyttar sig längre bort från ljudkällan, eftersom ljudstyrkans energi minskar. Också luftens egenskaper, så som temperatur och luftfuktighet, påverkar ljudet. Även terrängtypen, växtligheten och vindriktningen har en betydande effekt på dämpningen av ljudet. Genom att undersöka faktorer som dämpar ljudet, kan man göra en teoretisk uppskattning av hur ljudet sprider sig.

Buller som uppstår under byggtiden orsakas bland annat av byggandet av vägar, vindkraftverk, elnätverk och annan infrastruktur samt av trafiken på området. Denna påverkan är kortvarig (ca ett år) och tillfällig i förhållande till driftstiden (ca 25 år). Dessutom förekommer bullerolägenheterna under byggtiden enbart dagtid, inte under natten.

I Tabellen nedan presenteras jämförelsevärden på olika ljudkällor.

*Tabell 1. Riktvärden i statsrådets förordning*

Volym	Exempelsituation	Kommentar
130 dB	Smärtröskel	
100-120 dB	Rock-konsert	
90 dB	Lastbil som kör förbi	
80 dB	Gata med livlig trafik	
70 dB	Buller inne i ett fordon	
60 dB	Kontor med luftkonditionering	Typisk ljudnivå direkt under ett vindkraftverk.
50 dB	Dämpad diskussion	
40 dB	Bakgrundsljud hemma	
30 dB	Viskning (1m)	

## 4 GRÄNSVÄRDEN FÖR BULLER

### 4.1 STATSRADETS FÖRORDNING OM RIKTVÄRDEN FÖR UTOMHUSBULLER FRÅN VINDKRAFTVERK

I statsrådets förordning om riktvärden för utomhusbuller från vindkraftverk regleras riktvärdena för den beräknade eller mätta bullernivån. På områden som är utsatta för buller från vindkraftverk får utomhusbullernivån inte överskrida de A-frekvensvägda riktvärden som presenteras i tabellen nedan. Förordningen har trätt i kraft 1.9.2015.

Tabell 2. Riktvärden i statsrådets förordning

	Bullernivån utomhus LAeq dagtid kl. 7–22	Bullernivån utomhus LAeq nattetid kl. 7–22
Permanent bebyggelse	45 dB	40 dB
Fritidsbebyggelse	45 dB	40 dB
Vårdinrättningar	45 dB	40 dB
Läroanstalter	45 dB	—
Rekreationsområden	45 dB	—
Campingplatser	45 dB	40 dB
Nationalparker	40 dB	40 dB

### 4.2 ÅTGÄRDSGRÄNSER ENLIGT FÖRORDNINGEN OM BOENDEHÄLSA

Social- och hälsoministeriets förordning från 2015 innehåller åtgärdsgränser för lågfrekvent buller inomhus nattetid. Gränserna presenteras i Tabellen nedan, angivna för ekvivalentnivån för en timme lågfrekvent buller (gränsvärdena är inte A-vägda).

Tabell 3. Åtgärdsgränser för lågfrekvent buller inomhus nattetid

Band / Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
L <sub>eq</sub> , 1h / dB	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

För bostads- och vistelseutrymmen innehåller förordningen en åtgärdsgräns på L<sub>Aeq</sub> 35 dB dagtid (07–22) och L<sub>Aeq</sub> 30 dB nattetid (22–07). För buller som tydligt kan urskiljas från bakgrundsbullret, som eventuellt kan orsaka sömnstörningar, är åtgärdsgränsen 25 dB (L<sub>Aeq</sub>, 1h) i rum avsedda att



sova i under nattetid kl 7-22. Därtill används en korrigering av mätresultaten för särdrag i bullret som tonalitet och impulsartat ljud.

Det finns inga anvisningar eller allmänt använda beräkningsmetoder för att modellera totalljudnivån inomhus. Genom förordningens riktvärde på 40 dB(A) utomhus strävar man ändå efter att säkra att åtgärdsgränserna för buller inomhus underskrids. Enligt den allmänt tillämpade beräkningsmetoden DSO 1284 är byggnadernas ljudisolering för frekvenserna 80–200 Hz ungefär 20 dB. Högre frekvenser dämpas ännu effektivare av byggnadernas isolering, vilket betyder att ljudisoleringen av frekvenserna 200–500 Hz kan antas vara minst 20 dB. Det vindkraftsbuller som hörs 1–3 km från vindkraftverken består i första hand av ljud i frekvensområdet 200–500 Hz. Därför är det mycket sannolikt att inomhusbullernivån är 20 dB(A) eller lägre, ifall utomhusbullernivån ligger under 40 dB(A).

Dessutom nämns det i miljöministeriets anvisningar om ljudmiljön i byggnader (Miljöministeriet, 2018), att ytterväggens ljudisolering i rum avsedda för boende skall vara minst 30 dB. Det betyder att inomhusljudnivån klart skulle understiga åtgärdsgränsen om ljudnivån utomhus är 40 dB(A).

## 5 UTGÅNGSDATA OCH METODIK

### 5.1 UTGÅNGSDATA

Ljudeffektnivåerna meddelas beroende på tillverkare och använd vindkraftsmodell antingen som totalljudeffektnivå eller som 1/3 oktavbandsnivåer. I detta fall har ljudeffektnivåerna meddelats som 1/3 oktavbandsnivåer. Bullervärdena som används av Siemens Gamesa är inte direkt jämförbara med standarden IEC TS 61400–14. Ingen specifik säkerhetsmarginal har heller angetts av turbintillverkaren. Av denna anledning har en säkerhetsmarginal på 2,0 dB lagts till utgångsljudnivån i modelleringen, i enlighet med miljöministeriets anvisningar (Miljöministeriet, 2016).

Vindkraftverkstypen som använts i beräkningen presenteras nedan, tillsammans med annan utgångsdata för modelleringen.

Tabell 4. Uppgifter om projektets vindkraftverkstyp

Projekt	Vindkraftverk	Vindkraftverkets navhöjd (m)	Vindkraftverkets ljudeffektnivå (Lwa)	1/3 oktavbandigt
Kvarnbacken	SG-170 6.6 MW	210	106,0 + 2 dB(A)	Används

Tabell 5. Använda värden i bullerberäkningen (Miljöministeriets anvisningar 2/2014)

Utgångsdata	
Terrängens påverkan på bullrets spridning, koefficient	0,4
Vattendragens påverkan på bullrets spridning, koefficient	0,0
Observationspunktens höjd (meter ovanför marken)	4 m
Luftens temperatur	15°C
Luftfuktighet	70 %

Uppgifter om områdets höjd har tagits från Lantmäteriverkets modell Höjdmodell 2 m och information om områdets marktäckelse har tagits från Finlands Miljöcentrals OIVA-databas. Terrängens dämpande effekt har satts till koefficienten 0,4 enligt miljöministeriets direktiv. Uppgifterna om byggnaderna har tagits från Lantmäteriverkets terrängdatabas.

Ljudstyrkan som vindkraftverket producerar har använts som utgångspunkt i beräkningen, och på basen av den har ljudets dämpning (geometrisk dämpning samt atmosfärens dämpande effekt) modellerats för hela vindparksområdet. I modelleringen har det antagits att alla bostäder är belägna så att vinden blåser från samma riktning som vindkraftverken befinner sig i och vindstyrkan antas vara 8 m/s på 10 meters höjd ovanför marken. Vindkraftverkens gemensamma bullereffekt har beaktats. På området valdes 15 observationspunkter (bostäder eller fritidsbostäder) för vilka bullret från vindkraftverken redogörs.

## 5.2 METOD

Bullerberäkningen utfördes i windPRO programmets DECIBEL-modul. WindPRO är ett modelleringsprogram för vindkraft som gjorts av det danska företaget EMD International A/S. I programmet kan man modellera och visualisera hur ljudet rör sig och hur det dämpas. Programmet kan också användas för att modellera andra effekter från vindkraftverk samt för att beräkna vindresurser.

När modelleringen görs matas parametrar från Miljöministeriets (2/2014) riktlinjer samt utgångsdata enligt ISO 9613-2 standarden in i programmet. I modelleringen beräknas hur bullret sprider sig på området samt bullernivåerna i de valda observationspunkterna.

Enligt Miljöministeriets riktlinjer ska 2 dB läggas till uppskattningen på bullerutsläppen, om höjdskillnaden mellan bostaden och vindkraftverkets fundament överskrider 60 meter. Korrigeringen görs då avståndet mellan vindkraftverket och bostaden är högst tre kilometer. Kvarnbackens höjdskillnader överstiger inte 60 meter, och därmed har det inte blivit lagt till 2 dB till uppskattningen på bullerutsläppen. Om ljudet är speciellt störande, smalbandigt eller impulsartat, lägger man till 5 dB till beräknings- eller mätresultaten innan man jämför med riktlinjerna i förordningen. I denna modellering har inget tillägg tillämpats, eftersom inga särdrag har noterats i vindkraftverkstillverkarens dokumentation för vindkraftverkstypen.

En annan typ av särdrag som nämns i miljöministeriets anvisningar (2/2014) är amplitudmodulering (EAM, excessive amplitude modulation). Detta särdrag innebär att betydande periodiska fluktuationer i ljudstyrkan ökar bullerolägenheten. Amplitudmodulering är en effekt som påverkas av lokala förhållanden och vindkraftverkstypen. Effekten kan inte modelleras på förhand, utan den kan endast fastställas med bullermätningar under produktionstiden. Amplitudmodulering omnämns inte i statsrådets förordning (2015), då det ännu inte finns en standardiserad metod för att fastställa förekomsten av EAM. Internationella undersökningar har gjorts på ämnet (t.ex. Bertagnolio, 2014), och enligt dem är det möjligt att tekniskt hantera amplitudmodulering.

Beräkningen av lågfrekvent ljud har gjorts enligt Miljöministeriets anvisningar, genom att använda den givna beräkningsmodellen utomhus vid bostäderna och fritidsbostäderna. Bullernivåerna inomhus har också beräknats enligt Miljöministeriets anvisningar.

Det lågfrekventa ljudets 1/3-oktavnivå i utsatta punkter utanför byggnaden uppskattas med ekvationen:

$$L_p = L_w - 20dB \cdot \log_{10}(d_1/1m) - 11dB + A_{gr} - A_{atm} \cdot d_2$$

Där

- $L_p$  är ljudets 1/3-oktavnivå vid den utsatta punkten [dB]
- $L_w$  är vindkraftverkets 1/3-oktavnivå [dB]
- $d_1$  är avståndet till vindkraftverkets nav från den utsatta punkten [m]
- $A_{gr}$  är den reflekterande ytans korrigering [dB]
- $A_{atm}$  är dämpningen som bildas av atmosfären vid temperaturen 15 C° och luftfuktigheten 70 %. [dB/km]
- $d_2$  är avståndet till vindkraftverkets nav från den utsatta punkten [m]

(Miljöministeriet 2014).

Byggnadernas ljudisolering har beräknats enligt DSO 1284 metoden, och resultaten har jämförts med riktlinjerna för buller inomhus i social- och hälsovårdsministeriets förordning om bostadshälsa. Dessutom har alternativa isoleringskoefficienter som föreslagits i en studie av Åbo yrkeshögskola (ANOJANSSI-projektet, 2020) använts vid beräkningen av lågfrekvent buller.

Ljudisolering,  $DL\sigma$ , visas i tabell 6.

*Tabell 6. Ljudisoleringskoefficienter.*

f/ Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
$DL\sigma$ (DSO 1284)	6.6	8.4	10.8	11.4	13	16.6	19.7	21.2	20.2	21.2	21.2
$DL\sigma$ (Anojanssi)	7.6	8.3	9.2	10.3	11.5	13	14.8	16.8	18.8	21.1	22.8

## 6 UPPSKATTAD BULLERPÅVERKAN

### 6.1 NUVARANDE SITUATION

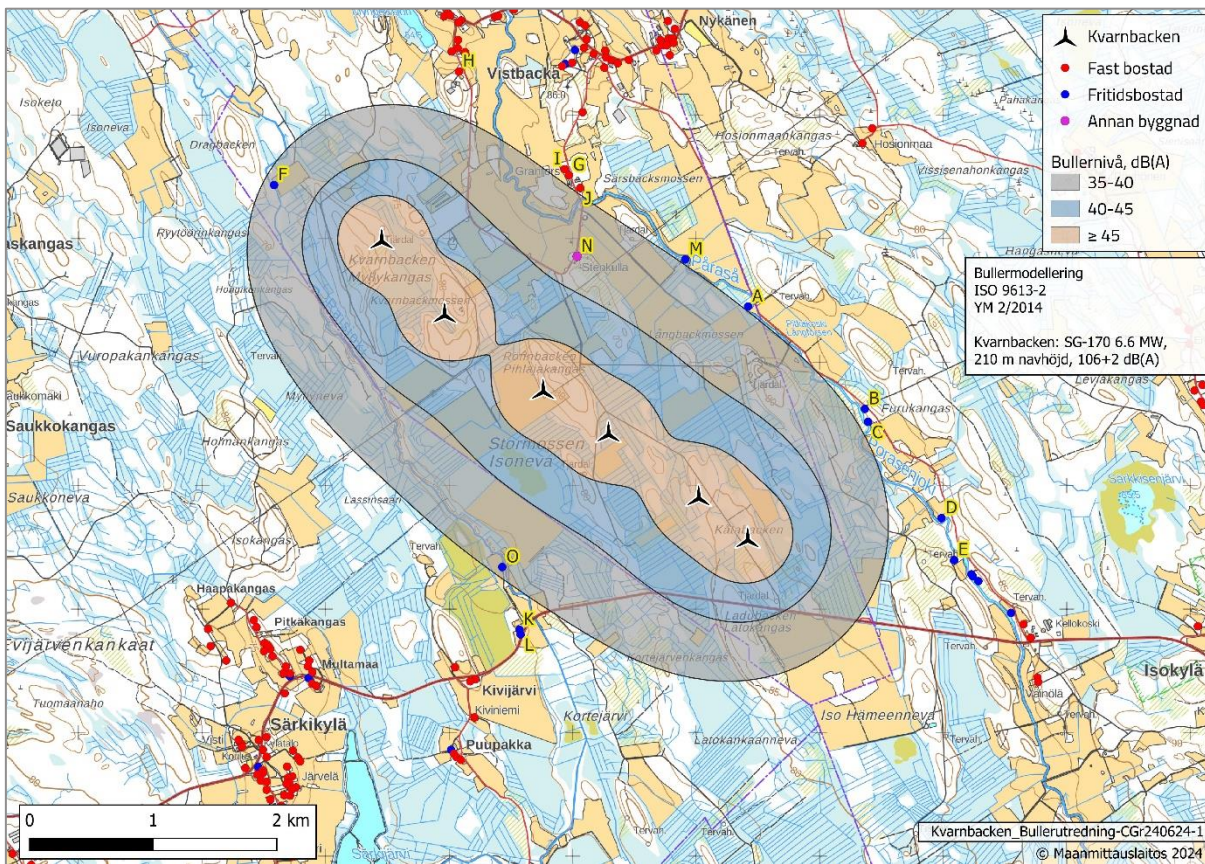
Kvarnbackens vindkraftsområde består i huvudsak av ekonomiskog och dess ljudlandskap är typiskt för ett sådant område.

### 6.2 PÅVERKAN UNDER BYGGTIDEN

Buller som uppstår under byggtiden orsakas bland annat av maskiner som flyttar jord, kranar, fordonstrafik samt byggande. Bullret vid en byggplats är impulsartat och lokalt, och uppstår huvudsakligen dagtid. På grund av detta uppstår det inte betydande bullereffekter under byggtiden. Byggandet av vägar och fundament orsakar mest buller och den ökade mängden trafik kan höja områdets bullernivå en aning. Byggandet pågår en kort tid i förhållande till vindkraftverkens livslängd. Därmed kan bullerpåverkan också betraktas som kortvarig.

### 6.3 PÅVERKAN UNDER DRIFTSTIDEN

I bullermodelleringen för Kvarnbackens vindkraftspark har ljuddata för vindkraftverkstypen SG-170 6.6 MW använts. Totaljudnivån för vindkraftverkstypen är 106,0 + 2 dB(A) och navhöjden är 210 meter. I bullermodelleringen granskas en placeringsplan för 6 vindkraftverk. Koordinaterna för vindkraftverken finns i bilaga 3.



Figur 1. Bullermodellering för Kvarnbackens vindkraftspark SG-170 6.6 MW, 106,0 +2,0 dB(A). 15 observationspunkter har markerats med bokstäver.

På området finns inga fasta bostäder eller fritidsbostäder vid vilka ljudnivån överstiger miljöministeriets riktvärde på 40 dB(A). I tabellen i bilaga 1 presenteras ljudnivån vid 15 närliggande bostäder som valts ut som observationspunkter.

Baserat på resultaten kan man konstatera att vindkraftverkens bullerpåverkan i Kvarnbacken är liten. Ljudnivån vid samtliga närliggande fasta bostäder och fritidsbostäder ligger under 36 dB(A), dvs. klart under miljöministeriets riktvärde. Den högsta beräknade ljudnivån vid en närliggande fritidsbostad är 35,9 dB(A) (sommarstuga F). Ljudnivån vid byggnad N är enligt modelleringen 37,9 dB(A). Denna byggnad klassas i nuläget som en bostad, men beaktas inte i jämförelsen med statsrådets riktvärden, eftersom det är avtalat att användningssyftet kommer att ändras till "annan byggnad" ifall planen för Kvarnbackens vindkraftspark godkänns.

På vindkraftsparkens område, i vindkraftverkens direkta närhet, är ljudnivån över 45 dB(A). Därmed kan bullret ha en effekt på t.ex. områdets rekreationsanvändning.

## 6.4 LÅGFREKVENT BULLER

Lågfrekvent buller har beräknats enligt miljöministeriets anvisningar.

Riktvärdena som ges i förordningen om boendehälsa underskrids klart i de närmaste bostäderna och sommarstugorna. Också i de bostäder som befinner sig längre bort underskrids riktvärdena, eftersom det lågfrekventa bullret minskar då avståndet växer. Beräkningens resultat finns i bilaga 2.

I beräkningen har bostädernas verkliga ljudisoleringsegenskaper inte beaktats. Det verkliga lågfrekventa bullret kan därför skilja sig från det beräknade värdet (i beräkningsmetoden används endast ett medeltal på bostäders ljudisolering). De beräknade bullernivåerna är klart under de åtgärdsgränser som nämns i förordningen om boendehälsaförordning. Därmed finns ingen risk att åtgärdsgränserna överskrids, trots osäkerheten i bostädernas ljudisoleringsegenskaper. Dessutom har alternativa isoleringskoefficienter som föreslagits i en studie från Åbo yrkeshögskola (ANOJANSSI-projektet, 2020) använts vid beräkningen av lågfrekvent buller.

Baserat på resultaten kan man konstatera att vindkraftverkens lågfrekventa bullerpåverkan i Kvarnbacken är liten.

## 6.5 PÅVERKAN DÅ PARKEN TAS UR BRUK

De bullereffekter som uppstår då parken tas ur bruk påminner om de bullereffekter som uppstår under byggnadsskedet. Tidsmässigt är bullereffekterna kortvariga och de orsakas av arbetsplatsmaskinernas ljud och trafik.

Efter att parken tagits ur bruk, ändras områdets ljudlandskap till samma tillstånd som innan parken byggdes.

## 6.6 OSÄKERHETSFAKTORER I BERÄKNINGEN

Miljöministeriets anvisningar har använts i modelleringen och de i standarden nämnda metoderna och resultatet som fått har rapporterats enligt anvisningen. Modelleringsmetoderna innehåller alltid en liten osäkerhet. Denna har minimerats bland annat genom att sakkunniga gemensamt har beslutat om modelleringens utgångsdata som miljöministeriet har publicerat.

## 7 UPPFÖLJNING OCH HANTERING AV BULLERPROBLEM

Under byggnadstiden kan bullereffekterna minimeras genom att använda maskiner som orsakar mindre buller samt genom att utföra arbetet under mindre störande tider på dygnet.

Vindkraftverkens bullereffekter kan man reglera genom att påverka ljudkällans drift eller beteende. Ljudet som kommer från maskinrummet kan dämpas genom att sätta till isolering i maskinrummet eller genom att reparera/ändra teknik. En mera betydande dämpning får man ändå genom att påverka rotnors beteende.

Vindkraftverkets ljud kan man dämpa genom att sakta ner rotnors rotation eller genom att justera bladens rotationsvinkel. Dessa åtgärder minskar dock också på kraftverkens produktion. Genom att justera driften hos vindkraftverk som befinner sig nära varandra, kan bullret minskas till exempel genom att ändra bladens anfallsvinkel. Kraftverkens driftsparametrar kan vid behov ändras så att riktvärdena inte överskrids. Enligt denna bullerutredning finns det dock inte ett sådant behov.



## 8 REFERENSER

Bertagnolio, F. et.al. (2014). *Cyclic pitch for the control of wind turbine noise amplitude modulation*.  
[http://www.acoustics.asn.au/conference\\_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p551](http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p551)

Etha Wind (2022). *01\_Noise\_Checklist\_ArM220707-1*. Intern arbetsbeskrivning.

Hongisto V., Radun J., Rajala V., et al. (2020) Anojanssi - Projektin Tulokset: Ympäristömelun Häiritsevyys. Turun ammattikorkeakoulu.  
 Tillgänglig: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522167606.pdf>

Lantmäteriverket (2023). *CC 4.0 licens till Lantmäteriverkets avgiftsfria datamaterial*  
<http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

Miljöministeriet (2018). *Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä*.  
<https://www.ym.fi/download/noname/%7B2852D34E-DA43-4DCA-9CEE-47DBB9EFCB08%7D/138568>

Miljöministeriet (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016*.  
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79057>

Miljöministeriet (2016). *Yhteenvedo tuulivoimaloiden melupäästön takuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä*.

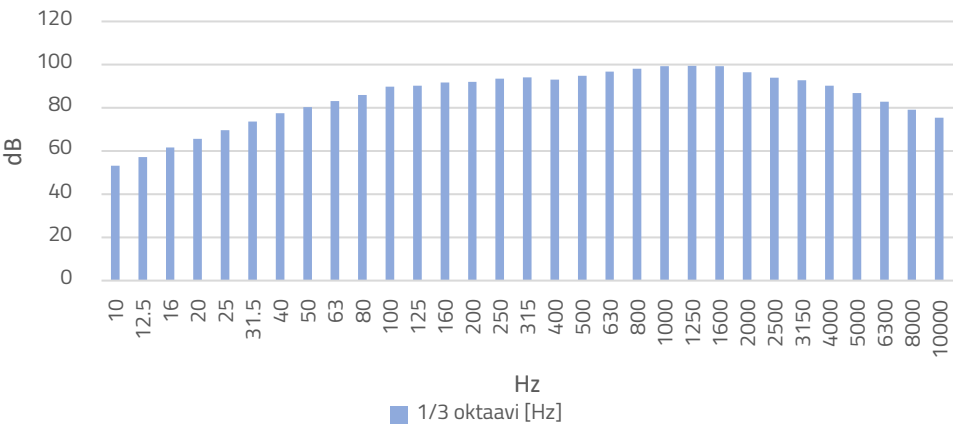
Miljöministeriet (2014). *Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014. Helsinki*. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH\\_2\\_2014.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42937/OH_2_2014.pdf?sequence=1)

Social- och hälsovårdsministeriet (2015). *Social- och hälsovårdsministeriets förordning om sanitära förhållanden i bostäder och andra vistelseutrymmen samt om kompetenskrav för utomstående sakkunniga*. <https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2015/20150545#Pidp446843408>

Statsrådet (2015). *Statsrådets förordning (1107/2015) om riktvärden för utomhusbuller från vindkraftverk*. <https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2015/20151107>

Siemens Gamesa (2022). SG-F18.16-TR-00891\_R00\_Standard Acoustic Emission Document, SG 6.6-170. Date: 2022-10-04

## 9 RAPPORT ÖVER MODELLERINGSUPPGIFTER, KVARNBACKEN

Uppgifter om rapporten och om rapportören		*preciserande uppgifter kan ges på en karta eller i andra bilagor																																																																	
Modelleringsrapportens nummer: <b>CGr240624-1</b>		Datum för godkännande av rapporten:																																																																	
Organisation, kontaktuppgifter: <b>Etha Oy, Vaasanpuistikko 14 B11, 65100 VAASA, puh. +358 2900 20440</b>																																																																			
Ansvarsperson: <b>Christian Granlund</b>																																																																			
Författare: <b>Christian Granlund</b>		Granskad av/godkänd av: Alexander Ehrns																																																																	
UPPGIFTER OM MODELLERINGSPROGRAMMET																																																																			
Modelleringsprogram och version: <b>windPRO Ver3.6</b>		Modelleringsmetod: <b>ISO 9613-2</b>																																																																	
UPPGIFTER OM VINDKRAFTVERKET (VINDKRAFTVERKEN)																																																																			
Tillverkare: <b>Siemens Gamesa</b>		Typ: <b>SG-170</b>	Serienummer:																																																																
Nominell effekt: <b>6.6 MW</b>	Navhöjd: <b>210 m</b>	Rotordiameter: <b>170.0 m</b>	Torntyp: <b>rörtorn</b>																																																																
Möjligheter att påverka vindkraftverkets bullerutsläpp under drift och åtgärdens inverkan på bullret																																																																			
Reglering av bladvinkeln		Rotationshastighet																																																																	
Ja	dB	Ja	dB																																																																
Nej	<b>Inga uppgifter</b>	Nej	<b>Inga uppgifter</b>																																																																
Annat, vad																																																																			
dB																																																																			
AKUSTISKA UPPGIFTER/UTGÅNGSUPPGIFTER FÖR BERÄKNINGEN																																																																			
Uppgifter om bullerutsläpp SG-170 6.6 MW 210m navhöjd, 106.0+2 dB(A)																																																																			
<p style="text-align: center;">Siemens Gamesa SG-170, 210 m HH 106 + 2 dB(A)</p>  <table border="1"> <caption>Estimated data from the sound spectrum chart</caption> <thead> <tr> <th>Hz</th> <th>dB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10</td><td>50</td></tr> <tr><td>12.5</td><td>55</td></tr> <tr><td>16</td><td>60</td></tr> <tr><td>20</td><td>65</td></tr> <tr><td>25</td><td>70</td></tr> <tr><td>31.5</td><td>75</td></tr> <tr><td>40</td><td>78</td></tr> <tr><td>50</td><td>80</td></tr> <tr><td>63</td><td>82</td></tr> <tr><td>80</td><td>85</td></tr> <tr><td>100</td><td>88</td></tr> <tr><td>125</td><td>90</td></tr> <tr><td>160</td><td>92</td></tr> <tr><td>200</td><td>93</td></tr> <tr><td>250</td><td>94</td></tr> <tr><td>315</td><td>94</td></tr> <tr><td>400</td><td>93</td></tr> <tr><td>500</td><td>93</td></tr> <tr><td>630</td><td>94</td></tr> <tr><td>800</td><td>95</td></tr> <tr><td>1000</td><td>96</td></tr> <tr><td>1250</td><td>97</td></tr> <tr><td>1600</td><td>98</td></tr> <tr><td>2000</td><td>95</td></tr> <tr><td>2500</td><td>92</td></tr> <tr><td>3150</td><td>90</td></tr> <tr><td>4000</td><td>88</td></tr> <tr><td>5000</td><td>85</td></tr> <tr><td>6300</td><td>82</td></tr> <tr><td>8000</td><td>78</td></tr> <tr><td>10000</td><td>75</td></tr> </tbody> </table>				Hz	dB	10	50	12.5	55	16	60	20	65	25	70	31.5	75	40	78	50	80	63	82	80	85	100	88	125	90	160	92	200	93	250	94	315	94	400	93	500	93	630	94	800	95	1000	96	1250	97	1600	98	2000	95	2500	92	3150	90	4000	88	5000	85	6300	82	8000	78	10000	75
Hz	dB																																																																		
10	50																																																																		
12.5	55																																																																		
16	60																																																																		
20	65																																																																		
25	70																																																																		
31.5	75																																																																		
40	78																																																																		
50	80																																																																		
63	82																																																																		
80	85																																																																		
100	88																																																																		
125	90																																																																		
160	92																																																																		
200	93																																																																		
250	94																																																																		
315	94																																																																		
400	93																																																																		
500	93																																																																		
630	94																																																																		
800	95																																																																		
1000	96																																																																		
1250	97																																																																		
1600	98																																																																		
2000	95																																																																		
2500	92																																																																		
3150	90																																																																		
4000	88																																																																		
5000	85																																																																		
6300	82																																																																		
8000	78																																																																		
10000	75																																																																		

Mätning och observation av särdrag i buller:								
Smalbandighet/ Tonalitet		Impulsart		Signifikant pulserande		Annat, vad:		
Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
AKUSTISKA UPPGIFTER/UTGÅNGSUPPGIFTER FÖR BERÄKNINGEN								
Beräkningshöjd						Beräkningsrutans storlek [m·m]		
<b>4 m</b>		Annan, vad och varför:				<b>20 m * 20 m</b>		
Relativ fuktighet				Temperatur				
<b>70 %</b>		Annan, vad och varför:			<b>15 C°</b>		Annan, vad och varför:	
Terrängmodellens källa och noggrannhet								
Terrängmodellens källa: <b>Lantmäteriverket</b>				Vågrät upplösning: <b>2 m</b>		Lodrat upplösning: <b>0,3 m</b>		
Beaktande av absorption och reflektion vid mark- och vattenytan, använda faktorer								
<b>ISO 9613-2</b>								
Vattenområden, (O)/(G)			<b>0</b>					
Landområden, (0,4)/(A-D/E-F)			<b>0,4</b>					
Landområden, (O)/(G)								
Atmosfärens stabilitet i beräkningen/meteorologisk korrigering								
Neutral, (0): <b>ja</b>			Annan, vad och varför:					
Kraftverksljudets riktungsverkan och dämpning								
<b>Fri rymd</b>			Annan, vad och varför:					
Inväsnare och objekt som utsätts för buller, antal (utan bullerbekämpning/kraftverksstyrning)								
Inväsnare: <b>0</b> antal		Fritidsbostäder: <b>0</b> antal				Vård- och läroinrättningar: <b>0</b> antal		
Inväsnare och objekt som utsätts för buller, antal (med beaktande av bullerbekämpning/kraftverksstyrning)								
Inväsnare: <b>0</b> antal		Fritidsbostäder: <b>0</b> antal				Vård- och läroinrättningar: <b>0</b> antal		
Bullerspridning i rekreations- eller naturskyddsområden								
Rekreationsområden: <b>0</b> antal				Naturskyddsområden: <b>0</b> antal				

## BILAGA 1: RESULTAT AV BULLERMODELLERINGEN

Tabell 7. Ljudnivån vid observationspunkterna för modelleringen av Kvarnbackens vindkraftspark

Bostad	Klassificering	Östlig koord. (ETRS TM35FIN)	Nordlig koord. (ETRS TM35FIN)	Riktvärde (dBA)	Buller [dBA]	Överskrider riktvärdet
A	Fritidsbostad	334421	7035450	40	34,8	Nej
B	Fritidsbostad	335366	7034620	40	34,2	Nej
C	Fritidsbostad	335393	7034516	40	34,4	Nej
D	Fritidsbostad	335986	7033736	40	31,7	Nej
E	Fritidsbostad	336089	7033397	40	30,8	Nej
F**	Fritidsbostad	330584	7036433	40	35,9	Nej
G	Fast bostad	332971	7036513	40	34,5	Nej
H	Fast bostad	332080	7037352	40	32,3	Nej
I	Fast bostad	332935	7036561	40	34,4	Nej
J	Fast bostad	333062	7036409	40	34,7	Nej
K	Fritidsbostad	332570	7032833	40	33,4	Nej
L	Fritidsbostad	332580	7032794	40	33,2	Nej
M	Fritidsbostad	333912	7035830	40	34,8	Nej
N*	Annan byggnad	333037	7035855	-	37,9	Nej
O	Fritidsbostad	332431	7033340	40	35,5	Nej

\* Byggnaden N beaktas inte i jämförelsen mot riktvärdet eftersom användningssyftet kommer att ändras till "annan byggnad".

\*\* Fritidsbostad F har bygglov, men har lämnat i ofärdigt skick en längre tid.

## BILAGA 2: BERÄKNING AV LÅGFREKVENT LJUD

Åtgärdsgränserna för lågfrekvent i förordningen om boendehälsaunderskrids i de närmaste bostäderna. Åtgärdsgränserna underskrids också i bostäder som finns längre bort, eftersom det lågfrekventa ljudet minskar då avståndet växer. Åtgärdsgränserna underskrids också vid fritidsbostäderna.

Det lågfrekventa bullret har beräknats för Kvarnbacken med 6 vindkraftverk.

Tabell 8. Lågfrekvent ljud utomhus

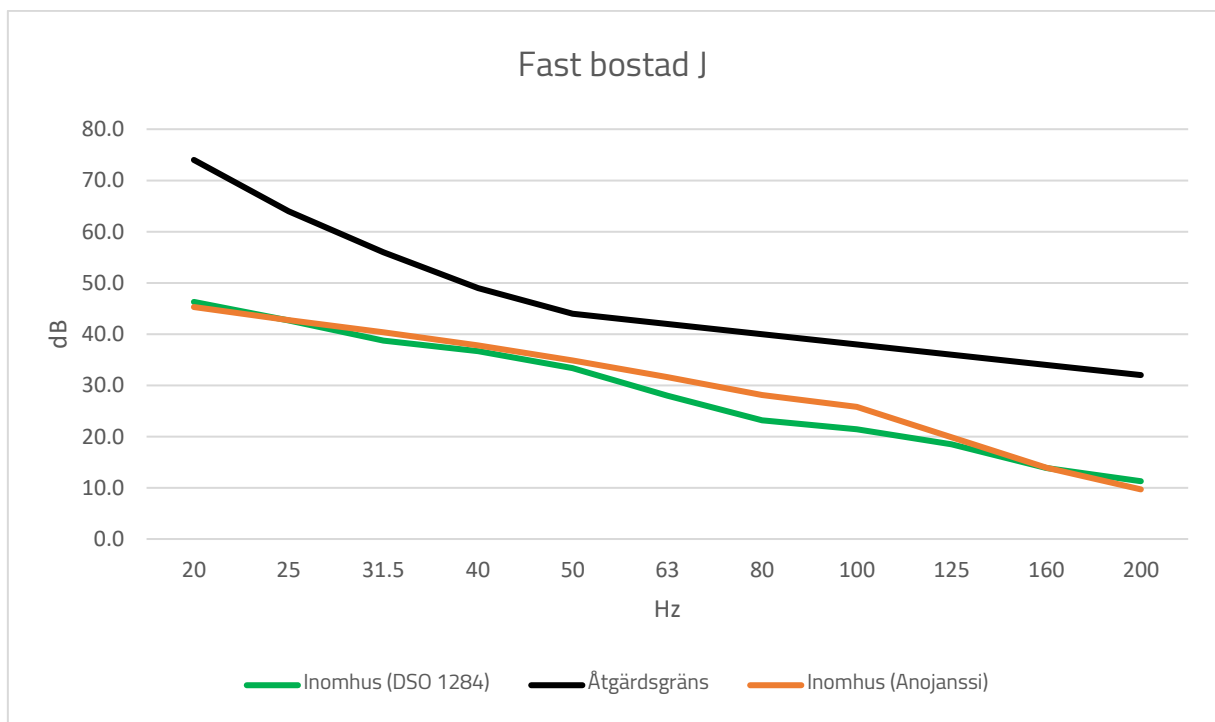
Frekvens (Hz)	Bullernivån vid punkterna (dB)														
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
20	53.0	52.3	52.4	50.5	49.9	52.9	52.7	50.9	52.6	52.9	52.0	51.9	53.0	55.0	53.5
25	51.1	50.4	50.6	48.7	48.1	51.1	50.9	49.1	50.8	51.0	50.2	50.1	51.2	53.2	51.6
31,5	49.6	48.9	49.0	47.1	46.6	49.6	49.4	47.6	49.3	49.5	48.7	48.6	49.6	51.7	50.1
40	48.2	47.5	47.6	45.7	45.1	48.1	47.9	46.1	47.8	48.1	47.2	47.1	48.2	50.3	48.7
50	46.4	45.7	45.9	43.9	43.4	46.4	46.2	44.4	46.1	46.4	45.5	45.4	46.5	48.5	46.9
63	44.7	44.0	44.1	42.2	41.6	44.6	44.4	42.6	44.3	44.6	43.7	43.6	44.7	46.8	45.2
80	43.0	42.3	42.4	40.4	39.8	43.0	42.7	40.9	42.6	42.9	42.0	41.9	43.0	45.1	43.5
100	42.7	42.0	42.1	40.1	39.5	42.7	42.5	40.6	42.4	42.6	41.7	41.6	42.7	44.9	43.2
125	38.8	38.1	38.2	36.1	35.5	38.8	38.5	36.6	38.4	38.7	37.7	37.6	38.8	41.0	39.3
160	35.1	34.4	34.5	32.4	31.8	35.2	34.9	32.9	34.8	35.0	34.1	33.9	35.2	37.4	35.7
200	32.6	31.8	32.0	29.8	29.1	32.8	32.3	30.3	32.2	32.5	31.4	31.3	32.6	35.0	33.1

Tabell 9. Lågfrekvent ljud inomhus, D50 1284 ljudisoleringsvärden.

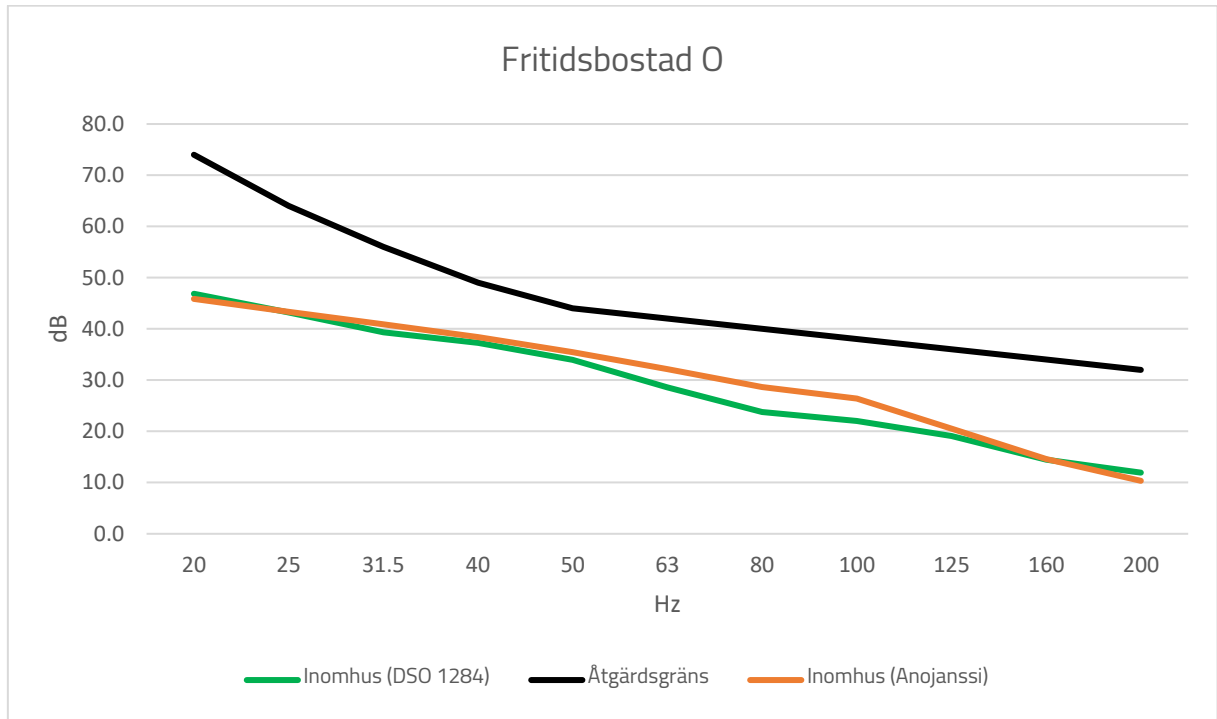
Frekvens (Hz)	Bullernivån vid punkterna (dB)														
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
20	46.4	45.7	45.8	43.9	43.3	46.3	46.1	44.3	46.0	46.3	45.4	45.3	46.4	48.4	46.9
25	42.7	42.0	42.2	40.3	39.7	42.7	42.5	40.7	42.4	42.6	41.8	41.7	42.8	44.8	43.2
31,5	38.8	38.1	38.2	36.3	35.8	38.8	38.6	36.8	38.5	38.7	37.9	37.8	38.8	40.9	39.3
40	36.8	36.1	36.2	34.3	33.7	36.7	36.5	34.7	36.4	36.7	35.8	35.7	36.8	38.9	37.3
50	33.4	32.7	32.9	30.9	30.4	33.4	33.2	31.4	33.1	33.4	32.5	32.4	33.5	35.5	33.9
63	28.1	27.4	27.5	25.6	25.0	28.0	27.8	26.0	27.7	28.0	27.1	27.0	28.1	30.2	28.6
80	23.3	22.6	22.7	20.7	20.1	23.3	23.0	21.2	22.9	23.2	22.3	22.2	23.3	25.4	23.8
100	21.5	20.8	20.9	18.9	18.3	21.5	21.3	19.4	21.2	21.4	20.5	20.4	21.5	23.7	22.0
125	18.6	17.9	18.0	15.9	15.3	18.6	18.3	16.4	18.2	18.5	17.5	17.4	18.6	20.8	19.1
160	13.9	13.2	13.3	11.2	10.6	14.0	13.7	11.7	13.6	13.8	12.9	12.7	14.0	16.2	14.5
200	11.4	10.6	10.8	8.6	7.9	11.6	11.1	9.1	11.0	11.3	10.2	10.1	11.4	13.8	11.9

Tabell 10. Lågfrekvent ljud inomhus, Anojanssi ljudisoleringsvärden.

Frekvens (Hz)	Bullernivån vid punkterna (dB)														
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
20	45.4	44.7	44.8	42.9	42.3	45.3	45.1	43.3	45.0	45.3	44.4	44.3	45.4	47.4	45.9
25	42.8	42.1	42.3	40.4	39.8	42.8	42.6	40.8	42.5	42.7	41.9	41.8	42.9	44.9	43.3
31,5	40.4	39.7	39.8	37.9	37.4	40.4	40.2	38.4	40.1	40.3	39.5	39.4	40.4	42.5	40.9
40	37.9	37.2	37.3	35.4	34.8	37.8	37.6	35.8	37.5	37.8	36.9	36.8	37.9	40.0	38.4
50	34.9	34.2	34.4	32.4	31.9	34.9	34.7	32.9	34.6	34.9	34.0	33.9	35.0	37.0	35.4
63	31.7	31.0	31.1	29.2	28.6	31.6	31.4	29.6	31.3	31.6	30.7	30.6	31.7	33.8	32.2
80	28.2	27.5	27.6	25.6	25.0	28.2	27.9	26.1	27.8	28.1	27.2	27.1	28.2	30.3	28.7
100	25.9	25.2	25.3	23.3	22.7	25.9	25.7	23.8	25.6	25.8	24.9	24.8	25.9	28.1	26.4
125	20.0	19.3	19.4	17.3	16.7	20.0	19.7	17.8	19.6	19.9	18.9	18.8	20.0	22.2	20.5
160	14.0	13.3	13.4	11.3	10.7	14.1	13.8	11.8	13.7	13.9	13.0	12.8	14.1	16.3	14.6
200	9.8	9.0	9.2	7.0	6.3	10.0	9.5	7.5	9.4	9.7	8.6	8.5	9.8	12.2	10.3



Figur 2. Beräkning av lågfrekvent buller enligt miljöministeriets anvisningar samt social- och hälsovårdsministeriets åtgärdsgräns i bostad J.



Figur 3. Beräkning av lågfrekvent buller enligt miljöministeriets anvisningar samt social- och hälsovårdsministeriets åtgärdsgräns i fritidsbostad O.

## BILAGA 3: VINDKRAFTVERKENS POSITIONER

Vindkraftverkens positioner presenteras i följande tabeller.

Tabell 11. Vindkraftverkens koordinater, Kvarnbacken (6 vindkraftverk).

Vindkraftverk	Östlig koord. (ETRS-TM35-FIN)	Nordlig koord. (ETRS-TM35-FIN)	Vindkraftverkstypen
1	331454	7036001	SG-170 6,6MW 210 m HH, 106,0+2 dB(A)
2	331963	7035403	SG-170 6,6MW 210 m HH, 106,0+2 dB(A)
3	332761	7034784	SG-170 6,6MW 210 m HH, 106,0+2 dB(A)
4	333290	7034438	SG-170 6,6MW 210 m HH, 106,0+2 dB(A)
5	334020	7033922	SG-170 6,6MW 210 m HH, 106,0+2 dB(A)
6	334417	7033582	SG-170 6,6MW 210 m HH, 106,0+2 dB(A)