



BILAG 6

UNDERVANDSSTØJ

MODELLERINGER

Lodbjerg-Nymindegab

Indhold

1.	Indledning	3
2.	Undervandsstøj	3
3.	Grænseværdier	4
4.	Udbredelsesmodellen	6
4.1	Matematisk model	7
5.	Kilder til støj under vand	8
5.1	Vurdering af den anvendte viden	10
6.	Resultater	11
6.1	Thyborøn	11
6.2	Thorsminde	13
7.	Konklusion og vurdering af miljøkonsekvens	15

1. Indledning

Støj fra arbejde i havet kan have konsekvenser for det marine dyreliv. For at klarlægge hvilken påvirkning de forskellige aktiviteter i forbindelse med kystbeskyttelsen kan have, er der udført beregninger af støjen under havoverfladen. Beregningerne af støjen sammenlignes med eksisterende støjgrænser for sæler og marsvin, som lever i området nær vestkysten.

2. Undervandsstøj

Dyr under vand påvirkes af støj som mennesker påvirkes af støj over vand. Undervandsstøj kan have en så høj intensitet, at det kan skade dyr og afstandene for hvor støjen kan have skadende virkning er større under vand end over vand. Ved høje lydtryk i luft vil luften komprimere og derfor absorbere noget af lydtrykkens energi. I vand, som er ukomprimerbart, vil høje lydtryk ikke komprimeres og derfor ikke absorberes i vandet, men vandet rykker med lydtrykket. Derfor vil lydtrykket være højere i større afstande i vand end i luft. Den større påvirkning fra lyde under vand skyldes, at vand er meget sværere at trykke sammen end luft, da vand er ukomprimerbart sammenlignet med luft.

I luft vil lyden reflekteres på kroppen grundet den store forskel i komprimerbarheden af luft og kroppen. I vandet er forskellen i komprimerbarhed meget mindre imellem vand og krop, hvorfor skaden på kroppen fra høje lydtryk kan være højere i vand end i luft. Ukomprimerbarheden i vandet betyder også at afstande for dæmpning af lydbølgerne bliver meget mindre.

Lyd og støj måles normalt i decibel, forkortet dB. Som lyd over vand, måles undervandsstøj i decibel, men med et andet referencetryk. Det skyldes, at det ambiente tryk i vand er højere end i luft. Det betyder også, at værdierne for lydtryk i decibel ikke kan sammenlignes direkte imellem om lyden og støjen måles i vand eller i luft. Decibel er en logaritmisk enhed, og hvis to lige store støjniveauer adderes, vil det give et resultat, som er 3 dB(A) højere.

Lydtryksniveauet under vand i decibel (dB) er defineret som følgende:

$$\text{Lydtryksniveau (SPL)} = 20 \cdot \log_{10} (P / P_0)$$

P er trykket og P₀ er referencetrykket. Referencetrykket er 1 mikropascal (μPa) for undervandslyd og -støj, som er forskellig for lydtrykniveauer i luften. Af denne grund kan lydtrykniveauer i vand og luft ikke sammenlignes direkte.

Lyd kan måles og opfattes på forskellige måder, alt efter om lyden opstår pludseligt og aftager hurtigt, om den er gentagende med længere pauser imellem, eller om den er vedvarende over længere tid. For at imødekomme de forskellige måder lyden opstår på, er forskellige værdier defineret.

- Sound Pressure Level (SPL) – Størrelsen af et lydtryk i et givet punkt, dvs. hvor høj lyden er. Værdien måles i decibel (dB). Som en relativ enhed anvendes dB i forhold til 1 mikropascal i undersøiske studier (dB re. 1 μPa).
- Lydeksponeringsniveau (SEL) – Enhed som beskriver, hvor meget lydenergi et dyr (f.eks. et marsvin) har modtaget fra en begivenhed og normaliseres til et interval på et sekund (enhed i dB re. 1 μPa²s). Det kan betragtes som et logaritmisk mål for udsættelse af lyd, og derfor svarer en stigning på 3 dB i SEL til en fordobling af lydenergien.

- Kumulativ lydeksponering (SEL_{cum}) – Den samlede lydpåvirkning over tid fra varigheden af en lyd eller en række lyde. Det gør det muligt at karakterisere lyde af forskellig varighed og niveau (enhed i dB re. μPa^2s).
- Peak pressure level (PEAK) - lydtrykket fra nul til top på et givet tidspunkt.
- Root mean square (SPL_{rms}) - gennemsnit af lydtrykket over en given tid; SPL_{rms} bruges ofte til at evaluere virkningerne af kontinuerlige støjkluder.
- Impulsstøj/pulserende/impulsiv lyd - en pludseligt opstået lydkilde, der omfatter en eller flere øjeblikkelige lyde som for eksempel opleves ved rammeaktivitet.
- Kontinuerlig støj/lyd - lydkilde, som en skibsmotor, eller brummen som ved boreoperationer der er vedvarende ved samme lydtryk over længere tid.

3. Grænseværdier

Fysiske skader på hørelsen kan føre til permanente ændringer i dyrenes opfattelse af lyde, og hvor høj lyden skal være, før den opfattes (permanent tærskelforskydning, PTS). Dette kan skyldes ødelæggelse af dele i det indre øre eller ved udmattelse af hørelsen. Høretab kan også være midlertidigt (midlertidig tærskelforskydning, TTS), og dyret vil genvinde sin oprindelige hørelse efter en periode, hvor dyret opholder sig i stille områder. For PTS og TTS er lydintensiteten en vigtig faktor for størrelsen af høretabet. Det samme er antallet af gange, dyret udsættes for støjen, varigheden af støjen samt længden af perioden imellem det støjende arbejde. Dette benævnes henholdsvis frekvensen, eksponeringsvarigheden og længden af restitutionstiden.

Evnen til at høre lyde er forskellig på tværs af et dyrs høreområde. Hørelsen for de fleste pattedyr er udformet så de lave frekvenser, dybe toner ikke høres tydeligt, de mellemste frekvenser høres tydeligt, og de højeste frekvenser høres ikke tydeligt. Hørelsen har derfor typisk en "U-form", hvor frekvenser i bunden af "U'et" er dem, som dyret er mere følsomme for med hensyn til hørelse. For at imødekomme forskellen i hørelsen over frekvenser, mere kendt som toner, udformes vægtningsfunktioner for hørelsen. Disse vægtningsfunktioner afspejler et dyrs evne til at høre en lyd og afspejler ikke nødvendigvis, hvordan et dyr opfatter og adfærdsmæssigt reagerer på den lyd.

Der findes forskellige vægtningsfunktioner for havpattedyr forbundet med, hvornår dyrene udsættes for permanent og midlertidigt høretab (PTS/TTS). Vægtningsfunktionerne for hørelsen for dyr under vand er undersøgt i flere studier¹. Marsvin anses generelt for at have meget højfrekvente vægtede støjterskelgrænser, i det følgende angivet som 'Very High Frequency' (VHF). Grindehvaler og hvidnæsede delfiner er angivet som 'High Frequency' (HF) og Vågehvaler som 'Low Frequency' (LF). Sæler har deres egne vægtede støjterskelgrænser, i det følgende angivet som 'Phocid Carnivores in Water' (PCW). Andre havpattedyr har en anderledes vægtning.

Energistyrelsen² angiver retningslinjer for grænseværdier for PTS, TTS- og adfærdsmæssig respons, som er almindeligt anvendt i miljøkonsekvensvurderinger af undervandsstøj. Retningslinjerne kan ses i Tabel 3-1 til Tabel 3-4 og vil blive benyttet som grænseværdier i denne undersøgelse.

Tabel 3-1. Grænseværdier for marsvin ifølge retningslinjerne fra Energistyrelsen. Her vises grænseværdier for PTS, TTS og adfærdsmæssig respons for kontinuerlig støj.

Påvirkningstype	Marsvin PTS (VHF vægtet)	Marsvin TTS (VHF vægtet)	Marsvins Adfærd (VHF vægtet)
Kontinuerlig støj	173 dB SEL _{cum}	153 dB SEL _{cum}	103 dB SPL _{rms,125ms}

SEL-grænseværdier i dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ under vand

VHF: Very high frequency (marsvin)

Tabel 3-2. Grænseværdier for grindehvaler og hvidnæsede delfiner ifølge retningslinjerne fra Energistyrelsen. Her vises grænseværdier for PTS, TTS og adfærdsmæssig respons for kontinuerlig støj.

Påvirkningstype	Grindehval og hvidnæsede delfin PTS (HF vægtet)	Grindehval og hvidnæsede delfin TTS (HF vægtet)	Grindehvaler og hvidnæsede delfiner Adfærd (HF vægtet)
Kontinuerlig støj	198 dB SEL _{cum}	178 dB SEL _{cum}	ingen

SEL-grænseværdier i dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ under vand

HF: High frequency (Grindehval og hvidnæsede delfin)

Tabel 3-3. Grænseværdier for marsvin ifølge retningslinjerne fra Energistyrelsen. Her vises grænseværdier for PTS, TTS og adfærdsmæssig respons for kontinuerlig støj.

Påvirkningstype	Marsvin PTS (VHF vægtet)	Marsvin TTS (VHF vægtet)	Marsvins Adfærd (VHF vægtet)
Kontinuerlig støj	173 dB SEL _{cum}	153 dB SEL _{cum}	ingen

SEL-grænseværdier i dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ under vand

VHF: Very high frequency (marsvin)

Tabel 3-4. Grænseværdier for sæler ifølge retningslinjerne fra Energistyrelsen. Her vises grænseværdierne for PTS, TTS og adfærdsmæssig respons for kontinuerlig støj.

Påvirkningstype	Sæler (earless) PTS (PCW vægtet)	Sæler (earless) TTS (PCW vægtet)	Sæler (earless) Adfærd (uvægtet)
Kontinuerlig støj	201 dB SEL _{cum}	181 dB SEL _{cum}	ingen

SEL-grænseværdier i dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ under vand

PCW: Phocid carnivores in water (sæler)

PTS- og TTS-grænseværdier for havpattedyr er angivet som en samlet påvirkning af støj over 24 timers aktivitet (SEL_{cum}). Grænseværdierne dækker derfor den samlede støjpåvirkning, som dyrene modtager indenfor en 24-timers periode.

Det antages, at dyrene vil flygte fra lyd, som er skadende for hørelsen. I modellen er der inkluderet en simpel model for dyrenes flugt. Modellen inkluderer en tærskel for reaktion efterfulgt af bevægelse væk fra kilden.

I beregningerne er der taget udgangspunkt i, at dyrene svømmer væk med en hastighed på 1,5 m/s.

4. Udbredelsesmodellen

En 3-dimensionel undervandsakustisk model af området omkring Thyborøn og Thorsminde er opbygget af havbundens udformning, havbundsmaterialet og vandsøjledata. Til beregningerne af undervandsstøjen er programmet dBSea benyttet.

Data vedrørende vanddybder er indhentet fra open source non-profit organisationen "National Oceanography Centre".

Havbundsforholdene i 3D-modellen er baseret på geotekniske undersøgelser af vestkysten, hvor adskillige borer er blevet foretaget. Der er blevet taget et gennemsnit af de samlede sedimentlag, som er blevet benyttet i udbredelsesmodellen.

Data vedrørende vandsøjledata er indhentet fra ICES (The International Council for the Exploration of the Sea), for punkter der ligger nær arbejdsområdet, se Figur 1



Figur 1 Placering af målepunkter i orange trekanter for temperaturer og salinitet.

Her er hentet data for år 1998 og 2003 vedrørende temperaturer og salinitet samt hvilke dybder, det er målt på. Data er benyttet til at udregne vandsøjler for sommer- og vinterhalvåret. August måned er benyttet for sommerperioden og februar for vinterperioden.

4.1 Matematisk model

Til beregning af udbredelsen af lyd under vand er den parabolske lignings metode benyttet (hvor man benytter løsninger af bølge-ligningen til udregning) i frekvensområdet 20 Hz til 400 Hz. Frekvenserne er i 1/3 oktavbånd. Det er en alsidig og robust metode til at beregne lydfeltet fra lydkilden, men den bliver meget beregningstung i de højere frekvensbånd. For frekvensområdet i 1/3 oktavbåndene fra 500 Hz og

op efter, er der benyttet en strålemodel (her genereres stråler ud fra kilden, som kan interagere med omgivelserne sat i lydudbredelsesmodellen) til beregning af lydfeltet fra lydkilden.

Lydudbredelsesmodellen benyttes til at bestemme lydudbredelsen i vandet. Med denne lydudbredelse kan afstandene fra kilde til grænseværdien findes. For at kunne finde lydudbredelsen skal der indhentes viden om blandt andet lydhastighedsprofilen langs dybden af vandet, undergrundens udformning og de materialer som undergrunden består af.

Der er beregnet afstande til grænseværdierne for henholdsvis den permanente høretab (PTS), den midlertidige hørenedsættelse (TTS) for både marsvin og sæler samt for adfærdsændringer for marsvin.

5. Kilder til støj under vand

Kystbeskyttelsen kan foregå ved flere forskellige aktiviteter:

- Rainbowing
- Klapning
- Strandfodring

Hver aktivitet har sin egen påvirkning af støjniveauet under vand. Alle aktiviteterne foregår i åbent vand og kan derfor støje frit til omgivelserne. Alle aktiviteter er beregnet med et skib i drift.

Støjen fra de tre aktiviteter undersøges ud for Thorsminde og Thyborøn. Placeringerne er valgt ud fra de to Natura2000-områder, som ligger ud for byerne. Ændringerne i undergrundsforholdene, vandsøjledata samt temperaturforhold forventes ikke at ændres betragteligt ned langs vestkysten, hvorfor disse to placeringer kan antages at kunne repræsentere støjudbredelsen ved vestkysten.

Hver aktivitet har sin egen kildestyrke, som beskriver hvor meget udstyret støjer. Kildestyrken er et samlet tal, over alle frekvenser/toner, som støjen består af. I beregningerne er der anvendt forskellige sammensætninger af støjen, som kendetegner det specifikke udstyr.

Kildestyrkerne kan ses af Tabel 5-1. Kildestyrkerne for aktiviteterne kommer fra undersøgelser i Holland³, og støjen fra skibe kommer fra undersøgelser i Nordsøen⁴. Der er taget et gennemsnit af de fremviste scenarier for hver aktivitet og skibe, da det endnu ikke er kendt præcist hvilket udstyr, som vil blive benyttet:

Tabel 5-1. Kildestyrker til beregning af undervandsstøj

Kilder til beregning af undervandsstøj	
Aktivitet	Kildestyrke [SPL_{rms}]
Rainbowing	181
Klapning	182
Strandfodring	181
Skib	188

Alle aktiviteter antages at benytte et skib, som også vil støje i drift. Hver støjkilde har sit eget kendetegnende frekvensspektrum.

Alle støjklender anses som værende kontinuerte. Det vil sige, at støjen er vedvarende og ikke pludseligt opstående og aftagende. Resultaterne sammenlignes derfor udelukkende med de grænseværdier, som er relevante for kontinuert støj for marsvin og sæler.

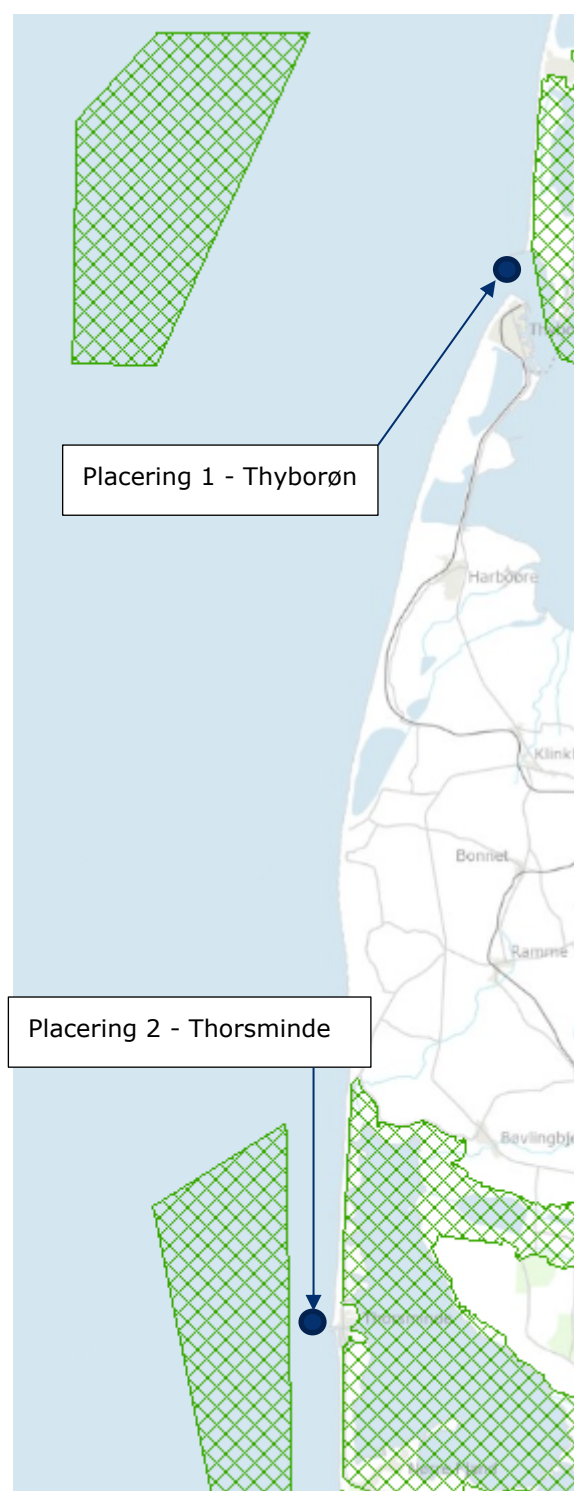
Foregår to af den samme aktivitet samtidig og tæt på hinanden kan kildestyrkerne i tabellerne tillægges +3 dB.

Placeringerne af aktiviteterne kan ses herunder:

Rainbowing:	500 meter fra kysten
Klapning:	500 meter fra kysten
Strandfodring:	1.200 meter fra kysten

Skibet og aktiviteten er placeret på samme sted i vandet og 2 meter under havoverfladen.

De udvalgte områder kan ses af Figur 5-1:



Figur 5-1. Placering af undersøgelsesområder. Blå cirkler angiver placeringen af undersøgelse for Rainbowing, klappning og strandfodring. Grønne tern viser placeringen af Natura2000-områder.

5.1 Vurdering af den anvendte viden

Den anvendte viden beror sig på gennemgående studier af lydets udbredelse under vand. Det samme er tilfældet for kildestyrkerne for de forskellige arbejdsmetoder og skibe anvendt til strandfodringen og

kystnær fodring. Vandsøjledata og vandtemperatur samt undergrundsforhold er undersøgt i mindre detaljeret grad.

Samlet kan den anvendte viden til undervandsstøjberegningerne i forbindelse med kystbeskyttelsesaktiviteten anses som værende tilstrækkelig.

6. Resultater

Afstandene for støjpåvirkning af sæler og marsvin kan ses af tabellerne herunder. Støjpåvirkningen er både undersøgt ved Thyborøn og ved Thorsminde, da der ligger Natura2000-områder tæt på disse byer.

6.1 Thyborøn

Afstandene til midlertidige høreskader og permanente høreskader samt afstand til adfærdsændring kan ses af Tabel 6-1 til Tabel 6-4. Værdierne repræsenterer afstande hvis dyrene ikke flygter fra den støjende aktivitet. Hvor det ikke har været muligt at beregne en afstand, da den beregnede afstand er meget tæt på støjilden, er der indsat en minimumsafstand på 10 meter.

Tabel 6-1. Afstande til grænseværdier netop overholdes, sæler og marsvin, vinterforhold.

	Sæler TTS-afstand [m]	Sæler PTS-afstand [m]	Marsvin TTS-afstand [m]	Marsvin PTS-afstand [m]	Marsvin - afstand til adfærdsændring [m]
Rainbowing	10	10	38	10	3.820
Klapning	10	10	10	10	2.010
Strandfodring	10	10	30	10	3.940

Tabel 6-2. Afstande til grænseværdier netop overholdes, sæler og marsvin, sommerforhold.

	Sæler TTS afstand [m]	Sæler PTS afstand [m]	Marsvin TTS afstand [m]	Marsvin PTS afstand [m]	Marsvin - afstand til adfærdsændring [m]
Rainbowing	10	10	34	10	1.540
Klapning	10	10	10	10	1.050
Strandfodring	10	10	31	10	2.100

Tabel 6-3. Afstande til grænseværdier netop overholdes, grindehvaler, hvidnæsede delfiner og vågehval, vinterforhold.

	Grindehvaler og hvidnæsede delfiner TTS-afstand [m]	Grindehvaler og hvidnæsede delfiner PTS-afstand [m]	Vågehval TTS-afstand [m]	Vågehval PTS-afstand [m]
Rainbowing	10	10	10	10
Klapning	10	10	10	10
Strandfodring	10	10	10	10

Tabel 6-4. Afstande til grænseværdier netop overholdes, grindehvaler, hvidnæsede delfiner og vågehval, sommerforhold.

	Grindehvaler og hvidnæsede delfiner TTS afstand [m]	Grindehvaler og hvidnæsede delfiner PTS afstand [m]	Vågehval TTS afstand [m]	Vågehval PTS afstand [m]
Rainbowing	10	10	10	10
Klapning	10	10	10	10
Strandfodring	10	10	10	10

Det forventes imidlertid ikke, at dyrene opholder sig samme sted, imens der støjes. Derfor udføres beregningerne med en flugtrespons svarende til 1,5 m/s væk fra støjkilden. Når dyrene flygter, vil lydstyrken aftage med afstanden, indtil lydpåvirkningen ikke vil bidrage væsentligt til den samlede støj dyret udsættes for - den kumulative værdi.

Afstande, som dyret skal opholde sig i inden den støjende aktivitet igangsættes og samtidig blive udsat for støj, der kan medføre hørenedsættelse af midlertidig eller permanent grad, kan ses af Tabel 6-5 til Tabel 6-8:

Tabel 6-5. Afstande, som dyr skal have til aktiviteten, for at konsekvensen netop er permanent eller midlertidig hørenedsættelse, vinterforhold, sæler og marsvin.

	Sæler TTS afstand [m]	Sæler PTS afstand [m]	Marsvin TTS afstand [m]	Marsvin PTS afstand [m]
Rainbowing	0	0	5	0
Klapning	0	0	0	0
Strandfodring	0	0	5	0

Tabel 6-6. Afstande, som dyr skal have til aktiviteten, for at konsekvensen netop er permanente eller midlertidige hørenedsættelse, sommerforhold, sæler og marsvin.

	Sæler TTS afstand [m]	Sæler PTS afstand [m]	Marsvin TTS afstand [m]	Marsvin PTS afstand [m]
Rainbowing	0	0	5	0
Klapning	0	0	0	0
Strandfodring	0	0	5	0

Tabel 6-7. Afstande, som dyr skal have til aktiviteten, for at konsekvensen netop er permanente eller midlertidige hørenedsættelse, vinterforhold, grindehval, hvidnæset delfin og vågehval.

	Grindehval og hvidnæset delfin TTS afstand [m]	Grindehval og hvidnæset delfin PTS afstand [m]	Vågehval TTS afstand [m]	Vågehval PTS afstand [m]
Rainbowing	0	0	0	0
Klapning	0	0	0	0
Strandfodring	0	0	0	0

Tabel 6-8. Afstande, som dyr skal have til aktiviteten, for at konsekvensen netop er permanente eller midlertidige hørenedsættelse, sommerforhold, grindehval, hvidnæset delfin og vågehval.

	Grindehval og hvidnæset delfin TTS afstand [m]	Grindehval og hvidnæset delfin PTS afstand [m]	Vågehval TTS afstand [m]	Vågehval PTS afstand [m]
Rainbowing	0	0	0	0
Klapning	0	0	0	0
Strandfodring	0	0	0	0

6.2 Thorsminde

Afstandene til midlertidige høreskader og permanente høreskader samt afstand til adfærdsændring kan ses af Tabel 6-9 til Tabel 6-12. Afstandene repræsenterer hvis dyrene ikke flygter fra den støjende aktivitet. Hvor det ikke har været muligt at beregne en afstand, da den beregnede afstand er meget tæt på støjekilden, er der indsat en minimumsafstand på 10 meter.

Tabel 6-9 – Afstande til grænseværdier netop overholdes, vinterforhold.

	Sæler TTS afstand [m]	Sæler PTS afstand [m]	Marsvin TTS afstand [m]	Marsvin PTS afstand [m]	Marsvin afstand til adfærdsændring [m]
Rainbowing	10	10	34	10	3.820
Klapning	10	10	10	10	2.010
Strandfodring	10	10	31	10	3.940

Tabel 6-10 – Afstande til grænseværdier netop overholdes for hvert dyr og hver aktivitet, sommerforhold.

	Sæler TTS afstand [m]	Sæler PTS afstand [m]	Marsvin TTS afstand [m]	Marsvin PTS afstand [m]	Marsvin afstand til adfærdsændring [m]
Rainbowing	10	10	10	10	1.540
Klapning	10	10	10	10	1.050
Strandfodring	10	10	10	10	2.100

Tabel 6-11. Afstande til grænseværdier netop overholdes, grindehvaler, hvidnæsede delfiner og vågehval, vinterforhold.

	Grindehvaler og hvidnæsede delfiner TTS-afstand [m]	Grindehvaler og hvidnæsede delfiner PTS-afstand [m]	Vågehval TTS-afstand [m]	Vågehval PTS-afstand [m]
Rainbowing	10	10	10	10
Klapning	10	10	10	10
Strandfodring	10	10	10	10

Tabel 6-12. Afstande til grænseværdier netop overholdes, grindehvaler, hvidnæsede delfiner og vågehval, sommerforhold.

	Grindehvaler og hvidnæsede delfiner TTS afstand [m]	Grindehvaler og hvidnæsede delfiner PTS afstand [m]	Vågehval TTS afstand [m]	Vågehval PTS afstand [m]
Rainbowing	10	10	10	10
Klapning	10	10	10	10
Strandfodring	10	10	10	10

Som beskrevet ovenfor forventes det ikke, at dyrene opholder sig samme sted, imens der støj. Derfor udføres beregningerne med en flugtrespons svarende til 1,5 m/s væk fra støjekilden. Når dyrene flygter, vil lydstyrken aftage med afstanden, indtil lydpåvirkningen ikke vil bidrage væsentligt til den samlede støj dyret udsættes for - den kumulative værdi.

Afstande som dyret skal opholde sig i inden den støjende aktivitet går i gang og blive udsat for støj, der kan medføre hørenedsættelse af midlertidig eller permanent grad, kan ses af Tabel 6-13 til Tabel 6-16:

Tabel 6-13. Afstande som dyr skal have til aktiviteten for at konsekvensen netop er permanente eller midlertidige hørenedsættelse, vinterforhold.

	Sæler TTS afstand [m]	Sæler PTS afstand [m]	Marsvin TTS afstand [m]	Marsvin PTS afstand [m]
Rainbowing	0	0	5	0
Klapning	0	0	0	0
Strandfodring	0	0	5	0

Tabel 6-14. Afstande som dyr skal have til aktiviteten for at konsekvensen netop er permanente eller midlertidige hørenedsættelse, sommerforhold.

	Sæler TTS afstand [m]	Sæler PTS afstand [m]	Marsvin TTS afstand [m]	Marsvin PTS afstand [m]
Rainbowing	0	0	0	0
Klapning	0	0	0	0
Strandfodring	0	0	0	0

Tabel 6-15. Afstande, som dyr skal have til aktiviteten, for at konsekvensen netop er permanente eller midlertidige hørenedsættelse, vinterforhold, grindehval, hvidnæset delfin og vågehval.

	Grindehval og hvidnæset delfin TTS afstand [m]	Grindehval og hvidnæset delfin PTS afstand [m]	Vågehval TTS afstand [m]	Vågehval PTS afstand [m]
Rainbowing	0	0	0	0
Klapning	0	0	0	0
Strandfodring	0	0	0	0

Tabel 6-16. Afstande, som dyr skal have til aktiviteten, for at konsekvensen netop er permanente eller midlertidige hørenedsættelse, sommerforhold, grindehval, hvidnæset delfin og vågehval.

	Grindehval og hvidnæset delfin TTS afstand [m]	Grindehval og hvidnæset delfin PTS afstand [m]	Vågehval TTS afstand [m]	Vågehval PTS afstand [m]
Rainbowing	0	0	0	0
Klapning	0	0	0	0
Strandfodring	0	0	0	0

7. Konklusion og vurdering af miljøkonsekvens

Det ses at marsvin påvirkes af adfærdsændring i stor afstand, op til et par kilometer væk fra arbejdsområdet. Men selvom adfærdsændringen er over en kilometer vil påvirkningen ikke resultere i høretab af midlertidig eller permanent grad tæt på arbejdsområdet. Helt tæt på arbejdsområdet, tættere end 40 meter, kan marsvin udsættes for et midlertidigt høretab ved strandfodring og rainbowing. Det er kun ved meget korte afstande, at der kan opstå midlertidige eller permanente høretab. Der er alene en adfærdsændring af marsvin i forbindelse med kystbeskyttelsesarbejdet, såfremt marsvin opholder sig inden for en zone på 40 meter for rainbowing eller strandfodring. I det tilfælde kan marsvin udsættes for midlertidig hørenedsættelse. Ingen andre dyr udsættes for støjniveauer som påvirker hørelsen.

Der er også udført beregninger for konsekvenserne af hørelsen for dyrene, hvis de flygter fra området med det støjende arbejde. Konklusionen er at marsvin skal have en afstand til rainbowing og strandfodring på mindst 5 meter, inden arbejdet kan igangsættes. Overholdes dette, kan det ikke forventes, at sæler, marsvin, grindehval, hvidnæset delfin eller vågehval vil opnå hørenedsættelse af hverken permanent eller midlertidig grad.

8. Referencer

1. Southall, B. L. *et al.* Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects. *Aquatic Mammals* **45**, 125–232 (2019).
2. Energistyrelsen. *Guideline for underwater noise. Installation of impact or vibratory driven piles.* (2022).
3. Waalsdorperweg, O. *et al.* Underwater noise of Trailing Suction Hopper Dredgers at Maasvlakte 2: Analysis of source levels and background noise Classification report Ongerubriceerd Title Ongerubriceerd Abstract Ongerubriceerd Report text Ongerubriceerd Number of pages 89. (2010).
4. ITAP GMBH. Sand dredging operations in the North Sea: Modeling of underwater noise emissions during sand dredging works. (2022).