

RAPPORT ÖVER BULLERMODELLERING

Vindkraftsparken i Markjärv

Winda Energy Oy

24.2.2026

Innehåll

1. Inledning.....	3
2. Riktvärden för buller från vindkraft.....	3
3. Inställningar och utgångsdata för bullermodelleringen.....	5
4. Resultat av bullermodelleringen.....	8
5. Källor.....	12

Bilagor

Bilaga 1: Karta över bullermodelleringen

Bilaga 2: Modelleringsresultat för lågfrekvent buller

1. Inledning

Denna rapport avser modellering av buller som Markjärvs vindkraftsprojekt i Kronoby kommun medför. Modelleringen har utförts för utkastet för en delgeneralplan för Markjärvs vindkraftspark. Bullermodelleringen har utförts med WindPRO-programvarans DECIBEL-modul i enlighet med Miljöförvaltningens anvisningar (2014).

Denna bullermodellering har utförts med så liknande inställningar och utgångsdata som möjligt jämfört med bullermodelleringen i projektets miljökonsekvensbedömning, dock med vissa preciseringar:

- I utkastet för en delgeneralplan för Markjärvs vindkraftsprojekt finns sex vindkraftverk på nya platser, medan de projektalternativ som användes i bullermodelleringen i projektets miljökonsekvensbeskrivning omfattade nio respektive 14 vindkraftverk.
- Modelleringen har utförts utan bullerdämpande åtgärder (tandning av vindkraftverkens blad), vilket innebär att utgångsljudnivån för vindkraftverken i modelleringen är högre än den som använts i miljökonsekvensbeskrivningen.

Bullermodelleringen har upprättats av diplomingenjör Aapeli Junkala vid Winda Energy.

2. Riktvärden för buller från vindkraft

I Finland har tydliga riktvärden fastställts för buller från vindkraft. Statsrådets förordning (1107/2015) fastställer allmänna riktvärden för utomhusbuller från vindkraftverk dagtid och nattetid. Riktvärden för lågfrekvent buller som kommer utifrån in i byggnader fastställs i social- och hälsovårdsministeriets förordning om sanitära förhållanden i bostäder (545/2015).

2.1. Statsrådets förordning om riktvärden för utomhusbuller från vindkraftverk

3 § i förordningen:

Den kalkylerade bullernivå som vindkraftverkens drift orsakar och som fastställts enligt garantivärdet för bulleremission och den bullernivå som uppmäts i samband med tillsynen får utomhus inte överskrida riktvärdena för den A-frekvensvägda medelljudnivån (ekvivalentnivån L_{Aeq}) i ett område som utsätts för buller, enligt följande:

Tabell 1: Riktvärden för utomhusbuller från vindkraftverk enligt statsrådets förordning

	bullernivån utomhus L_{Aeq} dagtid kl. 7—22	bullernivån utomhus L_{Aeq} 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

Eftersom vindkraftverk drivs på samma sätt både under dagtid och nattetid är det i praktiken endast de strängare riktvärdena för nattetid som har betydelse för modelleringen. I denna modell används gränsvärdet 40 dB för bostadshus och fritidshus.

5 § i förordningen:

Om bullret från ett vindkraftverk är impulsartat eller smalbandigt i ett område som utsätts för buller, adderas 5 dB till det mätresultat som erhållits i samband med tillsynen innan det jämförs med värdena enligt 3 §.

Buller från vindkraftverk är varken impulsartat eller smalbandigt, varför 5 dB inte läggs till i resultaten från denna modellering.

2.2. Åtgärdsgränser för lågfrekvensbuller inomhus i utrymmen som är avsedda att sova i enligt förordningen om sanitära förhållanden i bostäder

Social- och hälsovårdsministeriets förordning om sanitära förhållanden i bostäder (545/2015) fastställer riktvärden för buller i bostäder och andra vistelseutrymmen dagtid och nattetid. Åtgärdsgränserna för lågfrekvensbuller från vindkraftsprojektet fastställs i tabell 2 i förordningens bilaga 2 som återges nedan:

Tabell 2. Åtgärdsgränser för ekvivalentnivån för en timme lågfrekvensbuller inomhus i utrymmen som är avsedda att sova i.

Band [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Nattetid (kl. 22–7) L _{eq,1h} [dB]	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

På lågfrekvensbuller dagtid (kl. 7–22) tillämpas nivåer som är 5 dB högre än nivåerna i tabell 2.

Det bör noteras att åtgärdsgränserna för lågfrekvensbuller i tabell 2 inte är A-viktade för det mänskliga hörselområdet. Till exempel motsvarar en åtgärdsgräns på 74 dB vid 20 Hz en ljudnivå på cirka 25 dBA.

Vid beräkningen av bullernivåerna inomhus beaktas byggnadernas ljudisolering. Vid modelleringen av lågfrekvent buller har man använt ljudisoleringskoefficienter från slutrapporten för projektet Anojanssi av Hongisto et al. (Åbo yrkeshögskola 2020). En uppskattning av ljudisoleringen i fasaden på ett finländskt småhus baserad på mätningar inom Anojanssi-projektet visas i tabell 3. Värdena i tabellen motsvarar den lägsta 84:e percentilen av mätresultaten, vilket innebär att 84 % av de uppmätta byggnadsfasaderna hade bättre ljudisolering än värdena i tabellen.

Tabell 3. Ett approximativt värde för ljudnivåskillnaden på fasaden på ett finländskt småhus.

Band, f [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
DL _o [dB]	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

3. Inställningar och utgångsdata för bullermodelleringen

3.1 Modelleringspunkter

Placeringen av vindkraftverken i delgeneralplanen för Markjärvs vindkraftspark, planområdet, bosättningen samt de modelleringspunkter som använts i bullermodelleringen visas i bild 1. Modelleringspunkterna är de bostads- och fritidsbyggnader som ligger närmast projektet, och de är desamma som i bullermodelleringen i miljökonsekvensbeskrivningen för Markjärv. I bild 1 har man även markerat den ungefärliga vandringleden enligt landskapsplanen för Österbotten. Modelleringspunkternas koordinater samt byggnadstyperna visas i tabell 4.

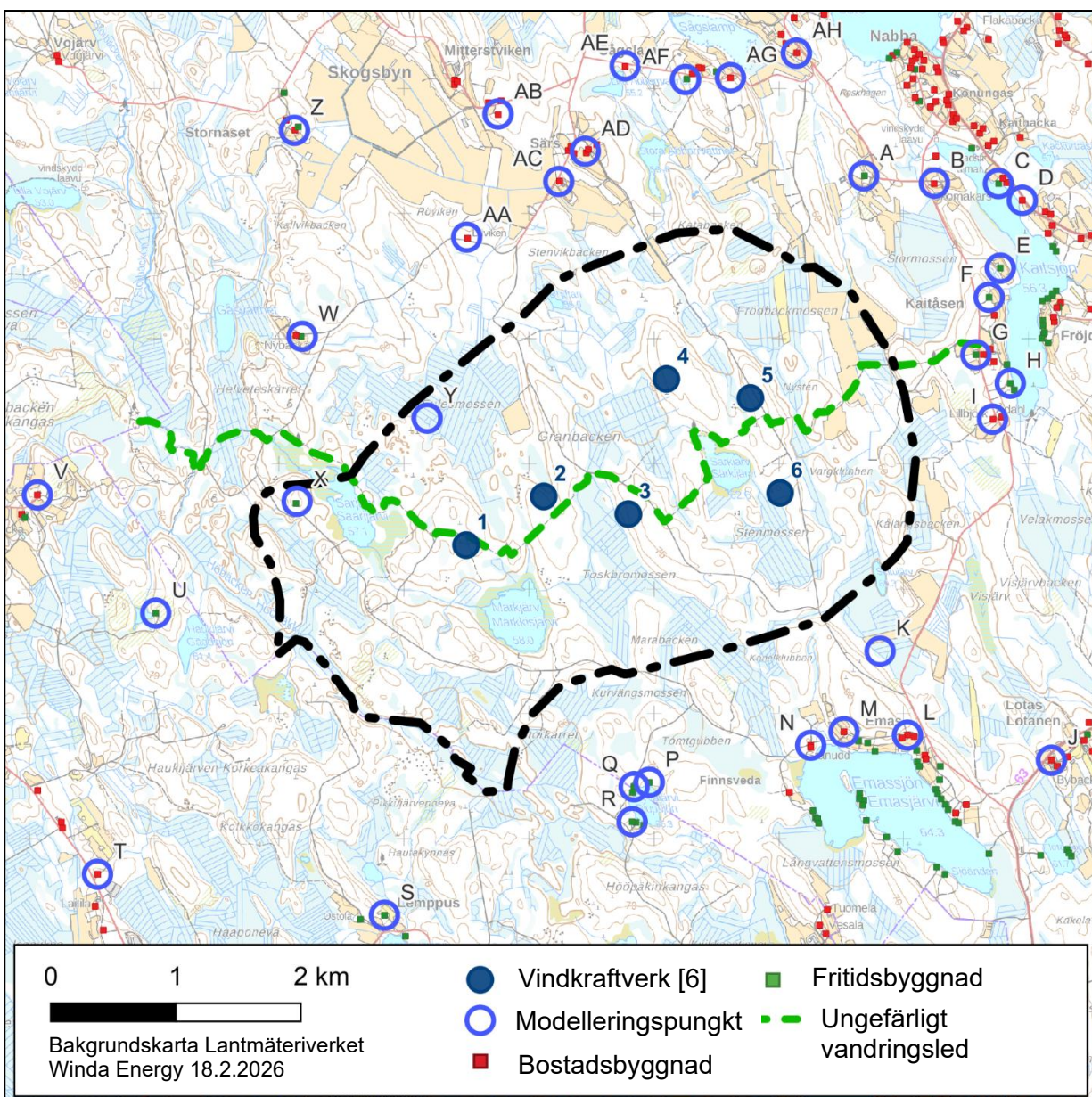


Bild 1. Delgeneralplanområdet för Markjärvs vindkraftspark, vindkraftverkens placeringar och platser som är relevanta för bullermodelleringen.

Punkt	Byggnad	E	N
A	Fritidsbyggnad 1	326677	7048304
B	Bostadsbyggnad 1	327243	7048247
C	Fritidsbyggnad 2	327755	7048244
D	Bostadsbyggnad 2	327946	7048109
E	Fritidsbyggnad 3	327770	7047566
F	Fritidsbyggnad 4	327680	7047333
G	Fritidsbyggnad 5	327574	7046873
H	Fritidsbyggnad 6	327850	7046645
I	Bostadsbyggnad 3	327708	7046357
J	Bostadsbyggnad 4	328179	7043627
K	Bygglov för fritidsbyggnad	326808	7044500
L	Bostadsbyggnad 5	327027	7043828
M	Bostadsbyggnad 6	326519	7043856
N	Bostadsbyggnad 7	326253	7043747
O	Bostadsbyggnad 8	326082	7043371
P	Fritidsbyggnad 7	324961	7043451
Q	Fritidsbyggnad 8	324839	7043416

Punkt	Byggnad	E	N
R	Fritidsbyggnad 9	324824	7043135
S	Fritidsbyggnad 10	322842	7042387
T	Bostadsbyggnad 9	320546	7042715
U	Fritidsbyggnad 11	321012	7044805
V	Bostadsbyggnad 10	320065	7045751
W	Fritidsbyggnad 12	322184	7047020
X	Fritidsbyggnad 13	322143	7045700
Y	Bygglov för jaktstuga	323184	7046365
Z	Bostadsbyggnad 11	322122	7048669
AA	Bostadsbyggnad 12	323500	7047814
AB	Bostadsbyggnad 13	323751	7048800
AC	Bostadsbyggnad 14	324237	7048260
AD	Bostadsbyggnad 15	324449	7048502
AE	Bostadsbyggnad 16	324768	7049186
AF	Fritidsbyggnad 14	325251	7049076
AG	Bostadsbyggnad 17	325611	7049091
AH	Bostadsbyggnad 18	326138	7049287

Tabell 4. Koordinaterna för beräkningspunkterna i bullermodelleringen i ETRS-TM35FIN-format

3.2 Bullermodellerings inställningar

Tabell 5 visar utgångsdata för den programvara som använts vid bullermodelleringen och för vindkraftverket. Uppgifterna om bullerutsläpp från vindkraftverket är hämtade från kraftverkstillverkaren Nordex dokumentation. Tillverkarens garantivärde för ljudeffektnivån är +1,5 dB, men i modelleringen har man använt en mer försiktig osäkerhet på +2 dB i enlighet med standarden IEC TS 61400-14. Eftersom bullerkällorna i modelleringen är punktkällor har vindkraftverkets rotordiameter ingen betydelse för modelleringen.

Tabell 5. Utgångsdata för den programvara som använts vid bullermodelleringen och för vindkraftverket.

UPPGIFTER OM MODELLERINGSPROGRAMMET							
Modellprogram och version: WindPRO 4.0, DECIBEL-modulen				Modelleringsmetod: ISO 9613-2 (WindPRO:s Finland-preset)			
UPPGIFTER OM VINDKRAFTVERKET							
Tillverkare: Nordex				Modell: Delta4000 N175/6.8			
Mode: Mode 0		Bullerdämpning: NEJ		Navhöjd: 220		Rotordiameter: 200 (har ingen betydelse)	
AKUSTISKA UTGÅNGSDATA							
Utgångsljudnivå och osäkerhet: 108,9 dB + 2 dB				Källa för ljudnivåerna: Nordex: F008_278_A17_EN, rev 03			
Tilläggsuppgifter: Tillverkarens garantivärde för ljudtrycksnivån är +1,5 dB, men i modellberäkningen har man använt en mer försiktig osäkerhet på +2 dB. Osäkerheter har inte lagts till i tabellen nedan. Uppgifterna om bullerutsläpp gäller vid en vindhastighet på 8 m/s, då bullernivån är som högst.							
Uppgifter om bullerutsläpp (LW _A dB)							
Per oktav [z]		Per 1/3-oktav [Hz]					
31,5	81,8	20	71,8	200	94,8	2000	97,4
63	89,7	25	75,2	250	95,8	2500	93,9
125	96,5	31,5	77,1	315	96,9	3150	89,6
250	100,7	40	78,3	400	97,0	4000	84,6
500	102,2	50	80,3	500	97,1	5000	79,7
1000	104,1	63	84,6	630	98,2	6300	72,6
2000	102,3	80	87,3	800	99,0	8000	64,9
4000	91,1	100	88,9	1000	99,2	10000	55,5
8000	73,4	125	91,5	1250	99,7		
		160	93,5	1600	99,5		
Bullrets särdrag:							
Smalband: NEJ		Impulsartat: NEJ		Amplitudmodulering: NEJ		Övrigt: NEJ	

Tabell 6 visar de inställningar som använts i bullermodelleringen samt utgångsdata för modelleringen. Beräkningshöjd, luftfuktighet, temperatur samt absorptionskoefficienten för mark- och vattenytan är alla värden som överensstämmer med standarden ISO 9613-2. Vid modelleringen har man valt 8 m/s till vindhastighet, vilket innebär att vindkraftverket roterar med sin maximala hastighet och bullernivån är som högst. I modelleringen antas att vinden alltid blåser från ljudkällan mot beräkningspunkten, vilket höjer ljudnivån vid den punkten.

I bullermodelleringen har växtligheten inte tagits i beaktande.

Tabell 6. Inställningar som använts vid bullermodelleringen.

MODULLERINGSINSTÄLLNINGAR			
Beräkningshöjd: 4,0 m	Beräkningsmatris: 25 x 25 m	Relativ luftfuktighet: 70 %	Temperatur: 15 °C
Terrängmodell: Triangelnät som baseras på Lantmäteriverkets höjdmodell HM10		Lodrät upplösning: 0,1 m	Vågrät upplösning: 0,1 m
Absorptionskoefficient för markytan: 0,4		Absorptionskoefficient för vattenområden: 0,0	
Vindriktning: Från kraftverket till mätpunkten		Vindhastighet: 8 m/s @ 10 m AGL	
Atmosfärisk stabilitet/meteorologisk korrigering: 0 / Neutral		Kraftverksljudets riktningsverkan: Fri rymd	

4. Resultat av bullermodelleringen

4.1 Beräkningsresultat för bullernivån utomhus

Bild 2 och bilaga 1 visar resultaten av bullermodelleringen i form av kartor. **Riktvärdet på 40 dB överskrids inte för någon av bostads- eller fritidsbyggnaderna eller för de bygglov som möjliggör uppförandet av sådana byggnader.** Bullervärdena för varje modelleringspunkt visas i tabell 7. Vid modelleringspunkt Y (bygglov för jaktstuga) är bullernivån 41,0 dB. På grund av jaktstugans användningsändamål tillämpas dock inte samma riktvärde på 40 dB som för fritidshus. Den högsta bullernivån i en bostads- eller fritidsbyggnad uppmäts vid punkt X där en fritidsbyggnad utsätts för en bullerolägenhet på 36,5 dB.

Buller kan påverka trivseln i vindkraftsparkens område negativt, särskilt längs de vandringsleder med flera lägereldsplatser som markerats på bild 2. Det finns två vandringsleder i området: vandringsleden Höbäck–Sarjärv och den ungefärliga vandringsleden enligt landskapsplanen för Österbotten. På vandringsleden Höbäck–Sarjärv överskrids riktvärdet på 45 dB i den allra östligaste delen av leden där den modellerade bullernivån uppgår till cirka 47,2 dB. Längden av den del av sträckan som ligger inom ljudnivåområdet 45 dB är cirka 400 meter. Ljudnivån överstiger 50 dB på flera ställen längs den ungefärliga vandringsleden enligt landskapsplanen för Österbotten.

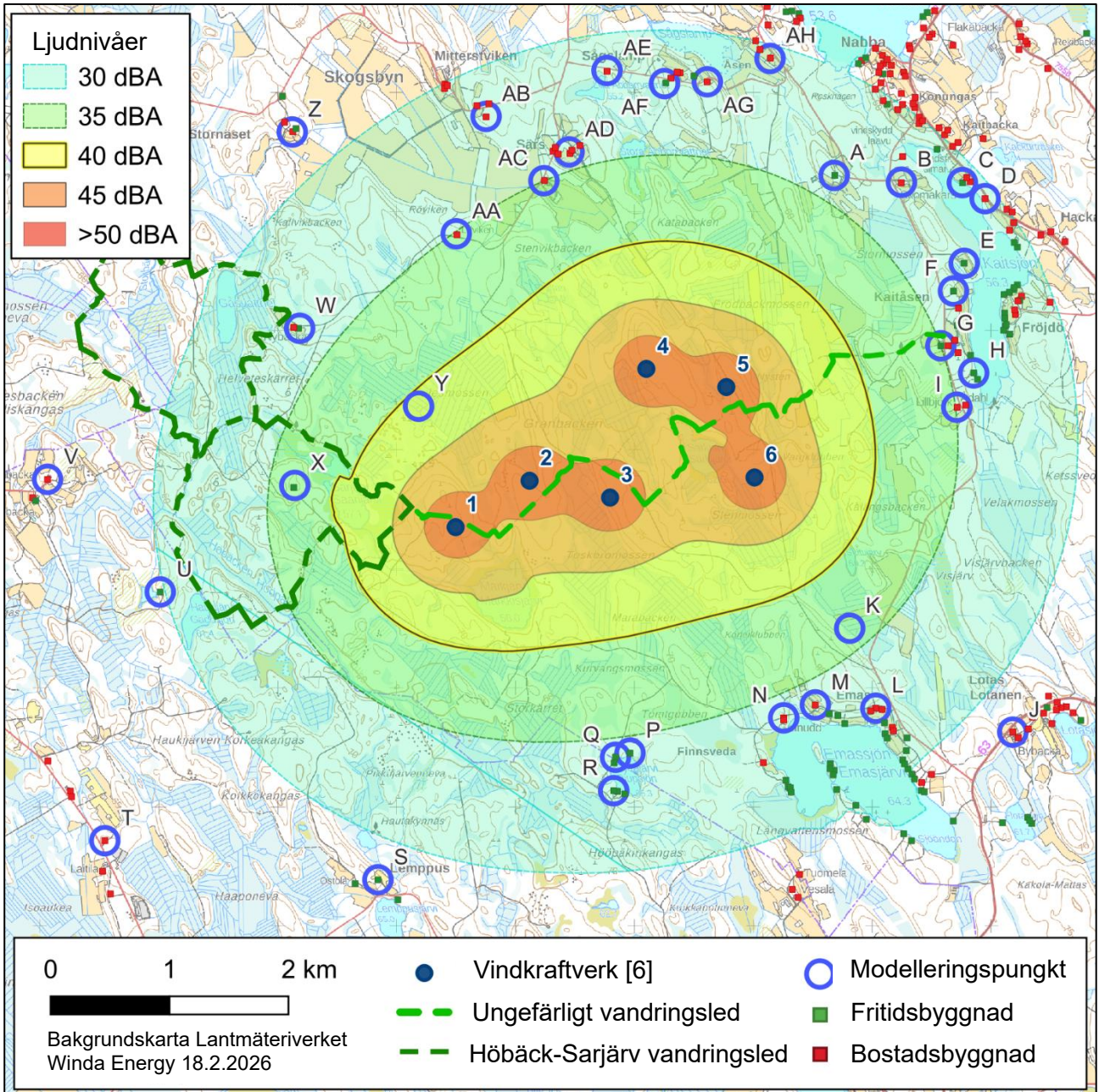


Bild 2: Resultat av bullermodelleringen för Markjärv

Tabell 7. Resultat av bullermodelleringen vid modelleringspunkterna.

Punkt	Byggnad	Ljudnivå [dBA]
A	Fritidsbyggnad 1	33,8
B	Bostadsbyggnad 1	32,3
C	Fritidsbyggnad 2	31,1
D	Bostadsbyggnad 2	31,6
E	Fritidsbyggnad 3	32,4
F	Fritidsbyggnad 4	33,4
G	Fritidsbyggnad 5	35,0
H	Fritidsbyggnad 6	33,9
I	Bostadsbyggnad 3	34,9
J	Bostadsbyggnad 4	28,6
K	Bygglov för fritidsbyggnad	36,1
L	Bostadsbyggnad 5	32,5
M	Bostadsbyggnad 6	33,9
N	Bostadsbyggnad 7	34,0
O	Bostadsbyggnad 8	32,6
P	Fritidsbyggnad 7	34,3
Q	Fritidsbyggnad 8	34,2

Punkt	Byggnad	Ljudnivå [dBA]
R	Fritidsbyggnad 9	32,9
S	Fritidsbyggnad 10	28,6
T	Bostadsbyggnad 9	24,9
U	Fritidsbyggnad 11	29,8
V	Bostadsbyggnad 10	26,6
W	Fritidsbyggnad 12	33,4
X	Fritidsbyggnad 13	36,5
Y	Bygglov för jaktstuga	41,0
Z	Bostadsbyggnad 11	28,6
AA	Bostadsbyggnad 12	35,1
AB	Bostadsbyggnad 13	31,6
AC	Bostadsbyggnad 14	35,0
AD	Bostadsbyggnad 15	34,2
AE	Bostadsbyggnad 16	31,3
AF	Fritidsbyggnad 14	31,9
AG	Bostadsbyggnad 17	31,8
AH	Bostadsbyggnad 18	30,5

4.2 Beräkningsresultat för lågfrekvent buller

Vid modellering av lågfrekvent buller överskrider bullernivån inomhus inte vid någon av modelleringpunkterna de gränsvärden för natttid som anges i tabell 2. Modelleringsresultaten för lågfrekvent buller visas i bilaga 2. Bild 3 visar de lågfrekventa bullernivåerna i olika oktavband vid den närmaste fritidsbyggnaden (modelleringpunkt X).

Eftersom riktvärdena endast gäller bullernivån inomhus har modelleringen endast utförts för enskilda punkter, och det finns därför ingen karta över nivåerna av lågfrekvensbuller.

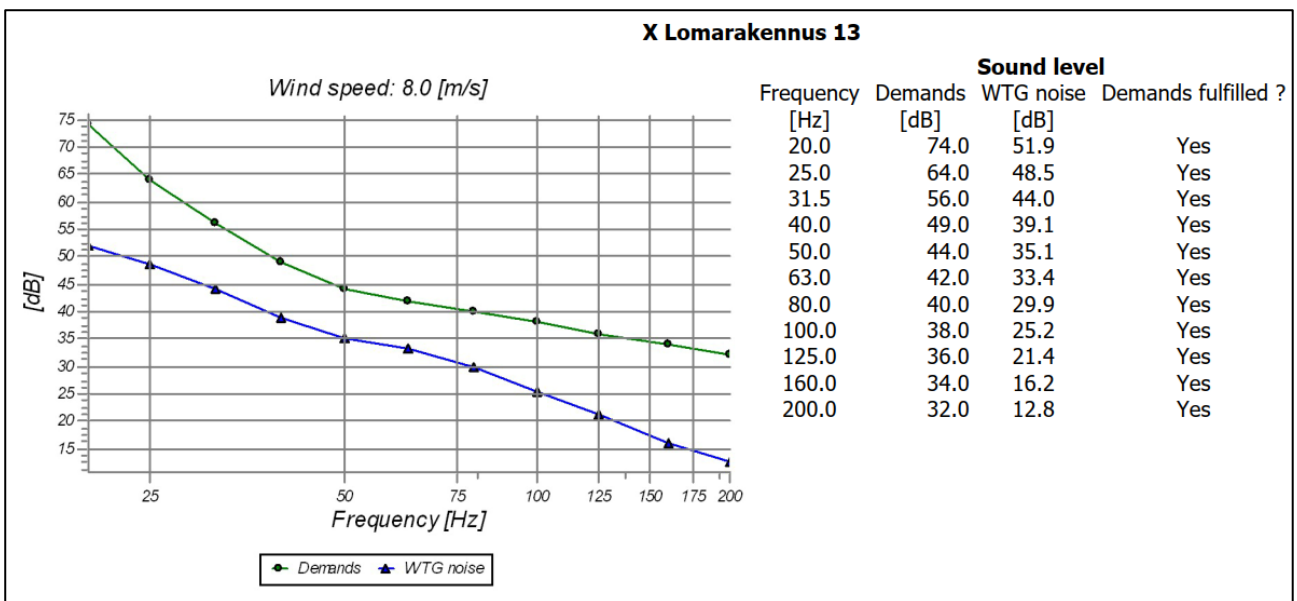


Bild 3. Resultat av lågfrekvensmodelleringen vid modelleringpunkt X. *WTG noise [dB]* är den bullernivå som vindkraftverken orsakar vid modelleringpunkten.

5. Källor

Miljöministeriet (2014), Modellering av buller från vindkraftverk, Miljöförvaltningens anvisningar 2/2014. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4275-8>.

Statsrådet (2015), Statsrådets förordning om riktvärden för utomhusbuller från vindkraftverk, 1107/2025. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2015/1107?language=swe>.

Rejlers Finland (2025), Bullermodelleringsrapport, Markjärvs vindkraftspark och elöverföring, Kronoby, bilaga 7 till MKB-beskrivningen (på finska). https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Liite%207%20Melumallinnusraportti%20%281%29_0.pdf.

Hongisto et al. (2020), Åbo yrkeshögskola, Miksi ympäristömelu häiritsee? Slutrapporten för Anojanssi-projektet (på finska). <https://www.turkuamk.fi/julkaisu/miksi-ymparistomelu-hairitsee-anojanssi-projektin-loppuraportti/>.