

*Monitoring van het onderwatergeluid
op de Thorntonbank
Referentietoestand van het jaar nul*

*Eindrapport
JPH/2005/sec15*



Studie uitgevoerd in opdracht van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee

Jean-Pierre Henriët,
Wim Versteeg, Peter Staelens, Jeroen Vercruyssen & David Van Rooij



*Renard Centre of Marine Geology
Ghent University, Belgium
Juli, 2006*

Inhoudstafel

Samenvatting.....	4
<i>Executive summary</i>	5
1. Inleiding	6
2. Situering <i>qua</i> gebruikelijke internationale procedures	6
3. Korte definities inzake meetgrootheden	6
3.1 Decibel	6
3.2 Sound Pressure Level.....	6
3.3 Power Spectral Density.....	7
3.4 De dB schaal in lucht en water	7
4. Technische set-up en meetprocedure	8
4.1 Vaartuig.....	8
4.2 Hydrofonen	8
4.3 Hydrofonenconfiguratie.....	8
4.4 Versterker.....	9
4.5 Registratie	9
4.6 Positionering en dieptepeiling.....	9
4.7 Omgevingsvariabelen	10
4.8 Monitoring van scheepstrafiek	10
5. Verwerking van de data	11
6. Opnamen.....	13
6.1 Testmetingen Zeebrugge 29 augustus	14
6.2 Zomercampagne 2005: 5 – 6 september 2005	15
6.3 Najaarscampagne 2005: 27 oktober 2005.....	16
6.4 Voorjaarscampagne 2006: 17 mei 2006	17
7. Resultaten.....	18
7.1 Zomercampagne 2005.....	18
7.2 Najaarscampagne 2005	24
7.3 Voorjaarscampagne 2006.....	29
8. Bespreking	35
8.1 Vergelijking met metingen in Zweden	35
8.2 Invloed van de diepte van de hydrofonen	35
8.3 Invloed van de pijpleidingen (in tijd en ruimte)	36
8.4 Invloed van de zeeegang.....	36
8.5 Invloed van schepen.....	37
8.6 Sommatie van akoestische drukken	38

9. Besluit	39
10. Aanbevelingen voor verdere monitoring	40
11. Referenties	42
Dankwoord.....	42
Figurenlijst	43
Bijlagen	45
Bijlage 1 Hydrofoonkarakteristieken.....	45
Bijlage 2 Verslag van de campagne van 5-6 september 2005	46
Bijlage 3 Verslag van de campagne van 27 oktober 2005.....	50
Bijlage 4 Verslag van de campagne van 17 mei 2006.....	51

Samenvatting

In 2004 verkreeg de n.v. C-Power een milieuvergunning voor de bouw en exploitatie van een windmolenpark en transformatorplatform op de Thornton bank in de Noordzee, evenals voor de aanleg en exploitatie van elektriciteitskabels tussen de installaties en naar het land toe. Met het oog op de bepaling van de referentietoestand (baseline) van het onderwatergeluid in het concessiegebied in het jaar nul, als basis voor de effectenbeoordeling van de constructie- en exploitatiefase van het Thornton windmolenpark, zijn in september 2005 (zomerstudie, zeegang 1-2), november 2005 (najaarstudie, zeegang 3-4) en mei 2006 (voorjaarstudie, zeegang 1-2) akoestische metingen verricht. Voor deze metingen werd de RIB “Tuimelaar” benut, vrij drijvend tijdens de opnamen. Elke campagne omvatte, mede in functie van weersomstandigheden of technische factoren, meetreeksen op verscheidene diepten met een nominale opnameduur van een half uur tot een uur en een kwart, op drie aangewezen posities binnen het concessiegebied en de randzone.

De opnamen bestrijken ten volle het spectrum 10 Hz – 10 kHz. De amplitude van het onderwatergeluid wordt grafisch weergegeven in dB ref. 1 μ Pa, per derde octaaf. Het gemiddeld geluidsniveau (100 dB) bij gunstige weersomstandigheden (1-2 Beaufort) in de zuidwestelijke uithoek van het meetgebied is globaal vergelijkbaar met dit gemeten in een studie voor een windmolenpark in Zweden (SEAS 2000). Metingen meer binnen het meetgebied vertonen hogere waarden (115 – 125 dB) in de lagere frequenties (10-1000 Hz) en lagere waarden (90-95 dB) in de hogere frequenties (1-10 kHz). Bij minder gunstige weersomstandigheden (3-4 Beaufort) stijgt het laagfrequent ruisniveau tot 130 dB, doch is het niet uit te sluiten dat in deze meting ook andere geluidscomponenten voorkomen.

De hogere amplituden in de lagere frequenties, ook gemeten bij gunstige weersomstandigheden, kunnen in verband gebracht worden met een bij gunstige weersomstandigheden ook in de lucht duidelijk hoorbare, laagfrequente geluidsemisatie, waarvan de oorsprong tentatief toegeschreven wordt aan de Interconnector en/of de Zeepipe pijpleiding(en). Enkel een regionale survey, met continue profielen loodrecht op deze potentiële lijnbronnen, kan uitsluitsel geven over deze interpretatie. Het lijkt dan ook aangewezen naar de toekomst toe het emissievelde van zowel de Interconnector pijpleiding als de Zeepipe in kaart te brengen. Hierbij dient nagetrokken te worden of de debieten in deze pijpleidingen constant zijn. Zo niet, dan verdient het aanbeveling metingen uit te voeren bij piek- en daldebieten.

Executive summary

N.V. C-Power has been granted an environmental licence for the construction and exploitation of a windmill farm and transformer platform on the Thornton Bank in the North Sea, as well as for the deployment and exploitation of electrical cables connecting the offshore structures and land. Within the framework of an environmental impact assessment, a baseline study of the underwater sound level in the licensed area, involving three series of acoustical measurements, has been carried out: a september 2005 survey (summer study, 1-2 Beaufort sea state), a november 2005 survey (fall study, sea state 3-4) and a spring survey in May 2006 (sea state 1-2). All measurements were carried out from the RIB 'Tuimelaar' in free drifting mode. Each survey involved, depending on sea state and technical conditions, time series at various depths, within time windows ranging nominally between half an hour and one hour fifteen minutes, on three selected locations within the licensed area or at its immediate periphery.

The records cover a continuous spectrum from 10 Hz to 10 kHz. The sound pressure level (SPL) is plotted graphically in dB re. 1 μ Pa, per third of octave. The average sound pressure level of 100 dB re. 1 μ Pa recorded under good weather conditions (1-2 Beaufort) in the southwest corner of the investigated area is comparable with the average level measured in a windmill farm in Sweden (SEAS 2000a). Measurements within the licensed area display higher sound pressure levels (115 – 125 dB) at lower frequencies (10-1000 Hz) and lower levels (90-95 dB) in higher frequencies (1-10 kHz). Less favourable sea states (3-4 Beaufort) make the lower frequency content rise to some 130 dB. Potential multiple sources however cannot be ruled out.

The higher sound pressure levels recorded in the lower frequencies, more centrally in the licensed area, also under favourable sea state, may be correlated with a low frequency sound, also perceptible in the air. Its origin is tentatively related to the proximity of the Interconnector and Zeepipe pipelines. This interpretation calls for a regional survey with continuous profiles over the pipelines, to verify and map the possible sound emission field. A possible dependence of the sound emission from flow rates within the pipes cannot be excluded. In case of flow variability, it is advised to carry out measurements both at peak and minimal discharges.

1. Inleiding

In 2004 verkreeg de n.v. C-Power een milieuvergunning voor de bouw en exploitatie van een windmolenpark en transformatorplatform in de Noordzee en de aanleg en exploitatie van elektriciteitskabels tussen de installaties onderling en naar het land toe. De vergunning omvat een park van 60 windmolens, ingedeeld in 2 blokken (24 en 36 turbines), met elk een vermogen van 3.6 MW. Het totaal vermogen bedraagt 216 MW. Dit park zal geplaatst worden op een zandbank, de 'Thornton Bank'. Voor de monitoring van de mogelijke milieueffecten van de constructie en de exploitatie van dit windmolenpark werd een algemeen monitoringsplan opgesteld (ministerieel besluit van 14 april 2004).

Dit project heeft tot doel de referentietoestand (baseline) van het onderwatergeluid in het concessiegebied op te meten in het jaar nul, als basis voor de effectenbeoordeling van de constructie- en exploitatiefase van het Thornton windmolenpark.

2. Situering qua gebruikelijke internationale procedures

De meetprocedure van de achtergrondruis is in overeenstemming met de gebruikelijke internationale praktijk, zoals bijvoorbeeld toegepast in Denemarken (Vindeby) en Zweden (Gotland) (opdracht SEAS Distribution A.m.b.A. 2000a en 2000b).

3. Korte definities inzake meetgrootheden

3.1 Decibel

Over het algemeen wordt het geluidsniveau, ongeacht de meeteenheid waarin het geluid wordt gemeten, weergegeven in termen van decibel. De decibel, afgekort tot dB, is geen eenheid, maar een logaritmische schaal om verhoudingen aan te duiden ten opzichte van een bepaald referentieniveau. Daarbij betekent 0 dB een verhouding 1, dus gelijkheid. Elke verhoging met 10 dB betekent een vergroting van deze verhouding met een factor 10.

3.2 Sound Pressure Level

Voor een geluidsgolf met een bepaalde druk P_m (in Pa) wordt het geluidsniveau, ook wel "Sound Pressure Level (SPL)" genoemd, in decibels gegeven door de volgende formule:

$$\text{SPL} = 20 \log (P_m/P_{\text{ref water}})$$

waarbij $P_{\text{ref water}} = 1 \mu\text{Pa}$ (ter informatie $P_{\text{ref lucht}} = 20 \mu\text{Pa}$)

Als voorbeeld: een geluidsgolf van een ontploffing van 1 Bar (10^5 Pa) in water heeft een SPL gerefereerd aan 1 μ Pa van: $SPL = 20 \log (10^5/10^{-6}) = 220$ dB re 1 μ Pa.

We zullen doorheen dit rapport coherent en uitsluitend Sound Pressure Levels of akoestische drukken kwantitatief bespreken, uitgedrukt in dB re 1 μ Pa. Deze vertolken dus een grootheid in Pa, een SI eenheid.

Wij citeren hierbij H. Medwin (2005) (Sounds in the Sea, pp. 150-151):

“The potential for confusion in describing the effects of sounds on marine animals is aggravated when physical scientists use the decibel notation in talking to biological scientists. Confusion will be minimized if psychoacoustical characteristics of marine mammals – such as thresholds of pain, hearing, communication perception, and so forth – are described by the use of SI units, i.e. pascals (...), watts/m² (...) and joules/m² (...). Likewise, only SI units should be used for sources – that is watts (...) and joules (...). ... All of these quantities are functions of sound frequency and may be expressed as *spectral densities* (i.e. per 1 Hz frequency band).”

3.3 Power Spectral Density

We noteren aangaande deze laatste grootheid dat éénzelfde contractor in akoestische studies (Oedegaard & Danneskiold-Samsøe A/S) in het ene rapport (SEAS 2000b) het achtergrondgeluid (cfr. Fig. 37 in dit rapport) quantificeert in 1/3 octave Sound Pressure Level (SPL) in dB re 1 μ Pa, en in een ander rapport (SEAS 2000a) in Power Spectral Density (PSD) eenheden, waarbij in de tekst geschreven staat “The dB reference values is 1 μ Pa”, terwijl op de grafieken de “noise level” (PSD) uitgedrukt wordt in dB re 1 μ Pa/Hz^{1/2}.

Wij citeren in dit verband opnieuw H. Medwin (2005) (Sounds in the Sea, pp. 152), refererend naar een figuur (5.11 in het boek):

“The left ordinate (Pa/Hz^{1/2}) is sometimes incorrectly called *power spectral density* (...). In fact the left ordinate is *proportional* to the intensity spectral density ((watts/m²)/Hz), which can be obtained by dividing Pa²/Hz by ρ_{AC} ... (*nota: de akoestische impedantie van water, zijnde het product van dichtheid en de voortplantingssnelheid van akoestische golven*).”

3.4 De dB schaal in lucht en in water

Ten slotte dient onderlijnd te worden dat dB grootheden gedefinieerd in onderwaterakoestiek niet vergeleken kunnen worden met een dB schaal, gebruikt voor geluid in de lucht. Voor Sound Pressure Levels is de referentie alvast verschillend (20 μ Pa in de lucht tegenover 1 μ Pa in water) en voor intensiteiten (het vermogen dat loodrecht door een eenheidsoppervlak stroomt) speelt het contrast in akoestische impedantie tussen water en lucht een rol (overeenstemmend met een verhouding van 36 dB) (Medwin 2005, p. 150).

4. Technische set-up en meetprocedure

4.1 Vaartuig

In overleg met de Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee (BMM) werd besloten om bij goede tot matige weersomstandigheden de ‘Tuimelaar’ te gebruiken als meetvaartuig (Fig.1). Hierbij worden stoorgeluiden zoals generatoren en andere boordgeluiden tot een minimum beperkt. De Belgica werd gebruikt als stand-by moederschip bij de eerste campagne op zee. Daarna werden de metingen autonoom uitgevoerd met de Tuimelaar.



Fig. 1. Links: Meetapparatuur wordt op de Tuimelaar geïnstalleerd
Rechts: Meethydrofoon wordt op afstand gehouden door ‘afhouders’

4.2 Hydrofonen

Het onderwatergeluid werd geregistreerd aan de hand van drie gecalibreerde Bruel & Kjaer hydrofonen type 8104 met een bepaalde diepteconfiguratie. De hydrofoonkabels hebben een lengte van resp. 10m, 30m en 50m. De hydrofoonkarakteristieken (incl. de kabellengte) wordt weergegeven in een “Calibration Chart” (zie Bijlage 1).

4.3 Hydrofonenconfiguratie

Hydrofoon 1 werd in principe op 1.5m onder het wateroppervlak geplaatst (bij minder gunstige weersomstandigheden werd deze diepte uitzonderlijk gewijzigd tot 2m), hydrofoon 2 op 8.5m en hydrofoon 3 op 16.5m. Hierdoor is het mogelijk op verschillende diepten het onderwatergeluid te meten en te vergelijken en ook de invloed van tijdelijke verschijnselen, zoals bv. scheepsverkeer, op verschillende waterdiepten te registreren.

4.4 Versterker

Speciaal voor dit project werd door BMM, naast twee meethydrofonen, een Bruel & Kjaer 'geconditioneerde' Nexus-versterker aangekocht, die rekening kan houden met de kleine verschillen in gevoeligheid van de gecalibreerde meethydrofonen. Per kanaal wordt namelijk de exacte gevoeligheid van de aangesloten meethydrofoon ingegeven in de Nexus-versterker. Het signaal wordt door deze Nexus versterkt met 31.6 mV/Pa binnen een frequentieband van 10 Hz tot 22.4 kHz. De Nexus werkt op een batterij met een autonomie van max. 4 uur, waardoor in het meest ideale geval 3 meetseries van een uur bewerkt kunnen worden.

4.5 Registratie

Het versterkte signaal werd opgenomen op twee DAT-recorders met een sampling frequentie van 44 kHz en een nauwkeurigheid van 16 bits. Een ingebouwde anti-alias filter zorgt ervoor dat vanaf 16 kHz de signalen verzwakt worden. Elke DAT-recorder kan twee kanalen opnemen, wat tot gevolg heeft dat hydrofoon 1 en 2 opgenomen werden op DAT-recorder 1 en hydrofoon 3 op DAT-recorder 2. Voor elke meetserie werd een nieuwe set DAT-cassettes gebruikt.

Tijdens de metingen werd een koptelefoon gebruikt om hoorbare storingscomponenten snel op te sporen met het oog op hun onderdrukking, zoals dat bv. meteen succesvol gebeurd was met de 50 Hz ruis en de echosounder van de Tuimelaar tijdens de testen. De DAT-recorders werden gevoed door een converter 12V->220V van de Tuimelaar. Door geen 220V-generator te gebruiken werd geluid aan boord tot een minimum beperkt.

Bij de start en einde van de metingen werd, op elk kanaal afzonderlijk, een referentiesignaal opgenomen als referentieniveau voor de opnames. Dit signaal, gegenereerd door de Nexus, heeft een frequentie van 159 Hz en een voltage van 1.44 Vp waarde, wat overeenkomt met 1 Vrms. Ook in de toekomst zal dan het signaal gebruikt worden als referentie, daar de Nexus een essentieel deel van de meetketen is.

4.6 Positionering en dieptepeiling

Het pingersignaal van de echosounder werd gedetecteerd door de meethydrofonen, zodat de echosounder tijdens de metingen uitgezet moest worden. Bij start en einde van de meetserie werd de echosounder gebruikt om diepte-informatie te verkrijgen. Tevens werden de posities van de GPS gelogd, waardoor de drift van het meetvaartuig bijgehouden werd.

Het synchroniseren van de metingen gebeurde door een 'top' te geven op een bepaald tijdstip van de GPS en de tellerstand van de DAT-recorder.

4.7 Omgevingsvariabelen

In de opdracht was voorzien dat gebruik gemaakt zou worden van een Seabird CTD-apparatuur voor continue opnamen van temperatuur en geluid. Tijdens de testmetingen werd deze apparatuur vervangen door een Valeport sensor (diepte en stromingsmeter), omdat de Seabird in reparatie was. Er werd vastgesteld dat de Valeport niet werkte. In samenspraak met BMM werd besloten af te zien van dit instrument en ook van de Seabird, omdat dit teveel bijkomend werk en ruimte zou vergen. Er werd ook besloten de hydrofonen op een afgemeten lengte van de kabel vast te maken. Dit vereenvoudigt het systeem en zorgt voor veel minder materiaal aan boord van de Tuimelaar, waar de ruimte toch al zeer beperkt is.

4.8 Monitoring van het scheepstrafiek

Op de Belgica werd tijdens de metingen de aanwezigheid van schepen in de omgeving bijgehouden met inbegrip van het tijdstip, hun koers, hun snelheid en eventueel hun identiteit, m.b.v. het Automatisch Identificatiesysteem (AIS) (Fig. 2)

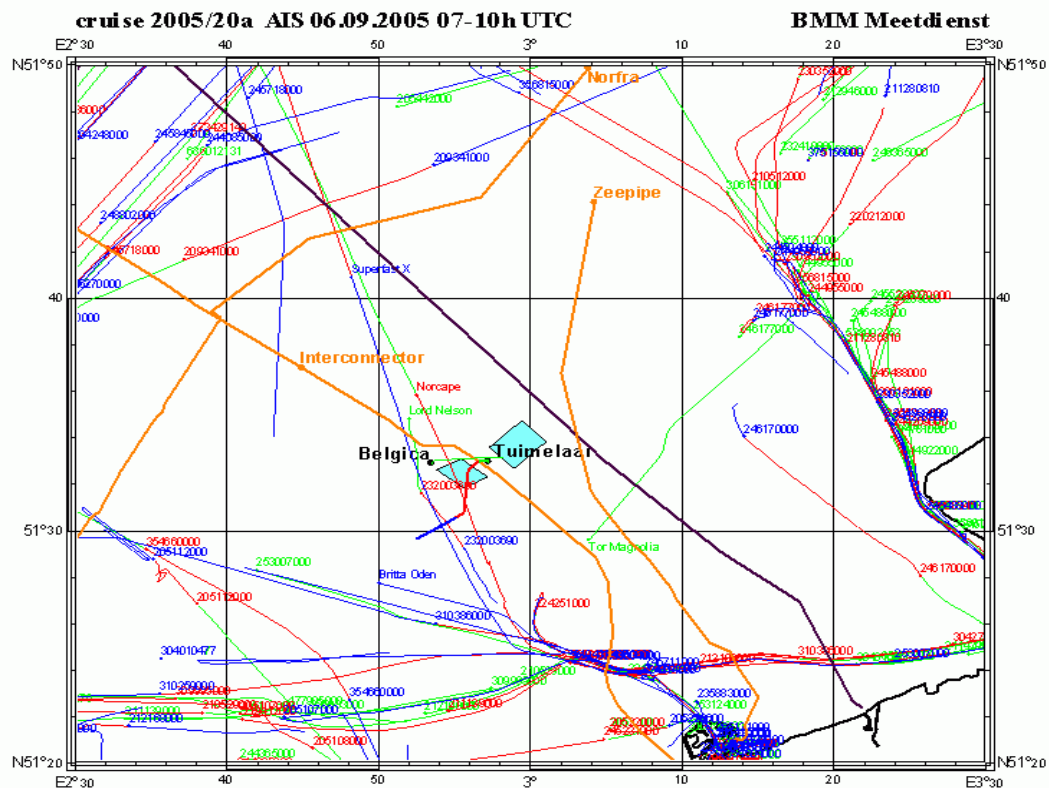


Fig. 2 Informatie over naburige schepen uit het AIS-systeem (Joan Bakkers, BMM)

5. Verwerking van de data

In een eerste fase werden met behulp van de seismische registratie-apparatuur, het Triton-Elics systeem, de geregistreerde data gedigitaliseerd met een sampling frequentie van 40 kHz en elke 500 ms werd een tijdsduur van 450ms opgenomen in SEGY-formaat. Deze methodiek is vergelijkbaar met deze, die gebruikt wordt bij seismische opnamen m.b.v. een seimische bron en een streamer.

Vervolgens werden de data in het seismisch processing systeem PROMAX van Landmark Ltd. geladen en werden spectraalanalyses uitgevoerd op de verschillende data sets.

Voor verdere uitwerking van de data werd contact opgenomen met de afdeling Akoestiek van de Universiteit Gent, diensthoofd Prof. Dr. Dick Botteldooren. Deze afdeling is in het bezit van een softwareprogramma Artemis van de firma HEAD acoustics GmbH voor meerkanaalsanalyses van (continue) geluidssignalen in het wav-formaat. Ook kunnen met dit programma allerlei filteringen uitgevoerd worden, doch dit is voor onze doelstellingen niet relevant. Alvorens dit programma te kunnen gebruiken moesten de data gedigitaliseerd worden naar het wav-formaat.

Voor het digitaliseren van de opgenomen data op de DAT-cassettes werd een externe geluidskaart aangeschaft (max.24bits/max.96kHz). Met behulp van het programma Sony Soundforge 8.0 en deze geluidskaart werden deze data omgezet naar een wav-formaat met een sampling van 44 kHz/24bits. Tijdens de conversie was het nodig de opgenomen data te calibreren met behulp van het gekende referentiesignaal.

Het referentiesignaal uit de NEXUS heeft een gekende frequentie van 159 Hz en een 1.44 Vp waarde welke overeenkomt met 1 V rms. De dB-waarde van dit signaal is:

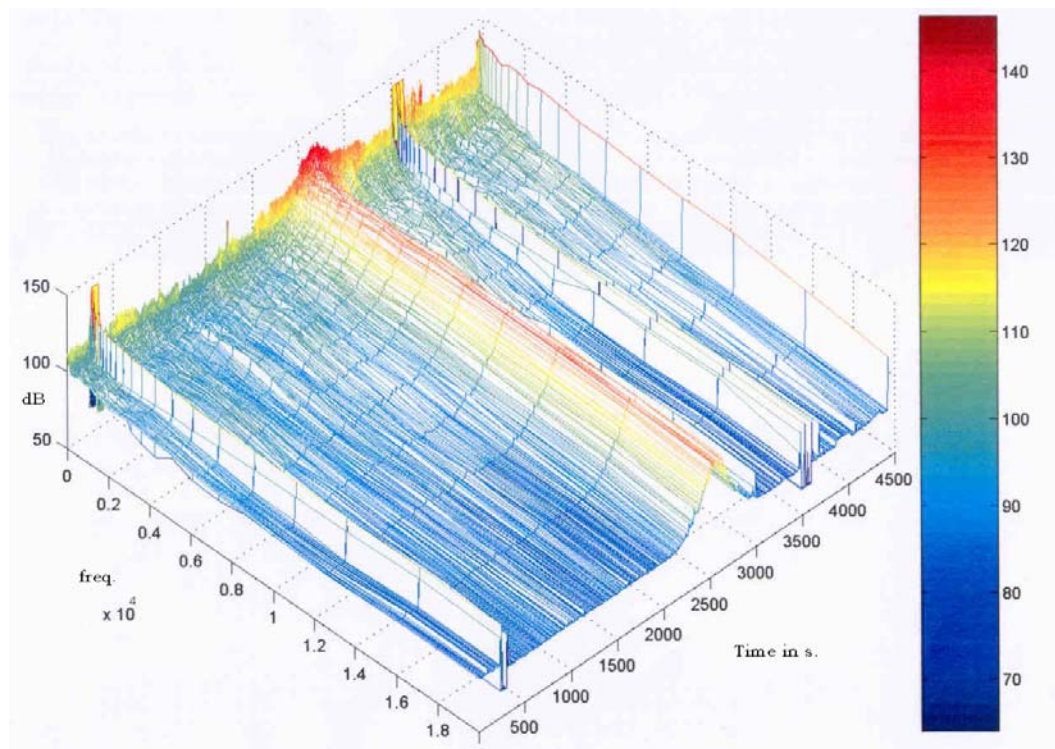
$$\text{dB ref signaal} = 20 \log (P1/P_{\text{ref water}})$$

waarbij : $P1 = 1V / \text{Versterking van de Nexus} = 1 V / 31.6 \text{ mV/Pa} = 31,645 \text{ Pa}$

Dit geeft een waarde van 150 dB voor het referentiesignaal van de NEXUS-versterker. In Artemis werd het volledige monitoringsignaal dus gecalibreerd door het referentiesignaal in te stellen op 150 dB, zoals hierboven werd berekend.

Deze wav-files zijn vervolgens door het softwareprogramma Artemis geanalyseerd, zonder dat enige filter ingesteld is. De gebruikte analyse was een 3rd octave versus time analyse. Kort gezegd wil dit zeggen dat per bepaalde tijdseenheid de dB-waarde van een derde octaaf, ook wel terts genoemd, wordt berekend.

De uitkomst van het Artemis-programma is een ASCII-file met per tijdseenheid waarden in dB-schaal per terts (1/3 octaaf). Om deze data weer te geven werden er scripts geschreven met behulp van Matlab. Fig. 3 geeft een voorbeeld van een 3D-voorstelling van een power spectrum voor meetpunt SM1bis, hydrofoon1.



Figuur 3. 3D-representatie van het power spectrum van meting SM1bis hydr1, over een periode van 4500 seconden (75 minuten) (Peter Staelens, RCMG). De piekwaarden stemmen overeen met de ruis van schepen.

Voor een kwantitatieve analyse van de resultaten en voor de bepaling van baseline levels werden uit deze power spectra met Matlab, voor elke survey, elke positie en elke hydrofoon twee afgeleide documenten voorbereid:

- (1) een kaartvoorstelling van de powerspectra met de sound pressure level in gecontourde kleurenweergave, met als verticale as de tijdsas en horizontale as de frequentie-as (figuren 9, 11, 14, 18, 21, 24, 28, 31 en 34) ; enkel de informatie tot frequenties van 16 kHz is significant, wegens de anti-alias filter;
- (2) gemiddelde spectra (curven) van sound pressure levels, berekend binnen tijdsvensters, waarin geen noemenswaardige interferentie van scheepsruis gemerkt werd (figuren 10, 12, 15, 19, 22, 25, 29, 32 en 35). De positie van deze vensters op de spectra-kaarten is aangegeven door een kader.

Het zijn deze gemiddelde spectra die optimaal als baseline waarden genomen worden. Ze zijn rechtstreeks vergelijkbaar met data, in andere studies opgenomen (vb. SEAS 2000a) (hoofdstuk 8.1). Voor elk van deze gemiddelde spectrale curven is ook de standaardafwijking gemeten en weergegeven. Een voorbeeld van spectrale curve van scheepsruis is weergegeven in Fig. 39 (hoofdstuk 8.5).

6. Opnamen

Het meetgebied wordt weergegeven op Fig. 4.

In overleg met BMM, werden de volgende posities binnen het concessiegebied en de randzone aangewezen voor de bepaling van het onderwatergeluid:

SM1 51° 31.30 N 2° 56.20 E

SM2 51° 33.10 N 2° 57.25 E

SM3 51° 35.46 N 2° 59.74 E

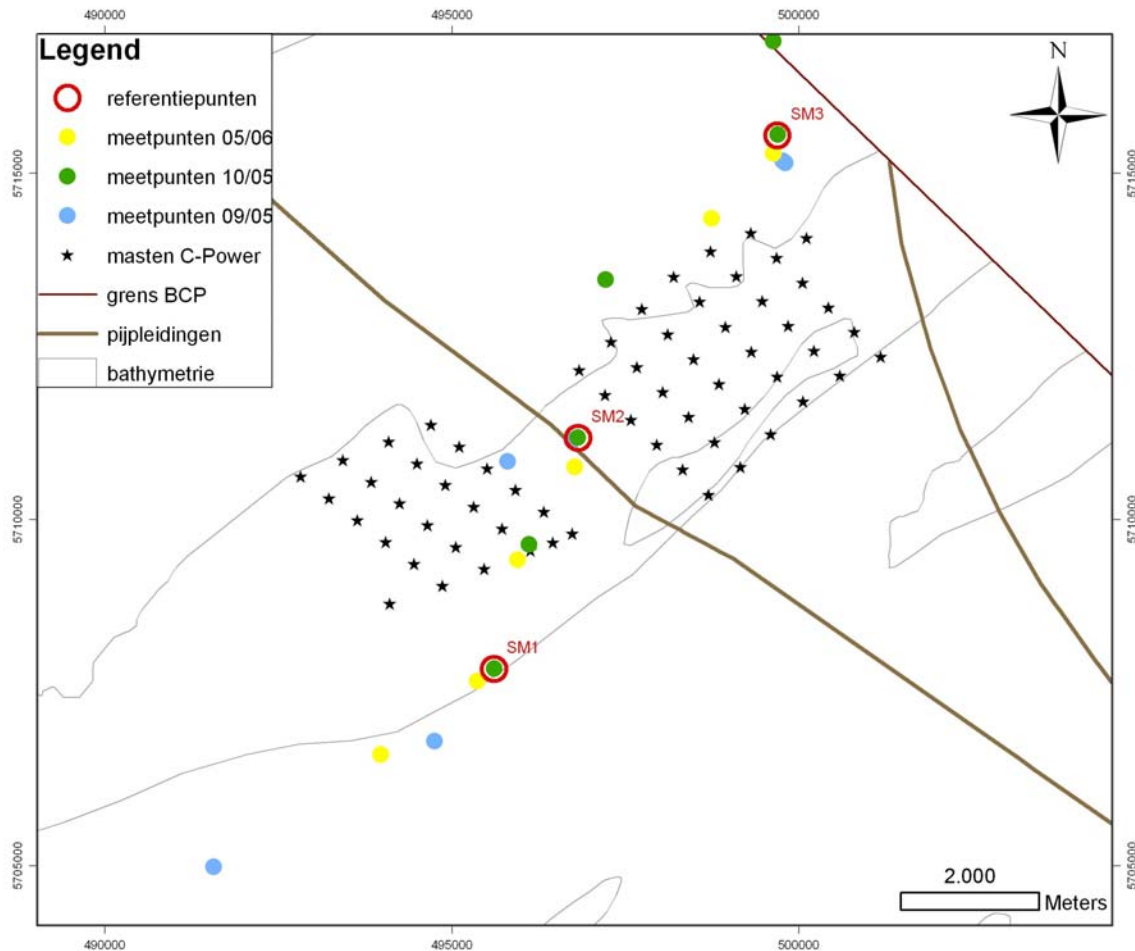


Fig. 4 Overzicht van het meetgebied, de concessiezones, de pijpleidingen, de vastgelegde meetsites (referentiepunten) en de begin- en eindpunten van de meettracks voor de drie meetperiodes.

De meetcampagnes gebeurden in drie fasen, voorafgegaan door een testfase.

6.1 Testmetingen Zeebrugge 29 augustus

Een week voor de monitoring op de Thorntonbank zou plaatsvinden, werden testen gedaan in Zeebrugge met de Tuimelaar.

In de nabijheid van de Container Terminal (pos. 51° 19.80 N, 3° 11.63E) werden bij een diepte van ongeveer 12 meter de drie hydrofonen op een onderlinge afstand van 4 meter te water gelaten (1m - 5m - 9 m diepte). De RIB werd op positie gehouden door een lange lijn.

Er werd gebruik gemaakt van afhouders (zie foto Fig. 1, rechts) om de meethydrofoon op een bepaalde afstand van de kabel te houden. Tevens werd op 1 m. vanaf de onderste hydrofoon de Valeportsensor (diepte en stromingsmeter) met een extra gewicht bevestigd. Duidelijk waren de geluiden van het af en aan rijden van de container-transportwagens te horen, waarbij de diepste hydrofoon beduidend lagere frequenties registreerde. Ook het pingersignaal van de echosounder werd gedetecteerd.

Hierna werd een test gedaan buiten de haven ten westen van de westelijke strekdam (pos. 51° 21.567N, 3° 10,218E), waarbij de RIB op drift was (en de motoren uit). Opnameparameters bleven gelijk. Opvallend was de stilte op de meethydrofonen. Na verhoging van de versterking werd gewacht op passages van schepen en pleziervaartuigen. Duidelijk registreerde men de lage frequenties van schepen op behoorlijke afstand (de vaargeul Zeebrugge uitvarend) en hogere frequenties van voorbijvarende jachten/speedboats. De optimale versterkingsfactor werd bepaald op 31.6 mV/Pa.

Voor de testen werd het opnameniveau van de DAT-recorders zo ingesteld dat de weergave van het opgenomen signaal even groot is als het originele signaal. Deze ijkprocedure van de DAT-opnamen is niet waterdicht en om een mogelijk verschil te ondervangen zou bij de meetcampagnes een gekend referentiesignaal aan het begin (en evt. ook aan het einde) van de metingen worden geregistreerd op de DAT-recorder. Een gebeurlijk niveauverschil tussen de weergave van dit referentiesignaal en het gekende referentiesignaal zelf kan dan zeer goed bepaald worden en correcties kunnen dan toegepast worden bij de weergave van de opgenomen signalen.

Tevens werd vastgesteld dat de Valeport sensor niet werkte. In samenspraak met BMM werd besloten voorlopig af te zien van dit instrument. Er werd besloten de hydrofonen op een afgemeten lengte van de kabel vast te maken. Dit vereenvoudigt het systeem en zorgt voor veel minder materiaal aan boord van de Tuimelaar, waar de ruimte toch al zeer beperkt is.

6.2 Zomercampagne: 5 – 6 september 2005

De weersomstandigheden waren gedurende de metingen ideaal (vlakke zee, Fig. 5).



Fig. 5. Tuimelaar op weg naar meetpunt Fig. 6 De koers van schepen wordt bijgehouden

Tijdens de metingen werd er via de VHF-radio contact gehouden met de Belgica.

Gedurende de eerste twee meetseries (in één tijdswindow) bevond de opname-apparatuur zich vlakbij de controle-eenheid van de Tuimelaar. Laagfrequente storing was hoorbaar (ondanks de aarding van de apparatuur en geen storing tijdens een test in Zeebrugge), waarschijnlijk veroorzaakt door de converter (12V -> 220V) van de Tuimelaar. Door de meetapparatuur te verplaatsen naar de voorsteven van de boot was het stoorsignaal verdwenen. Er werd besloten de metingen SM1.1 en SM2.1 te herdoen (meetseries SM1.1bis en SM2.1bis).

In een logboek aan boord van de Tuimelaar en de Belgica werden alle bijzonderheden genoteerd (zie Cruise Report Belgica ST0520a en Bijlage 2).

In de volgende tabel zijn de start- en stopposities van de meetreeksen met bijbehorende diepten weergegeven.

	Breedte	Lengte	Diepte
SM1.1bis Start	51° 30.739 N	2° 55.463 E	34.2m
Stop	51° 29.758 N	2° 52.710 E	29.0m
SM2.1bis Start	51° 33.080 N	2° 57.171 E	20.0m
Stop	51° 32.920 N	2° 56.371 E	21.3m
SM3.1 Start	51° 35.263 N	2° 59.803 E	23.5m
Stop	51° 35.246 N	2° 59.839 E	24.6m

De tijdstippen van hoog- en laag water hieronder zijn opgegeven voor Zeebrugge (dichtst bij de Thorntonbank gelegen). De amplitudes van de getijden zijn genomen in Oostende.

	Hoog water		Laag water	
5/9/05	13:31 GMT	4.61 m	19:53 GMT	0.04 m
6/9/05	01:50 GMT	4.70 m	07:56 GMT	0.30 m
6/9/05	14:00 GMT	4,70 m	20:24 GMT	0.02 m

6.3 Najaarcampagne: 27 oktober 2005

Gedurende een tussentijds overleg op 24 oktober voor de vastlegging van deze survey werd met BMM afgesproken een monitoring te doen onder minder gunstige omstandigheden. Indien te slecht, dan zou slechts met één draagbare DAT-recorder gewerkt worden, wat tot gevolg heeft dat de middelste hydrofoon weggelaten wordt (slechts twee kanalen beschikbaar). Bij de slechtere weersomstandigheden van 27 oktober met een zeegang van 3-4 (golven tot 1.5m hoog) werden de grenzen van de condities, waarin de Tuimelaar normaliter ingezet wordt, bereikt en werd besloten de draagbare DAT-recorder te gebruiken met een meethydrofoon op 2m (1.5m gaf te veel ruis door de golven) en een tweede op 16.5m.

De kabels van de hydrofonen werden aan een boei gehangen. Door de beperkte autonomie van de batterij van de Nexus-versterker werd besloten drie meetseries van ongeveer 35 minuten te doen op dezelfde punten als tijdens Belgica campagne 20a. In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de start- en eindposities van de meetseries en hun bijbehorende diepten.

		Breedte	Lengte	Diepte
SM1.2	Start	51° 31.305 N	2° 56.209 E	34,8 m
	Stop	51° 32.273 N	2° 56.638 E	17,4 m
SM2.2	Start	51° 33.103 N	2° 57.250 E	20,8 m
	Stop	51° 34.334 N	2° 57.594 E	28,1 m
SM3.2	Start	51° 35.465 N	2° 59.742 E	27,5 m
	Stop	51° 36.194 N	2° 59.685 E	30,00 m

Tussen 9u en 16u werden op de Belgica (niet in de nabijheid als standby) de AIS-data opgenomen. Er werden geen schepen in de nabijheid waargenomen tijdens de metingen. Getij-informatie:

	Hoog water		Laag water	
27/10	08:28 GMT	3.46 m	14:53 GMT	1.37 m

6.4 Voorjaarcampagne: 17 mei 2006

Door problemen met de Belgica in het najaar 2005 en de slechte weersomstandigheden in het begin van 2006 werd de laatste campagne regelmatig uitgesteld. Allereerst werd een poging ondernomen op 3 februari 2006. Echter door een technische storing moest deze survey afgelast worden. Uiteindelijk werden op 17 mei 2006 de laatste metingen verricht. Doordat een van de twee DAT-recorders defect was, werd ook dan besloten om slechts 2 hydrofonen op te nemen, met een meethydrofoon op 1.5m en een tweede op 16.5m.

De omstandigheden in mei waren ideaal, met een vlakke zee en weinig wind.

Door de niet-beschikbaarheid van de Belgica werd getracht om de AIS-data alsnog te bekomen bij Radio Holland te Zeebrugge. Achteraf bleek dat de opnamen niet gelukt waren.

Tijdens de metingen was de zichtbaarheid beperkt tot 2 à 3 mijl. Ook was er gedurende de metingen steeds een geruis hoorbaar, vermoedelijk van een pijpleiding. Ook op het water zelf was er een laagfrequent geluid hoorbaar uit de richting van de kust. Dit was ook soms waargenomen tijdens de zomercampagne.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de start- en eindposities van de meetseries en hun bijbehorende diepten. Ook nu werden door de beperkte autonomie van de batterij van de Nexus de opnamen beperkt tot ongeveer 35 minuten.

		Breedte	Lengte	Diepte
SM1.3	Start	51° 32.214 N	2° 56.005 E	20.0 m
	Stop	51° 30.641 N	2° 54.8138 E	30.0 m
SM2.3	Start	51° 32.855 N	2° 57.186 E	20,0 m
	Stop	51° 32.193 N	2° 56.534 E	19,1 m
SM3.3	Start	51° 35.247 N	2° 59.573 E	27,0 m
	Stop	51° 34.818 N	2° 58.924 E	24.8 m

Getij-informatie :

	Hoog water		Laag water	
17/5/06	16:09 GMT	4.56 m	10:08 GMT	0.28 m

7. Resultaten

7.1 Zomercampagne 2005

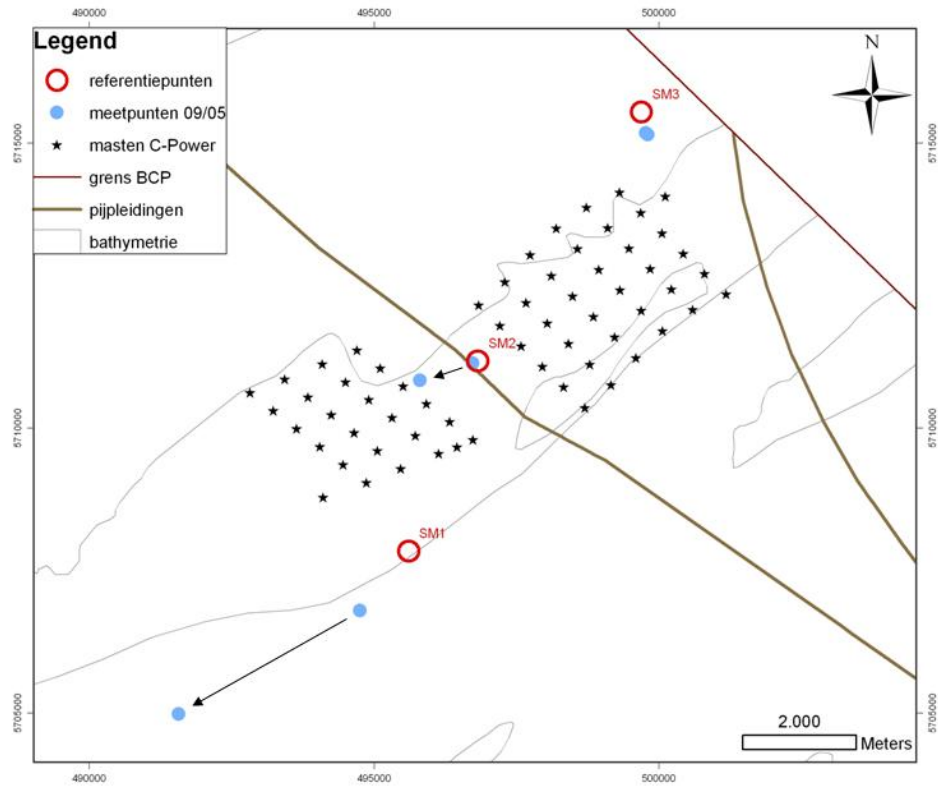


Fig. 7 Begin- en eindposities van de meetreeksen SM1.1bis, SM2.1bis, SM3.1

7.1.1 Meetreeks SM1.1bis

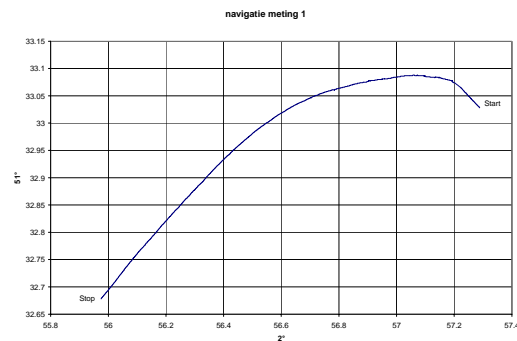


Fig 8 Reële track van meetreeks SM1.1bis

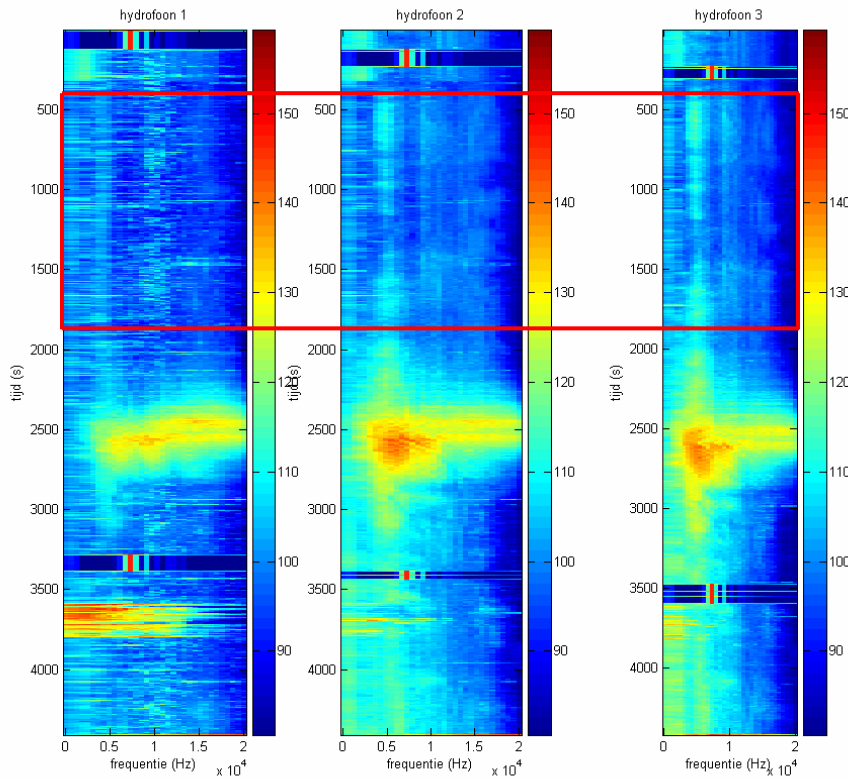


Fig. 9 Power spectra panelen van meetreeks SM1.1bis voor hydrofonen respectievelijk op 1.5m, 8.5m en 16.5m diepte (van links naar rechts).

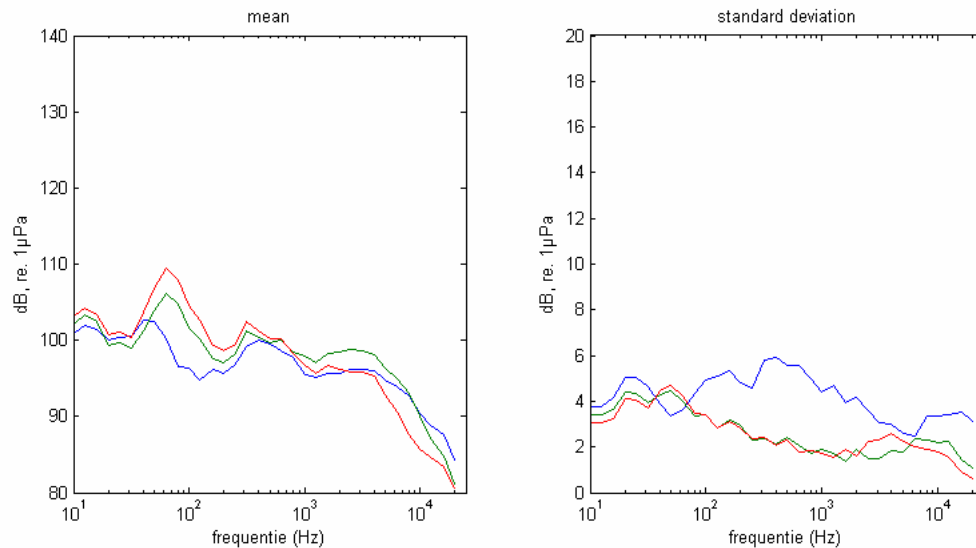


Fig. 10 Meetreeks SM1.1bis. Links: gemiddelde spectra binnen het omkaderd gedeelte van Fig. 9 (blauw: hydrofoon 1 op 1.5m diepte, groen: hydrofoon 2 op 8.5m diepte, rood: hydrofoon 3 op 16.5 m diepte). Rechts: standaardafwijkingen.

Meetreks SM1.1 geeft van alle meetreeksen het rustigste baseline spectrum. Voor alle hydrofoondiepten ligt de gemiddelde sound pressure level op 100 dB. De standaardafwijkingen bedragen resp. gemiddeld 3 dB voor de diepere hydrofonen en 4 dB voor de oppervlakkige hydrofoon. Zoals verder besproken in hoofdstuk 8.3, ligt de relatief excentrische positie van deze track, vrij ver ten zuidwesten van de pijpleidingen, misschien aan de oorzaak van dit rustig profiel.

Zoals ook besproken in hoofdstuk 8.1 is dit niveau van 100dB in de band 10 Hz – 10 kHz vergelijkbaar met de background meting opgenomen door Oedegaard & Danneskiold-Samsøe A/S in Zweden (SEAS Distribution A.m.b.A. 2000b).

Buiten het tijdsvenster gekozen voor de background meting komen twee ruispieken van schepen voor, op 2500 seconden en 3700 seconden. Deze worden verder besproken in hoofdstuk 8.5.

7.1.2 Meetreeks SM2.1bis

De power spectra panelen van meetreeks SM2.1bis worden weergegeven in Fig. 11.

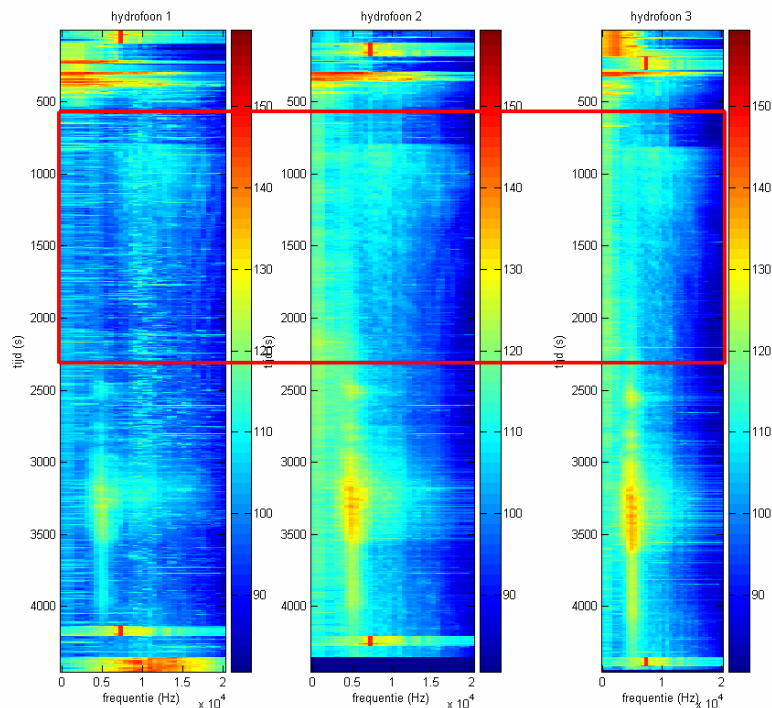


Fig. 11 Power spectra panelen van meetreeks SM2.1bis voor hydrofonen respectievelijk op 1.5m, 8.5m en 16.5m diepte (van links naar rechts).

De gemiddelde spectra uit het omkaderd gedeelte van Fig. 11 worden weergegeven in Fig. 12, samen met de standaardafwijkingen.

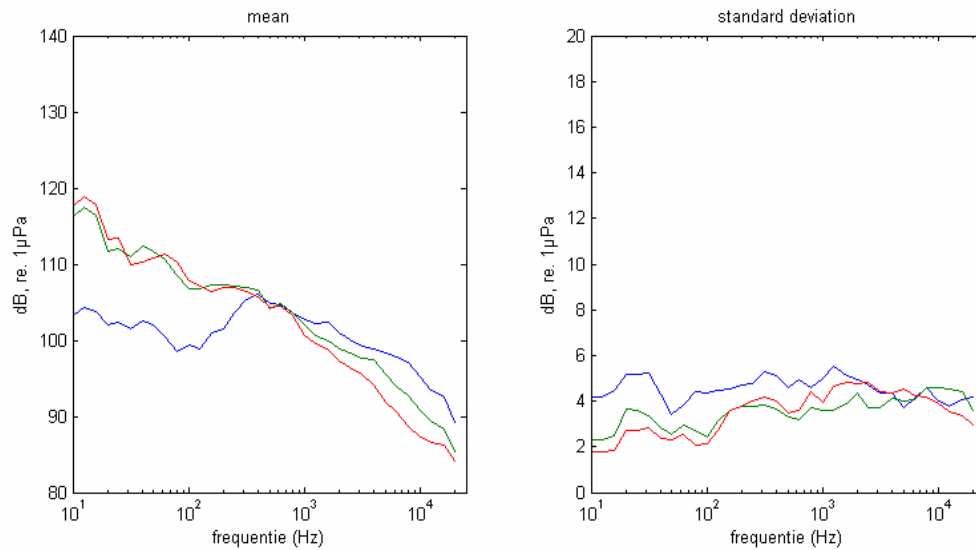


Fig. 12 Meetreeks SM2.1bis. Links: gemiddelde spectra binnen het omkaderd gedeelte van Fig. 11 (blauw: hydrofoon 1 op 1.5m diepte, groen: hydrofoon 2 op 8.5m diepte, rood: hydrofoon 3 op 16.5 m diepte). Rechts: standaardafwijkingen.

De reële drift van de ‘Tuimelaar’ tijdens de metingen wordt weergegeven in Fig. 13.

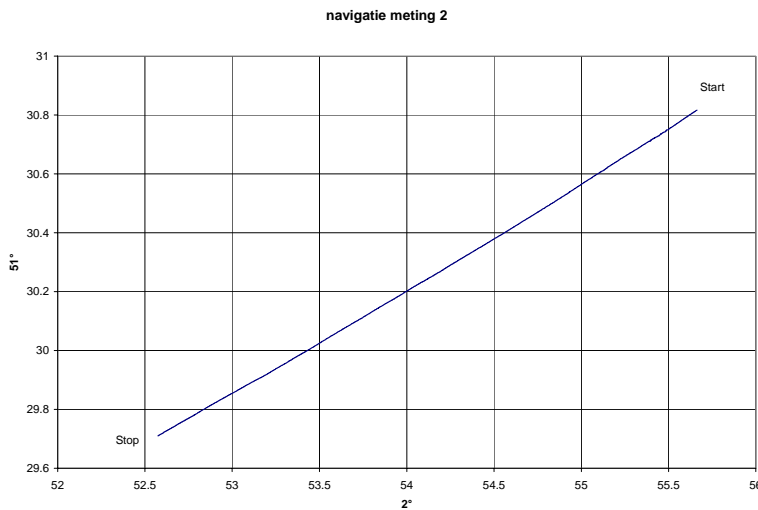


Fig. 13 Reële track van meetreeks SM2.1bis

Het spectrum en niveau (100 dB) voor de oppervlakkige hydrofoon (Fig. 12, blauw) is sterk vergelijkbaar met dit van meetreeks SM1.1bis. Deze twee meetreeksen werden trouwens onder dezelfde, zeer gunstige weersomstandigheden met zeer vlakke zee opgenomen. De standaardafwijkingen bedragen 3-4 dB. Deze meetomstandigheden zouden veranderen met meetreeks SM1.3, 's nachts opgenomen, toen de wind begon aan te wakkeren.

De diepere hydrofonen capteren echter op site SM2 meer laagfrequente ruis, tot 110 – 118 dB. Merkwaardig genoeg daalt tegelijk de inhoud aan hoogfrequente ruis in de diepere hydrofonen, tot een 90 – 95 dB. Zoals blijkt uit Fig. 7, bevindt het startpunt van deze track zich pal boven de Interconnector pijpleiding. Het mogelijk verband tussen deze laagfrequente ruis en deze pijpleiding wordt verder besproken in hoofdstuk 8.3.

Een waarneming gemeenschappelijk aan meetreeksen SM1.1bis en SM2.1bis is dat de curven voor hydrofonen 2 (groen) en 3 (rood) (resp. op 8.5 en 16.5m diepte) nagenoeg congruent zijn, zeker rekening houdend met de standaardafwijking.

7.1.3 Meetreeks SM3.1

De power spectra panelen van meetreeks SM3.1 worden weergegeven in Fig. 14.

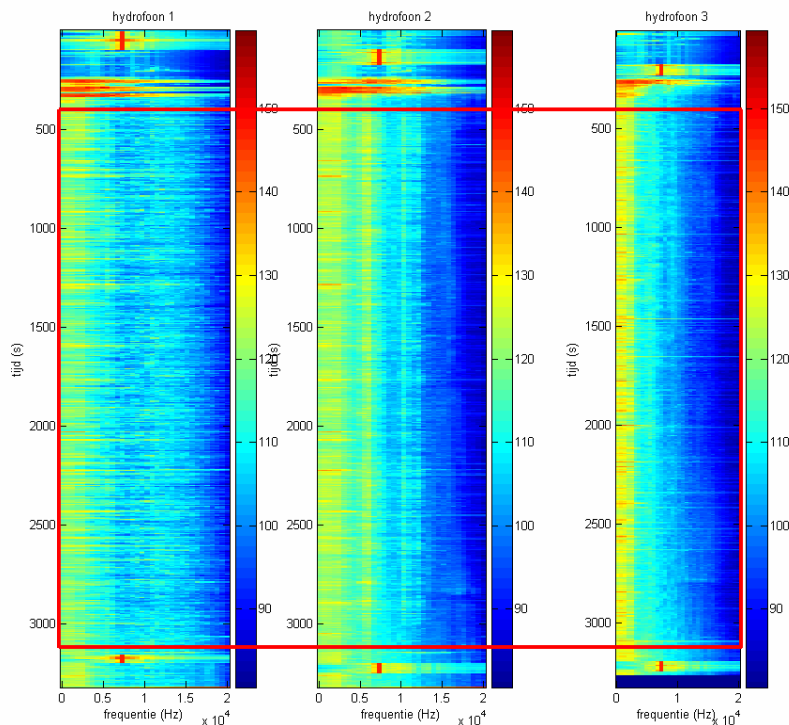


Fig. 14 Power spectra panelen van meetreeks SM3.1 voor hydrofonen respectievelijk op 1.5m, 8.5m en 16.5m diepte (van links naar rechts).

De gemiddelde spectra uit het omkaderd gedeelte van Fig. 14 worden weergegeven in Fig. 15, samen met de standaardafwijkingen.

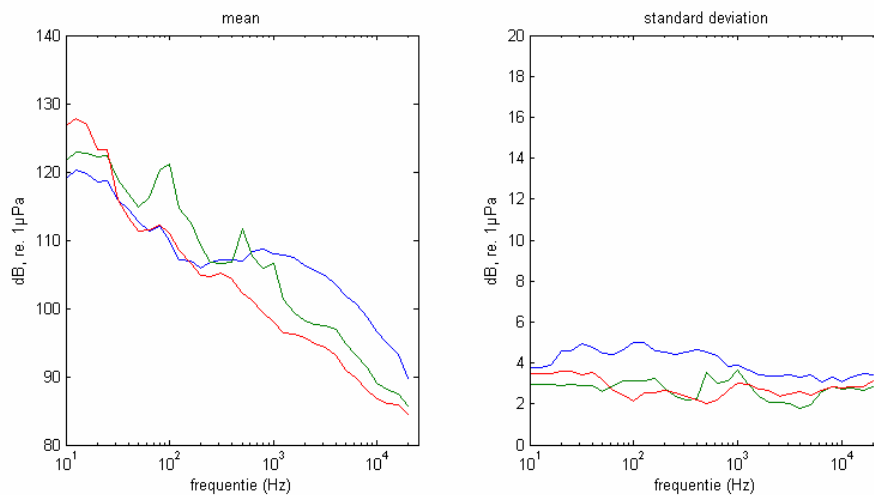


Fig. 15 Meetreeks SM3.1. Links: gemiddelde spectra binnen het omkaderd gedeelte van Fig. 14 (blauw: hydrofoon 1 op 1.5m diepte, groen: hydrofoon 2 op 8.5m diepte, rood: hydrofoon 3 op 16.5 m diepte). Rechts: standaardafwijkingen.

De reële drift van de ‘Tuimelaar’ tijdens de metingen wordt weergegeven in Fig. 16.

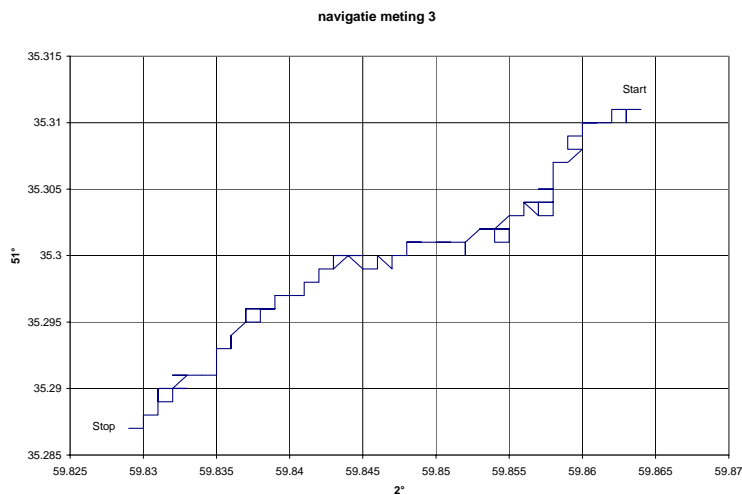


Fig. 16 Reële track van meetreeks SM3.1. De blokkige track ligt aan het feit dat de ‘Tuimelaar’ praktisch tijdens de hele opname ter plaatse gebleven is, met een quasi nuldrift (zie ook Fig. 7).

Vermoedelijk door het aanwakkeren van de wind is in deze reeks thans de ruis in de oppervlakkige hydrofoon (blauw) mede gestegen tot een 120 dB, ook in de lage frequenties. De standaardafwijkingen bedragen nog steeds 3 - 4 dB.

De diepere hydrofonen capteren ook op site SM3 meer laagfrequente ruis, nu tot een 125 dB, terwijl opnieuw merkwaardig genoeg de inhoud aan hoogfrequente ruis in de diepere hydrofonen verder daalt, tot een 90 dB. Zoals blijkt uit Fig. 7, wordt deze meetreeks opgenomen op minder dan een zeemijl van de Zeepipe. Het mogelijk verband tussen deze laagfrequente ruis en deze pijpleiding wordt ook verder besproken in hoofdstuk 8.3.

Opnieuw zijn de curven voor hydrofonen 2 (groen) en 3 (rood) (resp. op 8.5 en 16.5m diepte) vrij congruent zijn, rekening houdend met de standaardafwijking, met een toch significant iets stillere diepste hydrofoon.

7.2 Najaarcampagne 2005

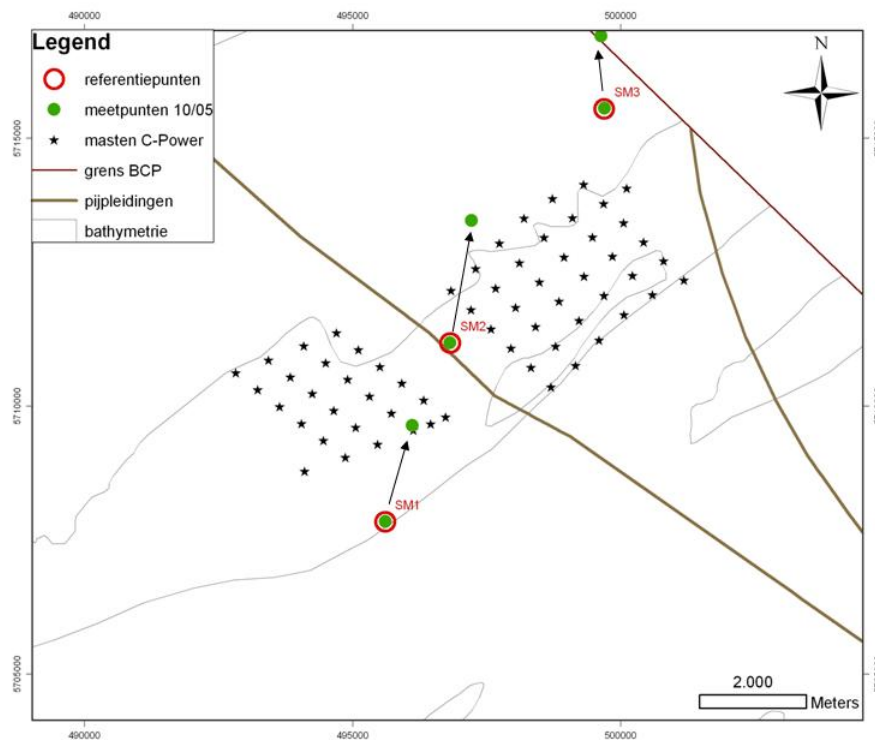


Fig. 17 Begin- en eindposities van de meetreeksen SM1.2, SM2.2, SM3.2

7.2.1 Meetreeks SM1.2

De power spectra panelen van meetreeks SM1.2 worden weergegeven in Fig. 18.

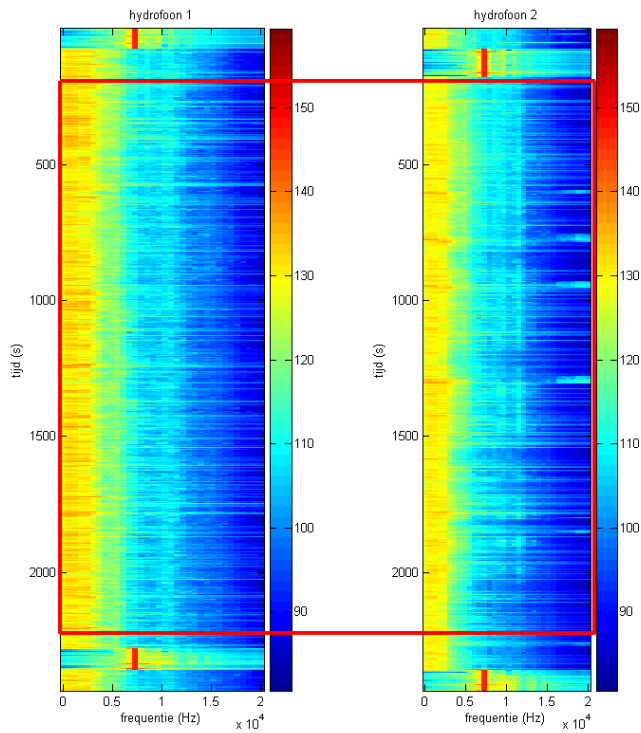


Fig. 18 Power spectra panelen van meetreeks SM1.2 voor hydrofonen respectievelijk op 2m en 16.5m diepte (van links naar rechts).

De gemiddelde spectra uit het omkaderd gedeelte van Fig. 18 worden weergegeven in Fig. 19, samen met de standaardafwijkingen.

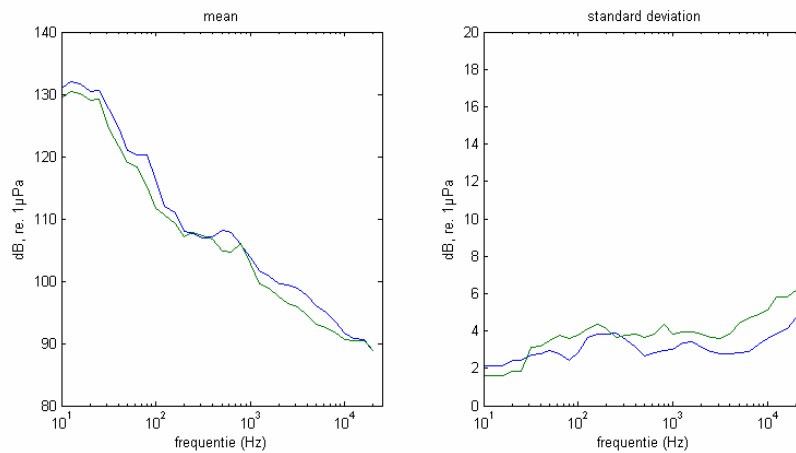


Fig. 19 Meetreeks SM1.2. Links: gemiddelde spectra binnen het omkaderd gedeelte van Fig. 18 (blauw: hydrofoon 1 op 2m diepte, groen: hydrofoon 2 op 16.5 m diepte). Rechts: standaardafwijkingen.

De reële drift van de ‘Tuimelaar’ tijdens de metingen wordt weergegeven in Fig. 20.

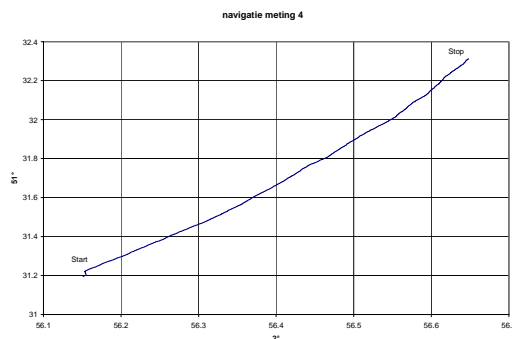


Fig. 20 Reële track van meetreeks SM1.2.

Bij een zeegang 3 – 4 vertonen de oppervlakkige hydrofoon en de diepe hydrofoon thans een congruent beeld, met een laagfrequente ruis die stijgt tot 130 dB. Er dient opgemerkt te worden dat het einde van de track op ongeveer een zeemijl van de Interconnector ligt (Fig. 17). De standaardafwijkingen bedragen nog steeds 3 - 4 dB. Opnieuw ligt het niveau van de hoge frequenties niet hoger dan een 90 dB.

7.2.2 Meetreeks SM2.2

De power spectra panelen van meetreeks SM2.2 worden weergegeven in Fig. 21

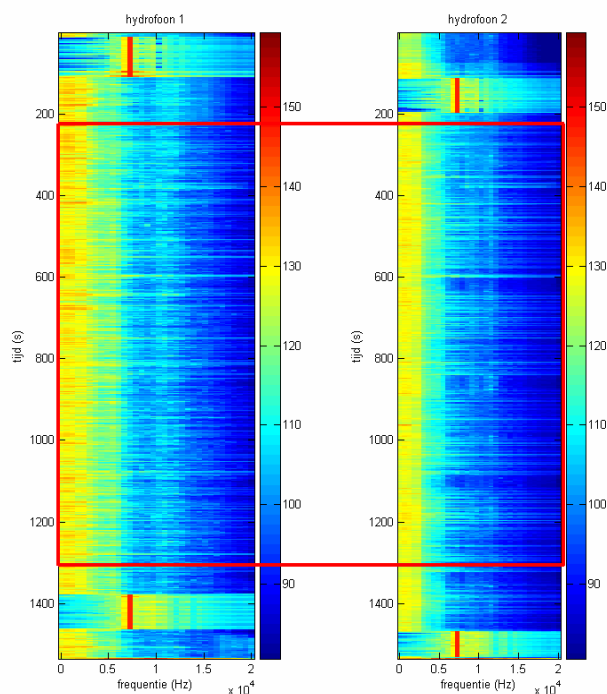


Fig. 21 Power spectra panelen van meetreeks SM2.2 voor hydrofonen respectievelijk op 2m en 16.5m diepte (van links naar rechts).

De gemiddelde spectra uit het omkaderd gedeelte van Fig. 21 worden weergegeven in Fig. 22, samen met de standaardafwijkingen.

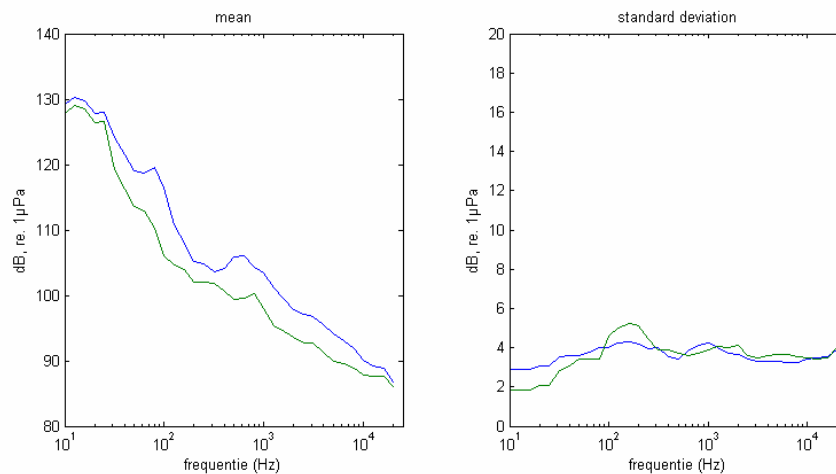


Fig. 22 Meetreeks SM2.2. Links: gemiddelde spectra binnen het omkaderd gedeelte van Fig. 21 (blauw: hydrofoon 1 op 2m diepte, groen: hydrofoon 2 op 16.5 m diepte). Rechts: standaardafwijkingen.

Bij zeegang 3 – 4 vertonen de oppervlakkige hydrofoon en de diepe hydrofoon opnieuw een congruent beeld, met een laagfrequente ruis die stijgt tot 130 dB. Het beeld is sterk gelijkend op dat van reeks SM1.2. Het begin van de track ligt pal boven de Interconnector (Fig. 17). De standaardafwijkingen bedragen ongeveer 4 dB. Opnieuw ligt het niveau van de hoge frequenties niet hoger dan een 90 dB.

De reële drift van de ‘Tuimelaar’ tijdens de metingen wordt weergegeven in Fig. 23.

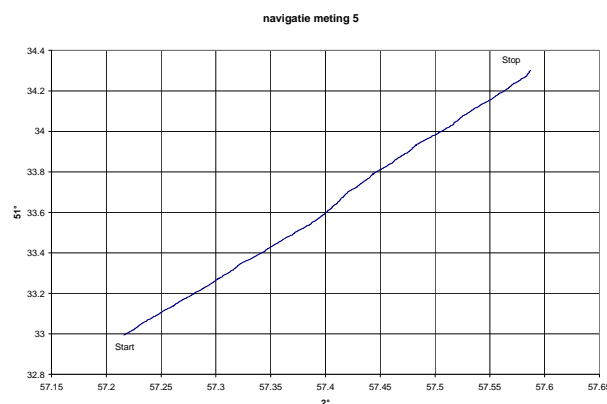


Fig. 23 Reële track van meetreeks SM2.2.

7.2.3 Meetreeks SM3.2

De power spectra panelen van meetreeks SM3.2 worden weergegeven in Fig. 24.

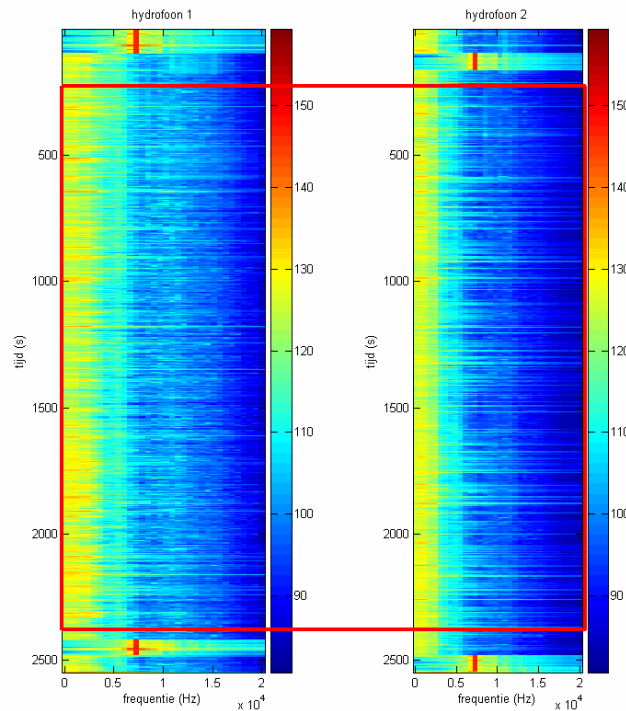


Fig. 24 Power spectra panelen van meetreeks SM3.2 voor hydrofonen respectievelijk op 2m en 16.5m diepte (van links naar rechts).

De gemiddelde spectra uit het omkaderd gedeelte van Fig. 24 worden weergegeven in Fig. 25, samen met de standaardafwijkingen.

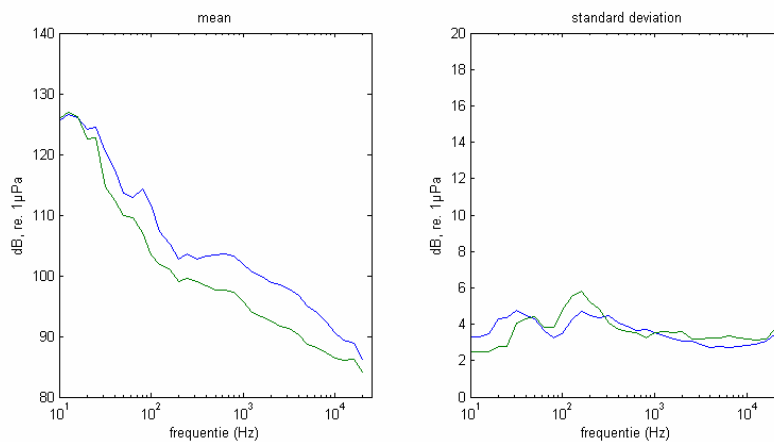


Fig. 25 Meetreeks SM3.2. Links: gemiddelde spectra binnen het omkaderd gedeelte van Fig. 24 (blauw: hydrofoon 1 op 2m diepte, groen: hydrofoon 2 op 16.5 m diepte). Rechts: standaardafwijkingen.

Bij zeegang 3 – 4 vertonen de oppervlakkige hydrofoon en de diepe hydrofoon ook hier een congruent beeld, met een laagfrequente ruis die stijgt tot 125 dB. Het beeld is opnieuw sterk gelijkend op dat van reeks SM1.2 en SM2.2. Het begin van de track ligt op ongeveer één zeemijl van de Zeepipe (Fig. 17). De standaardafwijkingen bedragen ongeveer 4 dB. En opnieuw ligt het niveau van de hoge frequenties niet hoger dan een 90 dB.

De reële drift van de ‘Tuimelaar’ tijdens de metingen wordt weergegeven in Fig. 26.

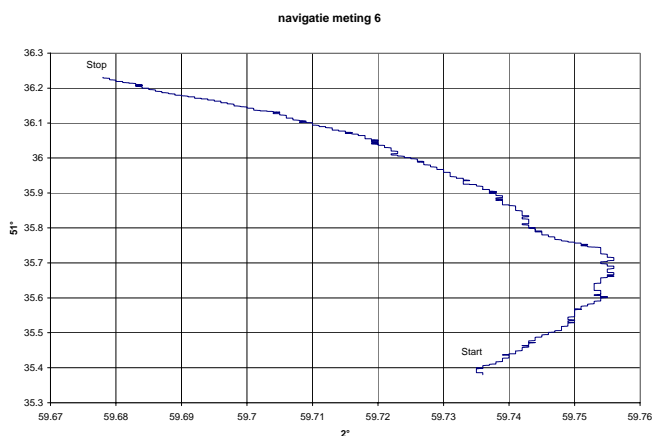


Fig. 26 Reële track van de ‘Tuimelaar’ bij meetreeks SM3.2.

7.3 Voorjaarscampagne 2006

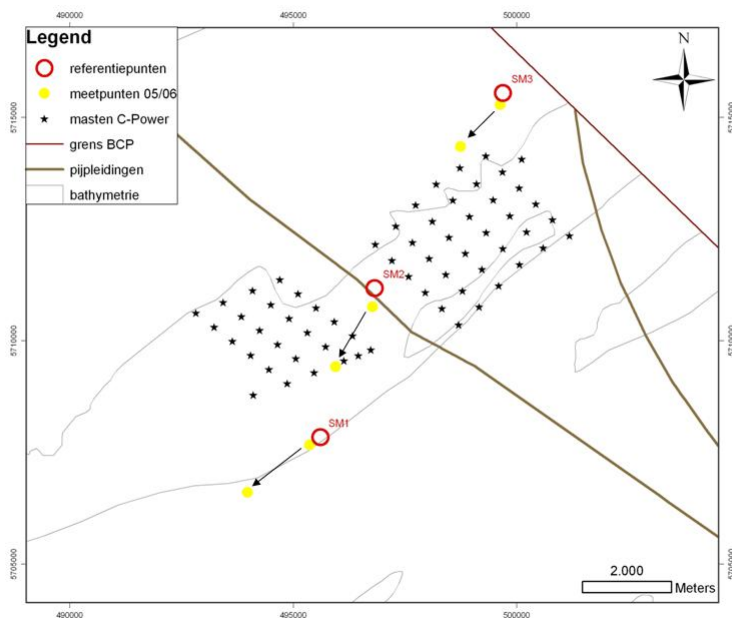


Fig. 27 Begin- en eindposities van de meetreeksen SM1.3, SM2.3, SM3.3

7.3.1 Meetreeks SM1.3

De power spectra panelen van meetreeks SM1.3 worden weergegeven in Fig. 28.

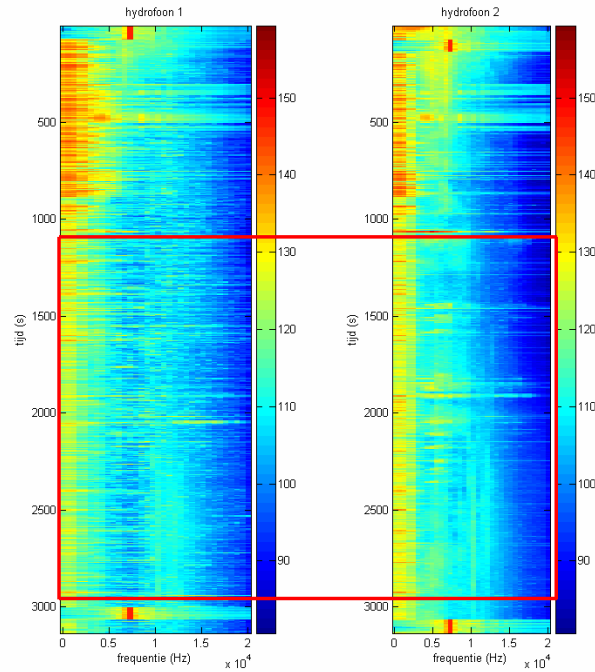


Fig. 28 Power spectra panelen van meetreeks SM1.3 voor hydrofoonen respectievelijk op 1.5 m en 16.5 m diepte (van links naar rechts).

De gemiddelde spectra uit het omkaderd gedeelte van Fig. 28 worden weergegeven in Fig. 29, samen met de standaardafwijkingen.

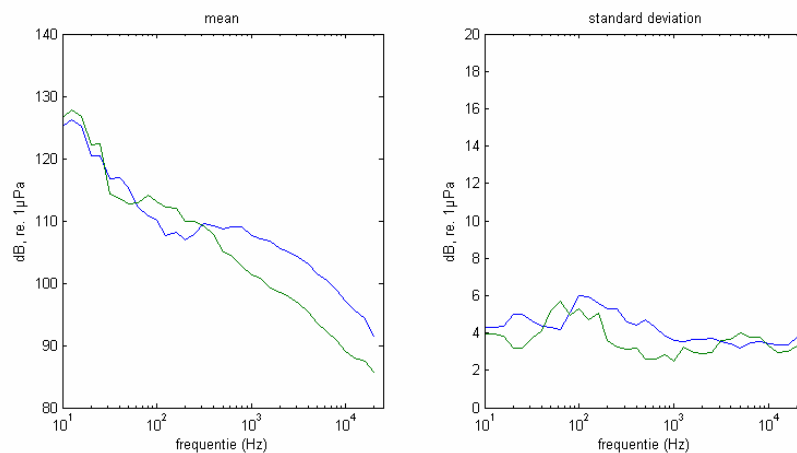


Fig. 29 Meetreeks SM1.3. Links: gemiddelde spectra binnen het omkaderd gedeelte van Fig. 28 (blauw: hydrofoon 1 op 1.5 m diepte, groen: hydrofoon 2 op 16.5 m diepte). Rechts: standaardafwijkingen.

Hoewel de weersomstandigheden in mei 2006 opnieuw heel goed waren, is het niveau van de laagfrequente ruis met 125 dB gevoelig hoger dan in de opnamereeks SM1.1bis, in september 2005 opgenomen eveneens bij relatief vlakke zee. De standaardafwijkingen bedragen ongeveer 4 dB.

De reële drift van de ‘Tuimelaar’ tijdens de metingen wordt weergegeven in Fig. 30.

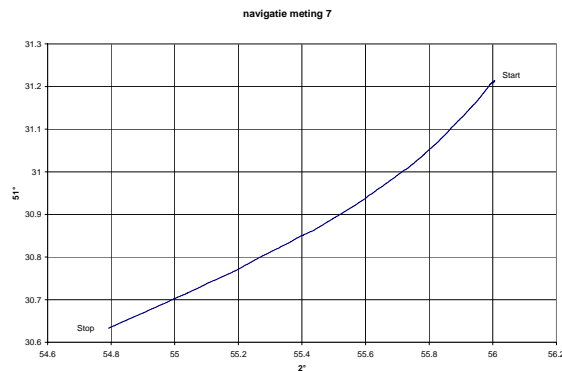


Fig. 30 Reële track van de ‘Tuimelaar’ bij meetreeks SM1.3.

7.3.2 Meetreeks SM2.3

De power spectra panelen van meetreeks SM2.3 worden weergegeven in Fig. 31.

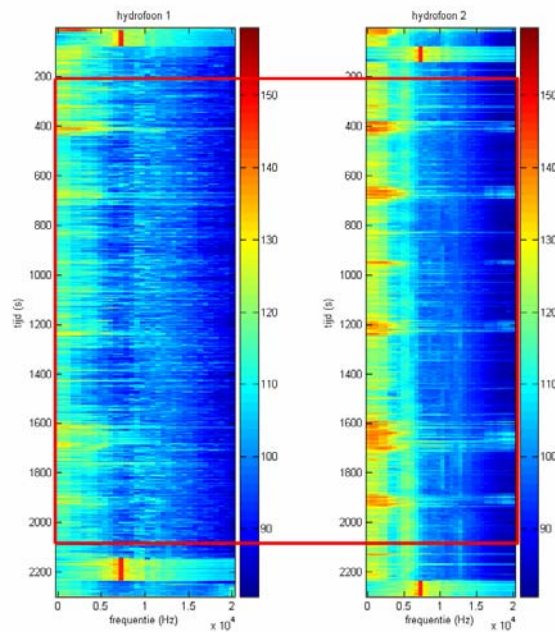


Fig. 31 Power spectra panelen van meetreeks SM2.3 voor hydrofonen respectievelijk op 1.5 m en 16.5 m diepte (van links naar rechts).

De gemiddelde spectra uit het omkaderd gedeelte van Fig. 31 worden weergegeven in Fig. 32, samen met de standaardafwijkingen.

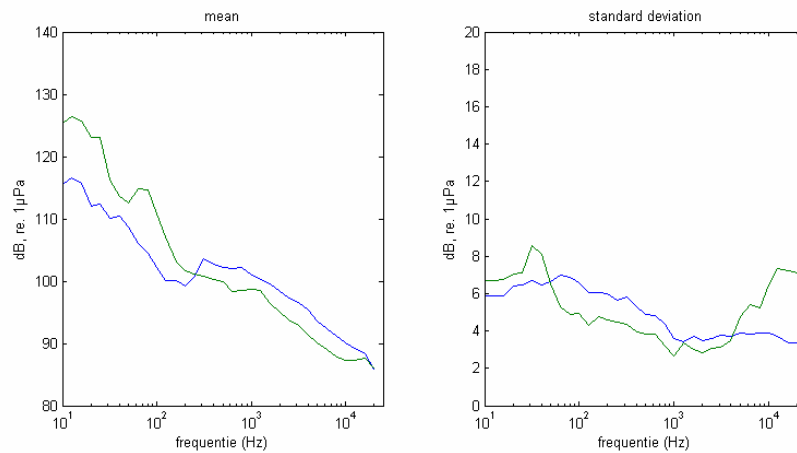


Fig. 32 Meetreeks SM2.3. Links: gemiddelde spectra binnen het omkaderd gedeelte van Fig. 31 (blauw: hydrofoon 1 op 1.5 m diepte, groen: hydrofoon 2 op 16.5 m diepte). Rechts: standaardafwijkingen.

Dit spectrum is sterk vergelijkbaar met dit van meetreeks SM1.3. Nog steeds is er een gevoelig ruisniveau beneden de 100 Hz, vooral in de diepe hydrofoon.

De standaardafwijkingen bedragen ongeveer 5 – 6 dB.

De reële drift van de ‘Tuimelaar’ tijdens de metingen wordt weergegeven in Fig. 33.

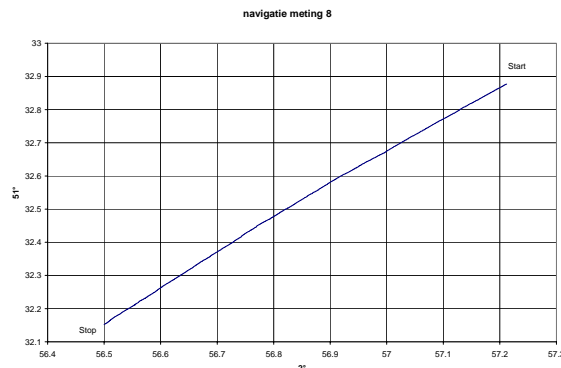


Fig. 33 Reële track van de ‘Tuimelaar’ bij meetreeks SM2.3.

7.3.3 Meetreeks SM3.3

De power spectra panelen van meetreeks SM3.3 worden weergegeven in Fig. 34.

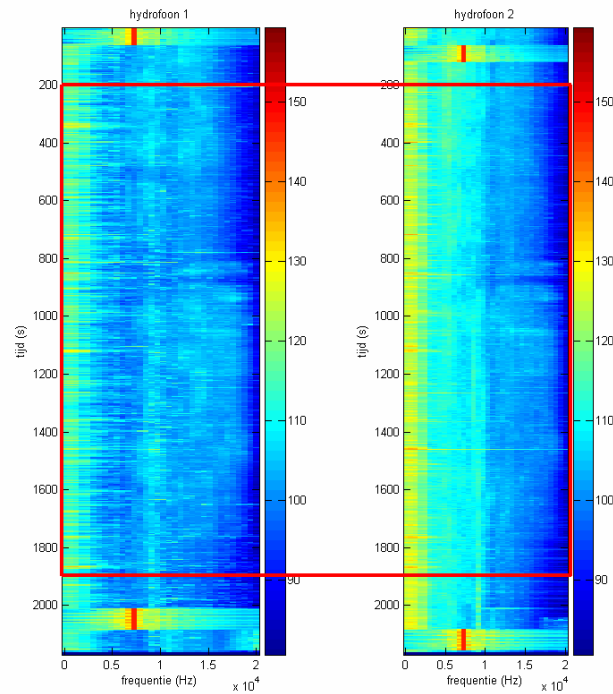


Fig. 34 Power spectra panelen van meetreeks SM3.3 voor hydrofonen respectievelijk op 1.5 m en 16.5 m diepte (van links naar rechts).

De gemiddelde spectra uit het omkaderd gedeelte van Fig. 34 worden weergegeven in Fig. 35, samen met de standaardafwijkingen.

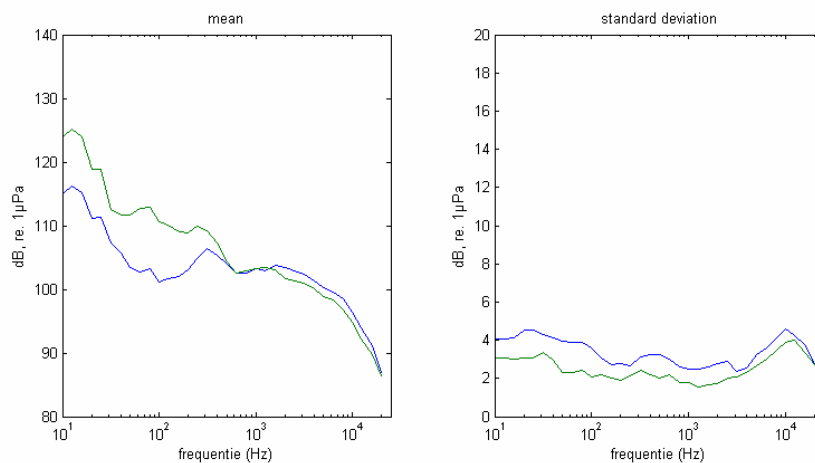


Fig. 35 Meetreeks SM3.3. Links: gemiddelde spectra binnen het omkaderd gedeelte van Fig. 34 (blauw: hydrofoon 1 op 1.5 m diepte, groen: hydrofoon 2 op 16.5 m diepte). Rechts: standaardafwijkingen.

Dit spectrum is sterk vergelijkbaar met dit van meetreeksen SM1.3 en SM 2.3. Nog steeds is er een gevoelig ruisniveau beneden de 100 Hz, vooral op de diepe hydrofoon (tot 125 dB). De standaardafwijkingen bedragen ongeveer 3 – 4 dB.

De reële drift van de ‘Tuimelaar’ tijdens de metingen wordt weergegeven in Fig. 36.

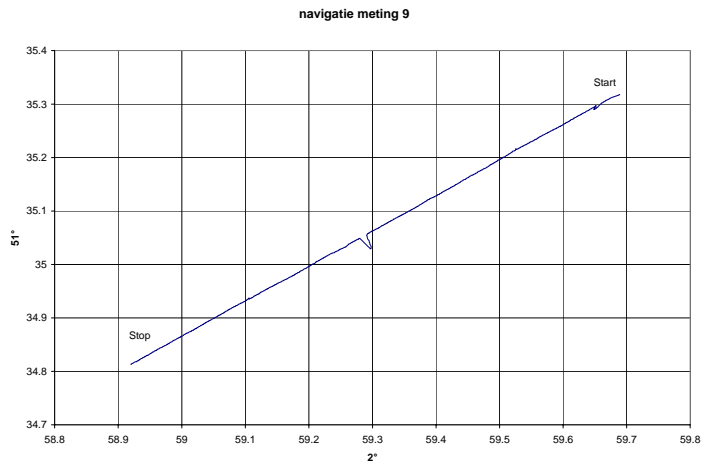


Fig. 36 Reële track van de ‘Tuimelaar’ bij meetreeks SM3.3.

8. Bespreking

8.1 Vergelijking met metingen in Zweden

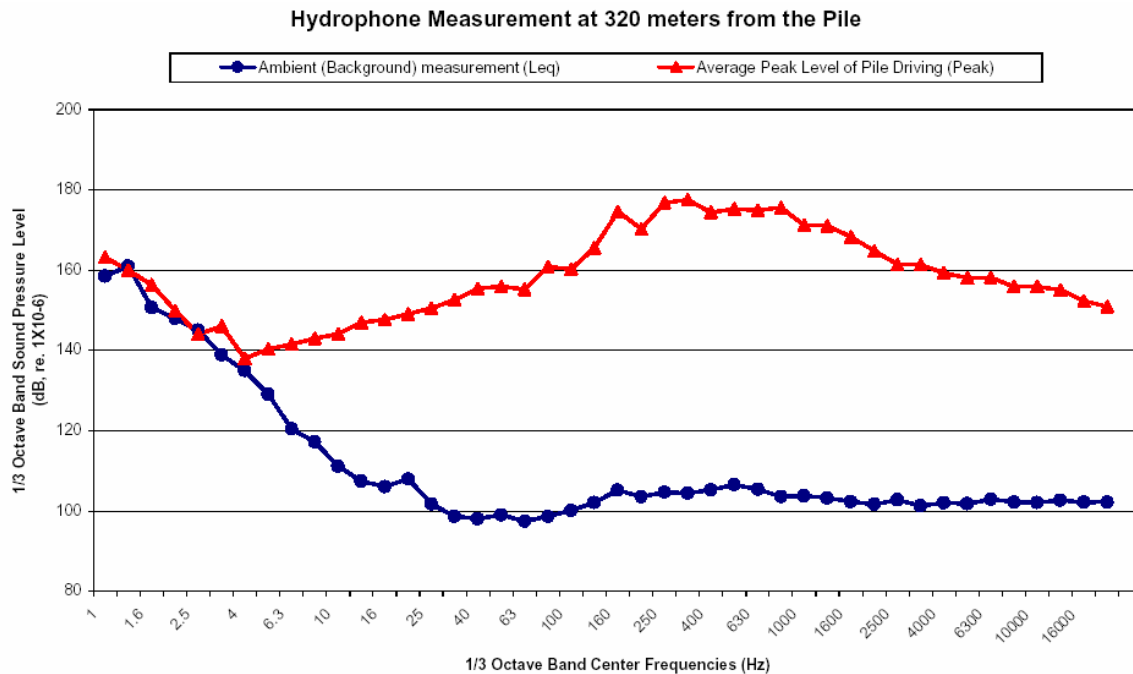


Fig. 37 Onderwater geluidsniveau opgemeten door Oedegaard & Daneskiold-Samsoe A/S op het site van een windturbineconstructie in Zweden (SEAS Distribution A.m.b.A. 2000b). Blauw: omgevende ruisniveau. Rood: geluidsniveau bij het rammen van palen.

Vergelijken we het geluidsniveau op de Thornton Bank bij een vlakke zee in september 2005 (meetreeks SM1.1bis, Fig. 10) met de opname van de achtergrondruis op het site van een windturbineconstructie in Zweden (SEAS Distribution A.m.b.A. 2000b) (Fig. 37), althans in de vergelijkbare frequentieband (10 Hz – 10 kHz), dan merken we dat beide niveau's vrijwel gelijk zijn (100 dB). Dat schenkt vertrouwen in de gevolgde meetprocedure.

8.2 Invloed van de diepte van de hydrofonen

Een vrij verrassende waarneming is dat de opnamen in de drie hydrofonen globaal niet wezenlijk significant verschillen, rekening houdend met de standaardafwijking. Uit principiële overwegingen zouden we aan de oppervlakkige hydrofoon minder belang hechten, omwille van een potentiële grotere ruisgevoeligheid door golfslag, maar dit wordt op dit site niet meteen gestaafd door de waarnemingen.

8.3 Invloed van de pijpleidingen (in tijd en ruimte)

Een factor die vermoedelijk onderschat is lijkt de rechtstreekse nabijheid van de twee pijpleidingen. Bij vlakke zee rapporteerden de meetploegen zelfs een duidelijk ‘gebrom’, hoorbaar in de lucht. Auditieve steekproeven van het onderwatergeluid staven de aanwezigheid van een geluidscomponent van antropogene oorsprong. Het belangrijk geluidsniveau in de lage frequenties, die een ‘natuurlijke’ achtergrondruis van een 100 dB lijkt op te trekken naar een 125 tot 130 dB, kan de onderwaterexpressie zijn van dit gebrom.

Indien dit gestaafd wordt door verder onderzoek, vormt de analyse van deze lijnbronnen in hun ruimtelijke straling en variabiliteit (bij debietvariaties ?) een essentieel element voor elke mogelijkheid tot discriminatie van geluidsemissies afkomstig van windmolens.

Mutatis mutandis zou kunnen gesteld worden, als de oorzaak van de ‘brom’ inderdaad aan de pijpleidingen ligt (een hypothese die nog gestaafd moet worden), dat het windmolenpark op de Thornton, schrijlings ingeplant tussen en over twee pijpleidingen, een situatie kent, enigszins vergelijkbaar met de inplanting op het land van een windmolenpark tussen twee autostrades.

8.4 Invloed van de zeegang

De inzet van de ‘Tuimelaar’ heeft geen meetreeksen mogelijk gemaakt in significant zware weersomstandigheden. De maximale zeegang waarbij kon uitgevaren en gemeten worden was 3 - 4 Beaufort, met golfhoogten van 1.5 m. We kunnen ons dan ook niet uitspreken over het reëel onderwatergeluid in de zone van de Thornton Bank bij zware weersomstandigheden tot storm. Enkel een stationair meetsysteem zal hierover uitsluitsel kunnen geven.

Wel kunnen we zeggen dat de rustigste curve (SM1.1bis) opgenomen werd met kalme zee, maar niet elke kalme zee heeft aanleiding gegeven tot een vlakke curve, getuige de metingen in mei 2006. Hier moet vermoedelijk de laagfrequente emissie van de pijpleidingen tot uiting gekomen zijn (zie 8.3).

8.5 Invloed van zeeschepen

Op het akoestisch spoor (links, sound pressure level in Pa versus tijd) en op de power spectra (rechts) van de hydrofonen 1 (boven) en 2 (onder) van de meetserie SM1.1bis, weergegeven met de Artemis software (Fig. 38), komt op 2500 s prominent het signaal van het ‘Superfast’ schip voor (afstand 1 zeemijl, zie Bijlage 2).

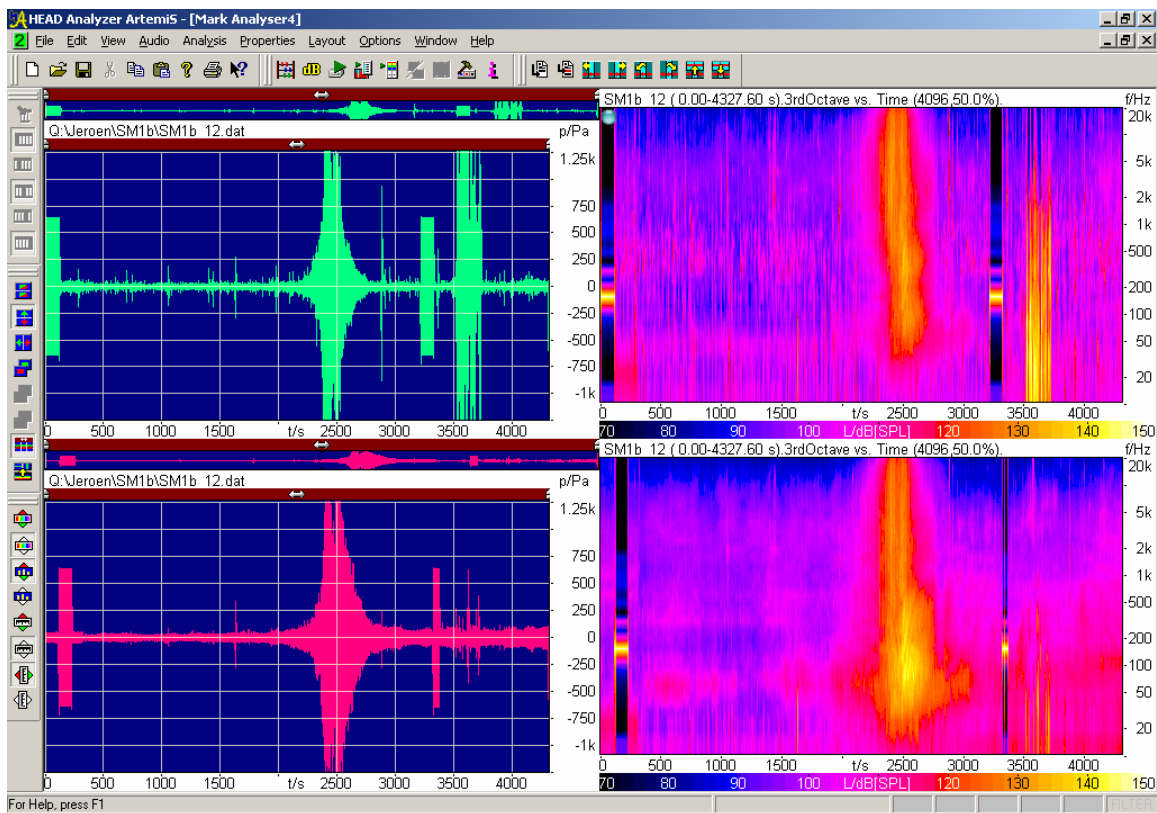


Fig. 38 Voorbeeld van een screendump (Artemis software) van akoestische sporen (links, Sound Pressure Level in Pa versus tijd) en power spectra (rechts) van de hydrofonen 1 (boven) en 2 (onder) van de meetserie SM1.1bis.

Dit signaal is ook heel duidelijk op de power spectra, verwerkt met Matlab (Fig. 9). In Fig. 39 wordt, naast de gemiddelde spectra van de background ruis eerder weergegeven op Fig. 10, ook een spectrum weergegeven, centraal door het signaal op 2500 s (bovenste lijnen). Men merkt een stijging van het onderwatergeluid met gemiddeld 25 dB.

In deze sporen en power spectra valt ook op dat het signaal van een schip op een zekere afstand sterker doorkomt op diepere hydrofonen (groene en rode lijnen op Fig. 39, onderste spoor en power spectrum in Fig. 38) dan op een oppervlakkige hydrofoon (blauwe lijn op Fig. 39, bovenste spoor en power spectrum in Fig. 38).

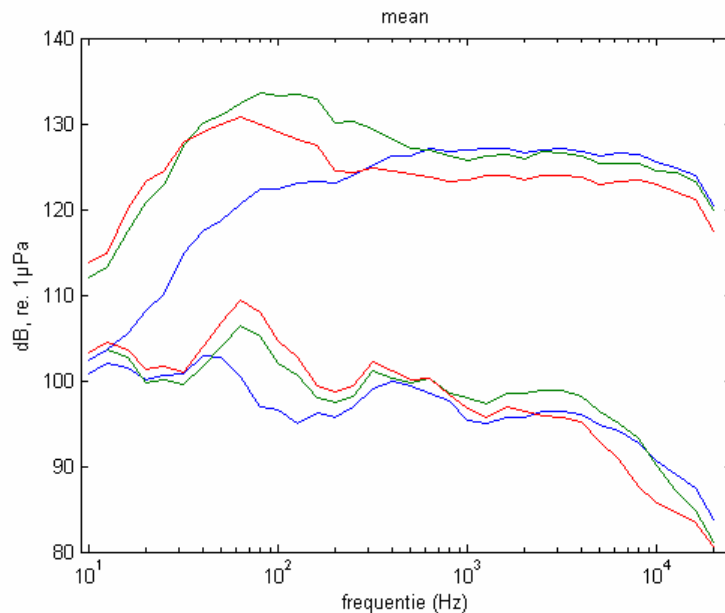


Fig. 39. Naast (onderste lijnen) de gemiddelde spectra van de background ruis in de drie hydrofonen, eerder weergegeven op Fig. 10, worden hier ook de spectra weergegeven, centraal door het signaal van de ‘Superfast’ (bovenste lijnen).

8.6 Sommatie van akoestische signalen

Er dient opgemerkt dat de superpositie van verschillende akoestische signalen (golven, pijpleiding, schip, windmolen), elk gekenmerkt door hun amplitude in dB, niet leidt tot de sommatie van de dB.

Het gecombineerd effect wordt bekomen door de ogenblikkelijke waarden van de afzonderlijke akoestische drukken in een punt in de ruimte te sommeren en de ‘mean square sound pressure’ te berekenen (Brüel & Kjaer 1979). Daar de verschillende signalen doorgaans niet coherent zijn zal ook destructieve interferentie optreden.

Als vuistregel geldt dat een verdubbeling van bronnen van gelijkaardig niveau leidt tot een verhoging van de sound pressure level met 3 dB, een verviervoudiging leidt tot een versterking met 6 dB, enz.

9. Besluit

Met de huidig verworven kennis van het onderwatergeluid op het site van de Thornton Bank stellen we het Sound Pressure Level spectrum van meetreeks SM1.1bis, opnieuw weergegeven hieronder in Fig. 40, als meest representatieve baseline voor de natuurlijke Sound Pressure Level bij gunstige weersomstandigheden (zeegang 1 – 2 Beaufort) in de omgeving van de Thornton Bank. Het gemiddeld niveau van de SPL bedraagt 100 dB re 1 μ Pa, met een standaardafwijking van 2 – 4 dB, als we de oppervlakkige hydrofoon (blauwe lijn) buiten beschouwing laten.

Hierbij moet onmiddellijk gepreciseerd worden dat de positie van deze meetreeks relatief excentriek gelegen is, ten zuidwesten van het geplande site van het windmolenpark (Fig. 7), en dat deze curve niet gereproduceerd kon worden centraal in het windmolenpark, ook niet onder identieke weersomstandigheden. Akoestische waarnemingen boven en onder het wateroppervlak duiden op de mogelijke overprint door een laagfrequente akoestische emissie van de Interconnector en/of Zeepipe pijpleidingen, een hypothese die toetsing vergt.

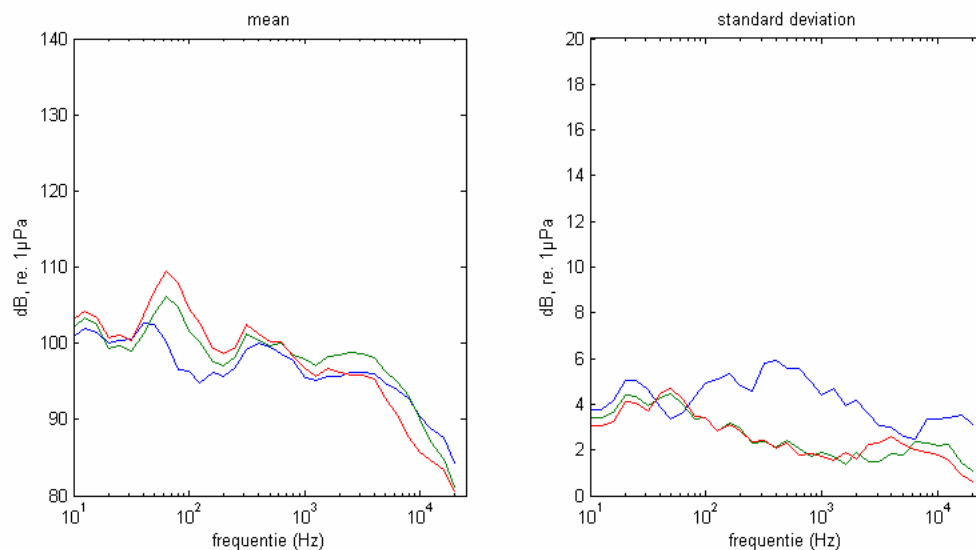


Fig. 40 Meetreeks SM1.1bis. Links: gemiddelde spectra van de Sound Pressure Level (blauw: hydrofoon 1 op 1.5 m diepte, groen: hydrofoon 2 op 8.5 m diepte, rood: hydrofoon 3 op 16.5 m diepte). Rechts: standaardafwijkingen.

10. Aanbevelingen voor verdere monitoring

Aanbevelingen die voortvloeien uit deze studie uiten zich op twee niveau's.

(1) *Noodzaak tot onderzoek van het potentieel akoestisch stralingsveld van de Interconnector en Zeepipe, in ruimte en tijd.*

We mogen verwachten dat de relatief laagfrequente, ook in de lucht merkbare akoestische emissie die vastgesteld is bij metingen bij relatief vlakke zee boven de Thornton Bank, zal interfereren bij elke mogelijke toekomstige geluidsmonitoring, gerelateerd tot de bouw en de exploitatie van windmolens in dit gebied.

Het lijkt ons dan ook belangrijk dit stralingsveld in kaart te brengen (1) in de ruimte, om de reikwijdte van deze straling te bepalen, en (2) in de tijd, omdat gebeurlijke fluctuaties in debiet in de pijpleidingen kunnen leiden tot variabele emissies.

Het in kaart brengen *in de ruimte* kan, gezien de verwachte lineaire dimensie van de stralingsbronnen, vermoedelijk optimaal gebeuren door middel van profielen, min of meer loodrecht op de pijpleidingen. Gezien de waargenomen, weinig significante verandering in SPL in functie van de waterdiepte, kan naar onze mening een dergelijke survey beperkt worden tot één niveau, bij voorbeeld nominaal een 10 m onder het zeeoppervlak. Een lijnspatiëring van 1000 m zou moeten volstaan. De frequentieband zou zover als technisch haalbaar moeten opengetrokken worden naar de lagere frequenties toe. Naar de hoge frequenties toe is een afsluiten van de bandbreedte op 10 kHz vermoedelijk toereikend, gezien de lage amplitudes die in deze range vastgesteld werden.

In overleg met de overheden, verantwoordelijk voor de exploitatie van de Interconnector en de Zeepipe, zou de hele survey moeten kunnen gebeuren binnen een periode van stabiele fluxen door de leidingen. Optimaal zou moeten gekozen worden voor een periode van piekdebieten.

Een complementair onderzoek naar de mogelijke variabiliteit *in de tijd* van deze akoestische emissie kan optimaal gebeuren door drie van hogervermelde, representatieve profielen te herhalen in een periode van daldebieten.

(2) *Lange termijn monitoring*

In een dergelijke complexe setting met akoestische emissiebronnen van verscheidene aard dringt zich een monitoring op lange termijn op. Dit kan slechts gebeuren met een array van vaste meetpunten op de zeebodem, gekabeld naar een centrale acquisitie- en transmissie-eenheid.

Een dergelijke installatie op de Thornton Bank kan een pilootrol vervullen, naar andere ontwikkelingen toe.

De vaste installatie op de zeebodem laat de toevoeging toe van (3D) geofonen, waarmee de frequentieband verder opengetrokken kan worden naar de lagere frequenties toe.

Dit concept is een zucht verwijderd van een broadband akoestisch/seismisch station, waarvan de exploitatie volledig binnen het mandaat van een eenheid zoals de seismologische afdeling van de Koninklijke Sterrenwacht van België zou kunnen vallen.

Deze broadband monitoring zou, boven de permanente bewaking van de akoestische emissie van het windmolenpark, mede een waardevolle informatie kunnen leveren over microtremors afkomstig van oceanische bronnen (een 'hot topic' wereldwijd voor de discriminatie tussen oceanisch gestuurde microtremors en deze, diagnostisch voor de voorspelling van aardbevingen).

Opnieuw zouden tijdsreeksen van natuurlijke microseismiciteit en oceanisch gestuurde microtremors de nodige basis kunnen leggen voor de monitoring van door de mens geïnduceerde microseismiciteit, die bij voorbeeld onvermijdelijk optreedt bij de injectie van CO₂ in ondergrondse lagen. De noordrand van het Massief van Brabant, en dus de noordrand van ons continentaal plat, is *a priori* geen oninteressante zone voor dergelijke projecten van sequestratie van CO₂.

Of hoe in een rationele visie van duurzame ontwikkeling, energieaanvoer van methaan, windenergie en sequestratie van CO₂ elkaar zouden kunnen ontmoeten, tussen de windmolens van Damme en Thornton...

Gent, 15 juli 2006

Prof. Dr. Jean-Pierre Henriët
Wim Versteeg, Peter Staelens, Jeroen Vercruyssen en Dr. David Van Rooij
Renard Centre of Marine Geology
Universiteit Gent

11. Referenties

Brüel & Kjaer (1979) – Acoustic Noise Measurements. 280 pp.

Medwin, H. (2005) – Sounds in the Sea. From Ocean Acoustics to Acoustical Oceanography. Cambridge University Press, 643 pp.

SEAS Distribution A.m.b.A. (2000 a) – Offshore Wind Turbines – VVM. Underwater Noise Measurements, Analysis, and Predictions. Oedegaard & Danneskiold-Samsøe A/S, Report n° 00.792 rev.1, 29 pp.

SEAS Distribution A.m.b.A. & Enron Wind GmbH (2000 b) – Offshore Wind Turbine Construction. Offshore Pile-Driving Underwater and Above-water Noise Measurements and Analysis. Oedegaard & Danneskiold-Samsøe A/S, Report n° 00.877, 31 pp.

Dankwoord

De medewerking van het bestuur en de staf van de Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee, evenals van de Commandant en de bemanning van de R/V Belgica is bijzonder gewaardeerd.

Onze oprechte dank aan Prof. Dr. Dick Botteldooren, diensthoofd van de afdeling Akoestiek aan de Universiteit Gent, voor de bijstand in de akoestische verwerking van de data.

Figurenlijst

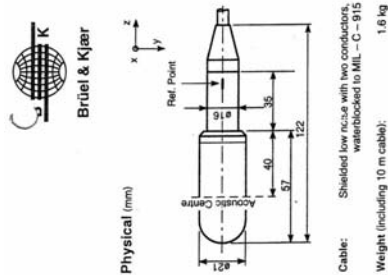
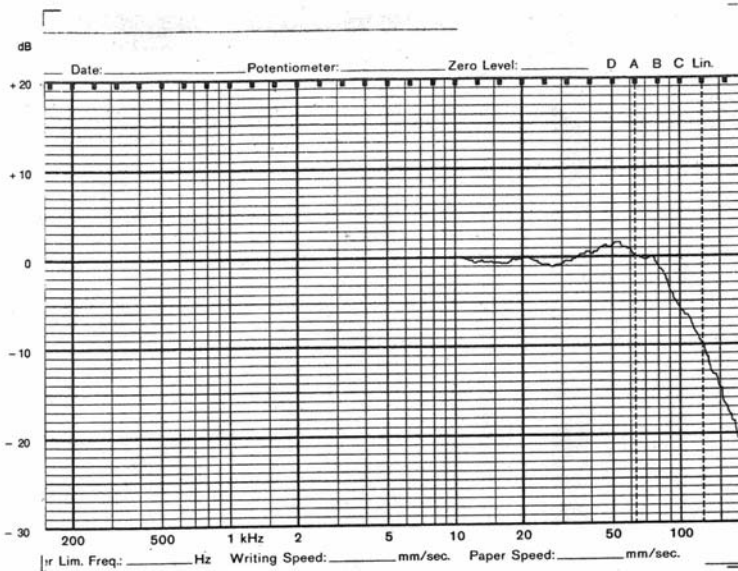
Fig. 1:	Installatie meetapparatuur & meethydrofoon.....	7
Fig. 2:	Informatie over naburige schepen uit het AIS-systeem.....	9
Fig. 3:	3D-representatie van het spectrum van meting SM1bis hydr1.....	11
Fig. 4:	Overzicht van het meetgebied.....	12
Fig. 5:	Tuimelaar op weg naar meetpunt	14
Fig. 6:	De koers van schepen wordt bijgehouden.....	14
Fig. 7:	Begin- en eindposities van de meetreeksen SM1.1bis, SM2.1bis, SM3.1...	17
Fig. 8:	Reële track van meetreeks SM1.1bis.....	17
Fig. 9:	Power spectra panelen van meetreeks SM1.1bis.....	18
Fig. 10:	Meetreeks SM1.1bis: gemiddelde spectra & standaardafwijkingen.....	18
Fig. 11:	Power spectra panelen van meetreeks SM2.1bis.....	19
Fig. 12:	Meetreeks SM2.1bis: gemiddelde spectra & standaardafwijkingen.....	20
Fig. 13:	Reële track van meetreeks SM2.1bis	20
Fig. 14:	Power spectra panelen van meetreeks SM3.1.....	21
Fig. 15:	Meetreeks SM3.1: gemiddelde spectra & standaardafwijkingen.....	22
Fig. 16:	Reële track van meetreeks SM3.1.....	22
Fig. 17:	Begin- en eindposities van de meetreeksen SM1.2, SM2.2, SM3.2.....	23
Fig. 18:	Power spectra panelen van meetreeks SM1.2.....	24
Fig. 19:	Meetreeks SM1.2: gemiddelde spectra & standaardafwijkingen.....	24
Fig. 20:	Reële track van meetreeks SM1.2.....	25
Fig. 21:	Power spectra panelen van meetreeks SM2.2.....	25
Fig. 22:	Meetreeks SM1.2: gemiddelde spectra & standaardafwijkingen.....	26
Fig. 23:	Reële track van meetreeks SM2.2.....	26
Fig. 24:	Power spectra panelen van meetreeks SM3.2.....	27
Fig. 25:	Meetreeks SM3.2: gemiddelde spectra & standaardafwijkingen.....	27
Fig. 26:	Reële track van de ‘Tuimelaar’ bij meetreeks SM3.2.....	28
Fig. 27:	Begin- en eindposities van de meetreeksen SM1.3, SM2.3, SM3.3.....	28
Fig. 28:	Power spectra panelen van meetreeks SM1.3.....	29
Fig. 29:	Meetreeks SM1.3: gemiddelde spectra & standaardafwijkingen.....	29
Fig. 30:	Reële track van de ‘Tuimelaar’ bij meetreeks SM1.3.....	30
Fig. 31:	Power spectra panelen van meetreeks SM2.3.....	30
Fig. 32:	Meetreeks SM2.3: gemiddelde spectra & standaardafwijkingen.....	31
Fig. 33:	Reële track van de ‘Tuimelaar’ bij meetreeks SM2.3.....	31
Fig. 34:	Power spectra panelen van meetreeks SM3.3.....	32
Fig. 35:	Meetreeks SM3.3: gemiddelde spectra & standaardafwijkingen.....	32
Fig. 36:	Reële track van de ‘Tuimelaar’ bij meetreeks SM3.3.....	33
Fig. 37:	Onderwater geluidsniveau opgemeten door Oedegaard & Danneskiold-Samsoe A/S.....	34
Fig. 38:	Voorbeeld van een screendump (Artemis software) van akoestische sporen en power spectra van de hydrofonen 1 en 2 van de meetserie SM1.1bis.....	37
Fig. 39:	Naast de gemiddelde spectra van de background ruis in de drie hydrofonen, worden hier ook de spectra weergegeven, centraal door het signaal van de ‘Superfast’	38

Fig. 40: Meetreeks SM1.1bis: gemiddelde spectra van de Sound Pressure Level en standaardafwijkingen..... 39

Bijlagen

Bijlage 1 Karakteristieken en calibratie van de hydrofonen

Calibration Chart for Hydrophone Type 8104 Serial No.: 2486618



Physical (mm)

Brüel & Kjær

Operating Temperature Range:
Short term: -40°C to +120°C
Continuous: -40°C to +80°C

Change of Sensitivity with Temperature:
Charge: 0 to 0.03 dB/°C
Voltage: 0 to -0.04 dB/°C

Change of Sensitivity with Static Pressure:
0 to -3 x 10⁻³ dB/Pa
(0 to -0.03 dB/atm)

Temperature Transient Sensitivity: -2.70 Pa/°C
(ANSI S2.11-1988); measured with Brüel & Kjær Charge Pre-amplifier Type 2626, LRF 3 Hz

Allowable Total Radiation Dose: 5 x 10⁷ Rad

Maximum Operating Static Pressure: 4 x 10⁶ Pa (40 atm)

Note: All values are typical at 25°C (77°F), unless otherwise specified. All uncertainty values are specified at 2 σ (i.e., expanded uncertainty using a coverage factor of 2).

For further information see User Manual

Sensitivity Traceable to:
DPLA, Danish Primary Laboratory of Acoustics
NIST, National Institute of Standards and Technology, USA
** 1 Pascal = 10⁻⁵ bar

Calibration Chart for Hydrophone Type 8104

Serial No.: 2486618

Reference Sensitivity at 150 Hz ± 2% at 23°C including integral cable

Voltage Sensitivity (Open Circuit Sensitivity): 108.8 dB ± 0.25 dB re 1 V/μPa^{rms} or 36.5 μV/Pa

Charge Sensitivity: 46.8 · 10⁻⁵ pC/Pa

Capacitance (including integral cable): 12.900 pF

Cable Capacitance: 150 pF/m

Leakage Resistance: 4.000 MΩ at 23°C

Frequency Response (at ref. pos.): Individual Free Field Frequency Response Curve attached

Measuring Uncertainty (re 10 kHz):
10 to 100 kHz: ±1.5 dB
100 to 200 kHz: ±1.8 dB
80 to 100 kHz: ±1.8 dB
100 to 200 kHz: ±1.5 dB, -3.5 dB

Summarized Specifications (re 250 Hz)

Frequency Response (tolerance field excluding measurement uncertainty):
0.1 Hz to 10 kHz: ±1.5 dB
0.1 Hz to 80 kHz: ±4 dB
0.1 Hz to 120 kHz: ±4 dB, 12 dB

Horizontal Directivity 100 kHz:
(XY-plane) ±2 dB

Vertical Directivity 50 kHz:
(XZ-plane) ±2 dB

Date: 20/05/05 Signature: *[Signature]*

85-0088-13

Bijlage 2 Verslag van de campagne van 5-6 september 2005**Thornton geluidsmetingen: SM 1.1** Date: 5/9/2005

GPS file : Thornton 1

GPS tijd	DAT 2 time	Position	Remarks
12:42:16		51° 31.32 N 2° 55.912 E	Versterking 3,16 mV/Pa freq band : 1 Hz -> 22,4 kHz ref signal Ch 1 ref signal Ch 2 ref signal Ch 3
	tot 0:01:30 0:01:40 -> 0:03:10 op Dat E tot 0:01:30		
12:52:40	0:05:10		
12:52:55	00:08:15 op DAT E		
	0:10:27 0:28:10		Wim klopt op Tuim Freq band : 10Hz -> 22,4 kHz Gn scheepvaart
0:13:13		51° 31.32 N 2° 57.18 E	Versterking naar 31,6 mV/Pa Ch 3 versterking naar 10 mV/Pa Ch 3 versterking naar 31,6 mV/Pa bilge pump Tuimelaar aan Zodiac Belgica op komst Zodiac langszij Zodiac vetrekt Storing op Ch3 , Oorzaak??? Tot nu continu gerommel in de verte
	0:35:40 0:40:32 0:40:59 0:41:15 0:42:19 0:42:57 0:47:24		
	0:57:45 0:58:08 0:58:33 1:00:00		Wim verbreekt aarding Ch3 <-> Ch 2 storing blijft op 3 Ch 2 <-> Ch3 Echosounder en radar aan
13:45:30	1:00:52	51° 31.917 N 2° 58.537 E	Diepte 35,7m ref signal Ch 1 ref signal Ch 2 ref signal Ch 3 (op DAT E 1:01:05)
	1:01:40 1:02:40 1:04:05		
	DAT 2 1:05:20 DAT E 1:02:23		STOP Recording STOP Recording

Thornton geluidsmetingen : SM 2.1 Date: 5/9/2005

GPS file : Thornton 1

GPS tijd	DAT 2 time	Position	Remarks
	0:00:02 0:02:02 0:04:35		Versterking 31,6 mV/Pa freq band : 10 Hz -> 22,4 kHz ref signal Ch 1 ref signal Ch 2 ref signal Ch 3 Stop op 0:05:25
14:15:06	0:05:45	51° 33.178 N 2° 57.789 E	Aftsand Belgica Tuimelaar : 1 mijl
	0:14:08 0:16:50		aarding uit aarding in Ch 3 blijft slecht Ch 1 & 2 redelijk

14:43:02	0:33:40	51° 33.772 N 2° 58.518 E	Stop metingen
	0:33:40		ref signal Ch 1
	0:34:30		ref signal Ch 2
	0:35:10		ref signal Ch 3
			Als op Ch 3 ref sign, Ch1 & 2 perfect
			signaal
	0:38:03		blijven recorden
			Ruis door kabels op bankje,
			boven omvormer Tuimelaar
14:54:15	0:44:15	51° 34.010 N 2° 58.790 E	Definitief stop

DAT 2 1:05:20
 DAT E
 1:02:23

STOP Recording
 STOP Recording

Thornton geluidsmetingen: SM 3.1 Date: 5/9/2005 GPS file: Thornton 2, 3 en 4

GPS tijd	DAT 2 time	Position	Remarks
			Versterking 31,6 mV/Pa
			freq band : 10 Hz -> 22,4 kHz
	->0:1:30		ref signal Ch 1
	->0:2:45		ref signal Ch 2
	->0:3:40		ref signal Ch 3
18:46:02	0:03:20	51° 35.263 N 2° 56.8030 E	Diepte 23,5 m
			GEEN RUIS op Ch 3
	0:09:15		motor af, start metingen
			Goede data
			Continu gerommel in vertre, pijpeling
			???
18:59:22	0:16:40	51° 35.31 N 2° 59.86 E	Af en toe clipping dr geklots
19:12:58	0:30:15	51° 35.31 N 2° 59.28 E	
19:28:03	0:45:20	51° 35.296 N 2° 59.839 E	
19:33:48	0:51:05		Stop meting (Donker, zeegang)
	0:51:06		ref signal Ch 1
	0:52:03		ref signal Ch 2
	0:52:53 - >		ref signal Ch 3
	0:53:33		
			Diepte 24,6 m
	0:53:55		STOP en naar Belgica

DAT 2 1:05:20
 DAT E 1:02:23

STOP Recording
 STOP Recording

Thornton geluidsmetingen : SM 2.1bis

Date: 6/9/2005

GPS file: Thornton 5

GPS tijd	DAT 2 time	Position	Remarks
	0:00:05		Versterking 31,6 mV/Pa
	0:01:30		freq band : 10 Hz -> 22,4 kHz
	0:03:00 ->		ref signal Ch 1
	0:04:30		ref signal Ch 2
	0:08:50		ref signal Ch 3
7:27:20	0:09:20	51° 33.080 N 2° 57.17 E	motor af Diepte 20,0 m
	0:13:50		Belgica op 2 mijl, visser op 0,8 mijl
	0:15:40		veel lawaai, radar aan
	0:15:30		visser 1,2 mijl
	0:18:20		Lord Nelson op 2,8 mijl
	0:23:33		Geluid mindert
7:43:04	0:25:00	51° 33.078 N 2° 56.920 E	PAL BOVEN PIJLEIDING bezoen/gebrom hoorbaar aan boord
	0:28:58		wind 0 BF, zeegang 1, dixit Jan
7:57:39	0:41:30	51° 33.029 N 2° 56.634 E	vliegtuigje in de verte
	0:43:48		Tuimelaar wordt opgelopen door vrachtschip
	0:52:35		Radar aan
	0:53:20		P&O schip dichtste bij, ong 1 mijl
8:13:12	0:55:00	51° 33.920 N 2° 56.371 E	soort getik hoorbaar
	1:09:30		ref signal Ch 1
	1:10:35		ref signal Ch 2
	1:11:40 ->		ref signal Ch 3
8:31:17	1:12:40		
	1:13:00	51° 32.688 N 2° 55.988 E	Diepte 21,30 m
			STOP Recording

Thornton geluidsmetingen : SM 1.1bis

Date: 6/9/2005

GPS file: Thornton 6

GPS tijd	DAT 2 time	Position	Remarks
			Versterking 31,6 mV/Pa
			freq band : 10 Hz -> 22,4 kHz

	0:00:01			ref signal Ch 1
	0:02:00			ref signal Ch 2
	0:3:50m ->			ref signal Ch 3
	0:05:00			
	0:05:15			motor af
8:51:25	0:05:20	51° 30.739 N	2° 55.463 E	Diepte 34,2 m
				Lord Nelson op 1,3 mijl
				Belgica op 2,6 mijl
				op Ch3 misschien nog P&O schip
				hoorbaar
				vrachtschip nadert uit Z
	0:19:17			Belgica begint te chippen, weet niet
				of hoorbaar
9:09:05	0:23:00	51° 30.477 N	2° 54.767 E	vliegtuig, hoog
	0:31:00			"Superfast"loopt op
	0:34:00			speedboot op 3 mijl
9:25:35	0:39:30	51° 30.234 N	2° 54.090 E	
9:29:09	0:43:00			"Superfast" dischtste punt op 1/8 mijl
	0:55:10			ref signal Ch 1
	0:57:00			ref signal Ch 2
	0:57:50 ->			ref signal Ch 3
	0:59:50			
EXTRA TEST				
via WIM				
	1:04:00			2 onderste hydrofonen 3meter
				dieper, Ch 1
				blijft 1,5 dieper
				Volgens echosounder 29,0m
				Vrachtschip op 2,5 mijl, ZW
9:56:33	1:10:30	51° 29.758 N	2° 52.710 E	
EXTRA TEST				
generator				
RCMG, 1 kVA				
	1:11:00			Generator aan
	1:11:45			Generator op grond
	1:12:10			Generator op mat
	1:12:55			Generator op dakje boven motoren
	1:13:30			STOP RECORDING

Bijlage 3 Verslag van de campagne van 27 oktober 2005

Op 27/10/05 werd een campagne RIB gehouden m.b.t. geluidsmetingen onder water (monitoring C-Power).

Kort verslag:

- Aan boord: JH en DVT (BMM) en Jeroen Vercruysse (RCMG)
- 4-5 Bft wind, zuid, zonnig
- Zeegang: 3-4 (golven tot 1.5m hoog)
- Het was de bedoeling te meten aan condities die grenzen aan de maximale condities waarin de Tuimelaar, tenzij bij dringende en absoluut noodzakelijke interventies, ingezet wordt;
- Vaartijd naar de Thorntonbank: ongeveer 1u, terugkeer naar Zeebrugge: ongeveer 1u40'
- Metingen: 3 metingen van ongeveer 35', op dezelfde punten als tijdens Belgica campagne 20; er werd, na afspraken op 24/10, gewerkt met een draagbare DAT, wat metingen op 2 dieptes toeliet: 2m en 16m (kabels hydrofoon hangend aan boei); het gebruik van de andere DAT-recorders zou, in deze weersomstandigheden, niet mogelijk geweest zijn;
- Techniek: alles heeft gewerkt
- AIS: de Belgica heeft opnames gemaakt van de AIS data tussen 9u en 16u (er werden geen schepen in de nabijheid waargenomen tijdens de metingen)
- Grootste problemen: bij het varen komt veel splashwater over; alles moet goed waterdicht zijn; bedienen van PC en geluidsapparatuur is bij dergelijke weersomstandigheden doenbaar op drift (en waarschijnlijk niet met de RIB geankerd!), maar gezien de bewegingen van de boot is men zeer vatbaar voor zeeziekte, maar we waren het niet wel bijna; de stroomkabel (220V) dient zo ver mogelijk van (en zeker niet parallel met) de hydrofoonkabel te worden gehouden om interferentie te vermijden.

Volgende geluidsmetingen: tijdens Belgica campagne 32 (12-16 december 2005).

Bijlage 4 Verslag van de campagne van 17 mei 2006

Geluidsmetingen Thornton bank 17/5/2006

2 kanaalsmeting, Hydrofoon 1 op 1.5m diepte, hydrofoon 3 op 17.5m diepte

Hydrofoon 3 = CH 2 = IN right op DAT

Zichtbaarheid beperkt tot 2 à 3 mijl

Gedurende de ganse metingen is het geruis hoorbaar van vermoedelijk de gasleiding

Ook bovengronds is het hoorbaar, geluid komt uit de richting van de kust

Volgens mij is dieptemeter van Tuimelaar niet helemaal betrouwbaar, zie vorige metingen

SM 1.3

Windkracht 3 BF

Golfhoogte 0.5 - 1.0 m

Diepte 20.0 m

Positie 51.32.214 2.56.005 E
N

DAT tijd	GPS tijd	Opmerking
0:00		Start ref signaal CH1
1:20		Start ref signaal CH2
2:30	10.09.10	start meting Geluid ok Schip 4 minuten geleden gepasseerd op korst afstand, afstand onbekend Veel Storing
9:10		Storing door slecht contact aarding, probleem opgelost Af en toe getik hoorbaar, vermoedelijk hydrofoon tegen touw
15:00	10.21.43	51.31.005 N 02.55.724 E getik minder door touw 30 cm omhoog
17:40		gek geluid
18:40		schip nadert
24:00		zwaarder geluid continu hoger freq geluid op CH1, gn storing
30:40		geluid van kettingen
35:00	10.41.41	51.30.775 N 02.55.207 E Franse heltrawler op dichtste punt, afstand ongekend
49:00	10.55.44	51.30.641 N 02.54.813 E
49:45		start ref signaal CH 1
50:55		start ref signaal CH 2 Einde meting Diepte 30.0 m

SM 2.3

Diepte 20.0 m
 Windkracht 1 BF
 Golfhoogte < 0.5m

DAT tijd	GPS tijd	Opmerking
0:18		start ref signaal CH 1
1:18		start ref signaal CH 2
2:30	11.28.14	51.32.855 N 02.57.186 E Geluid OK Minder geluid dan SM 7 Boven water geluid hoorbaar, volgens Dietrich van zware pomp Jan en ik denken eerder aan een scheepsmotor, alhoewel er geen schip zichtbaar is Meting is pal op pijpleiding Geen zichtbare scheepsbeweging
20:00	11.45.45	51.32.496 N 02.56.816 E
30:00	11.55.44	51.32.292 N 02.56.625 E
35:00	12.00.44	51.32.193 N 02.56.534 E Diepte 19.00 m Einde meting
35:40		Start ref signaal CH 1
37:00		Start ref signaal CH 2

SM 3.3

Diepte 27.0 m
 Windkracht 1 BF
 Golfhoogte <0.5 m

DAT tijd	GPS tijd	Opmerking
0:00		start ref signaal CH 1
01:00		start ref signaal CH 2
2:10	12.33.46	51.35.247 N 02.59.573 E start meting Geluid ok weer vermoedelijk pijpleiding geen zichtbare scheepsbeweging

25:00	12.56.35	51.34.920 N 02.59.079 E
33:00	13.04.35	51.34.818 N 02.58.924 E Diepte 24.8 m Einde meting
33:20		start ref signaal CH 1
34:30		start ref signaal CH 2