

Overvågning af lavfrekvent undervandsstøj i danske farvande 2022

Statusrapport til Miljøstyrelsen 2022

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 11 august 2023 | 32



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Overvågning af lavfrekvent undervandsstøj i danske farvande 2022
Undertitel: Statusrapport til Miljøstyrelsen

Forfattere: Jakob Tougaard, Michael Ladegaard, Emily T. Griffiths

Institution: AU, Ecoscience

Faglig kommentering: Signe Sveegaard, AU, Ecoscience
Kvalitetssikring, DCE: Jesper Fredshavn

Ekstern kommentering: Miljøstyrelsen. Kommentarerne findes her:
http://dce2.au.dk/pub/komm/N2023_32_komm.pdf

Rekvirent: Miljøstyrelsen

Bedes citeret: Tougaard, J., Ladegaard, M. og Griffiths, E.T. 2023. Overvågning af lavfrekvent undervandsstøj i danske farvande 2022. Statusrapport til Miljøstyrelsen. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 14 s. – Fagligt notat nr. 2023 | 32

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Wikimedia.org

Sideantal: 14

Indhold

Resumé	4
1 Baggrund	5
1.1 Havstrategidirektivets kriterium D11C2	5
2 Metoder	6
2.1 Målestationer	6
2.2 Udstyr	7
2.3 Dataanalyse	9
3 Indsamlede data	10
4 Referencer	14

Resumé

Overvågning af vedvarende lavfrekvent undervandsstøj (skibsstøj) er blevet gennemført i danske farvande siden 2016. I de første år på fire stationer i indre farvande, men fra 2019 også på to stationer i Nordsøen/Skagerrak. Der roteres mellem målestationerne, således at der hvert år måles fra tre stationer. Målingerne er vedvarende optagelser af undervandsstøj i området 20 Hz - 20 kHz og karakteriseres ved månedlige medianer og percentiler (L_{95} , L_{75} , L_{25} og L_5) i tredjedels-oktav frekvensbåndene centreret om 63 Hz, 125 Hz og 2 kHz, i henhold til guidelines for HELCOMs overvågningsprogram.

Målingerne viser variation fra måned til måned, men mindre variation fra år til år. Der er ikke foretaget egentlig analyse til påvisning af eventuelle tendenser i udviklingen over flere år.

1 Baggrund

Dette notat beskriver status for overvågningen af vedvarende lavfrekvent undervandsstøj i indre danske farvande og Nordsøen frem til sommeren 2022 som led i Miljøstyrelsens overvågning. Denne overvågning foregår som en del af opfyldelsen af Danmarks forpligtigelser i henhold til EU's Havstrategidirektiv (EU Kommissionen, 2008; 2017, kriterium D11C2) og HELCOMs overvågningsprogram (pre-CORE indikator af kontinuerlig undervandsstøj).

Denne rapport er alene en afrapportering af de indsamlede data efter en basal dataanalyse i henhold til anbefalinger fra EU (TG-Noise; Dekeling et al., 2014) og HELCOM (EN-Noise/Pressure; HELCOM, 2018) og indeholder derfor ingen tilbundsgående analyse eller syntese af målingerne. En samlet gennemgang af de indsamlede data følger i forbindelse med udarbejdelse af baggrundsrapport til basisanalysen vedr. miljøtilstand i de danske farvande, der udarbejdes sommeren 2023.

Havstrategidirektivet (EU Kommissionen, 2008) pålægger medlemslandene at opnå og fastholde god miljøtilstand i EU's havområder. For at kunne nå dette mål stiller direktivet en række krav til medlemslandene, fordelt på 11 forskellige deskriptorer, med dertilhørende kriterier for god miljøtilstand.

1.1 Havstrategidirektivets kriterium D11C2

Direktivets deskriptor 11 omhandler tilførsel af energi, inklusive undervandsstøj til havmiljøet. Under deskriptor 11 er beskrevet to kriterier (EU Kommissionen 2017, Dekeling et al. 2014), der skal bruges i vurderingen af miljøtilstanden. Denne rapport omhandler kriterium D11C2: Lavfrekvent, vedvarende støj.

Den lavfrekvente, vedvarende støj bliver kvantificeret og vurderet vha. gennemsnitlige lyd niveauer (dB re 1 μ Pa, Root Mean Square (rms)) i specificerede tredjedelsoktavbånd. I henhold til HELCOMs overvågningsmanual overvåges støjen i frekvensområdet fra 20 Hz til 20 kHz. Tredjedelsoktavbåndene, hhv. 63 Hz og 125 Hz, er særligt udvalgt efter vejledning fra EU-kommissionen (EU Kommissionen 2008; 2017). Derudover kvantificeres støjen også i tredjedelsoktavbåndet 2 kHz, for at leve op til kravene i HELCOMs anbefalinger for overvågning af den fælles (pre-CORE) indikator "Continuous noise" (HELCOM, 2018). Dette bånd er vurderet til at have større relevans end de to øvrige for havpattedyr. Særligt for marsvin (*Phocoena phocoena*), der som det eneste havpattedyr i Østersøen findes på Habitatdirektivets bilag IV, der omfatter de dyr, der er under streng beskyttelse (EU Kommissionen, 1992).

1.1.1 Tærskelværdier for undervandsstøj

EU har i 2022 vedtaget fælles tærskelværdier for undervandsstøj (TG-Noise, 2022). Disse tærskelværdier er dog endnu ikke konkretiseret i en form, hvor de er relevante for det danske overvågningsprogram. Dels forestår et arbejde regionalt (dvs. HELCOM og OSPAR) med at definere indikatorarter og fastsætte arts- eller artsgruppe-specifikke niveauer (de såkaldt LOBE-værdier, TG-Noise, 2022), dels savnes der konkret vejledning om metoder til at anvende tærskelværdierne på data fra punktmålinger.

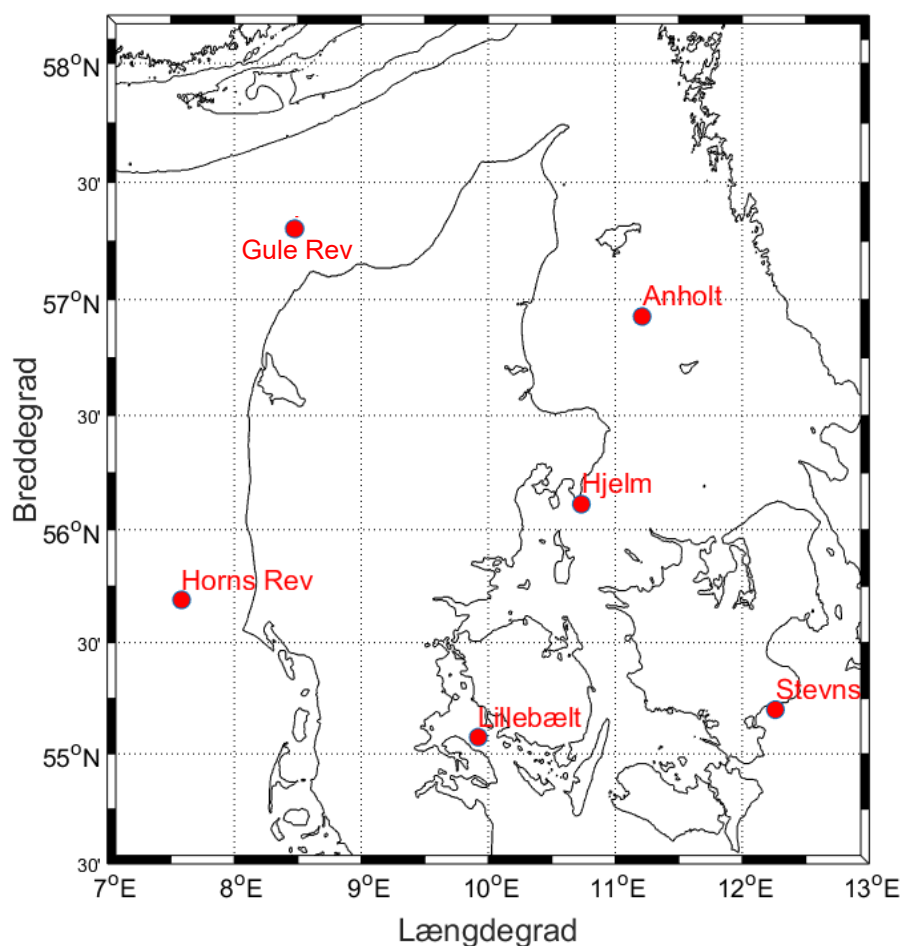
2 Metoder

De anvendte måle- og analysemetoder følger anbefalingerne fra HELCOM (HELCOM, 2019) og den tekniske anvisning for kontinuerlig undervandsstøj (Tougaard, 2019).

2.1 Målestationer

Overvågningsprogrammet i Danmark foregår på seks målestationer, hvor der alterneres mellem stationerne, sådan at der er data fra mindst tre stationer hvert år. To stationer er i Kattegat, hhv. ved Anholt (station 104) og Hjelm (Station 103), to stationer i den sydlige del af de indre danske farvande, hhv. i Lillebælt (Station 35) og ved Stevns (Station 38), og to stationer i Nordsøen ved Horns Rev 3 (Station 201), og Gule Rev (Station 202). De seks målestationer fremgår af Figur 2.1, med positioner angivet i Tabel 2.1.

Figur 2.1. Oversigtskort med angivelse af de seks faste stationer i danske farvande. Farvandet omkring Bornholm dækkes af målestationer i de svenske, tyske og polske måleprogrammer.



Tabel 2.1. Detaljer om målestationerne anvendt siden 2019. I 2022 blev indsamlet data fra Lillebælt, Stevns og Gule Rev. Koordinat system: WGS 1984.

Rotation	Nummer	Navn	Længdegrad	Breddegrad	Dybde (m)
A	35	Lillebælt	9° 55,28' Ø	55° 4,53' N	25
B	38	Stevns	12° 15,66' Ø	55° 11,97' N	11
B	103	Hjelm	10° 43,95' Ø	56° 6,78' N	10
B	104	Anholt	11° 12,13' Ø	56° 55,57' N	12
C	201	Horns Rev	7° 35,1' Ø	55° 41,4' N	15
C	202	Gule Rev	8° 24,1' Ø	57° 18,7' N	35

Stationerne roteres mellem overvågningsår efter mønsteret: A) overvågning hvert år, B) på skift hvert tredje år, C) på skift hvert andet år. Stationsnumre under 100 stammer fra BIAS projektet (Mustonen et al., 2019) og er fastholdt. Øvrige stationsnumre er unikke for støjovervågningen: 1xx Kattegat, 2xx Nordsøen/Skagerrak.

2.2 Udstyr

Tre forskellige typer dataloggere er blevet anvendt i måleprogrammet: SM2M (Wildlife Acoustics, Boston), ST500HF og ST600HF (begge Ocean Instruments, New Zealand). Dataloggerne er forskellige i opbygning, men fungerer grundlæggende ens og leverer alle målinger, der lever op til standarderne (HELCOM, 2018; Tougaard, 2019). De væsentligste forskelle mellem dataloggerne består i hukommelseskapacitet (stigende fra SM2M – ST500HF – ST600HF) og batterilevetid (stigende fra SM2M til ST500/600HF). Begge dele betyder at driftscyklus er sat gradvist op fra 50 % (30 minutters optagelse hver time) til næsten 100 % (59 minutter hver time) og båndbredden er øget fra 20 kHz til 40 kHz eller højere.

Ved udlægning af dataloggerne, blev disse anbragt så hydrofonen vendte opad i vandsøjlen og var ca. 3 meter over havbunden. Udstyret blev fastgjort til et anker i form af to jutesække fyldt med granitskærver. Mellem anker og datalogger var anbragt en akustisk betjent udløsermekanisme (Sonardyne LRT, U.K eller SubSeaSonic Release system), der ved en kodet lydkommando fra overfladen kan bringes til at frigøre loggeren fra stensækkene. Sække (jute) og reb (hamp) efterlades på bunden og er bionedbrydelige. Ved opsætninger med SM2M loggeren, blev en trawlkugle placeret mellem den akustiske udløser og dataloggeren som ekstra opdrift. Ved opsætninger med ST500 loggeren, var trawlkuglen placeret over loggeren, og loggeren var ydermere placeret inde i et bøjeblåd af flamingo for at sikre yderligere opdrift. Se Figur 2.2.

2.2.1 SM2M dataloggeren

SM2M dataloggeren er udstyret med en hydrofon (HTI96min) med en følsomhed på -164 dB re 1V/μPa. Dataloggeren optager lyden digitalt (16 bit, sample rate 32 ksamples/s) og gemmer optagelserne som ukomprimerede wav-filer på SD hukommelseskort (128 GB/SD kort, 1-4 SD kort per datalogger). SM2M dataloggeren optog med en driftscyklus på 50 %, dvs. 30 minutters optagelse for hver hele time. På baggrund af disse indstillinger har denne type logger en optagetid på omkring 3 måneder, begrænset af batterilevetiden. SM2M dataloggeren kan ikke længere købes og er derfor under udfasning i det danske måleprogram. De anvendes alene som erstatningsudstyr.

2.2.2 ST500 dataloggeren

ST500 dataloggeren har en hydrofon med en følsomhed på -158 dB re $1\text{V}/\mu\text{Pa}$. Dataloggeren optager lyden digitalt (16 bit, sample rate 96 ksamples/s) og gemmer optagelserne som komprimerede datafiler, i intern hukommelse, på op til 3 ekstra mikro-SD hukommelseskort (i alt op til 1 TB komprimeret data). ST500 loggerne optog kontinuerligt. Ved de beskrevne indstillinger kan denne type logger optage data i omkring 4 måneder ifølge producentens oplysninger, begrænset af batterilevetiden.

ST500 dataloggerne indkøbt til overvågningsprojektet har været plaget af tekniske problemer, herunder skader på den eksterne hydrofon og fejl i elektronikken, der har medført et betydeligt tab af data. De er derfor udfaset af overvågningsprogrammet (og er ikke længere tilgængelige fra producenten) og erstattet af den nyere og forbedrede model, ST600. En enkelt ST500 datalogger, der har fungeret upåklageligt indgår stadig som reserveudstyr.

Figur 2.2. Eksempel på opsætningen af de to typer af målestationer. Venstre: Opsætning med ST500 dataloggeren. Højre: Opsætning med SM2M dataloggeren.



2.2.3 ST600 dataloggeren

ST600 dataloggeren har grundlæggende samme opbygning som ST500, men har en indbygget hydrofon og en mere robust udformning. Desuden er fejl i

firmware, der har voldt problemer og forårsaget tab af data i ST500-udlæggerne blevet rettet i ST600. Dataloggeren optager lyden digitalt (16 bit, sample rate 96 ksamples/s) og gemmer optagelserne som komprimerede datafiler på op til 4 mikro-SD hukommelseskort (i alt op til 2 TB komprimeret data). ST600 loggerne optager kontinuerligt. Ved de beskrevne indstillinger kan denne type logger optage data i omkring 6 måneder ifølge producentens oplysninger, begrænset af batterilevetiden.

2.3 Dataanalyse

Optagelserne blev analyseret vha. en Matlab rutine (R2017b, Mathworks), udviklet i henhold til specifikationerne angivet af HELCOM (HELCOM, 2019) og den tekniske anvisning hertil (Tougaard, 2019). For at sikre kvaliteten af den nyudviklede rutine blev den kalibreret mod en Matlab rutine udviklet af FOI, Stockholm, som en del af BIAS-projektet (Baltic Sea Information on the Acoustic Soundscape). Se BIAS-standarden i Betke et al. (2015). Hver datafil (af mellem 30 og 59 minutters varighed) blev opdelt i 1-sekunds blokke. For hver af disse blokke blev det totale lydtryk (L_{eq} , rms-gennemsnittet over 1 sekund) og lydtrykket i tredjedelsoktav-båndene med centerfrekvens 63 Hz, 125 Hz og 2000 Hz ($L_{63,1s}$, $L_{125,1s}$ og $L_{2000,1s}$) beregnet. $L_{63,1s}$, $L_{125,1s}$ og $L_{2000,1s}$ blev udregnet som summen af effekttæthedsspektret (med fast Fourier transform (FFT) algoritme, Hann-vægtet, 32000 eller 96000 punkter for hhv. SM2M og ST500/ST600). Fra 1-sekunds perioderne blev der derefter genereret 20-sekunders gennemsnit, svarende til L_{eq} (rms-gennemsnittet) over 20 sekunder.

På baggrund af værdierne for hver 20 sekunders vindue blev de øvre percentiler L_5 , L_{25} , L_{50} (median), L_{75} og L_{95} beregnet. L_5 angiver det lydniveau, som kun overskrides 5 % af tiden og er derved et mål for de kraftigste lyde i måleperioden. L_{95} er derimod det niveau som overskrides 95% af tiden og er derfor et mål for det laveste støjniveau på målestationen.

Dataanalysen i overvågningsprogrammet er under revision for at overgå til forbedrede og mere strømlinede procedurer, hvorfor analysen af data indsamlet i 2022 og sidste halvdel af 2021 er forsinket. De forbedrede analysemetoder ændrer ikke selve analyseparametrene, men vedrører håndtering af metadata og filformater, og udvider antallet af frekvensbånd fra tre til at omfatte alle frekvensbånd mellem 20 Hz og 20 kHz, alt i henhold til vejledning fra Interreg-projektet JOMOPANS (Ward et al., 2021). De forbedrede rutiner og analyser vil være fuldt kompatible med allerede analyserede data og i overensstemmelse med hidtidige retningslinjer (HELCOM, 2018; Tougaard, 2019). Ændringerne indføres for at smidiggøre processen med kvalitetskontrol af data, upload af analyserede data til HELCOMs database for vedvarende støj (hos ICES) og ekstraktion af data til videre analyse. Dette arbejde involverer harmonisering af retningslinjer for dataindrapportering mellem OSPAR og HELCOM til den fælles database hos ICES, hvilket pågår i første halvdel af 2023. Arbejdet forventes tilendebragt og data fra 2022 og resterende del af 2021 indrapporteret i efteråret 2023, inden for de normale deadlines i HELCOM og OSPAR for indrapportering (hhv. september og oktober).

3 Indsamlede data

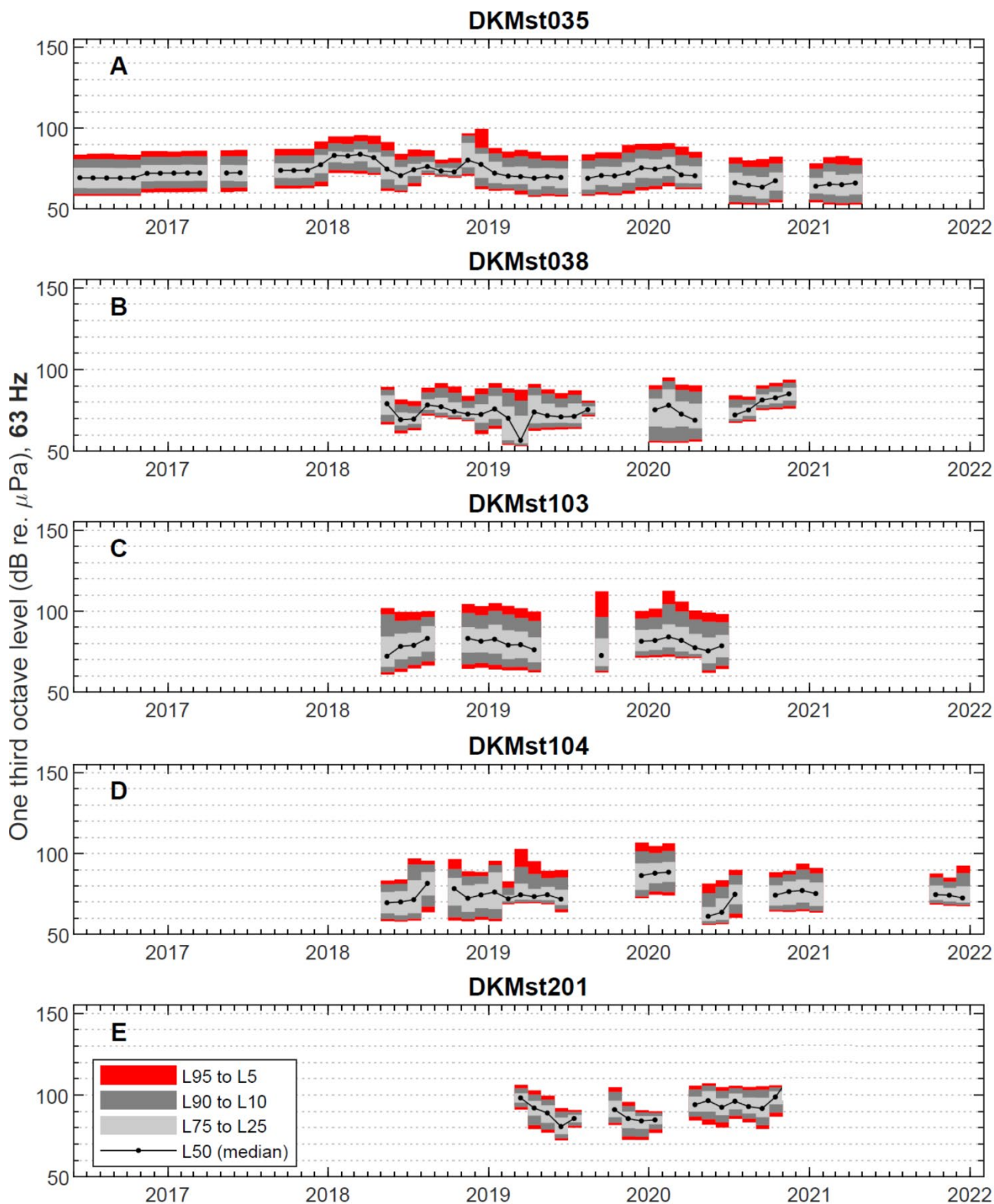
I 2021 blev data indsamlet på stationerne Lillebælt, Anholt og fire stationer i nordlige Nordsø (Store Rev og Gule Rev). De sidstnævnte stationer var en del af et pilotprojekt vedrørende passiv akustisk overvågning af tandhvaler i Nordsøen (Griffiths et al., 2023), men data kan også anvendes i støjovervågningen. Udstyr udlagt ved Anholt var plaget af tekniske problemer med udstyret (den nu udfasede ST500 datalogger), hvilket medførte et betydeligt tab af data. Station 202-A, på Gule Rev, bliver videreført i overvågningsprogrammet for undervandsstøj og blev også anvendt i 2022. I 2022 blev ligeledes gennemført målinger på stationen i Lillebælt samt Stevns. I 2023 vil overvågningen fortsætte på Lillebæltstationen, da det er den station, der har den længste dataserie samt stationerne Horns Rev og Hjelm.

Navn	Nummer	2021												2022											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Lillebælt	35																								
Stevns	38																								
Hjelm	103																								
Anholt	104																								
Horns Rev	201																								
Gule Rev Ø	202-A																								
Gule Rev V	202-B																								
Store Rev Ø	202-C																								
Store Rev V	202-D																								

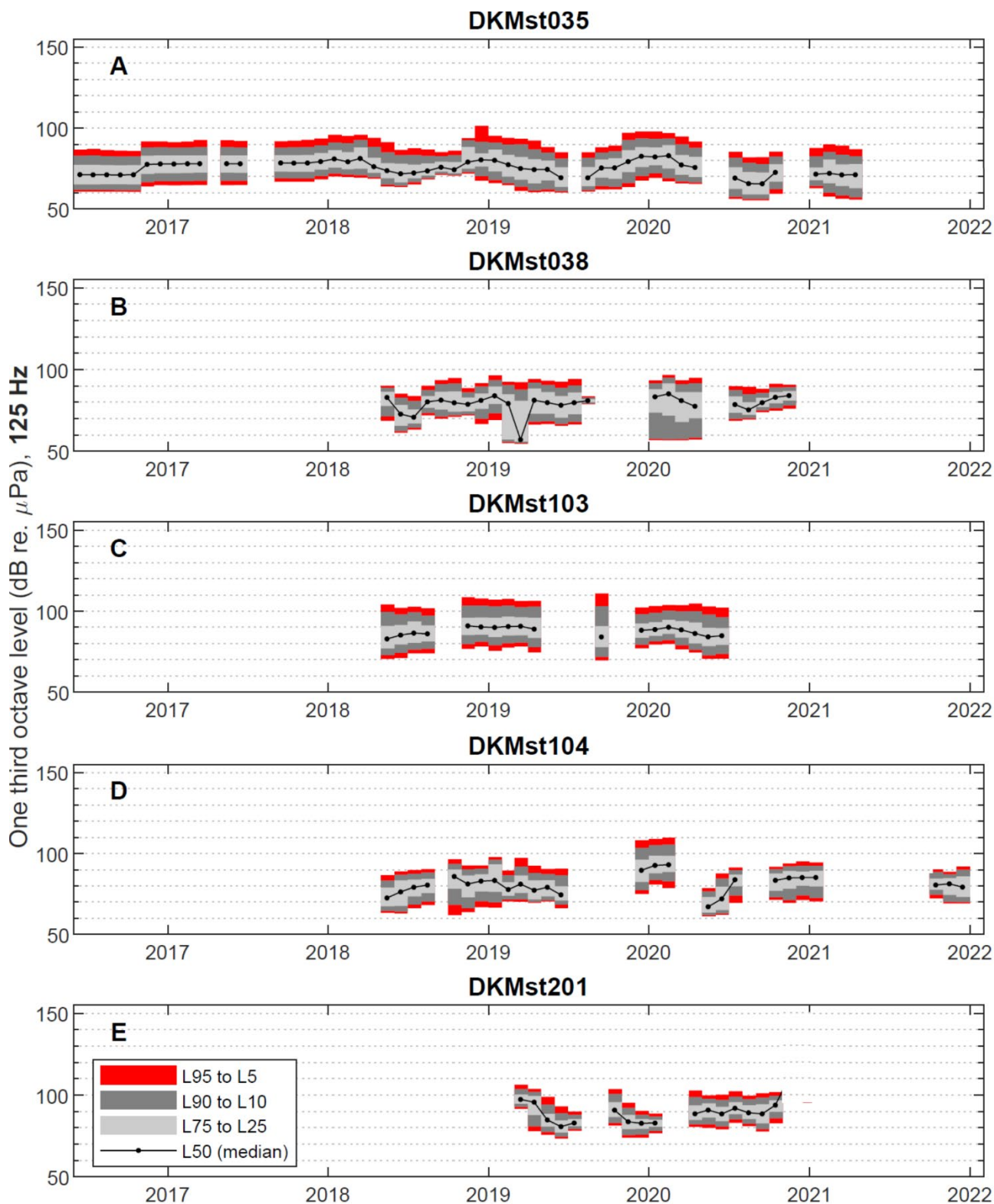
	Brugbare data
	Delvist brugbare data
	Udlagt udstyr på afrapporteringstidspunktet
	Ingen data
	Udstyr ikke udlagt

Figur 3.1. Oversigt over perioder med udlagt måleudstyr og indhentede data. Røde perioder for Lillebælt skyldes tekniske problemer med dataloggeren, på Stevns en mistet datalogger og på Anholt problemer med knækkede kabler til hydrofonerne.

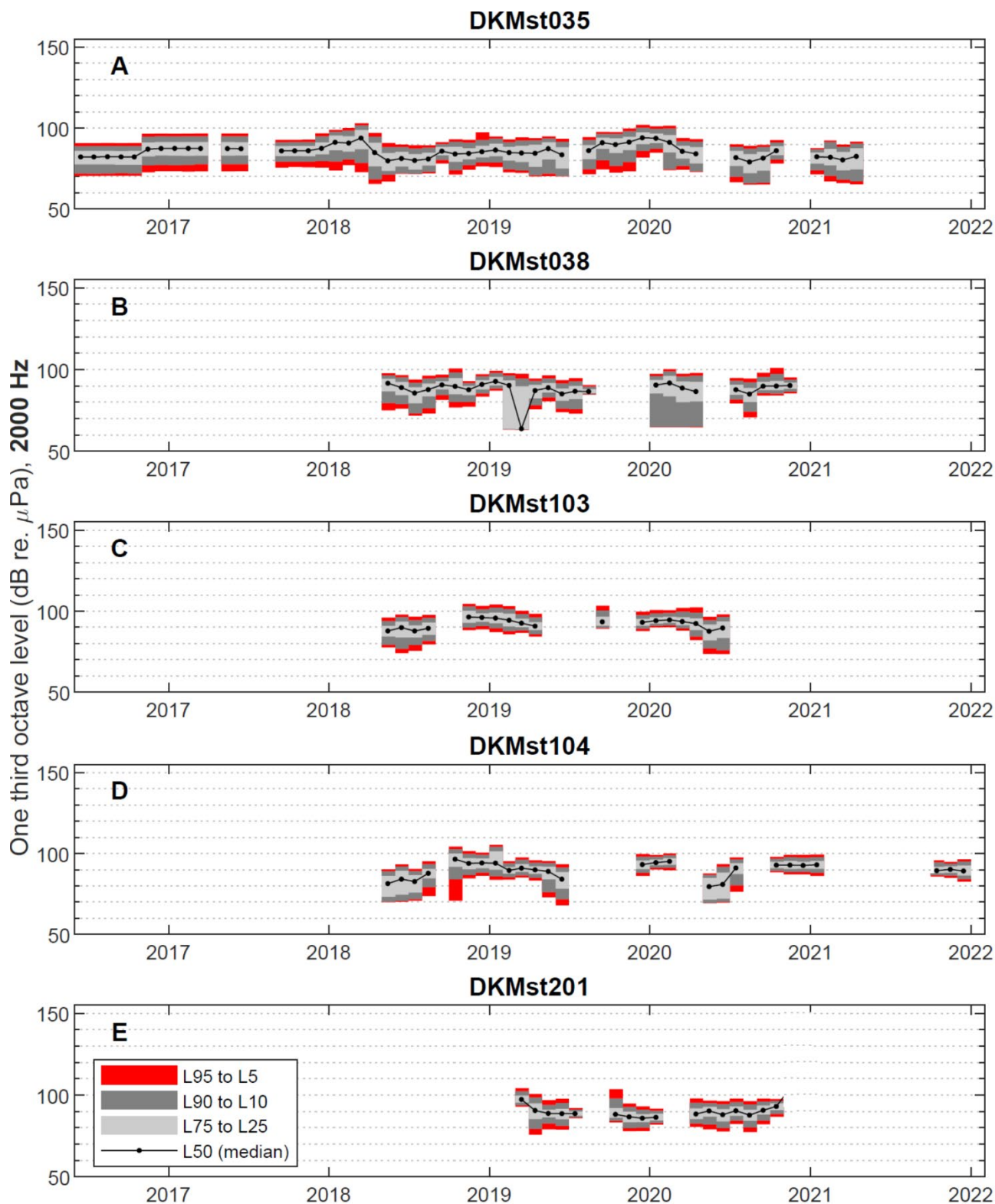
Figur 3.3, 3.4 og 3.5 herunder viser de data, der er analyserede og indberettet til HELCOMs database for vedvarende støj. Kun data fra station 202-A på Gule Rev er medtaget af de fire stationer i Skagerrak, da de resterende stationer endnu ikke er færdiganalyserede.



Figur 3.2. Månedlige percentiler for 63 Hz decidekade-båndet på fem af de seks målestationer. Data for 2021 (delvist) og for 2022 er ikke analyseret og derfor ikke medtaget.



Figur 3.3. Månedlige percentiler for 125 Hz decdekade-båndet på fem af de seks målestationer. Data for 2021 (delvist) og for 2022 er ikke analyseret og derfor ikke medtaget.



Figur 3.4. Månedlige percentiler for 2 kHz dekadebåndet på fem af de seks målestationer. Data for 2021 (delvist) og for 2022 er ikke analyseret og derfor ikke medtaget.

4 Referencer

Betke, K., Folegot, T., Matuchek, R., Pajala, J., Persson, L., Tegowski, J., Tougaard, J., Wahlberg, M., 2015. BIAS standards for signal processing. Aims, processes and recommendations. Amended version, Stockholm.

Dekeling, R.P.A., Tasker, M.L., Van der Graaf, A.J., Ainslie, M.A., Andersson, M.H., André, M., Borsani, J.F., Brensing, K., Castellote, M., Cronin, D., Dalen, J., Folegot, T., Leaper, R., Pajala, J., Redman, P., Robinson, S.P., Sigray, P., Sutton, G., Thomsen, F., Werner, S., Wittekind, D., Young, J.V., 2014. Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part II: Monitoring Guidance Specifications, Luxembourg. 10.2788/27158.

EU Kommissionen, 1992. Rådets direktiv 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter (Habitatdirektivet),

EU Kommissionen, 2008. Europa-parlamentets og Rådets direktiv 2008/56/EF af 17. juni 2008 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets havmiljøpolitiske foranstaltninger (Havstrategidirektivet),

EU Kommissionen, 2017. Kommissionens afgørelse 2017/848 af 17. maj 2017 om fastlæggelse af kriterier og metodiske standarder for god miljøtilstand i havområder samt specifikationer og standardmetoder for overvågning og vurdering og om ophævelse af afgørelse 2010/477/EU,

Griffiths, E.T., Kyhn, L.A., Sveegaard, S., Marcolin, C., Teilmann, J., Tougaard, J., 2023. Acoustic detections of odontocetes in Skagerrak. Investigation of clicks and whistles from delphinids at Gule Rev and Store Rev. Scientific Report No. 539, Aarhus, p. 25

HELCOM, 2018. HELCOM Guidelines for monitoring continuous noise. HELCOM secretariat, Helsinki, p. 9

Mustonen, M., Klauson, A., Andersson, M., Clorennec, D., Folegot, T., Koza, R., Pajala, J., Persson, L., Tegowski, J., Tougaard, J., Wahlberg, M., Sigray, P., 2019. Spatial and Temporal Variability of Ambient Underwater Sound in the Baltic Sea. Sci. Rep. 9, 13237. 10.1038/s41598-019-48891-x.

TG-Noise, 2022. Setting of EU Threshold Values for continuous underwater sound. Recommendations from the Technical Group on Underwater Noise (TG Noise),

Tougaard, J., 2019. Kontinuerlig undervandsstøj. Teknisk anvisning M32. DCE/Aarhus Universitet, Roskilde

Ward, J., Wang, L., Robinson, S., Harris, P., 2021. Standard for Data Processing of Measured Data. Report of the EU INTERREG Joint Monitoring Programme for Ambient Noise North Sea (Jomopans). NPL, London