

Bothnia Offshore Lambda North

Tilläggs-PM om undervattensakustik

1 Inledning

Undervattensbuller från pålning av vindparken Bothnia Offshore Lambda North utreddes, 2024, av Sweco på uppdrag av Statkraft. Detta PM är ett tillägg till den rapporten. Utöver vad som står i detta PM görs inga ändringar gentemot den ursprungliga rapporten.

Buller från pålning med stor monopile i Östersjön utreddes i tidigare rapport, med fyra olika scenarior:

- Utan åtgärd
- Med Hydrosound Damper (HSD)
- Med en produkt som heter PULSE som tillverkaren IQIP utlovade 6 dB förbättring
- Med stor dubbel bubbelridå (DBBC). Vattendjupen varierar kring 40 till 70 m.

Det har kommit kommentarer från Statkraft på de antagna förbättringsåtgärderna. Det har upptäckts att botten är hårdare än vad tidigare var tänkt, vilket innebär att produkten PULSE ej antas kunna användas. Därmed utgår PULSE och utreds ej.

Den förbättring som tillskrivits en stor dubbel bubbelridå, som tidigare använts, kan ha varit något åt det optimistiska hållet. Metoden för att bestämma källstyrka gjordes genom att spektrum för pålning och spektrum för insatsdämpning av stor dubbel bubbelridå togs från det som presenterats inom ramen för ett forskningsprojekt det tyska Institut für technische und angewandte Physik (ITAP) genomfört, där det studerats undervattensljud från pålning offshore över många år. En sammanfattning av studiens slutsatser finns i rapporten "*Underwater noise during percussive pile driving: Influencing factors on pile-driving noise and technical possibilities to comply with noise mitigation values*" av Michael Bellmann, Adrian May, Torben Wendt, Stephan Gerlach, Patrick Remmers och Jana Brinkmann (2020).

Spektrum för insatsdämpningen drogs av spektrumet för ljudkällan, vilket resulterade i en uppskattad förbättring på cirka 24 dB. Denna metod har använts av flera andra konsulter i liknande utredningar, ofta med antaganden om större vattendjup än vad som är aktuellt i detta fall.

I delar av den tidigare nämnda rapporten av Bellmann et al. sammanfattas de förväntade förbättringarna med dubbel bubbelridå (DBBC) som ofta lägre än vad denna metod antyder. Förbättringens storlek påverkas av flera faktorer såsom vattendjup, ljudkällans spektrala innehåll, luftflödet genom bubbelridån samt andra lokala förhållanden.

Det finns därför anledning att göra ett mer konservativt worst case-antagande om vilken förbättring som kan uppnås med DBBC. De beräknade

skyddsavstånden ses därför över med nytt antagande om ljudkällan, så att ljudnivån ska överskattas snarare än underskattas.

I en tabell sammanfattar Bellmann et al de uppnådda förbättringarna som följande:

Figur 1 Tabell med insatsdämpningar av olika typer av bubbelridåer, från Bellman et al, 2020

Broadband insertion loss	
Systemkonfiguration	Δ SEL [dB]
Single Big Bubble Curtain - BBC ($> 0,3 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{m})$, water depth $< 25 \text{ m}$)	$11 \leq 14 \leq 15$
Double Big Bubble Curtain - DBBC ($> 0,3 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{m})$, water depth $< 25 \text{ m}$)	$14 \leq 17 \leq 18$
Single Big Bubble Curtain - BBC ($> 0,3 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{m})$, water depth $\sim 30 \text{ m}$)	$8 \leq 11 \leq 14$
Single Big Bubble Curtain - BBC ($> 0,3 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{m})$, water depth $\sim 40 \text{ m}$)	$7 \leq 9 \leq 11$
Double Big Bubble Curtain - DBBC ($> 0,3 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{m})$, water depth $\sim 40 \text{ m}$)	$8 \leq 11 \leq 13$
Double Big Bubble Curtain - DBBC ($> 0,4 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{m})$, water depth $\sim 40 \text{ m}$)	$12 \leq 15 \leq 18$
Double Big Bubble Curtain - DBBC ($> 0,5 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{m})$, water depth $> 40 \text{ m}$)	$\sim 15 - 16$

Förbättringar på 12 till 18 dB har uppnåtts i vatten runt 40 meters djup med ett luftflöde på över $0,4 \frac{\text{m}^3}{\text{min} \cdot \text{m}}$. Förbättringar kring 15 till 16 dB har uppnåtts i djup överstigande 40 meter, med luftflöde på $0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{min} \cdot \text{m}}$.

En väldigt konservativ bedömning vore att välja en insatsdämpning på 12 dB för avståndsbedömningen.

Det är ovanligt att bubbelridåer används på djup över 40 meter, men de har, enligt Bellman et al, använts på djup på 70 meter i både Nordsjön och Östersjön, dock utan att förbättringen har uppmätts och utvärderats (2020).

I rapporten "Development of Noise Mitigation Measures in Offshore Wind Farm Construction" av Sven Kischinski och Karin Lüdemann, från tyska Bundesamt für Naturschutz, 2013, nämns dock att bästa resultat från dubbel bubbelridå uppnås när avståndet mellan de båda ridåerna är minst tre gånger vattendjupet, vilket de behöver vara för att fungera som två separata bubbelridåer. Med optimalt avstånd uppmätte de förbättringen till 17 dB av den ekvivalenta ljudnivån och 21 dB av toppnivån.

För de aktuella djupen i detta fall innebär detta att avståndet mellan den inre och yttre bubbelridån på de aktuella djupen i det här fallet kan uppgå till cirka 210 meter.

2 Beräkning

För att uppnå den konservativa uppskattningen 12 dB insatsdämpning, men ändå behålla det spektrala utseendet av förbättringen görs, på liknande sätt som i den tidigare rapporten för Lambda North. Spektrumet för insatsdämpningen med stor dubbel bubbelridå dras av från källspektrumet, men insatsdämpningen skalas ned så att den totala förbättringen inte blir bättre än 12 dB.

På så vis finns det ett spektrum att använda för att även räkna ut en frekvensviktad ljudnivå för sälar, PCW. Skillnaden mellan oviktad ljudkälla och PCW-viktad ljudnivå blir 22 dB med detta antagande om DBBC.

Resultterande källstyrkor visas nedan:

Tabell 1 Antagna källstyrkor

Källstyrkor (antagen ljudnivå på 1 m avstånd)	Oviktat dB	PCW-viktat dB
Odämpat fall 100% slagstyrka	228	209
Med Hydro Sound Damper	219	194
Med Dubbel Bubbelridå	216	194

2.1 Ljudnivå på 750 meters avstånd

En förenklad beräkning av spridning görs för att bedöma ljudnivån på 750 meters avstånd från ljudkällan. Endast geometrisk spridning bedöms.

Geometrisk spridning av ljud i hav är främst beroende av djupet. Om en ljudkälla är som en helt fri punktkälla i vattnet så kommer ljudet spridas som en sfär tills det når ytan och botten och alltså spridas med $20\log(r)$. Därefter övergår det gradvis till cylindrisk spridning och sprids på långa avstånd som $10\log(r)$. Övergången är gradvis och beror i verkligheten bland annat på storleken på ljudkällan och mjukheten på botten. En enkel blandmodell¹ för medellånga avstånd är att anta en spridning med $15\log(r)$.

På 750 m antas ljudet då avta med $15\log(750) = 43$ dB.

Tabell 2 Ljudnivåer på 750 meters avstånd

Ljudnivåer SPL _{rms} (antagen ljudnivå på 750 m avstånd)	Oviktat dB	PCW-viktat dB
Odämpat fall 100% slagstyrka	185	166
Med Hydro Sound Damper	176	151
Med DBBC	173	138

¹ Ursprungskällan är: H.W. Marsh & M. Schulkin, "Colossus II Shallow-Water Acoustic Propagation Studies," USL Report No. 550, 1 juni 1962.

3 Resultat

I det här avsnittet presenteras uppdateringar av de beräknade påverkansavstånden för de olika riktvärdena som utvärderas samt ljudnivåer i Natura 2000-områden.

I den ursprungliga rapporten presenteras alla påverkansavstånd under en (1) kilometer påverkansavstånd som "<1 km" och så görs även här.

Siffrorna i tabellerna är presenterade som dBsea-värde / 15log-värde, där

- dBsea = tidigare beräknat resultat
- 15log = ny beräkning med antagen avståndsdämpning $15\log(\text{avstånd})$

Vid kumulativ ljudpåverkan har detta räknats ut med avseende på avståndet, enligt metod beskriven i tidigare rapport.

3.1 Beräknade påverkansavstånd – Strömming och skarpsill

Tabell 3 Lambda N., beräknade skyddsavstånd för strömming och skarpsill

Riktvärde	Typ av påverkan	Längsta avstånd (kilometer) riktvärdet överskrids (km) dBsea / 15*log		
		Odämpad	HSD	DBBC
SEL _{cum} 186	TTS: Tillfällig hörselskada	61,4 / 92,6	20,8 / 30,9	- / 18,6
SEL _{cum} 203	PTS: Permanent eller återhämtningsbar skada	7,4 / 6,0	1,8 / 1,1	- / <1
L _{peak} 206	TTS: Tillfällig hörselskada	1,2 / <1	<1 / <1	- / <1
L _{peak} 207	PTS: Permanent eller återhämtningsbar skada	<1 / <1	<1 / <1	- / <1

3.2 Beräknade påverkansavstånd – Säl

Tabell 4 Lambda N., beräknade skyddsavstånd för säl

Riktvärde	Typ av påverkan	Längsta avstånd (kilometer) riktvärdet överskrids (km) dBsea / 15log		
		Odämpad	HSD	DBBC
SEL _{cum,PCW} 170	TTS: Tillfällig hörselskada	34,6 / 63,1	2,2 / 4,5	- / 4,5
L _{peak} 212	TTS: Tillfällig hörselskada	1,1 / <1	<1 / <1	- / <1
SEL _{cum,PCW} 185	PTS: Permanent eller återhämtningsbar skada	3,0 / 3,3	<1 / <1	- / <1
L _{peak} 218	PTS: Permanent eller återhämtningsbar skada	<1 / <1	<1 / <1	- / <1

3.3 Ljudnivåer i Natura 2000-områden

2025-10-09

Ver 1

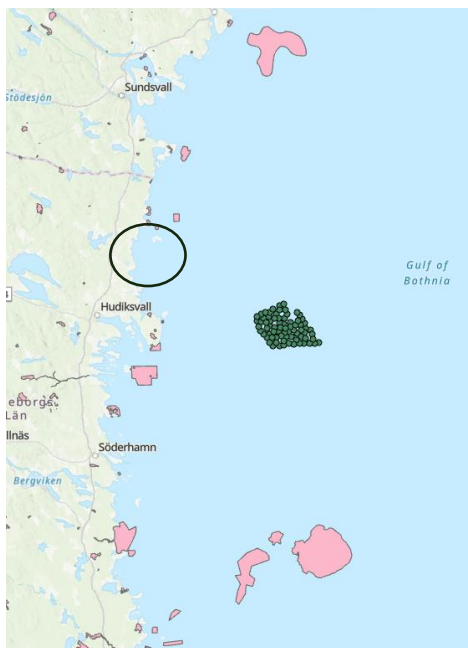
3.3.1 Agön-Kråkön

Uppdragsnummer: 30069090

Uppdrag: Bothnia Offshore Lambda North

Det närmaste Natura 2000-området där säl är en utpekad art är Agön-Kråkön. Natura 2000-området är beläget cirka 33 kilometer väster om Lambda North. Säl utvärderas enligt PCW-viktade värden.

Figur 2 Natura 2000-området Agön-Kråkön, väster om Lambda N..



Tabell 5 Beräknade ljudnivåer i Agön-Kråkön från pålning

	Odämpat	Med HSD	Med DBBC
SPL	151	143	119
SPL _{PCW}	126	115	97
L _{peak}	174	166	162
SEL _{CUM}	189*	181	177
SEL _{CUM,PCW}	164	153	155

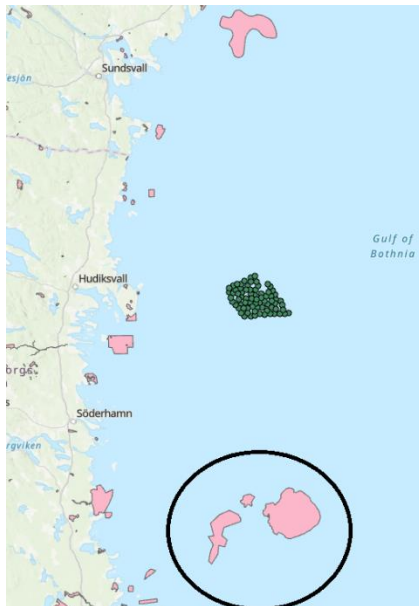
*Riktvärde för TTS gällande fisk med simblåsa överskrids.

Inga ljudnivåer som ger upphov till skada på säl beräknas överskridas. Dock kan riktvärdet 186 dB för TTS på fiskar med simblåsa överskridas om ingen dämpning av ljudkällan görs.

3.3.2 Finngrundet

Cirka 62 kilometer söder om Lambda N. finns Natura 2000-området Finngrundet. Området är inte utpekad till skydd för säl eller fisk, men beskrivs som att det eventuellt skulle kunna vara relevant för både fiskliv och sälars jakt på fisk. Det kan eventuellt finnas sill och gråsäl i området.

Figur 3 Natura 2000-området Finngrundet, söder om Lambda N.



Tabell 6 Beräknade ljudnivåer i Finngrundet från pålning

	Odämpat	Med HSD	Med DBBC
SPL	149	141	137
SPL _{PCW}	124	113	115
L _{peak}	172	164	160
SEL _{CUM}	187*	179	175
SEL _{CUM,PCW}	162	151	153

*Riktvärde för TTS gällande fisk med simblåsa överskrids.

Inga ljudnivåer som ger upphov till skada på säl beräknas överskridas. Dock kan riktvärdet 186 dB för TTS på fiskar med simblåsa överskridas om ingen dämpning av ljudkällan görs.

3.3.3 Gran

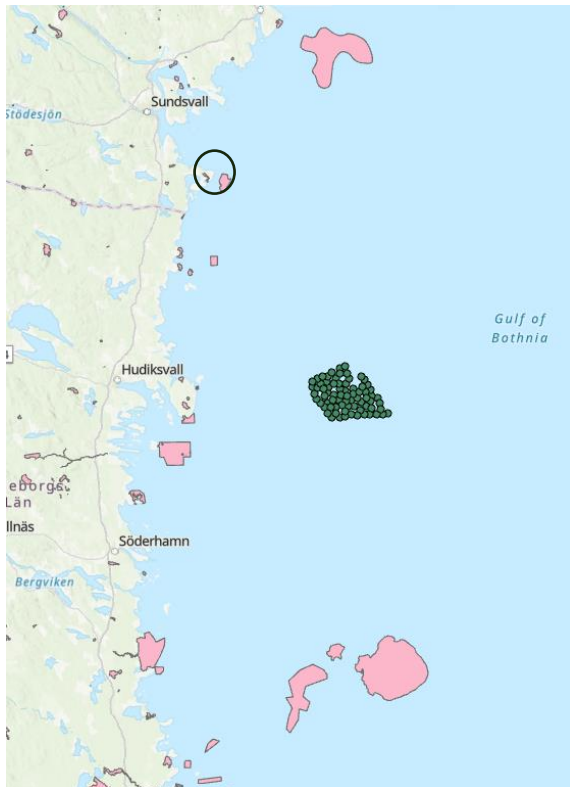
Området Gran, nordväst om Lambda N., är utpekat för säl.

Ver 1

Uppdragsnummer: 30069090

Uppdrag: Bothnia Offshore Lambda North

Figur 4 Natura 2000-området Gran - cirka 44 kilometer från Lambda N.



Tabell 7 Beräknade ljudnivåer i Gran från pålning

	Odämpat	Med HSD	Med DBBC
SEL _{ss}	153	144	141
SEL _{PCW,ss}	128	116	119
L _{peak}	176	167	164
SEL _{CUM}	191*	182	179
SEL _{CUM,PCW}	166	154	157

*Riktvärde SEL_{cum} 186 dB för TTS gällande fisk med simblåsa överskrids.

Inga ljudnivåer som ger upphov till skada på säl beräknas överskridas. Dock kan riktvärdet 186 dB för TTS på fiskar med simblåsa överskridas om ingen dämpning av ljudkällan görs.