

Wind op Zee:

Effecten van onderwatergeluid ?

TNO | Knowledge for business



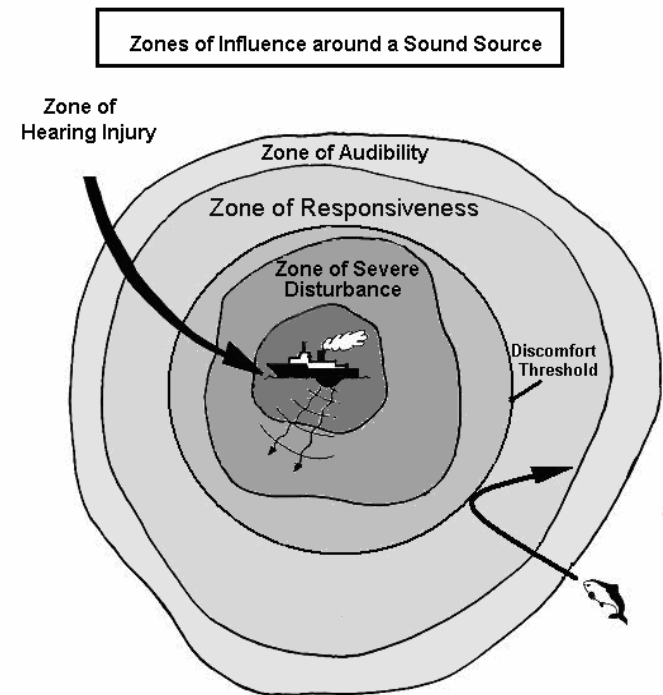
Christ de Jong

Mogelijke effecten van onderwatergeluid op zeeleven

- Verstoring van gedrag:
 - Geluid is hét middel voor orientatie en communicatie
- Stress
- Gehoorbeschadiging:
 - Temporary Threshold Shift (TTS)
 - Permanent Threshold Shift (PTS)
- Weefselbeschadiging / Dood



Wat is hier gebeurd?



Verboom & Kastelein (2005): UDT 2005

Ecologische effecten van onderwatergeluid ?

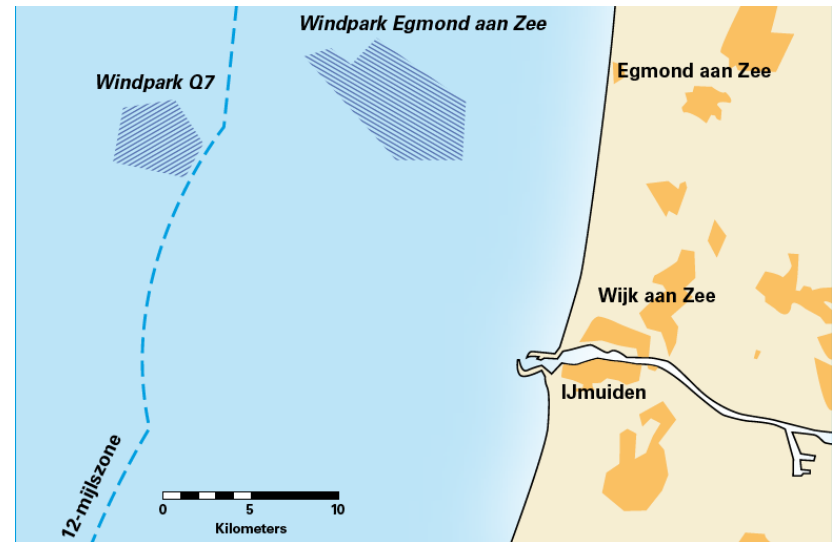
- Blootstelling ('dosis')
 - a) geluidbronnen en geluidverspreiding (in ruimte en tijd)
 - b) diersoorten en hun verspreiding (in ruimte en tijd)
- Dosis-effect relatie (voor individuele dieren)
 - a) beschadiging (gehoor / weefsels / ...)
 - b) gedragsbeïnvloeding
- (lange termijn) effect op populatie

Akoestici, biologen, ecologen:
TNO – HWE - IMARES – DELTARES – SEAMARCO – IBL ...

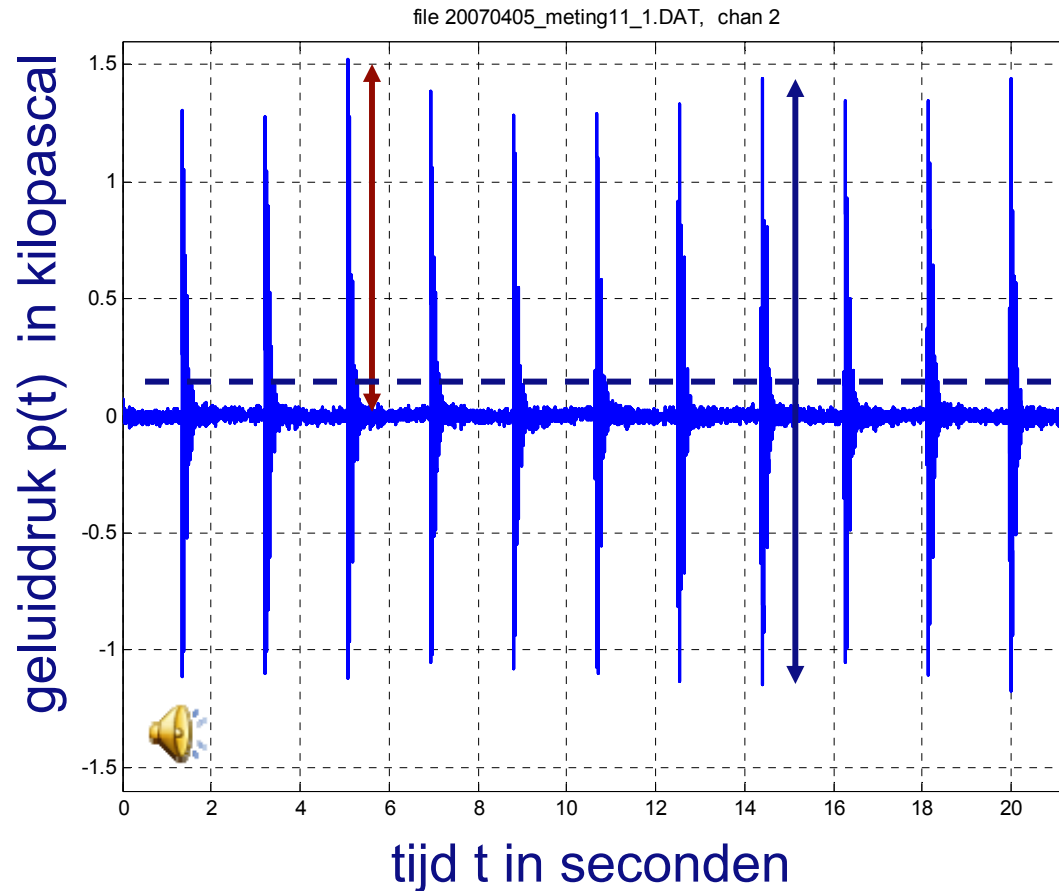
Heien voor windmolens

Monopiles (Q7):

- 4 m diameter, 54 m lang
- Hameren naar 30 m diepte
- 3000-4000 klappen, 2-2.5 uren
- 800 kJ/klap, ~32 klappen/ minuut



Geluid karakteriseren



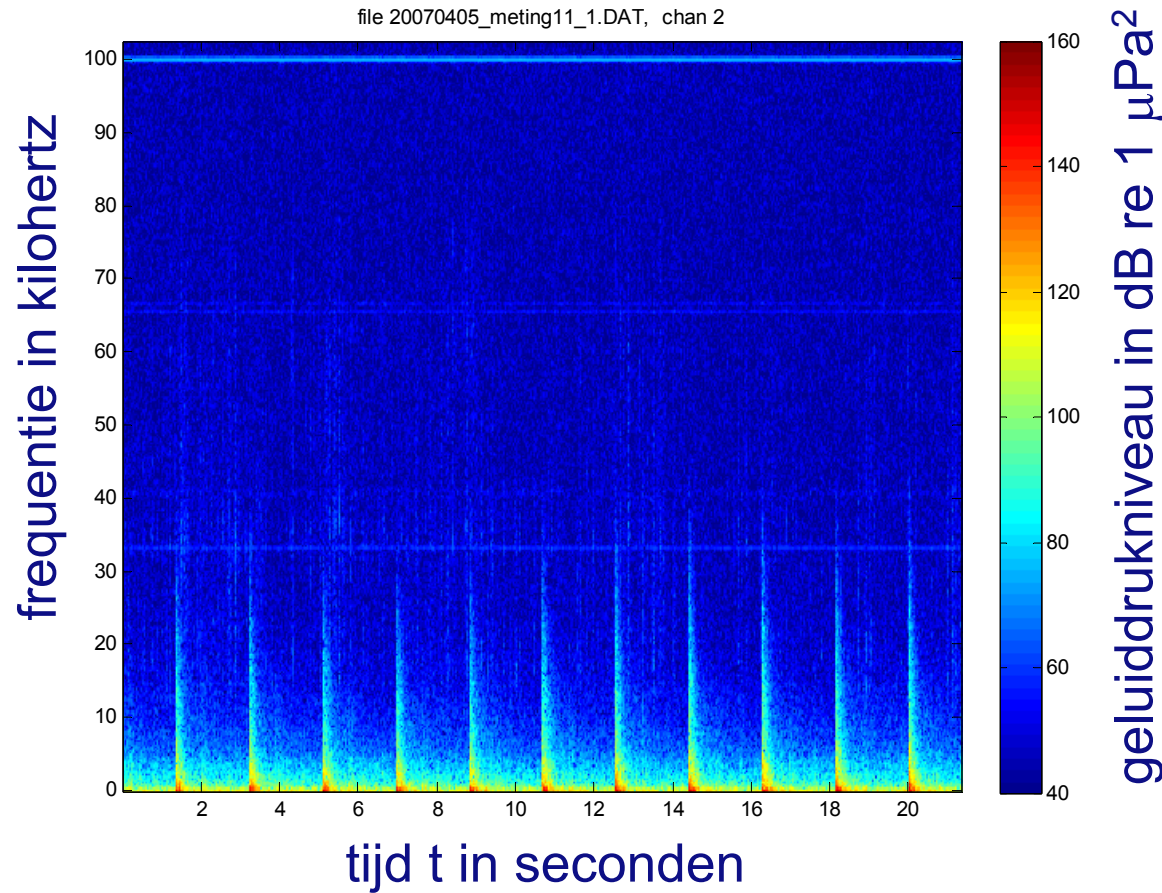
- continu of puls

Sterkte?

- 'piek'druk
- 'piek-piek'druk
- tijdgemiddelde geluiddruk
- blootstelling:

$$\int_0^T p^2(t) dt$$

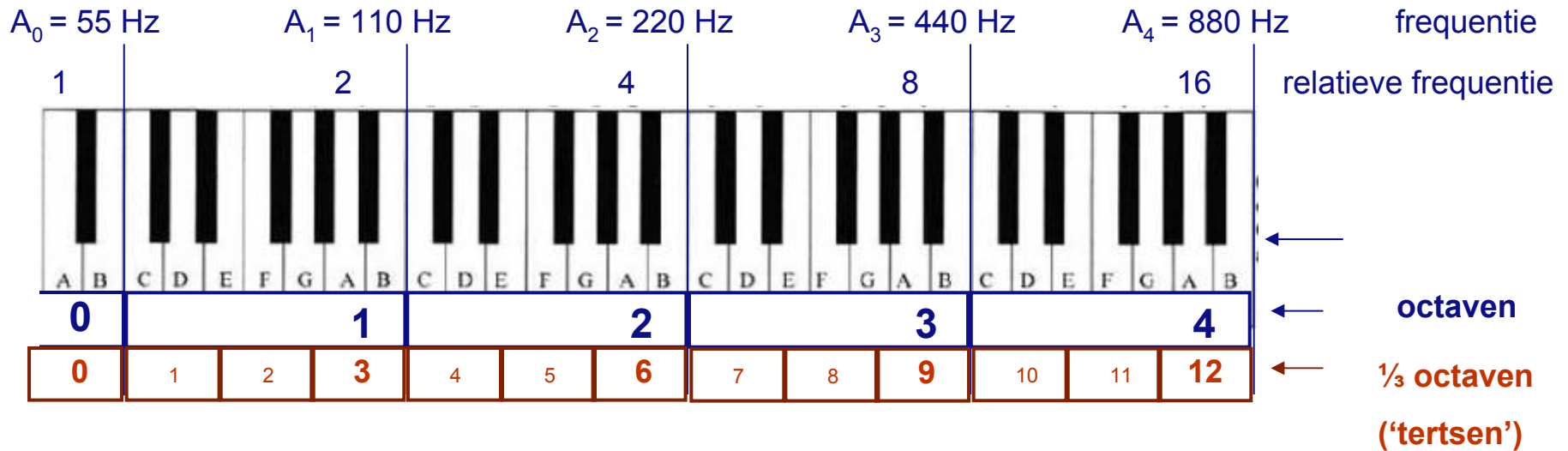
Geluid karakteriseren (2)



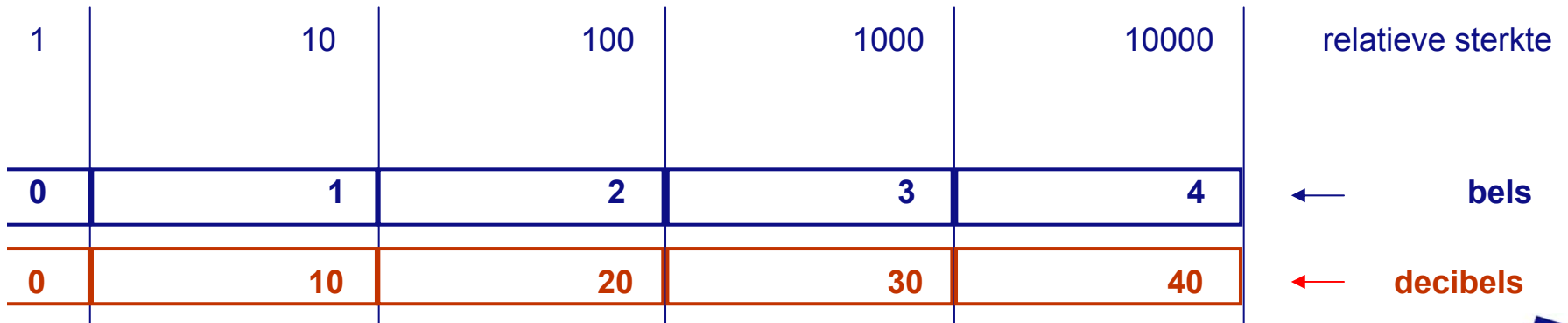
- Toonhoogte (frequentie)
- Geluidniveau in decibel (dB re)

Frequentiebanden en decibels

Frequentie

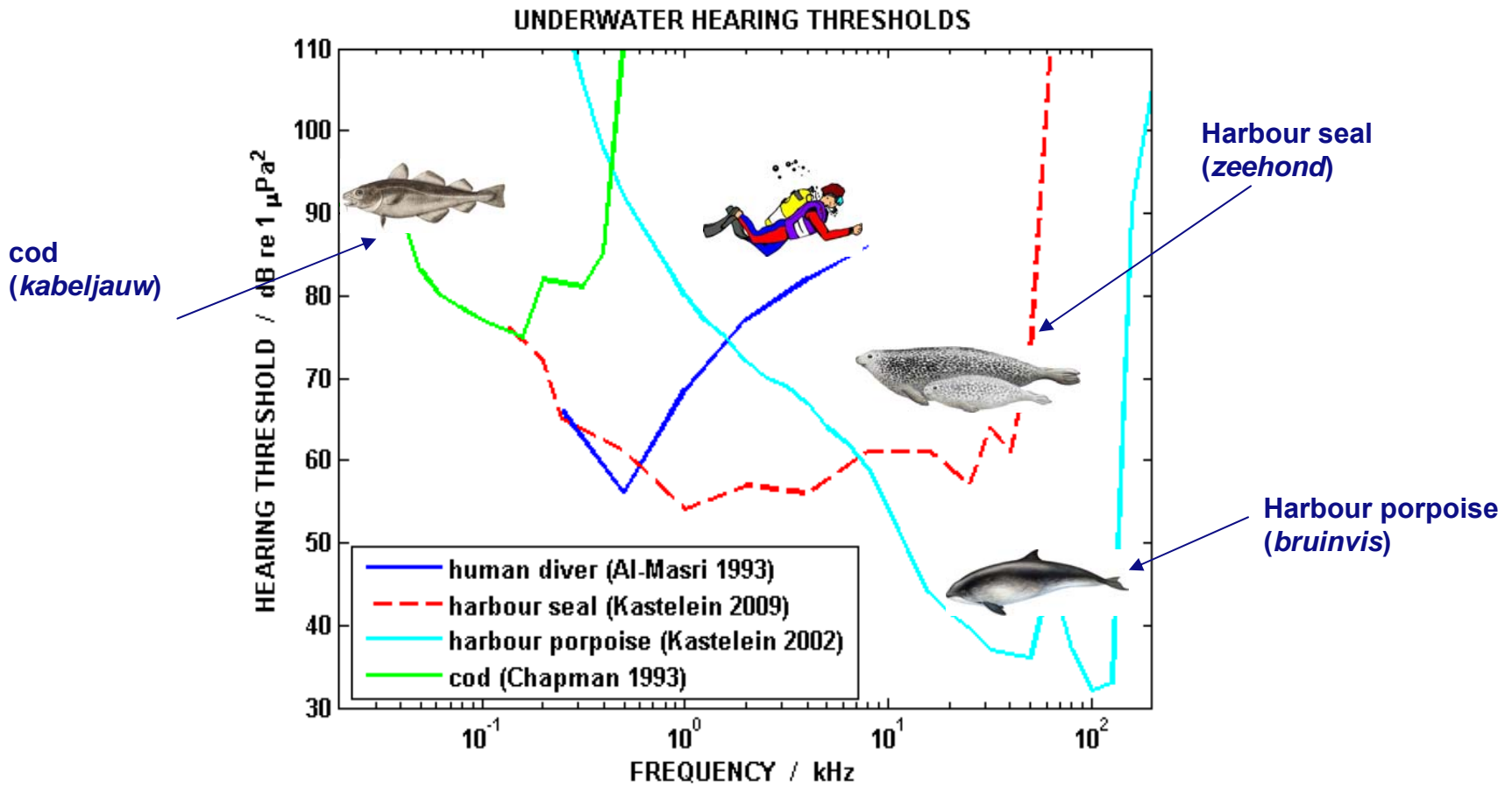


Geluidssterkte

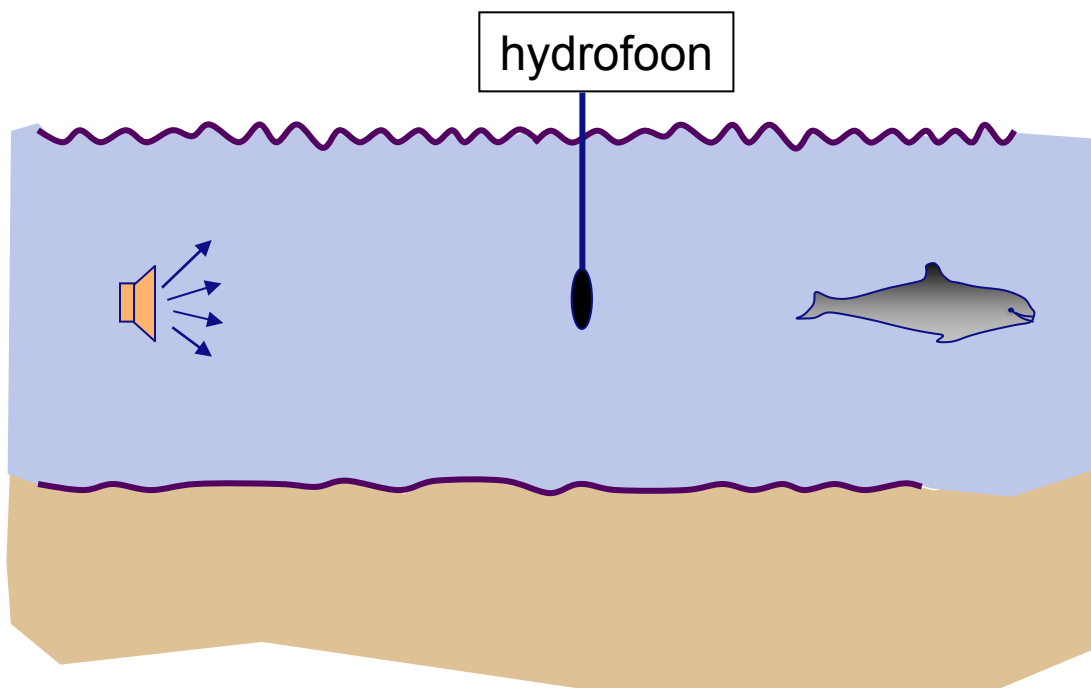


Frequentie bepaalt hoorbaarheid per diersoort

audiogram = gehoordrempel



Bronnen en ontvangers



bron → propagatie → ontvanger

Meting vertalen naar
geluidverdeling:

- Bronsterkte
- Propagatiemodel

Propagatieverlies in
ondiep water:

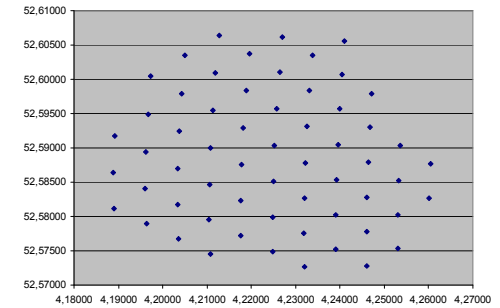
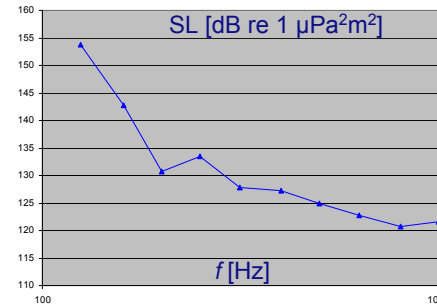
- Geometrische spreiding
- Verstrooiing aan
wateroppervlak en
zeebodem
- Absorptie in water
- Absorptie in sediment

Zie www.noordzeeloket.nl (→ Bibliotheek → Nota's en rapporten)

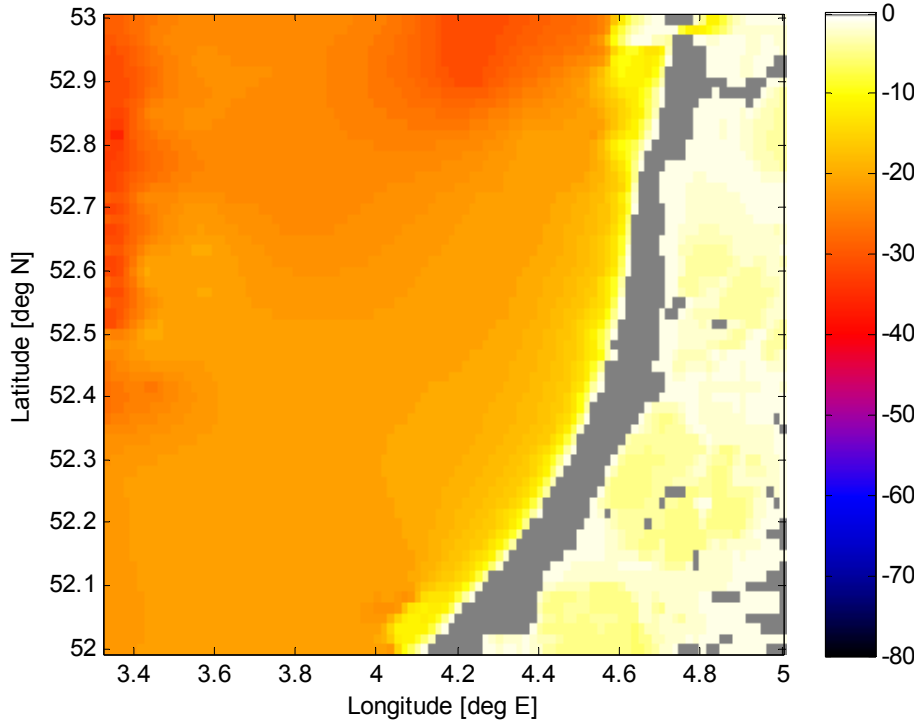
TNO rapport 2009 “*Assessment of natural and anthropogenic sound
sources and acoustic propagation in the North Sea*”

Propagatiemodel: geluidkaarten (voorbeeld)

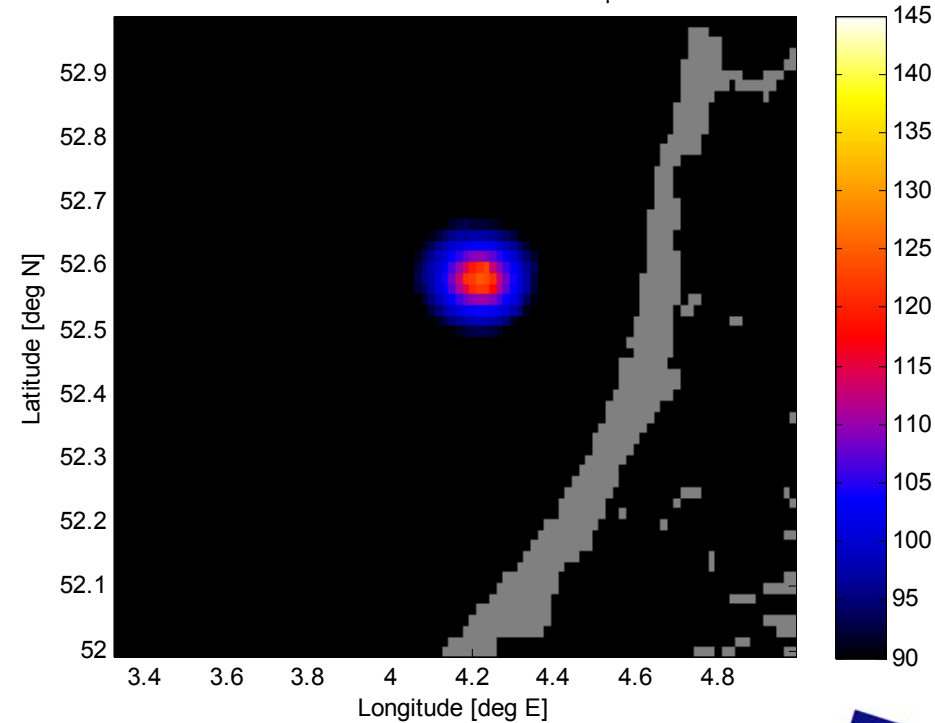
- Operationeel windpark
- Q7 locates (60 turbines)
- Bronniveau van Deense turbine (*Paludans Flak*, 50% power)
[BMU-report 0329947, 2007]



Water depth in metres: GEBCO 1-minute grid



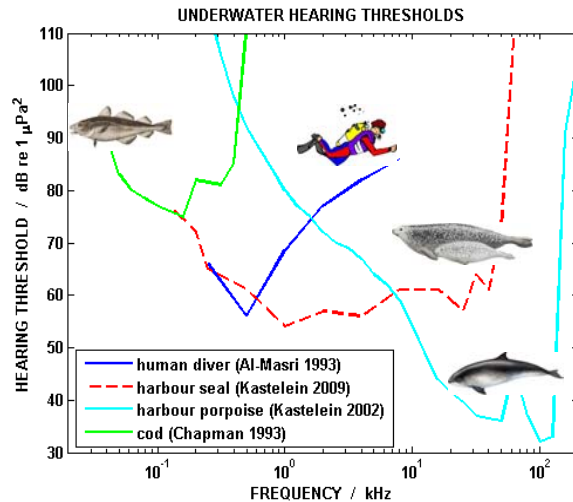
Noise level distribution in dB re 1 μPa^2



Dosis-effect relaties

Bepaald in bio-akoestische studies met individuele dieren

- Hoorbaarheid
- Gedragsbeïnvloeding
- Tijdelijke gehoorbeschadiging (TTS)



Criteria ?

US: Southal et al. recommendation, 2007

NL: Verboom & Kastelein, 2005 - 2008

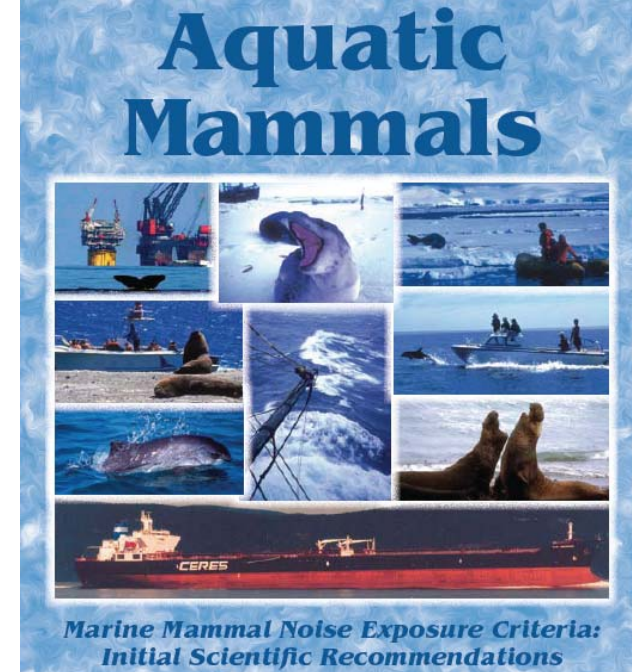
Grenswaarden voor:

- Gehoorbeschadiging (PTS)
- Tijdelijke gehoorbeschadiging (TTS)
- Vermijdingsgedrag

Aandachtspunten:

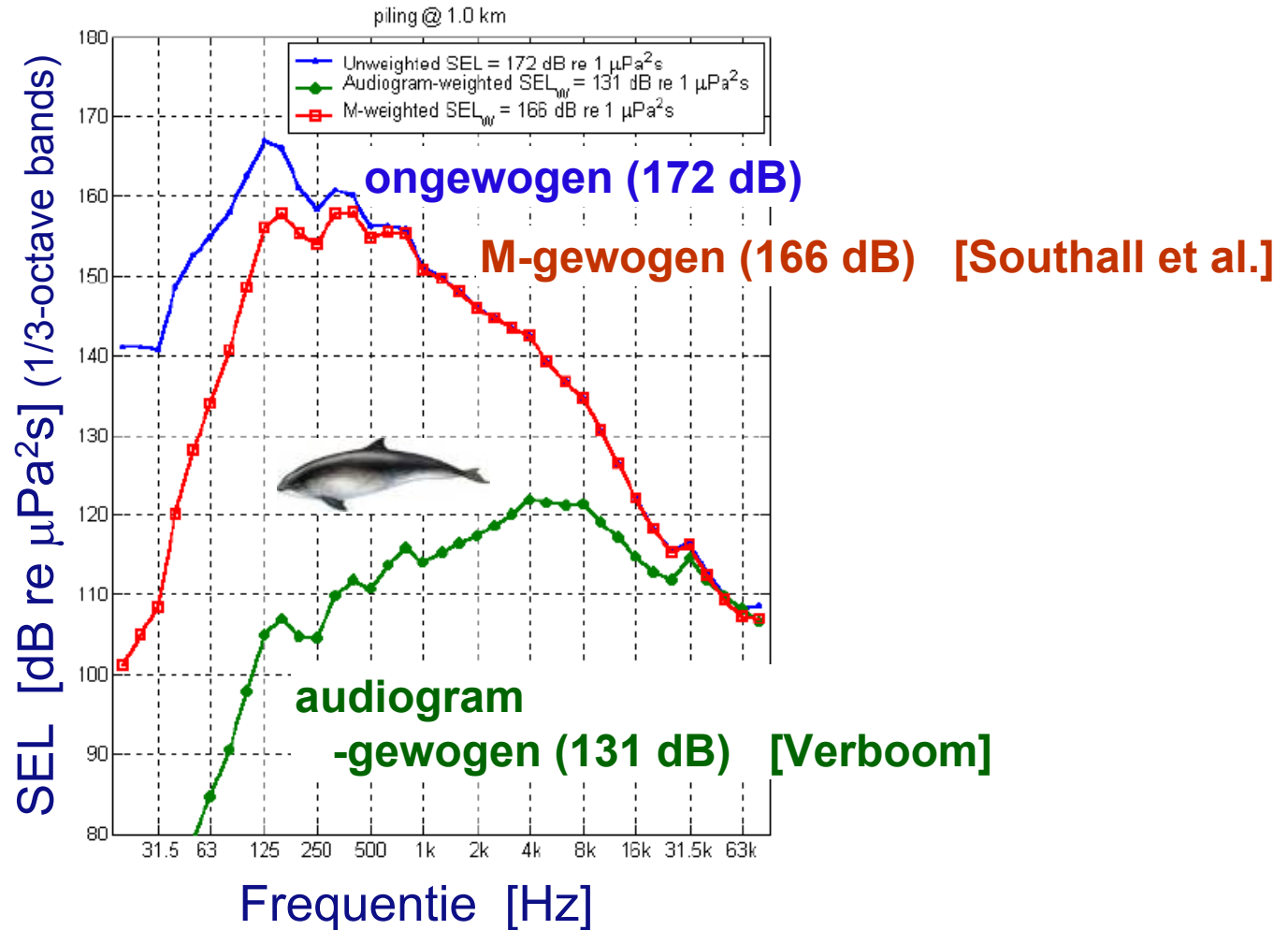
- Frequentieweging (gevoeligheid diersoorten)
- Incidentele of cumulatieve blootstelling
- Akoestische maat: piekdruk, tijdgemiddelde geluiddruk, SEL, ...

Nog grote gaten in kennis !

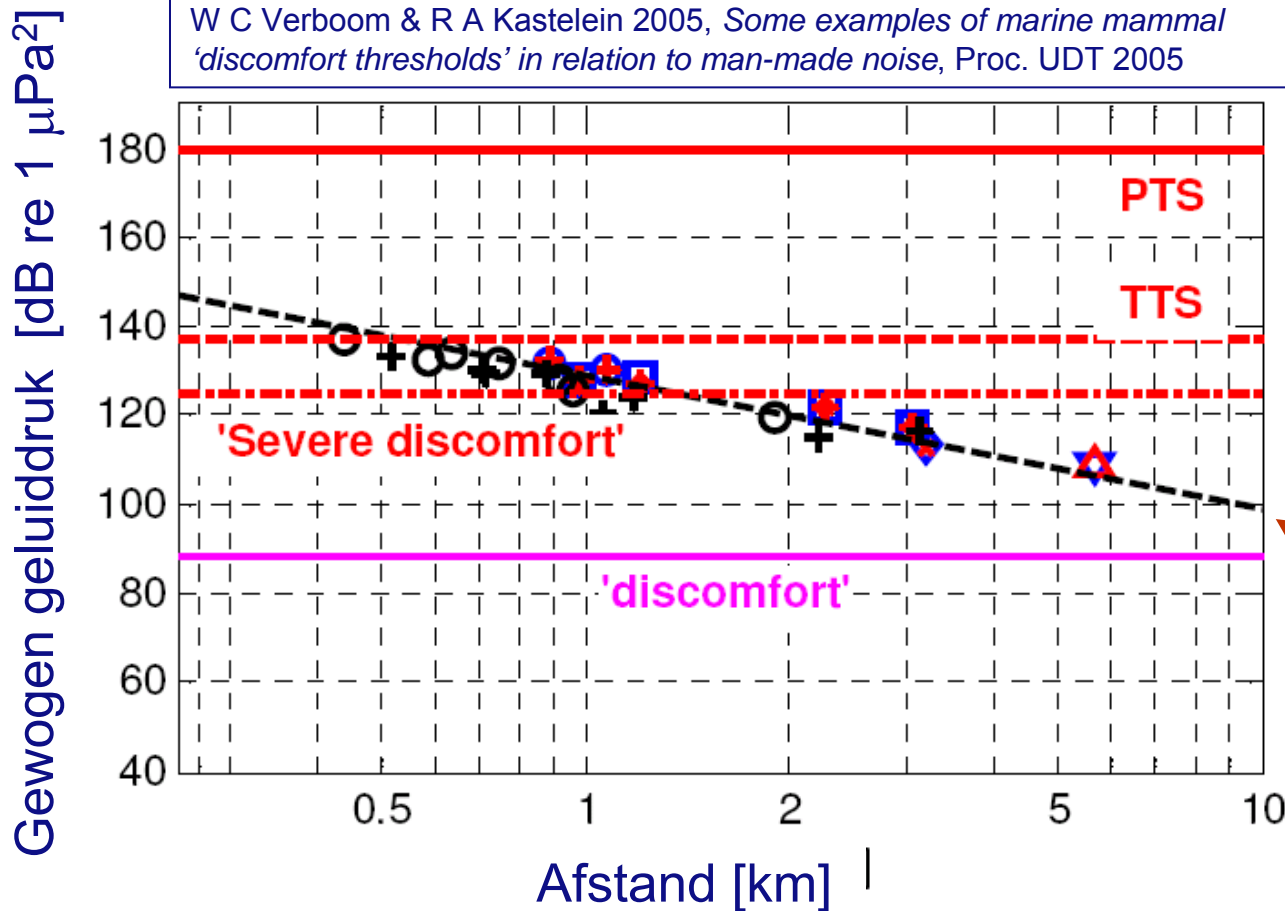


Brandon L. Southall,^{1,2} Ann E. Bowles,³ William T. Ellison,⁴ James J. Finneran,⁵
Roger L. Gentry,⁶ Charles R. Greene Jr.,⁷ David Kastak,² Darlene R. Ketten,^{8,9}
James H. Miller,¹⁰ Paul E. Nachtigall,¹¹ W. John Richardson,¹²
Jeanette A. Thomas,⁹ and Peter L. Tyack⁹

Blootstelling per heiklap op 1 km afstand



Verboom-Kastelein criteria voor bruinvissen



Extrapolatie is onzeker !!

Voorzichtige conclusies: $R < 0.5 \text{ km} \rightarrow \text{TTS}$
 $R < 1.5 \text{ km} \rightarrow \text{'severe discomfort'}$

