



BULLERUTREDNING

MASTBACKA VINDKRAFTSPARK

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning.....	3
2	Bakgrund	4
3	Buller	4
3.1	Allmänt.....	4
3.2	Hur buller bildas.....	4
4	Gränsvärden för buller	6
4.1	Statsrådets förordning om riktvärden för utomhusbuller från vindkraftverk	6
4.2	Social- och hälsovårdsministeriets förordning om sanitära förhållanden i bostäder	6
5	Utgångsdata och metodik	7
5.1	Utgångsdata	7
5.2	Metod.....	8
6	Uppskattad bullerpåverkan	9
6.1	Nuvarande situation	9
6.2	Påverkan under byggtiden	9
6.3	Påverkan under drifttiden	9
6.4	Lågfrekvent buller	10
6.5	Påverkan då parken tas ur bruk.....	11
6.6	Osäkerhetsfaktorer i beräkningen	11
7	Uppföljning och hantering av bullerproblem	11
8	Källor	12
9	Rapport över modelleringsuppgifter	13
	Bilaga 1: Resultat av bullermodelleringen	15
	Bilaga 2: Beräkning av lågfrekvent ljud	16
	Bilaga 3: Vindkraftverkens positioner	18

Versionshistorik

Version, Datum	Författare	Granskare	Godkännare	Sammanfattning
2020-01-23	ArM	CKk	CGr	Bullerutredning för Mastbackas vindkraftspark.

1 Sammanfattning

- Uppgift:** Bullerutredning för Mastbacka Vindkraftspark.
- Arbetsmetoder:** I utredningen har uppgifter om vindkraftverkens buller, gränsvärden för buller, modelleringsmetoder och lokala förhållanden använts. Modelleringen utfördes i huvudsak i windPRO Ver3.2 programmets DECIBEL-modul samt enligt antaganden och utgångsdata i ISO 9613-2 standarden. Modelleringen och rapporteringen följer Miljöministeriets anvisningar från 2014, Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita (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.
- 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 Mastbacka vindkraftspark i Pedersöre kommun. Den planerade vindkraftsparken består av 6 vindkraftverk. Bullerutredningen är en del av konsekvensbedömningen i planläggningsskedet. I bullermodelleringen har vindkraftverkstypen N149 4.5 MW använts. Vindkraftverken i modelleringen har en navhöjd på 205,5 meter och utgångsbullernivån 106,1 dB(A). I modelleringen har ljuddata från tillverkaren Vestas använts (från mars 2018).

Utredningen är utförd enligt miljöministeriets anvisningar (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen) i WindPRO Ver3.2 programmets bullerberäkningsverktyg. Modelleringen och beräkningarna av lågfrekvent ljud (baserat på DSO 1284) 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. Terrängtypen, växtligheten och vindriktningen har även de 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 drifttiden (ca 25 år). Dessutom förekommer bullerolägenheterna under byggtiden enbart dagtid, inte under natten.

I tabellen nedan presenteras jämförelsevärden på olika ljudkällor.

Tabell 1. Jämförelsetabell med absoluta ljudstyrkor

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

4 Gränsvärden för buller

4.1 Statsrådets 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. 22–7
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 Social- och hälsovårdsministeriets förordning om sanitära förhållanden i bostäder

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
$L_{eq, 1h}$ / dB	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

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

Vindkraftverkens bullerpåverkan har beräknats enligt ISO 9613–2-standard. Utgångsdata som använts presenteras i tabellerna nedan. I modelleringen har vindkraftverkstillverkarens garantivärden för utgångsbuller använts. Detta garantivärde har vindkraftverkstillverkaren gett på basen av ljudmätningar, rotorstorleken samt vindkraftverkets funktionsprincip.

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.

Vindkraftverkstypen som använts i beräkningen presenteras nedan.

Tabell 4. Uppgifter om projektens vindkraftverkstyp

Projekt	Vindkraftverk	Vindkraftverkets navhöjd (m)	Vindkraftverkets ljudeffektnivå (L_{wa})	1/3 oktavbandigt ljudspektrum
Mastbacka	N149 4.5 MW	205,5	106,1	Används

Totalljudeffekten som används i modelleringen kan anses vara hög, med tanke på den senaste tekniska utvecklingen av vindkraftverken. Även om det ännu är oklart vilken vindkraftsmodell som slutligen väljs och vilka ljudtekniska egenskaper den har, ger den utförda bullermodelleringen en pålitlig bild av projektets totala påverkan. I samband med bygglovsförfarandet säkerställs att den valda kraftverksmodellen och projektet uppfyller bullerkraven.

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
Luffuktighet	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 10 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. Mastbackas höjdskillnad 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. Byggnadernas ljudisolering har beräknats enligt DSO 1284 metoden, och resultaten har jämförts med riktlinjerna för buller inomhus i social- och hälsovårdsministeriets förordning.

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)

6 Uppskattad bullerpåverkan

6.1 Nuvarande situation

Mastbacka 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 Mastbackas vindkraftspark har ljuddata för vindkraftverkstypen N149 4.5 MW använts. Totaljudnivån för vindkraftverkstypen är 106,1 dB(A) och navhöjden är 205,5 meter. Situationsplansalternativet med 6 vindkraftverk har använts. Koordinaterna för vindkraftverken finns i bilaga 3.

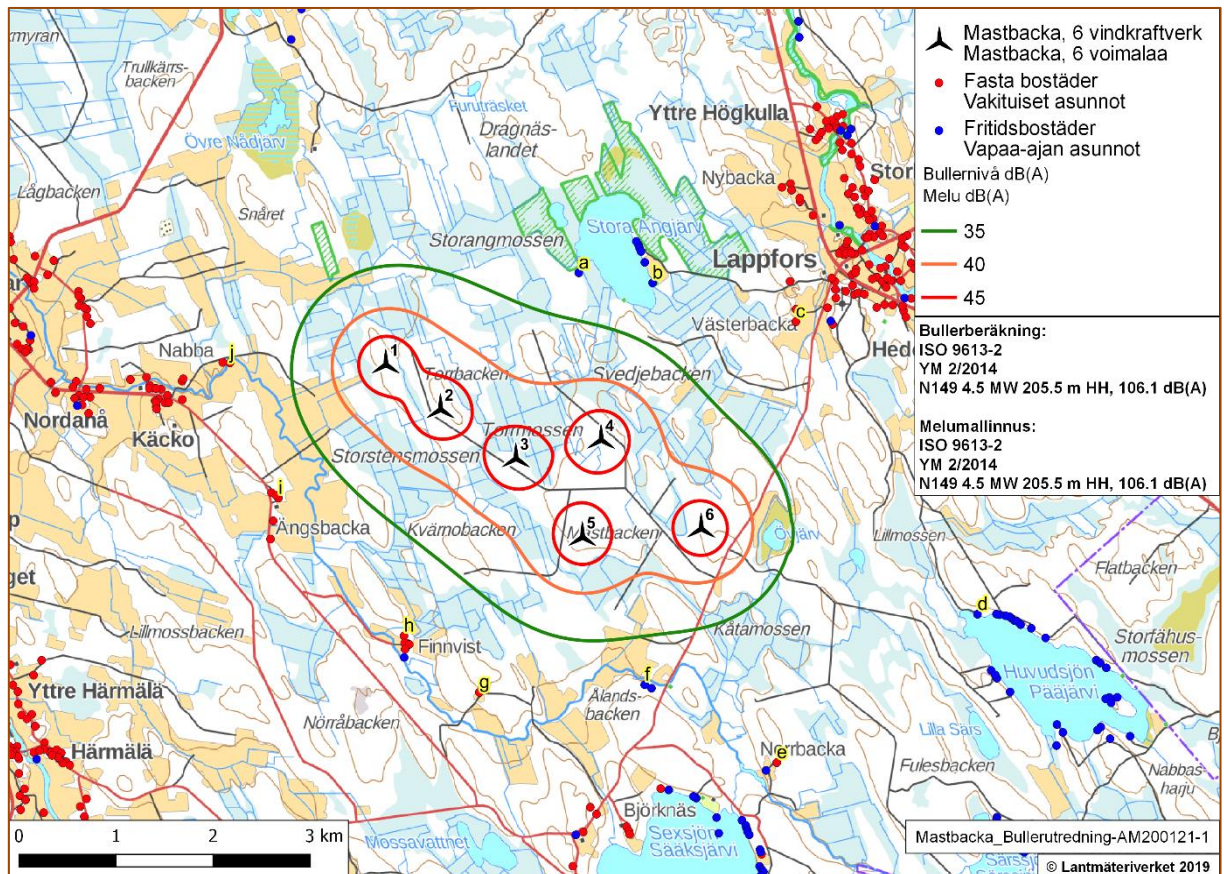


Bild 1. Bullermodellering för Mastbacka vindkraftspark, N149 4.5 MW 106,1 dB(A).
10 observationspunkter har markerats med bokstäver.

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 10 närliggande bostäder som valts ut som observationspunkter.

Baserat på resultaten kan man konstatera att vindkraftverkens bullerpåverkan i Mastbacka är liten. Ljudnivån vid samtliga närliggande fasta bostäder och fritidsbostäder ligger under 35 dB(A), dvs. klart under miljöministeriets riktvärde. Den högsta beräknade ljudnivån vid en närliggande bostad är 32,2 dB(A) (sommarstuga A). Områden med betydande bosättning i närheten är i första hand Stora Angjärv, Lappfors och Käcko (bostadsområde i Purmo). Bullernivån i dessa områden är ändå låg, ca 27–32 dB(A). Det finns flera naturskyddsområden norr om projektområdet, i första hand vid Stora Angjärv-området. Den beräknade bullernivån vid samtliga naturskyddsområden är också låg, under 35 dB(A).

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 social och hälsoministeriets förordning 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 ljudisoleringssegenskaper inte beaktats. Det verkliga lågfrekventa bullret kan därför vara högre än det beräknade värdet (i DSO beräkningsmetoden används endast ett medeltal på bostäders ljudisolering). De beräknade bullernivåerna är klart under de åtgärdsgränser som nämns i social- och hälsovårdsministeriets förordning. Därmed finns ingen risk att åtgärdsgränserna överskrids, trots osäkerheten i bostädernas ljudisoleringssegenskaper.

Baserat på resultaten kan man konstatera att vindkraftverkens lågfrekventa bullerpåverkan i Mastbacka 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 området 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 rotorns beteende.

Vindkraftverkets ljud kan man dämpa genom att sakta ner rotorns rotation eller genom att justera bladens rotationsvinkel. Dessa åtgärder minskar dock också på kraftverkets 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.

Enligt bullerutredningen överskrids inte de riktvärden som nämns i statsrådets förordning, och inte heller de riktvärden på lågfrekvent buller inomhus som getts ut av social och hälsoministeriet.

8 Källor

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

Etha Wind (2018) 01-Noise-CGYK141220-1-Rev4. Intern arbetsbeskrivning.

Lantmäteriverket (2019). CC 4.0 licens till Lantmäteriverkets avgiftsfria datamaterial <http://www.maanmittauslaitos.fi/sv/e-tjanster/filtjanst-avgiftsfri-data>

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

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

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

Nordex (2018). *N149/4.0-4.5 Third octave sound power levels, F008_270_A17_EN*

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>

Suomen ympäristökeskus (2019). OIVA – Ympäristö- ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille. http://paikkatieto.ymparisto.fi/lapio/lapio_flex.html#

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

9 Rapport över modelleringsuppgifter

Uppgifter om rapporten och om rapportören		*preciserande uppgifter kan ges på en karta eller i andra bilagor																																																																			
Modelleringsrapportens nummer/ identifierare:		Datum för godkännande av rapporten: 23.01.2020																																																																			
Organisation, kontaktuppgifter. Etha Wind, Kyrkoesplanaden 4, 65100 Vasa, tel. 044-3809237																																																																					
Ansvarsperson: Arina Makarova																																																																					
Författare: Arina Makarova		Granskad av/godkänd av: Christian Granlund																																																																			
UPPGIFTER OM MODELLERINGSPROGRAMMET																																																																					
Modelleringsprogram och version: WindPRO Ver3.2		Modelleringsmetod: ISO 9613-2																																																																			
UPPGIFTER OM VINDKRAFTVERKET (VINDKRAFTVERKEN)																																																																					
Tillverkare:		Typ:	Serienummer:																																																																		
Nominell effekt: 4.5 MW	Navhöjd: 205.5 m	Rotordiameter: 149.0 m	Torn typ: rörtorn																																																																		
Möjligheter att påverka vindkraftverkets bullerutsläpp under drift och åtgärdens inverkan på bullret																																																																					
Reglering av bladvinkeln		Rotationshastighet		Annat, vad																																																																	
Ja	dB	Ja	dB	dB																																																																	
Nej	Inga uppgifter	Nej	Inga uppgifter	dB																																																																	
AKUSTISKA UPPGIFTER/UTGÅNGSUPPGIFTER FÖR BERÄKNINGEN																																																																					
Uppgifter om bullerutsläpp Nordex N149 4,5 MW, 205,5 m HH (Kraftverkstillverkarens har garanterat totalbullernivån: 106,1 dB(A))																																																																					
<p style="text-align: center;">1/3 oktavnivåer för Nordex N149, 205,5 m HH 106,1 dB(A)</p> <table border="1"> <caption>Estimated data from the 1/3 octave noise level 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>80</td></tr> <tr><td>50</td><td>85</td></tr> <tr><td>63</td><td>88</td></tr> <tr><td>80</td><td>90</td></tr> <tr><td>100</td><td>92</td></tr> <tr><td>125</td><td>90</td></tr> <tr><td>160</td><td>90</td></tr> <tr><td>200</td><td>92</td></tr> <tr><td>250</td><td>93</td></tr> <tr><td>315</td><td>95</td></tr> <tr><td>400</td><td>95</td></tr> <tr><td>500</td><td>95</td></tr> <tr><td>630</td><td>98</td></tr> <tr><td>800</td><td>98</td></tr> <tr><td>1000</td><td>98</td></tr> <tr><td>1250</td><td>98</td></tr> <tr><td>1600</td><td>95</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>85</td></tr> <tr><td>8000</td><td>80</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	80	50	85	63	88	80	90	100	92	125	90	160	90	200	92	250	93	315	95	400	95	500	95	630	98	800	98	1000	98	1250	98	1600	95	2000	95	2500	92	3150	90	4000	88	5000	85	6300	85	8000	80	10000	75
Hz	dB																																																																				
10	50																																																																				
12.5	55																																																																				
16	60																																																																				
20	65																																																																				
25	70																																																																				
31.5	75																																																																				
40	80																																																																				
50	85																																																																				
63	88																																																																				
80	90																																																																				
100	92																																																																				
125	90																																																																				
160	90																																																																				
200	92																																																																				
250	93																																																																				
315	95																																																																				
400	95																																																																				
500	95																																																																				
630	98																																																																				
800	98																																																																				
1000	98																																																																				
1250	98																																																																				
1600	95																																																																				
2000	95																																																																				
2500	92																																																																				
3150	90																																																																				
4000	88																																																																				
5000	85																																																																				
6300	85																																																																				
8000	80																																																																				
10000	75																																																																				
Mätning och observation av särdrag i buller:																																																																					

Smalbandighet/ Tonalitet		Impulsart		Signifikant pulserande (amplitudmoduler)		Annat, vad:		
Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	
AKUSTISKA UPPGIFTER/UTGÅNGSUPPGIFTER FÖR BERÄKNINGEN								
Beräkningshöjd						Beräkningsrutans storlek [m·m]		
4 m	Annan, vad och varför:					20 m * 20 m		
Relativ fuktighet				Temperatur				
70 %	Annan, vad och varför:			15 C°	Annan, vad och varför:			
Terrängmodellens källa och noggrannhet								
Terrängmodellens källa: Lantmäteriverket				Vågrät upplösning: 2		Lodrat upplösning: 1 m		
Beaktande av absorption och reflektion vid mark- och vattenytan, använda faktorer								
ISO 9613-2								
Vattenområden, (0)/(G)			0					
Landområden, (0,4)/(A–D/E–F)			0,4					
Landområden, (0)/(G)								
Atmosfärens stabilitet i beräkningen/meteorologisk korrigerig								
Neutral, (0): ja			Annan, vad och varför:					
Kraftverksljudets riktningsverkan och dämpning								
Fri rymd			Annan, vad och varför:					
Invånare och objekt som utsätts för buller, antal (utan bullerbekämpning/kraftverksstyrning)								
Invånare: 0 antal		Fritidsbostäder: 0 antal				Vård- och läroinrättningar: 0 anta		
Invånare och objekt som utsätts för buller, antal (med beaktande av bullerbekämpning/kraftverksstyrning)								
Invånare: 0 antal		Fritidsbostäder: 0 antal				Vård- och läroinrättningar 0 antal		
Bullerspridning i rekreations- eller naturskyddsområden								
Rekreationsområden: 0 antal				Naturskyddsområden: 0 antal				

Bilaga 1: Resultat av bullermodelleringen

Tabell 6. Ljudnivån vid observationspunkterna för modelleringen av Mastbacka vindkraftspark

Bostad	Klassificering	X koord. (ETRS TM35FIN)	Y koord. (ETRS TM35FIN)	Riktvärde (dBA)	Buller [dBA]	Överskrider riktvärdet
a	Fritidsbostad	307627	7049347	40	32.2	Nej
b	Fritidsbostad	308388	7049245	40	31.9	Nej
c	Fast bostad	309863	7048853	40	28.2	Nej
d	Fritidsbostad	311735	7045893	40	23.1	Nej
e	Fast bostad	309667	7044392	40	25.7	Nej
f	Fritidsbostad	308307	7045179	40	31.7	Nej
g	Fast bostad	306602	7045103	40	29.8	Nej
h	Fast bostad	305827	7045674	40	30.2	Nej
i	Fast bostad	304034	7048436	40	30.1	Nej
j	Fast bostad	304533	7047068	40	30.7	Nej

Bilaga 2: Beräkning av lågfrekvent ljud

Åtgärdsgränserna för lågfrekvent buller i social- och hälsovårdsministeriets förordning underskrids 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 Mastbacka med 6 vindkraftverk.

Tabell 7. Lågfrekvent ljud utomhus

Frekvens (Hz)	Bullernivån vid punkterna (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	48.98	48.29	46.23	42.80	44.51	48.41	47.32	47.69	47.11	47.80
25	47.04	46.34	44.27	40.82	42.54	46.47	45.37	45.74	45.17	45.85
31,5	47.02	46.32	44.24	40.78	42.51	46.45	45.35	45.72	45.14	45.83
40	45.38	44.67	42.59	39.09	40.84	44.81	43.70	44.07	43.49	44.18
50	45.93	45.23	43.13	39.61	41.37	45.36	44.24	44.62	44.04	44.74
63	42.65	41.94	39.81	36.24	38.04	42.08	40.94	41.32	40.75	41.44
80	40.94	40.22	38.07	34.44	36.27	40.37	39.22	39.60	39.03	39.73
100	41.46	40.72	38.52	34.76	36.66	40.88	39.69	40.08	39.51	40.22
125	35.58	34.83	32.55	28.63	30.62	35.00	33.76	34.16	33.60	34.32
160	31.69	30.90	28.51	24.36	26.48	31.10	29.78	30.20	29.66	30.39
200	30.06	29.24	26.71	22.25	24.56	29.48	28.06	28.50	27.98	28.72

Tabell 8. Lågfrekvent ljud inomhus

Frekvens (Hz)	Bullernivån vid punkterna (dB)									
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
20	42.38	41.69	39.63	36.20	37.91	41.81	40.72	41.09	40.51	41.20
25	38.64	37.94	35.87	32.42	34.14	38.07	36.97	37.34	36.77	37.45
31,5	36.22	35.52	33.44	29.98	31.71	35.65	34.55	34.92	34.34	35.03
40	33.98	33.27	31.19	27.69	29.44	33.41	32.30	32.67	32.09	32.78
50	32.93	32.23	30.13	26.61	28.37	32.36	31.24	31.62	31.04	31.74
63	26.05	25.34	23.21	19.64	21.44	25.48	24.34	24.72	24.15	24.84
80	21.24	20.52	18.37	14.74	16.57	20.67	19.52	19.90	19.33	20.03
100	20.26	19.52	17.32	13.56	15.46	19.68	18.49	18.88	18.31	19.02
125	15.38	14.63	12.35	8.43	10.42	14.80	13.56	13.96	13.40	14.12
160	10.49	9.70	7.31	3.16	5.28	9.90	8.58	9.00	8.46	9.19
200	8.86	8.04	5.51	1.05	3.36	8.28	6.86	7.30	6.78	7.52

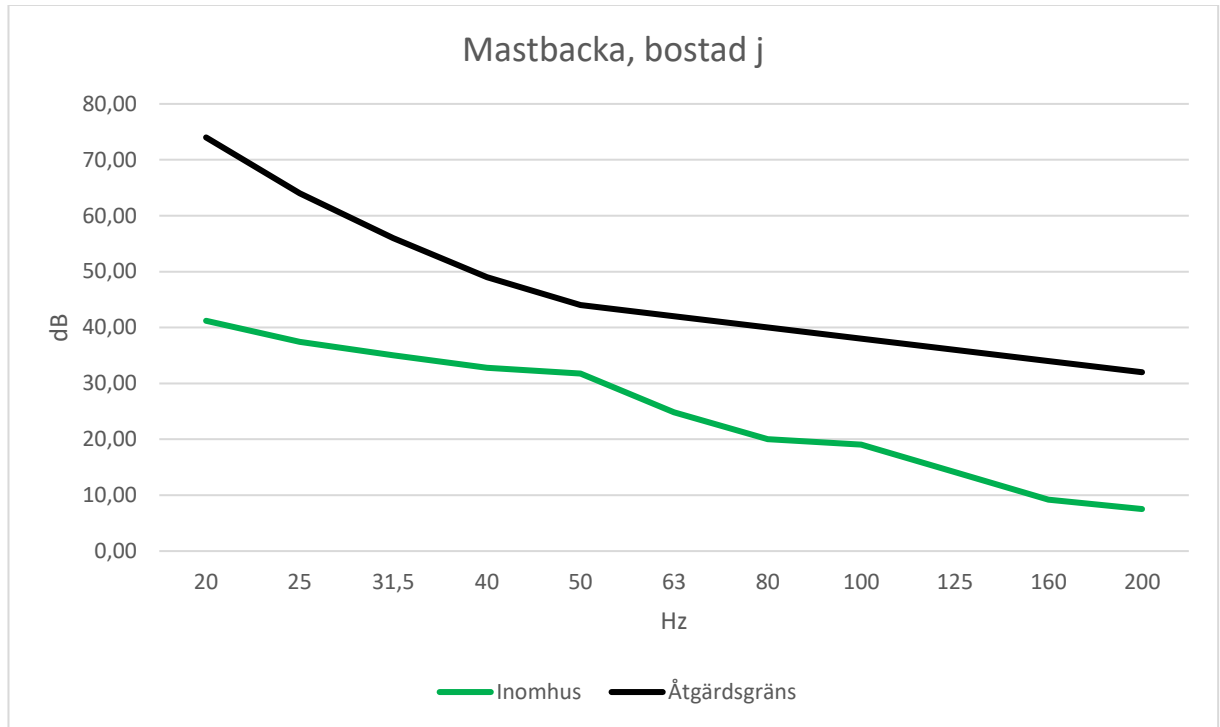


Bild 4. Beräkning av lågfrekvent buller enligt miljöministeriets anvisningar samt social- och hälsovårdsministeriets åtgärdsgräns i bostad j.

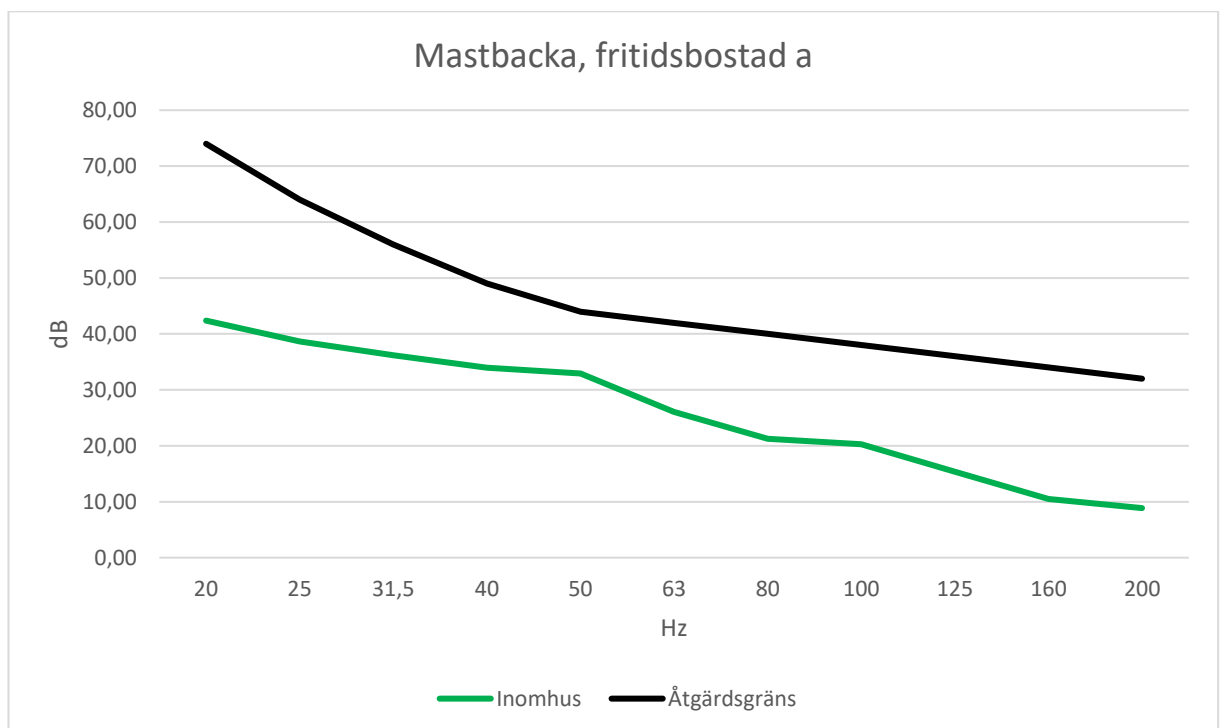


Bild 5. Beräkning av lågfrekvent buller enligt miljöministeriets anvisningar samt social- och hälsovårdsministeriets åtgärdsgräns i fritidsbostad a.

Bilaga 3: Vindkraftverkens positioner

Vindkraftverkens positioner presenteras i följande tabell.

Tabell 9. Vindkraftverkens koordinater, Mastbacka

Vindkraftverk	Östlig koord. (ETRS-TM35-FIN)	Nordlig koord. (ETRS-TM35-FIN)
1	305638	7048424
2	306201	7047971
3	306978	7047474
4	307855	7047662
5	307663	7046679
6	308886	7046764