

# BILAGA 10-A, UNDERVATTENSBULLER

MAXIMA  
Projekt tillstånd  
Tillståndshandling  
Miljöbalken

---

2024-03-22

Slutversion



MAXIMA  
Projekt tillstånd  
Tillståndshandling  
Miljöbalken

Titel: Bilaga 10-a, Undervattensbuller

Status: Slutversion

Kontaktperson: Lena Hellberg, VA SYD

Dokumenttyp: Kompletteringshandling

Dokument-ID: 8178-TH-MB-KOMPL-10.a-001

Upprättad av: Tyréns Sverige AB

Författare: Johan Portström, Caroline Möller

Datum: 2024-03-22

Reviderad av: Johan Portström, Caroline Möller, Tyréns Sverige AB

Utgåva: 1.0

Datum: 2024-03-22

#### Revisionshistorik i tabell

Datum	Utgåva	Orsak till revidering	Utfört av
2024-03-22	1.0	Slutlig handling komplettering A	Johan Portström, Caroline Möller, Tyréns Sverige AB

## Innehållsförteckning

1	Sammanfattning.....	3
2	Syfte.....	3
3	Undervattensbuller .....	3
4	Känslighet för undervattensbuller.....	4
5	Bedömningsgrunder .....	4
5.1	Danska riktvärden.....	4
5.1.1	Ekvivalent kumulativ ljudnivå.....	5
5.1.2	Riktvärden .....	5
5.1.3	Äldre danska riktvärden.....	7
6	Beräkning.....	7
6.1	Förutsättningar.....	7
6.2	Antaganden för slagpålning.....	8
7	Resultat.....	9
7.1	Beräknade ljudnivåer från slagpålning .....	9
7.1.1	Kumulativ ljudnivå från slagpålning.....	9
7.2	Beräknade ljudnivåer från vibrationspålning.....	10
7.2.1	Kumulativ ljudnivå från borrning/vibrationspålning.....	10
8	Skyddsåtgärder vid bullrande arbeten under vatten .....	11
8.1	Ramp-up.....	11
8.2	Bubbelvägg.....	11
9	Slutsatser .....	11
10	Referenser.....	12

## Förteckning över bilagor

Detta PM har inga bilagor

# 1 Sammanfattning

För att förankra de två utloppsledningarna från Sjölanda avloppsreningsverk kommer pålning av fästen ske för en sträcka på cirka 2 kilometer i Öresund utanför Malmö. Ljudnivåer som kan tänkas uppstå under vattnet från detta arbete har utretts och redovisas i detta PM.

Slagpålning ses som den mest troliga metoden, men vibrationspålning eller borring kan också bli aktuellt.

I Sverige finns inga riktvärden för undervattensbuller. I brist på svenska riktvärden har danska riktvärden använts vid bedömningen av konsekvenser.

De beräknade ljudnivåerna från pålningsverksamheten ligger under nivåer att permanent eller temporärt skada någon av de utvärderade djurarterna, enligt riktvärdena i Tabell 5-1 och Tabell 5-3. Det kan förekomma en temporär beteendeförändring under tiden det pålas enligt riktvärde I Tabell 5-1.

Bedömningen baseras på att djur i närheten av arbetsområdet avlägsnar sig från området när arbetet drar igång så att de inte befinner sig precis i närfältet av pålningsljudet.

Mjukare bottenlager än gjorda antaganden leder ofta till lägre ljudnivåer och att ett mindre område utsätts för undervattensljud.

Om det vibrationspålas eller borrar i stället för slagpålas borde ljudnivåerna bli lägre än vid slagpålning, men inga klara slutsatser kan dras till följd av flera osäkerheter i ingående parametrar.

## 2 Syfte

Syftet med denna rapport är att utreda vilka ljudnivåerna som uppstår under vattnet när det pålas för fästena till två nya utloppsledningarna på en sträcka av cirka 2 kilometer.

## 3 Undervattensbuller

Ljud i vatten sprids snabbare och längre än i luft. De oftast dominerande källorna till ljud i vattnet är vågrörelser till följd av vind och ljud från båtars propellrar. Alla former av aktivitet i vattnet ger dock upphov till ljud. Särskilt föremål som roterar, vibrerar eller gör snabba rörelser under vattnet ger upphov till ljudvågor.

Vatten, liksom luft, är fluider som inte kan motstå skjuvspänning. Det innebär att bara tryckvågor kan fortplanta sig i vattnet. Föremål i vattnet kan vibrera och marken kan vibrera men när de vibrationerna interagerar med vattnet så ger de upphov till ljudvågor.

Som regel finns det inget samband mellan ljud i luft och ljud i vatten. Det är stor skillnad i impedans mellan luft och vatten, vilket gör att ljud inte lätt kan röra sig mellan de två medierna. Ljud som uppstår i luft håller sig kvar i luft och ljud som uppstår i vatten håller sig kvar i vatten.

## 4 Känslighet för undervattensbuller

Arten tumlare är känslig för höga ljudnivåer på grund av sitt ekolokeringsorgan som använder ljud för navigation. Ekolokeringen fungerar på samma sätt som båtars ekolod genom att tumlaren sänder ut ljudsignaler av väldigt hög frekvens och genom att lyssna efter det återkommande ekot kan tumlaren förnimma vilka föremål som finns i vattnet.

Det finns två typer av ljud som kan störa tumlaren:

- Ihållande höga ljudnivåer kan leda till att tumlarens ekolokeringssignaler överröstas och blir mindre effektiva. Detta kallas att signalen maskeras. Risker för detta är störst om ljudet är av samma frekvenser som tumlarens egna signaler, vilket kan vara risken med vissa fritidsbåtars ekolod.
- Höga plötsliga ljud kan chocka tumlarens hörselorgan och ge temporär eller permanent skada. Effekten borde kunna liknas vid den en människa upplever vid ett plötsligt gevärsskott. Även vid medelhöga nivåer kan stresspåslag ske.

Även andra typer av djur är känsliga för ljud på olika sätt eftersom många havslevande djur på olika sätt använder ljud för navigering och kommunikation. Djurs hörsel är annorlunda än människors och olika djur har känslighet för olika frekvensområden. För människor används ofta A-vägning (dBA) av ljud för att beskriva den psykoakustiska upplevelsen av ljudet. För djur finns det många olika liknande filter som används, utifrån respektive arts hörsel.

## 5 Bedömningsgrunder

Lagstiftning i Sverige gällande undervattnet styrs av SFS 2013:1341 Havsmiljöförordningen. I förordningen nämns ingenting om ljud, men hänvisar till att god miljöstatus ska eftersträvas och att livsmiljöer för vilda djur ska bevaras.

Lagstiftning och riktvärden kring undervattensbuller är under utveckling inom hela EU. Det område där framtagandet av skarpa riktvärden har kommit längst är för höga impulslyd från exempelvis pålning off-shore.

I 'Marin strategi för Nordsjön och Östersjön (2020) står det:

*Miljö kvalitetsnorm E.2 Mänskliga verksamheter ska inte orsaka skadligt impulsivt ljud i marina däggdjurs utbredningsområden under tidsperioder då djuren är känsliga för störning. Indikatorer till miljö kvalitetsnormen E.2 saknas; bedömning är inte möjlig.*

Tillvägagångssättet som kan användas tills vidare är att åtminstone utreda bullernivån.

Då det i Sverige inte finns några lagstadgade riktvärden att förhålla sig till vid bedömningar av undervattensbuller har danska riktvärden använts i detta projekt.

### 5.1 Danska riktvärden

I Danmark är det danska Energistyrelsen som reglerar undervattensakustikutredningar och bedömningar. Området är under utveckling även i Danmark och riktvärdena ändras från en version till en annan efterhand ny forskning kommer fram. Senaste skriften är Energistyrelsens "Guideline for underwater noise – Installation of impact or vibratory driven piles (2022)".

### 5.1.1 Ekvivalent kumulativ ljudnivå

Ekvivalent kumulativ ljudnivå räknas ut enligt nedan angivna ekvation från danska Energistyrelsen (2022). Ekvationen gör antagandet att djuren börjar fly när det kommer höga ljud och att de sedan får en viss dos ljud medan de flyr.

$$SEL_{cum} = 10 \log_{10} \left( \sum_{n=1}^N \frac{S_i}{100\%} \times 10^{\left( \frac{SEL_{Max} - X \cdot \log_{10}(r_0 + v_f \cdot \Delta t_i) - \alpha \cdot (r_0 + v_f \cdot \Delta t_i)}{10} \right)} \right)$$

Där

- $S_i$  är en array med hammarens slagstyrka i procent för varje enskilt slag
- $N$  är totalt antal slag
- $SEL_{max}$  är källstyrkan på 1 meters avstånd vid 100 % slagstyrka
- $X$  är relaterat till hur ljudet sprids geometriskt i vattnet
- $\alpha$  är relaterat till hur mycket vattnet och havsbotten absorberar ljud
- $r_0$  är djurets avstånd när man börjar påla
- $v_f$  är hastigheten med vilket djuret flyr bort från ljudkällan
- $\Delta t_i$  är en array med tiden från start till varje enskilt slag

$SEL_{cum}$  kallades i tidigare versionen från 2016 för  $SEL_{C24h}$ .

### 5.1.2 Riktvärden

I Energistyrelsen (2022) finns nedan tabell med riktvärden för impuls ljud (I-type sounds) såsom pålning. Ljudnivåerna är frekvensviktade utifrån varje enskilt djurs antagna hörsel, vilket ungefär motsvarar A-viktning för människors hörsel. Ljudnivåerna på olika rader i Tabell 5-1 är alltså inte nödvändigtvis jämförbara.

De olika frekvensviktningarna är:

- VHF – very high frequency, vilket är ett frekvensfilter som lägger stor vikt vid väldigt höga frekvenser och är utformat efter tumlares hörsel
- HF – high frequency, som är utformat efter bland annat delfiners hörsel
- LF – low frequency, som är utformat efter vikvalens mer lågfrekventa hörsel
- PCW – Phocid carnivores in water, som ska motsvara sälars hörsel

Det listas tre grader av påverkan:

- PTS (Permanent Threshold Shift) – Antaget riktvärde för permanent nedsatt hörsel eller hörselskador. Detta riktvärde är det strängaste och ska inte överskridas.
- TTS (Temporary Threshold Shift) – Antaget riktvärde för tillfällig hörselnedsättning.
- Behavioural Disturbance – Antaget riktvärde för beteendestörning såsom flyktbeteende eller undflyende. Detta riktvärde är det lindrigaste.

Tabell 5-1. Energistyrelsen (2022): Species of marine mammals commonly occurring in Danish waters with corresponding auditory groups and respective acoustic thresholds stated as SEL<sub>cum</sub> in dB re 1 μPa<sup>2</sup>s and SPL in dB re 1 μPa. Only thresholds for I-type sound.

Species	Weighting (Typ av frekvensfilter)	Threshold type (riktvärde)		
		PTS (Permanent Threshold Shift)	TTS (Temporary Threshold Shift)	Behavioural Disturbance
		SEL <sub>cum</sub> L <sub>E,p,xx,24h</sub> (dB re 1 μPa)	SEL <sub>cum</sub> L <sub>E,p,xx,24h</sub> (dB re 1 μPa)	SPL L <sub>p,rms,125ms</sub> (dB re 1 μPa)
Harbour porpoise	VHF (Very High Frequency)	155	140	103
White-beaked dolphin	HF (High Frequency)	185	170	-
Pilot whale	HF (High Frequency)	185	170	-
Minke whale	LF (Low Frequency)	183	168	-
Harbour seal	PCW (Phocid Carnivores in Water)	185	170	-
Grey seal	PCW (Phocid Carnivores in Water)	185	170	-

LF-ljudnivåer anses inte kunna räknas ut med enkla beräkningsmodeller och behöver troligtvis mätas för att kunna utvärderas.

Tabell 5-2 redovisar riktvärden för övriga ljud, såsom för vibrationspåning eller borring.

Tabell 5-2. Energistyrelsen (2022): Species in Danish waters with corresponding auditory groups and respective acoustic thresholds stated as SEL<sub>cum</sub> in dB re 1 μPa<sup>2</sup>s and SPL in dB re 1 μPa. Only thresholds for sounds other than I-type are shown. \*)

Species	Weighting (Typ av frekvensfilter)	Threshold type (riktvärde)		
		PTS (Permanent Threshold Shift)	TTS (Temporary Threshold Shift)	Behavioural Disturbance
		SEL <sub>cum</sub> L <sub>E,p,xx,24h</sub> (dB re 1 μPa)	SEL <sub>cum</sub> L <sub>E,p,xx,24h</sub> (dB re 1 μPa)	SPL L <sub>p,rms,125ms</sub> (coarse estimate)
Harbour porpoise	VHF (Very High Frequency)	173	153	103 *)
White-beaked dolphin	HF (High Frequency)	198	178	-
Pilot whale	HF (High Frequency)	198	178	-
Minke whale	LF (Low Frequency)	199	179	-
Harbour seal	PCW (Phocid Carnivores in Water)	201	181	-
Grey seal	PCW (Phocid Carnivores in Water)	201	181	-

### 5.1.3 Äldre danska riktvärden

I den äldre versionen av Energistyrelsens skrift från 2016 hänvisas till diverse forskning för riktvärden med avseende på vissa djur, enligt ett lite annat sätt att beräkna kumulativt ljud, motsvarande SELCUM. Dessa riktvärden sammanfattas av NIRAS (2021) med hänvisning till Tougaard (2016) såsom följande;

Tabell 5-3 Energistyrelsens riktvärden från 2016 såsom de är sammanfattade av NIRAS (2021) i rapporten 'Underwater noise Technical report – Aflandshage Offshore Wind farm'.

Species	Fleeing speed (m/s)	Impact criteria	Metric	Threshold value (db)
Cod	0,38	TTS	SEL <sub>cum</sub> (SEL <sub>C,24h</sub> )	185
		Injury		204
	0,9	TTS		185
		Injury		204
Herring	1,04	TTS	185	
		Injury	204	

Dessa äldre riktvärden listas här för att det även ska finnas riktvärden för torsk och sill att utgå ifrån. Notera att denna tabell inte listar frekvensviktade ljudnivåer, men tabellerna från 2022 listar frekvensviktade värden. Torskens hörsel är troligtvis viktad mot mer lågfrekventa ljud.

## 6 Beräkning

Ljudnivåer från slagpålning och borring/vibrationspålning har beräknats genom underlag från forskningsrapporter med mätdata. Det har antagits att borring och vibrationspålning har förhållandevis liknande ljudnivåer och karaktär på ljudet. Ljudnivåer har sedan räknats om för att passa de förutsättningar vad gäller slagstyrka, diameter på pålar etcetera som gäller i det aktuella fallet.

Slagstyrkan i det här projektet är som mest 100 kJ. Det är inte särskilt hög slagstyrka i sammanhanget, och de flesta studier som gjorts på undervattensbuller har studerat betydligt högre slagstyrkor än så.

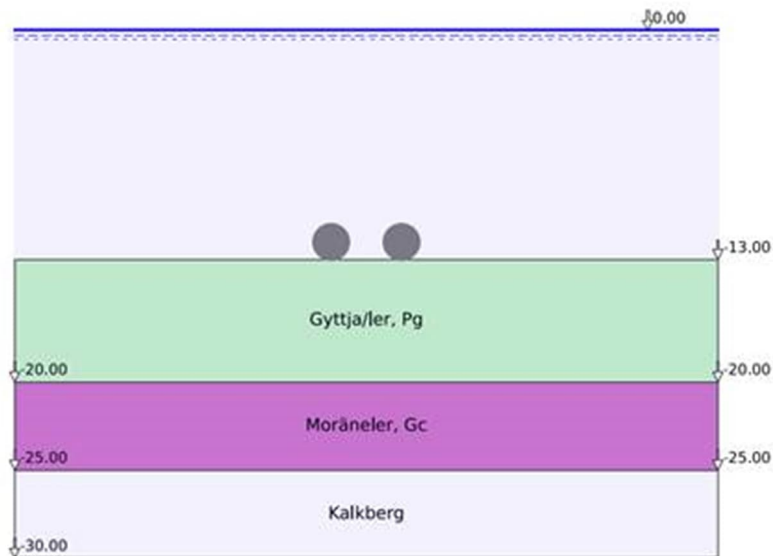
### 6.1 Förutsättningar

Jordlagren inom muddringsområdet utgörs av lermorän som överlagras av sand och ytliggande block och sten, se Figur 6-1. Sandlagret uppskattas vara cirka 0 till 0,5 meter mäktigt, men stora lokala variationer förekommer.

Nordöst om arbetsområdet ligger Natura 2000-området Södra Lommabukten, som är delvis av intresse för yrkesfiske. Där finns bland annat torsk och ål, men även i mindre utsträckning tumlare och knobbsål. Utanför Södra Lommabukten finns det marina naturreservatet Strandhusens Revlar.



Figur 6-1. Sedimentföljd, jordlagerföljden är ytterst preliminär och kommer verifieras med provborrningar



I beräkningar av ljud från slagpålning har det antagits slås med betydligt lägre slagstyrka i gyttjan än i moränen och kalkberget.

Det kan även bli aktuellt med borring eller vibrationspålning, vilket ger upphov till en helt annan typ av ljud än slagpålning.

## 6.2 Antaganden för slagpålning

Följande antaganden har gjorts för beräkningar:

- Slagstyrka upp till 100 kilojoule. Slagstyrkan börjar svagt och går gradvis upp till 100 % med djup och ökande hårdhet i mark
- Diametern på pålarna är 1 meter, förutom det yttersta området där de är 0,4 meter
- Djupet är cirka 10 meter
- Sträckan som ska pålas är 2 kilometer
- Antal pålar: 3x100 utspridda på cirka 22 meters avstånd, men tätare de yttre 50 metrarna
- Antal slag per påle: 800 – 1200 slag
- Antal sekunder mellan slag: 10 sekuknder
- Antal pålar per arbetsdag: 3 stycken
- Hammarens vikt: 16 ton

## 7 Resultat

### 7.1 Beräknade ljudnivåer från slagpålning

Tabell 7-1 redovisar ljudnivåer från slagpålning.

Tabell 7-1 Beräknade ljudnivåer från pålning på 1, 750, 1000, 1500, 3000 meter. Notera att de två första kolumnerna är oviktade.

Avstånd (m)	SEL (dB re 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> s)	SPL <sub>peak</sub> (dB re 1 $\mu$ Pa)	SPL <sub>rms</sub> (dB re 1 $\mu$ Pa)	SPL <sub>rms,125ms</sub> (dB re 1 $\mu$ Pa) Very High Frequency
1	190	216	207	166
750	148	174	165	124
1 000	146	172	163	122
1 500	143	169	160	119
3 000	138	164	155	114

Gränsen för VHF SPL<sub>rms</sub>  $\geq$  103 dB beräknas vara vid cirka 10.5 kilometer, vilket är den ljudnivå där tumlare antas visa beteendemässig reaktion på ljudet enligt Danskt riktvärde i Tabell 5-1.

#### 7.1.1 Kumulativ ljudnivå från slagpålning

Nedan redovisas SEL<sub>cum</sub> som anger hur mycket ljud ett djur kan antas uppleva över hela arbetet. Beräknade kumulativa ljudnivåer här nedan ska jämföras med riktvärden i Tabell 5-1. Värden för PTS och TTS redovisas inom parentes:

VHF-viktad SEL<sub>cum</sub> för tumlare = 120 decibel (155/140)

HF-viktad SEL<sub>cum</sub> för bland annat delfin = 125 decibel (185/170)

PCW-viktad SEL<sub>cum</sub> för säl = 146 decibel (185/170)

Beräknad ljudnivå att jämföra med riktvärden i Tabell 5-3:

Oviktad SEL<sub>cum</sub> för torsk och sill = 161 decibel (204/185)

Alla beräknade ekvivalenta kumulativa ljudnivåer innehåller riktvärdena i Tabell 5-1 och Tabell 5-3.

## 7.2 Beräknade ljudnivåer från vibrationspålning

Tabell 7-2 redovisar ljudnivåer från vibrationspålning, viktat för tumlare och säl.

Tabell 7-2 Beräknade ljudnivåer från vibrationspålning på 1, 750, 1000, 1500 och 3000 meters avstånd.

Avstånd (m)	VHF SEL (dB re 1 $\mu$ Pa2s) Viktat för tumlare	SPL <sub>peak</sub> (dB re 1 $\mu$ Pa)	PCW SEL (dB re 1 $\mu$ Pa2s) Viktat för säl	SPL <sub>rms</sub> (dB re 1 $\mu$ Pa) Oviktat	VHF SPL <sub>rms</sub> (dB re 1 $\mu$ Pa) Viktat för tumlare
1	158	185	177	176	119
750	115	140	135	131	77
1 000	114	138	133	129	75
1 500	111	134	130	125	72
3 000	125	185	125	176	67

VHF SPL<sub>rms</sub>  $\geq$  103 decibel är den ljudnivå där tumlare antas visa beteendemässig reaktion på ljudet enligt danskt riktvärde i Tabell 5-2. Gränsen för VHF SPL<sub>rms</sub>  $\geq$  103 decibel är i det absoluta närfältet av borren, inom 20 meters avstånd. Inga djur kommer troligtvis röra sig så nära under pågående arbete.

### 7.2.1 Kumulativ ljudnivå från borring/vibrationspålning

Beräknade kumulativa ljudnivåer här nedan ska jämföras med riktvärden i Tabell 5-2. Värden för PTS och TTS redovisas inom parentes.

VHF-viktad SEL<sub>cum</sub> för tumlare = 108 decibel (173/153)

HF-viktad SEL<sub>cum</sub> för bland annat delfin = 110 decibel (198/178)

PCW-viktad SEL<sub>cum</sub> för säl = 114 decibel (201/181)

Beräknad ljudnivå att jämföra med riktvärden i Tabell 5-3:

Oviktad SEL<sub>cum</sub> för torsk och sill = 165 decibel (204/185)

Alla beräknade ekvivalenta kumulativa ljudnivåer innehåller riktvärdena i Tabell 5-2 och Tabell 5-3.

## 8 Skyddsåtgärder vid bullrande arbeten under vatten

Typiska åtgärder i de fall ljud från pålning behöver mildras inkluderar följande.

### 8.1 Ramp-up

Ramp-up är när ett ljud som är högt börjar på nedsatt styrka och succesivt ökar i styrka. Detta för att signalera till omgivningen att ett högt ljud är på väg att ske och på så sätt ge tid för djur att avlägsna sig. Eftersom djuren antas simma iväg från ljudet utsätts de för lägre maxnivåer än om det börjas pålas på hög ljudnivå direkt. Den totala ekvivalenta kumulativa ljudnivån för djuren blir därför lägre.

VA SYD avser att använda sig av ramp-up vid pålningsarbetena.

### 8.2 Bubbelvägg

En vanlig åtgärd vid pålning är att lägga en ridå av bubblor runt pålningen. Det bryter upp förmågan för ljudet att spridas i vattnet och har visat sig mycket effektivt för att få ner ljudnivån, men kräver att strömmarna inte är för kraftiga. Metoden anses inte vara nödvändig vid arbetena för att minska påverkansområdet, och dessutom bedöms strömmarna på platsen vara för kraftiga för att en bubbelvägg skulle ge någon större effekt.

## 9 Slutsatser

De beräknade kumulativa ljudnivåerna är långt ifrån nivån för att permanent eller temporärt skada någon av de utvärderade djurarterna så som tumlare och fisk, enligt riktvärdena i Tabell 5-1, Tabell 5-2 och Tabell 5-3. Det kan förekomma en beteendestörning på tumlare, enligt riktvärdet VHF  $SPL_{rms} \geq 103$  decibel, men det är den lindrigaste nivån av störning. Det innebär att tumlare kan uppleva ljudet som störande inom ett avstånd av cirka 10,5 kilometer.

Ovanstående ljudnivå är utifrån scenariot att det är hård mark som kräver full slagstyrka. Om marken är mjuk blir ljudnivån lägre och avståndet för potentiell störning minskar.

Ljudnivåer från borrning eller vibrationspålning tycks vara något mer fördelaktiga i jämförelse med slagpålning, men de beräknade ljudnivåerna är avhängiga flera okända parametrar som har med marken att göra. Det går inte att säga att de beräknade ljudnivåerna bör påverka huruvida den ena metoden eller den andra väljs.

Val av pålningsmetod kommer ske när detaljerad geoteknisk förundersökning har genomförts.

## 10 Referenser

Andersson, M.H, Andersson, S, Ahlsén, J, Andersson, B.L, Hammar, J, Persson, L.K.G, Pihl, J, Sigray, P & Wikström, A. (2016). *Underlag för reglering av undervattensljud vid pålning*. Rapport 6723. Augusti 2016. Naturvårdsverket.

Bellmann, M.A (2014). *Overview of existing Noise Mitigation Systems for reducing Pile-Driving Noise*. Inter-Noise 2014, Melbourne, Australien, 11 s.

Betke, K (2008). *Measurement of wind turbine construction noise at Horns. Rev II. ITAP*. Institut für technische und angewandte Physik GmbH, ITAP. Report no.: 1256-08-a-KB. 30 s.

Darpa, R.U (1979). *Sound propagation in the sea*.

Elisabeth O. Kasteel (2018) *Underwater piling noise. Predicting sound levels in water with the Underwater Acoustic Simulator*. Report to obtain the degree of Master of Science, Van Oord Marine ingenuity. Rotterdam.

Elmer K.-H, Gerasch, W.J, Neumann, T, Gabriel, J, Betke, K & Schultz-von Glahn, M (2007). *Measurement and reduction of offshore wind turbine construction noise*. Dewi Magazin Nr 30.

Energistyrelsen (2022). *Guideline for underwater noise – Installation of driven piles*. Danish Energy Agency, Maj 2022.

Energistyrelsen (2016). *Guideline for underwater noise – Installation of impact-driven piles*. Danish Energy Agency, Center for Energiressourcer, April 2016.

Hall (2010). *Principles of Naval Weapons Systems*.

Huang, L, Xu, X.M, Yang, L.L, Huang S.Q, Zhang, X.H & Zhou, Y.L (2023). *Underwater noise characteristics of offshore exploratory drilling and its impact on marine mammals*. Front. Mar. Sci. 10:1097701. Doi: 10.3389/fmars.2023.2097701.

Matuschek, R & Betke, K (2009). *Measurements of Construction Noise During Pile Driving of Offshore Research Platforms and Wind Farms*. NAG/DAGA, Rotterdam.

NIRAS (2021). *Underwater noise Technical report*. Aflandshage Offshore Wind farm (WAHA01-GEN-PRO-05-000015 HOFOR WIND A/S). 2021-10-11.

Polglaze, J, Baxter, I & Wright, M. (2011). *Ichthys Gas Field Development Project, Potential Effects of Underwater Blasting, Piledriving and Dredging on Sensitive Marine Fauna in Darwin Harbour*. Technical Appendix S7.

Sjöfartsverket (2023). *Baltic Sea Bathymetry Database*. Senast uppdaterad 2023-10-11.  
<https://www.sjofartsverket.se/sv/tjanster/sjokortsprodukter/projekt-och-samarbeten/the-baltic-sea-bathymetry-database/>

Tougaard (2016). *Input to revision of guidelines regarding underwater noise from oil and gas activities - Effects on marine mammals and mitigation measures*. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy. No. 202. Aarhus University. Department of Bioscience.

ISO 18405:2017 – Underwater acoustics – Terminology. Publicerad 2017, reviderad 2022.

VASYD 