

FYRSKEPPET  
OFFSHORE AB

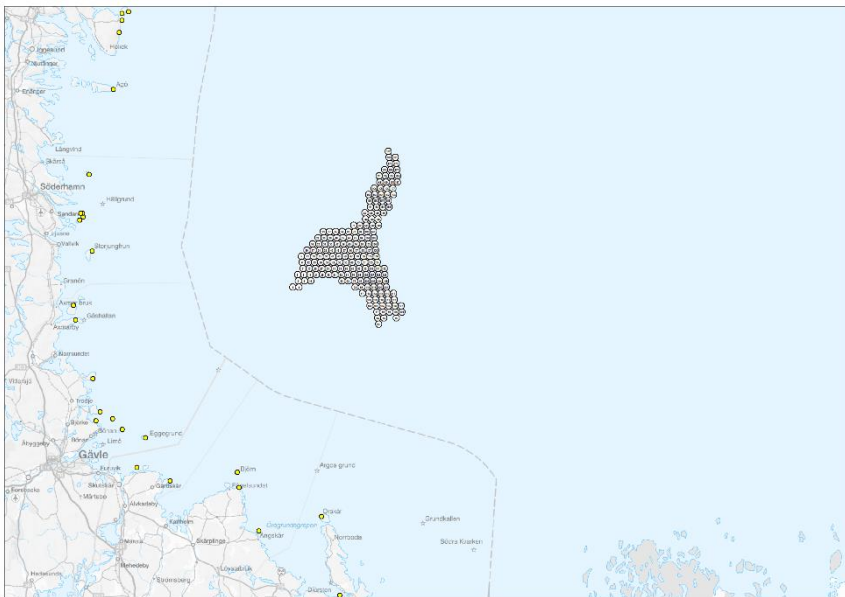


# Fyrskippet Offshore

Bilaga M12: Ljudimmissionsberäkningar

# Ljudimmissionsberäkning av ljud från vindkraft

Fyrskippet Offshore - 187 vindkraftverk med totalhöjd 350 m



## Kundinformation

**Projekt:** Fyrskippet Offshore  
**Kund:** Fyrskippet Offshore AB  
**Kundreferens:** Pär Boquist

## Projektinformation

**Dokument-ID:** 10-22158 A01  
**Projekt nr:** 10-22158  
**Datum:** 2023-06-26

## Bolagsinformation

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

### Sammanfattning av utförda beräkningar

Fyrskippet Offshore AB (bolaget) undersöker möjligheten att etablera en havsbaserad vindpark, Fyrskippet Offshore, öster om Finngrundens östra bank, utanför Uppsala och Gävleborgs län. För att utreda ljudpåverkan, A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus och lågfrekvent ljud inomhus, från vindparken har bolaget anlitat Akustikkonsulten i Sverige AB (Akustikkonsulten) för att utföra ljudberäkningar.

Beräkning av A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus utförs för Fyrskippet Offshore, 187 vindkraftverk med en antagen rotordiameter om 330 m, navhöjd 185 m och totalhöjd 350 m. Då det inte finns vindkraftverk med 330 m rotordiameter på marknaden i december 2022 antas ljuddata för ett av de största vindkraftverken som finns tillgängligt idag, verkstyp Vestas V236-15 MW, enligt instruktion från bolaget. Beräkningarna utförs med den nordiska beräkningsmetoden Nord2000 i enlighet med praxis, vilket innebär att beräkningarna utförts för medvind 8 m/s på 10 m höjd. Naturvårdsverket rekommenderar i sin vägledning, *Vägledning om buller från vindkraftverk (2020-12-01)*, beräkningsmetoden Nord2000 för beräkning av ljud från vindkraftverk. Se närmare beskrivning av beräkningsmetoden på sida 4. Därutöver beräknas lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5-200 Hz, baserat på beräknad ljudnivå i samma frekvensband utomhus och en antagen konservativ fasaddämpning.

Beräkningarna redovisas som punktberäkningar och ljudkartor för ekvivalent ljudnivå utomhus samt lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5-200 Hz. Totalt antas 26 ljudkänsliga punkter i beräkningarna, erhållna av bolaget. Enligt Naturvårdsverkets vägledning ska ingen hänsyn tas till osäkerheter vid redovisning av ekvivalenta ljudnivåer, *"Enligt praxis ska osäkerheten inte läggas på resultatet som en marginal vid jämförelse med begränsningsvärden i bullervillkor. Inte heller ska bullervillkor genomgående skärpas för att ta hänsyn till osäkerheten."*

Resultatet för A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus jämförs mot riktvärdet enligt praxis, 40 dBA. För lågfrekvent ljud inomhus mellan 31,5-200 Hz görs jämförelsen mot riktvärdena i *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus, FoHMFS 2014:13*. Folkhälsomyndighetens riktvärden redovisas i detalj på sida 5. Beräkning av lågfrekvent ljud inomhus utgår från Akustikkonsultens metod beskriven på sida 6.

Resultatet kan sammanfattas enligt nedan:

#### **Jämförelse mot riktvärdet - Ekvivalent ljudnivå**

Riktvärdet för A-vägd ekvivalent ljudnivå, 40 dBA, **inhålls** i samtliga 26 ljudkänsliga punkter. Även ekvivalent ljudnivå 35 dBA **inhålls** i samtliga ljudkänsliga punkter.

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

De rekommenderade riktvärdena inomhus i 1/3-oktavband mellan 31,5-200 Hz, enligt FoHMFS 2014:13, **inhålls** för alla frekvenser i samtliga 26 ljudkänsliga punkter.

Sida	Innehåll
4	Metod havsbaserade vindparker
5	Riktvärden lågfrekvent ljud
6	Metod lågfrekvent ljud
7	Beräkningsförutsättningar
8	Ljuddata
9-15	Verksdata
16	Resultat - Ljudkarta Översikt
17-18	Resultat - Ekvivalent ljudnivå
19-25	Resultat - Lågfrekvent ljud

## Beskrivning av beräkningsmetoden

I Naturvårdsverkets senaste vägledning *Vägledning av buller från vindkraftverk (2020-12-01)*, sägs att:

*"Naturvårdsverket rekommenderar alltså att man beräknar vindkraftsbuller med modellen Nord2000".*

Man gör ingen uppdelning mellan havsbaserad och landbaserad vindkraft, utan det anges att Nord2000 ska användas för alla ljudberäkningar. Dock skriver man även att:

*"För en **bedömning** av förväntade ljudnivåer från havsbaserad vindkraft kan Naturvårdsverkets modell för havsbaserad vindkraft användas. Den ger dock i normalfallet en **överskattning av de faktiska ljudnivåerna**".*

I Naturvårdsverkets tidigare vägledning var val av beräkningsmetod för havsbaserade vindparker något ottydligt beskrivet, vilket således nu har förtydligats. En anledning till att Nord2000 nu anvisas får antas vara de osäkerheter som föreligger med Naturvårdsverkets beräkningsmetod för havsbaserad vindkraft, där den beräknade ljudnivån troligtvis överskattas. En anledning till denna överskattning är att beräkningsmetoden antar ett sällan förekommande meteorologiskt fenomen kallat "low level jets", vindar med ett stort språng i vindhastighet på några 100 m höjd vilket observerats på vissa platser i Östersjön. För information kring Naturvårdsverkets beräkningsmetoder se vägledningen för mätning och beräkning, *Mätning och beräkning av ljud från vindkraft (2013-06-10)*. Denna vägledning hänvisas fortfarande på Naturvårdsverkets hemsida (<https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Buller/Buller-fran-vindkraft/> avläst 2021-01-28), där det dock förtydligas att:

*"Observera att ovanstående dokument är från 2013 och att viss justering har skett i Naturvårdsverkets vägledning sedan dess. Bland annat anges i den nu gällande vägledningen att kontroll av buller från vindkraftverk ska ske vid den vindhastighet där vindkraftverket alstrar högst ljudnivåer, vilket kan vara vid lägre vindhastighet än referensförhållandena med 8 m/s på 10 m höjd."*

I enlighet med Naturvårdsverkets nu gällande vägledning används således beräkningsmetoden Nord2000. Nord2000 tar hänsyn till olika parametrar bl.a. vind, temperatur och markegenskaper. När det gäller markegenskaper kan hänsyn tas till vattenytans akustiska egenskaper, med antagande om hård yta för vatten vilket gör att ljudet sprids längre. Om Naturvårdsverkets beräkningsmetod för havsbaserad vindkraft skulle användas, för en bedömning, skulle beräkningsresultatet troligtvis vara högre än det som beräknas med Nord2000.

Här kan även nämnas att beräkningar med Nord2000 har accepterats av svenska miljödomstolar för flera havsbaserade vindparker genom åren, bl.a. i Mark- och miljödomstolen dom i mål M 2633-05 för vindpark Väneren, Mark- och miljööverdomstolen dom i mål M 1043-06 och M 294-08 för vindpark Skottarrevet, Mark- och miljödomstolens yttrande i mål M 4234-10 för vindpark Blekinge Offshore samt i Östersund Tingsrätt dom i mål M 2977-08 och Mark- och miljööverdomstolen dom i mål M 8211-10 för vindpark Storgrundet.

**Riktvärden lågfrekvent ljud**

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

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

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

I Naturvårdsverkets vägledning anges även:

*"Målsättningen inför en vindkraftsetablering bör vara att Folkhälsomyndighetens riktvärden för buller inomhus alltid ska klaras. Om det i efterhand visar sig att riktvärdena överskrids i någon bostad bör man utreda om det är möjligt att åtgärda bullret från vindkraftverket. Om det inte är möjligt eller rimligt att göra sådana åtgärder kan verksamhetsutövaren i stället utföra ljudisolerande åtgärder på den berörda bostaden.*

*Mark- och miljööverdomstolen har bedömt att ett åtgärdsinriktat villkor utifrån de riktvärden som anges i Folkhälsomyndighetens allmänna råd är den lämpligaste regleringen för att säkerställa att bostäder inte utsätts för oacceptabla nivåer inomhus (se MÖD 2016:4, MÖD 2016:31 och Mark- och miljööverdomstolens avgöranden den 14 december 2016 i mål nr M 4596-15 och M 1344-16)."*

Enligt Naturvårdsverket bör således villkor på lågfrekvent ljud konstrueras som ett åtgärdsinriktat villkor, i likhet med de hänvisade domarna.

**Metodbeskrivning - Beräkning av lågfrekvent ljud inomhus**

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

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

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

**A. Beräkning av ljudnivå mellan 31,5-200 Hz utomhus med Nord2000**

**B. Antagande av fasaddämpning enligt Tabell 2**

**C. Beräkning av ljudnivå inomhus mellan 31,5-200 Hz, Punkt A – Punkt B**

**D. De beräknade ljudnivåerna inomhus i punkt C jämförs mot riktvärden i Tabell 1**

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

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

Vindpark	Verkstyp	Antal vindkraftverk	Navhöjd [m]	Totalhöjd [m]	Ljudeffektnivå [dBA]
Fyrskippet Offshore	Rotordiameter 330 m	187	185	350	118,0

Beräkningsparametrar i programvara	
Beräkningsprogram	SoundPLAN 8.2
Beräkningsstandard	Nord2000
Sökradie	130 000 m
Beräkningshöjd	1,5 m
Lufttryck	1013,25 mbar
Relativ luftfuktighet	70 %
Temperatur	15 °C
Temperaturgradient	0,05 °C/m
Råhetslängd enligt NV Rapport 6241	0,01 m
Höjd anemometer	10 m
Vindhastighet	8 m/s
Standardavvikelse vindhastighet	0,5 m/s
Vindriktning	Medvind åt alla håll
Turbulenta vindhastighetsfluktuationer	0,12 m4/3/s2
Turbulenta temperaturfluktuationer	0,008 K/s2
Effektiv flödesresistans mark	Klass D
Effektiv flödesresistans vatten	Klass H
Koordinatsystem	Sweref99 TM
Höjddata	Metria grid50+

#### Information om beräkningsparametrar

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

Noterbart är också att beräkningarna är utförda för positiv temperaturgradient vilket motsvarar svag inversion. Värdet 0,05 °C/m är det högsta värdet som är godkänt enligt mätmetoden för ljudimmission av vindkraft enligt den av Naturvårdsverket rekommenderade mätmetoden Elforsk 98:24. Ljudnivån vid positiv temperaturgradient blir i regel högre än vid negativ temperaturgradient. I Naturvårdsverkets vägledning förtydligas vilka förhållanden som ska gälla för ljud från vindkraftverk enligt Elforsk 98:24, "De meteorologiska förhållandena som anges i standarden avseende vind- och temperaturprofil bör dock alltid följas vilket innebär exempelvis att kvällar med mycket kraftig inversion ska undvikas.", samt vid jämförelse mot riktvärden, "Det kan dock uppstå för platsen ovanliga väderförhållanden då ljudnivån blir högre än vad standardförhållanden ger upphov till, exempelvis vid kraftig inversion. Högre ljudnivåer som uppstår vid enstaka tillfällen bör inte ses som överskridanden av villkor."

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



Vindkraftverk	Reglerinställning	Ljudeffektnivå, $L_{WA}$ [dBA]
Rotordiameter 330 m	15 MW	118,0

**Referens ljuddata:** Då det inte finns vindkraftverk med 330 m rotordiameter på marknaden i december 2022 antas ljuddata för ett av de största vindkraftverken som finns tillgängligt idag, verkstyp Vestas V236-15 MW, enligt instruktion från bolaget. Ljudeffektnivå och frekvensspektrum i 1/3-oktavband har antagits från leverantören Vestas dokument *DMS 0105-2594\_00, V236-15 MW Third octave noise emission* daterat 2021-04-14. Ljudeffektnivån motsvarar angiven ljudeffektnivå för märkeffekten 15 MW. Vindkraftverket har inte ljuddämpande så kallade "serrated trailing edges" installerade.

Dokumentet är sekretessbelagd av Vestas Wind Systems A/S och frekvensdata får därvid ej redovisas. Dokumentet har erhållits av bolaget.

#### Information om ljuddata

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

Fyrskippet Offshore								
Vindkraftverk	Verkstyp	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]
1	Rotordiameter 330 m	677631	6774392	15 MW	118,0	185	185	0
2	Rotordiameter 330 m	678854	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
3	Rotordiameter 330 m	679051	6775997	15 MW	118,0	185	185	0
4	Rotordiameter 330 m	679248	6774392	15 MW	118,0	185	185	0
5	Rotordiameter 330 m	679879	6782418	15 MW	118,0	185	185	0
6	Rotordiameter 330 m	680077	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
7	Rotordiameter 330 m	680274	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
8	Rotordiameter 330 m	680471	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
9	Rotordiameter 330 m	680668	6775997	15 MW	118,0	185	185	0
10	Rotordiameter 330 m	681300	6784023	15 MW	118,0	185	185	0
11	Rotordiameter 330 m	681497	6782418	15 MW	118,0	185	185	0
12	Rotordiameter 330 m	681694	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
13	Rotordiameter 330 m	681891	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
14	Rotordiameter 330 m	682088	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
15	Rotordiameter 330 m	682285	6775997	15 MW	118,0	185	185	0
16	Rotordiameter 330 m	682720	6785628	15 MW	118,0	185	185	0
17	Rotordiameter 330 m	682917	6784023	15 MW	118,0	185	185	0
18	Rotordiameter 330 m	683114	6782418	15 MW	118,0	185	185	0
19	Rotordiameter 330 m	683311	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
20	Rotordiameter 330 m	683508	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
21	Rotordiameter 330 m	683705	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
22	Rotordiameter 330 m	684140	6787233	15 MW	118,0	185	185	0
23	Rotordiameter 330 m	684337	6785628	15 MW	118,0	185	185	0
24	Rotordiameter 330 m	684534	6784023	15 MW	118,0	185	185	0
25	Rotordiameter 330 m	684731	6782418	15 MW	118,0	185	185	0
26	Rotordiameter 330 m	684928	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
27	Rotordiameter 330 m	685125	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
28	Rotordiameter 330 m	685322	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
29	Rotordiameter 330 m	685560	6788838	15 MW	118,0	185	185	0

Fyrskippet Offshore								
Vindkraftverk	Verkstyp	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]
30	Rotordiameter 330 m	685757	6787233	15 MW	118,0	185	185	0
31	Rotordiameter 330 m	685954	6785628	15 MW	118,0	185	185	0
32	Rotordiameter 330 m	686151	6784023	15 MW	118,0	185	185	0
33	Rotordiameter 330 m	686348	6782418	15 MW	118,0	185	185	0
34	Rotordiameter 330 m	686545	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
35	Rotordiameter 330 m	686742	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
36	Rotordiameter 330 m	686939	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
37	Rotordiameter 330 m	687177	6788838	15 MW	118,0	185	185	0
38	Rotordiameter 330 m	687374	6787233	15 MW	118,0	185	185	0
39	Rotordiameter 330 m	687571	6785628	15 MW	118,0	185	185	0
40	Rotordiameter 330 m	687768	6784023	15 MW	118,0	185	185	0
41	Rotordiameter 330 m	687965	6782418	15 MW	118,0	185	185	0
42	Rotordiameter 330 m	688162	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
43	Rotordiameter 330 m	688359	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
44	Rotordiameter 330 m	688557	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
45	Rotordiameter 330 m	688794	6788838	15 MW	118,0	185	185	0
46	Rotordiameter 330 m	688991	6787233	15 MW	118,0	185	185	0
47	Rotordiameter 330 m	689188	6785628	15 MW	118,0	185	185	0
48	Rotordiameter 330 m	689385	6784023	15 MW	118,0	185	185	0
49	Rotordiameter 330 m	689582	6782418	15 MW	118,0	185	185	0
50	Rotordiameter 330 m	689780	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
51	Rotordiameter 330 m	689977	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
52	Rotordiameter 330 m	690174	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
53	Rotordiameter 330 m	690371	6775997	15 MW	118,0	185	185	0
54	Rotordiameter 330 m	690411	6788838	15 MW	118,0	185	185	0
55	Rotordiameter 330 m	690608	6787233	15 MW	118,0	185	185	0
56	Rotordiameter 330 m	690805	6785628	15 MW	118,0	185	185	0
57	Rotordiameter 330 m	691003	6784023	15 MW	118,0	185	185	0
58	Rotordiameter 330 m	691200	6782418	15 MW	118,0	185	185	0

Fyrskippet Offshore								
Vindkraftverk	Verkstyp	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]
59	Rotordiameter 330 m	691397	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
60	Rotordiameter 330 m	691594	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
61	Rotordiameter 330 m	691791	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
62	Rotordiameter 330 m	691988	6775997	15 MW	118,0	185	185	0
63	Rotordiameter 330 m	692028	6788838	15 MW	118,0	185	185	0
64	Rotordiameter 330 m	692226	6787233	15 MW	118,0	185	185	0
65	Rotordiameter 330 m	692423	6785628	15 MW	118,0	185	185	0
66	Rotordiameter 330 m	692620	6784023	15 MW	118,0	185	185	0
67	Rotordiameter 330 m	692817	6782418	15 MW	118,0	185	185	0
68	Rotordiameter 330 m	693014	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
69	Rotordiameter 330 m	693211	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
70	Rotordiameter 330 m	693408	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
71	Rotordiameter 330 m	693449	6790443	15 MW	118,0	185	185	0
72	Rotordiameter 330 m	693605	6775997	15 MW	118,0	185	185	0
73	Rotordiameter 330 m	693646	6788838	15 MW	118,0	185	185	0
74	Rotordiameter 330 m	693802	6774392	15 MW	118,0	185	185	0
75	Rotordiameter 330 m	693843	6787233	15 MW	118,0	185	185	0
76	Rotordiameter 330 m	694040	6785628	15 MW	118,0	185	185	0
77	Rotordiameter 330 m	694237	6784023	15 MW	118,0	185	185	0
78	Rotordiameter 330 m	694434	6782418	15 MW	118,0	185	185	0
79	Rotordiameter 330 m	694631	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
80	Rotordiameter 330 m	694828	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
81	Rotordiameter 330 m	695025	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
82	Rotordiameter 330 m	695066	6790443	15 MW	118,0	185	185	0
83	Rotordiameter 330 m	695222	6775997	15 MW	118,0	185	185	0
84	Rotordiameter 330 m	695263	6788838	15 MW	118,0	185	185	0
85	Rotordiameter 330 m	695419	6774392	15 MW	118,0	185	185	0
86	Rotordiameter 330 m	695460	6787233	15 MW	118,0	185	185	0
87	Rotordiameter 330 m	695616	6772787	15 MW	118,0	185	185	0

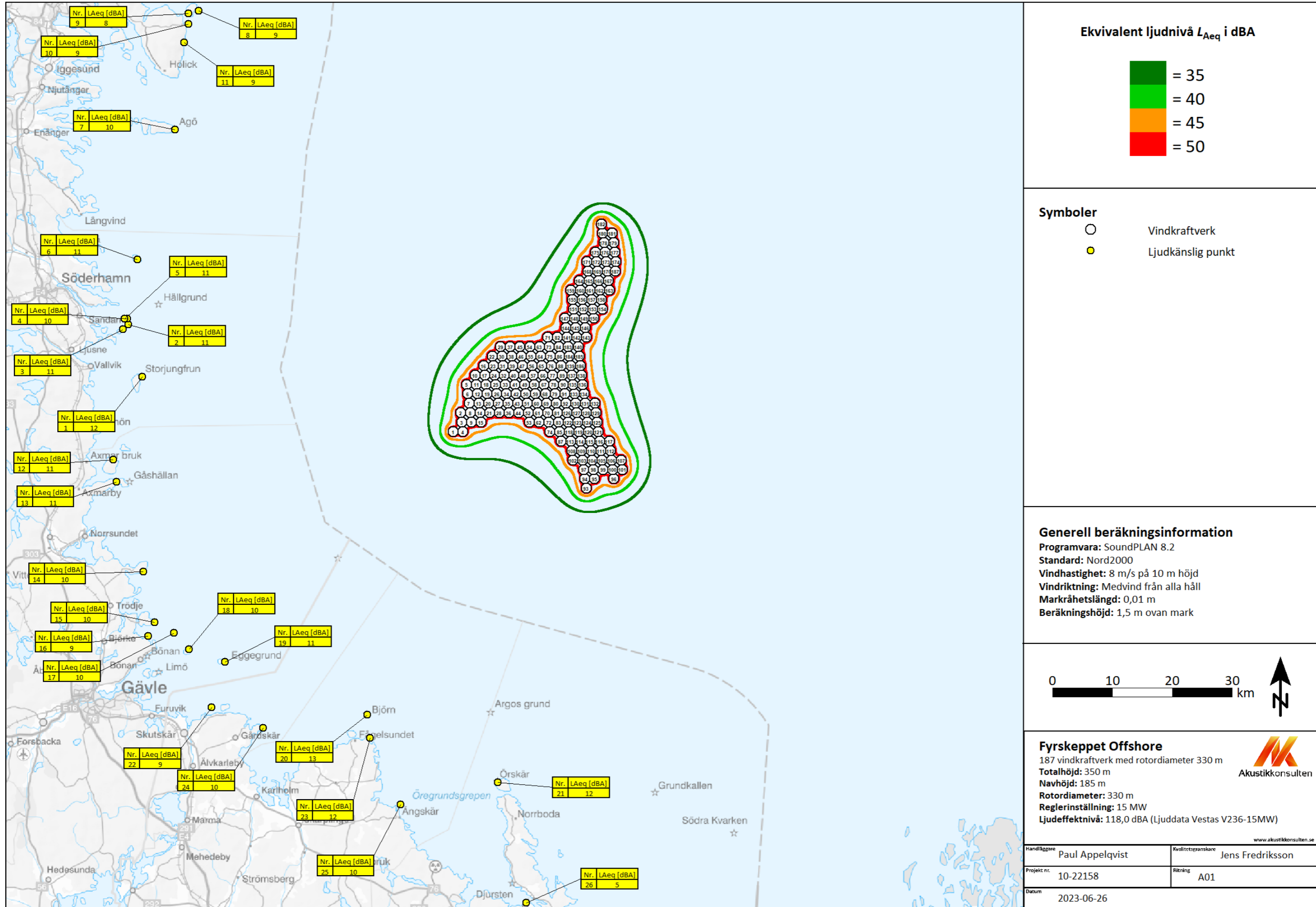
Fyrskippet Offshore								
Vindkraftverk	Verkstyp	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]
88	Rotordiameter 330 m	695657	6785628	15 MW	118,0	185	185	0
89	Rotordiameter 330 m	695854	6784023	15 MW	118,0	185	185	0
90	Rotordiameter 330 m	696051	6782418	15 MW	118,0	185	185	0
91	Rotordiameter 330 m	696248	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
92	Rotordiameter 330 m	696445	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
93	Rotordiameter 330 m	699836	6764762	15 MW	118,0	185	185	0
94	Rotordiameter 330 m	699639	6766367	15 MW	118,0	185	185	0
95	Rotordiameter 330 m	701256	6766367	15 MW	118,0	185	185	0
96	Rotordiameter 330 m	704491	6766367	15 MW	118,0	185	185	0
97	Rotordiameter 330 m	699442	6767972	15 MW	118,0	185	185	0
98	Rotordiameter 330 m	701059	6767972	15 MW	118,0	185	185	0
99	Rotordiameter 330 m	702676	6767972	15 MW	118,0	185	185	0
100	Rotordiameter 330 m	704293	6767972	15 MW	118,0	185	185	0
101	Rotordiameter 330 m	705911	6767972	15 MW	118,0	185	185	0
102	Rotordiameter 330 m	697628	6769577	15 MW	118,0	185	185	0
103	Rotordiameter 330 m	699245	6769577	15 MW	118,0	185	185	0
104	Rotordiameter 330 m	700862	6769577	15 MW	118,0	185	185	0
105	Rotordiameter 330 m	702479	6769577	15 MW	118,0	185	185	0
106	Rotordiameter 330 m	704096	6769577	15 MW	118,0	185	185	0
107	Rotordiameter 330 m	705714	6769577	15 MW	118,0	185	185	0
108	Rotordiameter 330 m	697431	6771182	15 MW	118,0	185	185	0
109	Rotordiameter 330 m	699048	6771182	15 MW	118,0	185	185	0
110	Rotordiameter 330 m	700665	6771182	15 MW	118,0	185	185	0
111	Rotordiameter 330 m	702282	6771182	15 MW	118,0	185	185	0
112	Rotordiameter 330 m	703899	6771182	15 MW	118,0	185	185	0
113	Rotordiameter 330 m	697234	6772787	15 MW	118,0	185	185	0
114	Rotordiameter 330 m	698851	6772787	15 MW	118,0	185	185	0
115	Rotordiameter 330 m	700468	6772787	15 MW	118,0	185	185	0
116	Rotordiameter 330 m	702085	6772787	15 MW	118,0	185	185	0

Fyrskippet Offshore								
Vindkraftverk	Verkstyp	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]
117	Rotordiameter 330 m	703702	6772787	15 MW	118,0	185	185	0
118	Rotordiameter 330 m	697037	6774392	15 MW	118,0	185	185	0
119	Rotordiameter 330 m	698654	6774392	15 MW	118,0	185	185	0
120	Rotordiameter 330 m	700271	6774392	15 MW	118,0	185	185	0
121	Rotordiameter 330 m	701888	6774392	15 MW	118,0	185	185	0
122	Rotordiameter 330 m	696839	6775997	15 MW	118,0	185	185	0
123	Rotordiameter 330 m	698457	6775997	15 MW	118,0	185	185	0
124	Rotordiameter 330 m	700074	6775997	15 MW	118,0	185	185	0
125	Rotordiameter 330 m	701691	6775997	15 MW	118,0	185	185	0
126	Rotordiameter 330 m	696642	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
127	Rotordiameter 330 m	698260	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
128	Rotordiameter 330 m	699877	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
129	Rotordiameter 330 m	701494	6777602	15 MW	118,0	185	185	0
130	Rotordiameter 330 m	698062	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
131	Rotordiameter 330 m	699680	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
132	Rotordiameter 330 m	701297	6779208	15 MW	118,0	185	185	0
133	Rotordiameter 330 m	697865	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
134	Rotordiameter 330 m	699483	6780813	15 MW	118,0	185	185	0
135	Rotordiameter 330 m	697668	6782418	15 MW	118,0	185	185	0
136	Rotordiameter 330 m	699285	6782418	15 MW	118,0	185	185	0
137	Rotordiameter 330 m	697471	6784023	15 MW	118,0	185	185	0
138	Rotordiameter 330 m	699088	6784023	15 MW	118,0	185	185	0
139	Rotordiameter 330 m	697274	6785628	15 MW	118,0	185	185	0
140	Rotordiameter 330 m	698497	6788838	15 MW	118,0	185	185	0
141	Rotordiameter 330 m	696683	6790443	15 MW	118,0	185	185	0
142	Rotordiameter 330 m	698300	6790443	15 MW	118,0	185	185	0
143	Rotordiameter 330 m	699917	6790443	15 MW	118,0	185	185	0
144	Rotordiameter 330 m	696486	6792048	15 MW	118,0	185	185	0
145	Rotordiameter 330 m	698103	6792048	15 MW	118,0	185	185	0

Fyrskippet Offshore								
Vindkraftverk	Verkstyp	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]
146	Rotordiameter 330 m	699720	6792048	15 MW	118,0	185	185	0
147	Rotordiameter 330 m	696289	6793654	15 MW	118,0	185	185	0
148	Rotordiameter 330 m	697906	6793654	15 MW	118,0	185	185	0
149	Rotordiameter 330 m	699523	6793654	15 MW	118,0	185	185	0
150	Rotordiameter 330 m	701140	6793654	15 MW	118,0	185	185	0
151	Rotordiameter 330 m	697709	6795259	15 MW	118,0	185	185	0
152	Rotordiameter 330 m	699326	6795259	15 MW	118,0	185	185	0
153	Rotordiameter 330 m	700943	6795259	15 MW	118,0	185	185	0
154	Rotordiameter 330 m	702560	6795259	15 MW	118,0	185	185	0
155	Rotordiameter 330 m	697512	6796864	15 MW	118,0	185	185	0
156	Rotordiameter 330 m	699129	6796864	15 MW	118,0	185	185	0
157	Rotordiameter 330 m	700746	6796864	15 MW	118,0	185	185	0
158	Rotordiameter 330 m	702363	6796864	15 MW	118,0	185	185	0
159	Rotordiameter 330 m	697315	6798469	15 MW	118,0	185	185	0
160	Rotordiameter 330 m	698932	6798469	15 MW	118,0	185	185	0
161	Rotordiameter 330 m	700549	6798469	15 MW	118,0	185	185	0
162	Rotordiameter 330 m	702166	6798469	15 MW	118,0	185	185	0
163	Rotordiameter 330 m	703783	6798469	15 MW	118,0	185	185	0
164	Rotordiameter 330 m	698735	6800074	15 MW	118,0	185	185	0
165	Rotordiameter 330 m	700352	6800074	15 MW	118,0	185	185	0
166	Rotordiameter 330 m	701969	6800074	15 MW	118,0	185	185	0
167	Rotordiameter 330 m	703586	6800074	15 MW	118,0	185	185	0
168	Rotordiameter 330 m	700155	6801679	15 MW	118,0	185	185	0
169	Rotordiameter 330 m	701772	6801679	15 MW	118,0	185	185	0
170	Rotordiameter 330 m	703389	6801679	15 MW	118,0	185	185	0
171	Rotordiameter 330 m	699958	6803284	15 MW	118,0	185	185	0
172	Rotordiameter 330 m	701575	6803284	15 MW	118,0	185	185	0
173	Rotordiameter 330 m	703192	6803284	15 MW	118,0	185	185	0
174	Rotordiameter 330 m	704809	6803284	15 MW	118,0	185	185	0

Fyrskippet Offshore								
Vindkraftverk	Verkstyp	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Reglerinställning	Ljudeffekt [dB(A)]	Navhöjd [m]	Navhöjd nivå [möh]	Marknivå [möh]
175	Rotordiameter 330 m	701378	6804889	15 MW	118,0	185	185	0
176	Rotordiameter 330 m	702995	6804889	15 MW	118,0	185	185	0
177	Rotordiameter 330 m	704612	6804889	15 MW	118,0	185	185	0
178	Rotordiameter 330 m	702798	6806494	15 MW	118,0	185	185	0
179	Rotordiameter 330 m	704415	6806494	15 MW	118,0	185	185	0
180	Rotordiameter 330 m	702601	6808099	15 MW	118,0	185	185	0
181	Rotordiameter 330 m	704218	6808099	15 MW	118,0	185	185	0
182	Rotordiameter 330 m	702404	6809705	15 MW	118,0	185	185	0
183	Rotordiameter 330 m	696870	6788805	15 MW	118,0	185	185	0
184	Rotordiameter 330 m	697019	6787190	15 MW	118,0	185	185	0
185	Rotordiameter 330 m	698693	6787244	15 MW	118,0	185	185	0
186	Rotordiameter 330 m	698889	6785623	15 MW	118,0	185	185	0
187	Rotordiameter 330 m	704728	6801657	16 MW	118,0	185	185	0





**Ekvivalent ljudnivå  $L_{Aeq}$  i dBA**

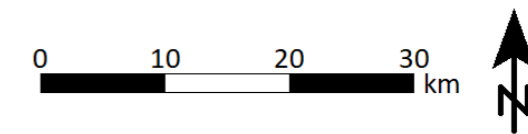


**Symboler**

- Vindkraftverk
- Ljudkänslig punkt

**Generell beräkningsinformation**

Programvara: SoundPLAN 8.2  
 Standard: Nord2000  
 Vindhastighet: 8 m/s på 10 m höjd  
 Vindriktning: Medvind från alla håll  
 Markrähetslängd: 0,01 m  
 Beräkningshöjd: 1,5 m ovan mark



**Fyrskippet Offshore**

187 vindkraftverk med rotordiameter 330 m  
 Totalhöjd: 350 m  
 Navhöjd: 185 m  
 Rotordiameter: 330 m  
 Reglerinställning: 15 MW  
 Ljudeffektnivå: 118,0 dBA (Ljuddata Vestas V236-15MW)



Handläggare	Paul Appelqvist	Kvalitetsgranskare	Jens Fredriksson
Projekt nr.	10-22158	Ritning	A01
Datum	2023-06-26		

Ljudkänslig punkt	X(Öst) [m]	Y(Nord) [m]	Marknivå [möh]	Ekvivalent ljudnivå [dBA]	Riktvärde [dBA]	Innehålls riktvärdet JA/NEJ
1	625611	6783762	6	12	40	JA
2	623320	6792618	0	11	40	JA
3	622415	6791798	11	11	40	JA
4	623146	6793629	0	10	40	JA
5	622653	6793601	1	11	40	JA
6	624823	6803615	8	11	40	JA
7	631102	6825730	8	10	40	JA
8	635059	6845907	6	9	40	JA
9	633404	6845444	7	8	40	JA
10	633350	6843638	6	9	40	JA
11	632620	6840517	5	9	40	JA
12	620847	6769596	9	11	40	JA
13	621363	6765852	4	11	40	JA
14	625819	6750588	11	10	40	JA
15	627695	6741984	8	10	40	JA
16	626643	6739680	0	9	40	JA
17	630901	6740197	9	10	40	JA
18	633498	6737394	3	10	40	JA
19	639467	6735281	6	11	40	JA
20	663256	6726247	4	13	40	JA
21	685079	6714784	5	12	40	JA
22	637226	6727516	0	9	40	JA
23	663702	6722335	5	12	40	JA
24	645824	6724089	8	10	40	JA
25	668862	6711070	4	10	40	JA
26	689864	6694364	1	5	40	JA

## Information om resultat

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

Se ljudkartorna för indexering av ljudkänsliga punkter.

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

Avrundning har utförts i enlighet Naturvårdsverkets vägledning där det anges att avrundning ska göras enligt nedan:

*"Beräknade ljudnivåer ska aldrig redovisas med decimaler då beräkningarna inte har en sådan noggrannhet. Värdena bör istället avrundas till närmaste heltal så att exempelvis 38,49 dBA avrundas nedåt till 38 dBA och 38,50 dBA avrundas uppåt till 39 dBA."*

Riktvärdet för A-vägd ekvivalent ljudnivå utomhus, 40 dBA, **innehålls** i samtliga ljudkänsliga punkter. Även ekvivalent ljudnivå 35 dBA **innehålls** i samtliga ljudkänsliga punkter.

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

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå utomhus i 1/3-oktavband [dB] <sup>1)</sup>								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
1	38	37	35	32	28	22	14	3	-10
2	37	35	33	30	27	21	13	1	-13
3	37	36	34	31	27	21	12	0	-13
4	37	35	33	30	26	21	13	1	-13
5	37	35	33	31	27	21	13	1	-13
6	37	36	34	31	27	21	12	0	-14
7	37	36	33	31	26	19	11	-2	-17
8	36	35	32	29	24	16	7	-8	-24
9	36	34	32	29	23	16	6	-8	-25
10	36	35	32	29	24	17	7	-7	-24
11	36	35	32	29	24	17	7	-6	-23
12	37	36	34	31	26	20	12	-1	-15
13	37	36	34	31	26	20	12	-1	-15
14	37	36	33	31	26	20	11	-1	-15
15	37	35	33	30	26	19	10	-3	-17
16	36	34	32	29	25	18	9	-4	-19
17	37	36	33	31	26	20	11	-2	-16
18	37	36	34	31	26	20	11	-1	-16
19	37	36	34	31	27	21	13	1	-13
20	39	37	35	33	29	23	16	5	-8
21	38	37	35	32	28	22	14	3	-10
22	37	35	32	29	25	18	10	-3	-18
23	38	37	35	32	28	22	15	3	-10
24	37	36	33	31	26	20	11	-2	-16
25	37	36	34	31	26	20	11	-2	-16

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå utomhus i 1/3-oktavband [dB] <sup>1)</sup>								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
26	35	32	29	25	19	11	1	-14	-31

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

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

Fasaddämpning [dB] enligt Hoffmeyer och Jakobsen <sup>2)</sup>									
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
	6,7	7,6	10,3	14,2	17,5	18,4	17,5	18,6	22,4
Ljudnivå inomhus i 1/3-oktavband [dB] <sup>3)</sup>									
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
1	31	29	24	18	10	4	-3	-16	-33
2	31	28	23	16	10	3	-5	-18	-35
3	31	28	24	17	9	2	-5	-18	-36
4	31	28	23	16	9	2	-5	-18	-35
5	30	28	23	17	10	2	-5	-18	-36
6	31	29	24	17	9	2	-5	-18	-36
7	30	28	23	16	9	1	-7	-21	-39
8	29	27	22	15	6	-2	-11	-26	-46
9	29	27	22	14	6	-2	-11	-27	-47
10	29	27	22	15	6	-2	-11	-26	-46
11	30	27	22	15	7	-1	-10	-25	-45
12	30	28	23	17	9	2	-6	-19	-37
13	30	28	23	17	9	2	-6	-19	-37
14	30	28	23	16	9	1	-6	-20	-38
15	30	28	23	16	8	1	-7	-21	-40
16	30	27	22	15	7	0	-8	-22	-41
17	30	28	23	16	9	1	-7	-20	-38
18	30	28	23	16	9	1	-6	-20	-38
19	31	29	24	17	9	2	-5	-18	-36
20	32	30	25	19	11	5	-1	-13	-30

Ljudkänslig punkt	Ljudnivå inomhus i 1/3-oktavband [dB] <sup>3)</sup>								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
21	31	29	24	18	11	4	-3	-16	-33
22	30	27	22	15	7	0	-8	-22	-41
23	32	29	24	18	11	4	-3	-15	-32
24	30	28	23	16	9	1	-7	-20	-39
25	31	28	23	16	9	1	-6	-20	-39
26	28	25	18	10	1	-7	-17	-32	-53

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

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

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

Riktvärden [dB] enligt FoHMFS 2014:13 <sup>4)</sup>									
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
	56	49	43	42	40	38	36	34	32
Jämförelse med riktvärden, 1/3-oktavband [dB] <sup>5)</sup>									
Ljudkänslig punkt	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
1	-25	-20	-19	-24	-30	-34	-39	-50	-65
2	-25	-21	-20	-26	-30	-35	-41	-52	-67
3	-25	-21	-19	-25	-31	-36	-41	-52	-68
4	-25	-21	-20	-26	-31	-36	-41	-52	-67
5	-26	-21	-20	-25	-30	-36	-41	-52	-68
6	-25	-20	-19	-25	-31	-36	-41	-52	-68
7	-26	-21	-20	-26	-31	-37	-43	-55	-71
8	-27	-22	-21	-27	-34	-40	-47	-60	-78
9	-27	-22	-21	-28	-34	-40	-47	-61	-79
10	-27	-22	-21	-27	-34	-40	-47	-60	-78
11	-26	-22	-21	-27	-33	-39	-46	-59	-77
12	-26	-21	-20	-25	-31	-36	-42	-53	-69
13	-26	-21	-20	-25	-31	-36	-42	-53	-69
14	-26	-21	-20	-26	-31	-37	-42	-54	-70
15	-26	-21	-20	-26	-32	-37	-43	-55	-72
16	-26	-22	-21	-27	-33	-38	-44	-56	-73
17	-26	-21	-20	-26	-31	-37	-43	-54	-70
18	-26	-21	-20	-26	-31	-37	-42	-54	-70



Ljudkänslig punkt	Riktvärden [dB] enligt FoHMFS 2014:13 <sup>4)</sup>								
	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
19	-25	-20	-19	-25	-31	-36	-41	-52	-68
20	-24	-19	-18	-23	-29	-33	-37	-47	-62
21	-25	-20	-19	-24	-29	-34	-39	-50	-65
22	-26	-22	-21	-27	-33	-38	-44	-56	-73
23	-24	-20	-19	-24	-29	-34	-39	-49	-64
24	-26	-21	-20	-26	-31	-37	-43	-54	-71
25	-25	-21	-20	-26	-31	-37	-42	-54	-71
26	-28	-24	-25	-32	-39	-45	-53	-66	-85

