

## Hoe geluid het gedrag van kabeljauw beïnvloedt

# Herrie onder water

Kabeljauwen zijn gevoelig voor geluid veroorzaakt door menselijke activiteiten.

### TEKST

Floor Soudijn, Wageningen Marine Research  
Jeroen Hubert, Universiteit Leiden  
Inge van der Knaap, Universiteit Leiden

### ILLUSTRATIES

Yoeri van Es, Evren Kalubacak, Miroslav Halama, Errol Neo, Christian Thiel en Wageningen University & Research

Er worden steeds meer aanwijzingen gevonden dat vissen worden beïnvloed door geluid van menselijke activiteiten op zee.

De gevolgen hiervan voor populaties op lange termijn zijn nog onduidelijk, zo ook voor de Noordzeekabeljauw. Gecombineerd onderzoek geeft een eerste beeld van de mogelijke effecten van seismisch onderzoek op het gedrag van deze vis.

De mens maakt intensief gebruik van de Noordzee. Voor de aanleg van windmolenparken en olieplatforms worden enorme stalen palen in de zeebodem geheid en bij seismisch onderzoek klinkt elke vijf tot vijftien seconden een harde knal. De weerkaatsing van deze geluidsgolven geeft inzicht in de samenstelling van de bodem, zo kunnen olie- en gasvelden in kaart worden gebracht. Verder maakt de Koninklijke Marine regelmatig bommen uit de Tweede Wereldoorlog onschadelijk door ze op zee te laten ontploffen. De meeste herrie komt van de scheepvaart: de Noordzee is een van de drukst bevaren zeeën ter wereld, met alleen

op het Nederlands Continentaal Plat al 3.600 km<sup>2</sup> aan scheepvaartroutes.

### Wiskundige modellen

Om langetermijneffecten van verstoringen op vispopulatie-niveau in een bepaald gebied te voorspellen, worden wiskundige modellen gebruikt. Deze modellen geven inzicht in vragen als: hoeveel vissen zijn er over ongeveer tien jaar? Hoe groot en hoe oud zijn die vissen dan? En is de populatie gezond? Ook de effecten van geluidsverstoring op populatie-niveau zijn met een model te bekijken.



In drijvende kooien werden de kabeljauwen blootgesteld aan geluid.

Een recente publicatie van Floor Soudijn in het wetenschappelijke tijdschrift *Proceedings of the Royal Society B* toont aan dat geluid snel een negatief effect heeft op kabeljauwpopulaties als geluidsverstoring leidt tot een lagere voedselinname of hogere energetische kosten. Ze onderzocht hoe lagere voedselinname (bijvoorbeeld door verstoring bij het jagen), hoger energieverbruik (bijvoorbeeld door stress of vluchtgedrag), extra sterfte (bijvoorbeeld als gevolg van verwondingen door zeer luide geluidsbronnen) en minder nakomelingen (bijvoorbeeld door verstoring tijdens het paaien) de populatieontwikkeling van kabeljauw beïnvloeden. Een lagere voedselinname en hoger energieverbruik blijken de ontwikkeling van kabeljauwpopulaties het snelst te remmen. Beiden vertragen de groei van vis en daarmee verminderen de overlevingskansen van kabeljauw tot volwassenheid: minder individuen zullen nakomelingen kunnen produceren.

Veranderingen in voedselinname en energieverbruik kunnen optreden doordat het gedrag van de vis verandert bij blootstelling aan geluid. Denk aan vluchtgedrag bij geluidsverstoring – waardoor de

## Vissen en geluid

Vissen hebben een uitstekend gehoor en gebruiken geluid om zich te oriënteren, bijvoorbeeld om een prooi of geschikt leefgebied te vinden. Veel vissen gebruiken geluiden ook om te communiceren. Ze hebben geen stembanden, maar maken geluid door hun zwemblaas te laten trillen, hun vinnen te bewegen of met hun mond te raspen. Tijdens het paaiseizoen maken mannetjeskabeljauwen knorrende geluiden om hun territorium te verdedigen en vrouwtjes aan te trekken. Dit doen ze door de zogenaamde ‘trommelspielen’ rond hun zwemblaas samen te trekken. Andere vissoorten gebruiken geluid om geschikt leefgebied te vinden. Jonge koraalvissen zijn hier een voorbeeld van. De larven van veel koraalvissen groeien namelijk niet op in een koraalrif, maar in dieper water daar vlakbij. Als ze groot genoeg zijn, vinden ze – mede op hun gehoor – hun weg naar de koraalriffen. De dieren op het koraalrif maken namelijk allerlei knallende, knetterende en grommende geluiden. Onderwatergeluiden van menselijke activiteiten op en in zee kunnen bijvoorbeeld foerageergedrag van vissen verstoren. Ombervissen in riviermondingen in Australië zijn in weekenden minder actief en hebben dan minder voedsel in hun maag dan doordeweeks. Dit is precies wanneer er meer boten op het water zijn. Arctische kabeljauw vertoont bij geluid van schepen minder zwembewegingen die duiden op foerageergedrag, en videomateriaal gemaakt door duikers laat bij zwaluwstaartvissen hetzelfde zien.



Scheepvaart vormt de belangrijkste vorm van menselijk geluid in de Noordzee.

foerageertijd afneemt of de vis zijn favoriete jaagterritorium verlaat – of aan het moeilijker horen van een prooi vanwege achtergrondgeluid. Vluchtgedrag kan ook tot extra energieverlies leiden omdat de vis daarbij meer of sneller zwemt dan normaal. Ook stress door geluidsverstoring kan energie kosten. Want stress kost heel veel energie, ook bij vissen. Hoe kabeljauw precies reageert op geluidsoverlast is nog onbekend. Daarvoor is meer gericht onderzoek nodig naar de effecten van onderwatergeluid op het gedrag en de fysiologie van vissen.

### Seismisch onderzoek

In het project PCAD4Cod werd met behulp van akoestische telemetrie op kleine en grote schaal gedrag van kabeljauw tijdens seismisch onderzoek onderzocht. Dit onderzoek is zowel in een gecontroleerde omgeving ➤





De onderzoekslocatie in de Oosterschelde.

als in het open veld uitgevoerd. In een gecontroleerde omgeving is het verloop van een experiment vaak beter te sturen, en kan meer en nauwkeuriger data worden verzameld. Dit type onderzoek is relatief goedkoop, maar vissen kunnen zich in een gecontroleerde omgeving wel anders gedragen dan in het wild. Mogelijk reageren ze ook anders op verstoring dan ze in hun natuurlijke omgeving zouden doen. De beste aanpak is een combinatie van een gecontroleerde omgeving en een veldexperiment. Gedetailleerde data over het gedrag van de vis bij verstoring zijn zo te combineren met het natuurlijke gedrag van de vissen.

## Population Consequences of Acoustic Disturbance (PCAD4Cod)

Binnen het project Population Consequences of Acoustic Disturbance (PCAD4Cod) werd onderzoek gedaan om populatie-effecten van geluidsoverlast van seismisch onderzoek op kabeljauw te kunnen bepalen. In het project werd, met de hulp van een groot team van nationale en internationale experts, onderzoek gedaan door James Campbell, Jeroen Hubert, Inge van der Knaap en Hans Slabbekoorn (Universiteit Leiden), Jan Reubens (Universiteit Gent, het Vlaams Instituut voor de Zee), André de Roos (Universiteit van Amsterdam) en Erwin Winter en Floor Soudijn (Wageningen Marine Research). Het project werd mede gefinancierd door het E&P Sound & Marine Life Joint Industry Programme, het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek - Vlaanderen (FWO) en Lifewatch. Naast de modelstudie van Floor Soudijn, werd het gedrag van kabeljauw door Jeroen Hubert en Inge van der Knaap bestudeerd in experimenten met geluid van seismisch onderzoek.

## Energieverbruik en geluid

Voor zijn proefschrift deed Jeroen Hubert in 2017 onderzoek naar het gedrag van kabeljauw in een groot drijvend net (een soort kooi) in een baai van de Oosterschelde. In de kooi werd wild gevangen kabeljauw blootgesteld aan geluid van seismisch onderzoek uit een luidspreker. De kabeljauwen kregen een zender en rond de kooi waren vier ontvangers geplaatst om elke twee seconden de positie van de vissen te kunnen bepalen. Eerst zwom de vis een tijd rond zonder extra geluid, waarna een uur lang seismisch geluid werd afgespeeld. Met statistische modellen classificeerde Hubert daarna het gedrag van de vissen, bijvoorbeeld exploratiegedrag (mogelijk inclusief het zoeken naar voedsel) of het afleggen van grote afstanden. Een klein deel van de individuen leek hun gedrag te veranderen door het geluid. In de nabije toekomst is met deze informatie wellicht te bepalen of kabeljauwen tijdens seismisch geluid meer of minder eten en wat dan hun energieverbruik is.

## Zwemgedrag en geluid

Inge van der Knaap voerde voor haar proefschrift in 2018 een groot veldexperiment uit waarbij Noordzee-kabeljauwen in hun natuurlijke leefomgeving aan echt seismisch onderzoek werden blootgesteld. Kabeljauw is in de zomer voor langere tijd aanwezig op scheepswrakken en andere harde structuren zoals de fundering van offshore windturbines. Hier vinden ze voedsel – krabbetjes en kleine vissen – en een goede bescherming tegen predatoren. Het experiment werd uitgevoerd met gezenderde kabeljauwen in een Belgisch windpark. Vlak langs het park voerde een schip seismisch onderzoek uit zoals gebruikelijk bij het zoeken naar

## Akoestische onderwater telemetrie

Een nadeel van werken onder water is dat je dieren niet kunt zien en niet kunt volgen met gps. Om de zwempatronen van vissen te volgen, is daarom zowel bij het onderzoek van Hubert als dat van Van der Knaap akoestische telemetrie gebruikt. Dit gebeurt met zenders die zo klein zijn dat ze in de buikholte van vissen passen. Ze zenden een geluidssignaal uit ver boven de gehoorgrens van mensen en vissen, maar dat wél wordt opgepikt door geplaatste ontvangstations wanneer het dier in de buurt is. De ontvangstations – bestaand uit een hydrofoon (onderwatermicrofoon) en geheugenkaart – worden op vaste posities op de bodem van de zee geplaatst. Als een signaal door minimaal drie ontvangstations wordt opgepikt, is de positie van de vis te bepalen. Met een netwerk van stations zijn zo de zwempatronen van de vis te volgen. Daarnaast kan de zender volgen hoe diep de vis zwemt en of deze versnelt in zijn bewegingen. Deze gegevens geven inzicht in het gedrag van het individu: is de vis aan het rusten, voedsel aan het zoeken, of gewoon een beetje aan het rondzwemmen?



Kabeljauwen worden voor het veldonderzoek voorzien van een zender. Op de achtergrond worden kabeljauwen voor het onderzoek met de hengel gevangen.

fossiele brandstoffen. De resultaten van de studie – die nog door Van der Knaap worden verwerkt – geven inzicht in de effecten van seismisch onderzoek op de aanwezigheid van kabeljauw, hoe

Welke geluidsbron heeft het meeste effect op vissen? En welke veranderingen in gedrag of fysiologie van de vis leiden uiteindelijk tot negatieve effecten voor de populatie? Dit vergt verder onderzoek gericht op de aansluiting tussen kwantitatieve uitkomsten van experimenten en populatiemodellen. Door de koppeling te maken tussen gedragsstudies en populatiemodellen hopen onderzoekers de langetermijneffecten van geluidsverstoring op vissen uiteindelijk te kunnen voorspellen.

dicht de dieren op harde structuren zitten en hun zwempatronen. De eerste resultaten wijzen erop dat kabeljauwen niet direct door het geluid werden verjaagd. Wel zwommen ze tijdens de blootstelling aan geluid langere stukken of zaten ze juist meer stil. Deze gedragsveranderingen kunnen de voedselopname en het energieverbruik negatief hebben beïnvloed. Gecombineerd met het gecontroleerde onderzoek van Hubert geven de resultaten een beeld van de effecten van dit type geluid op het gedrag van kabeljauw.

### Regelgeving onderwatergeluid

Daar waar regels rond geluid op land – bijvoorbeeld rond rijkswegen – al heel lang normaal zijn, is dit soort regelgeving op zee nog volop in ontwikkeling. De EU schrijft voor dat onderwatergeluid het mariene milieu niet mag schaden. De Europese richtlijnen stellen dat verstoringen op lange termijn geen negatieve gevolgen mogen hebben voor populaties en ecosystemen. Deze eis roept de vraag op welke normen en regels nodig zijn om het mariene milieu afdoende te beschermen tegen onderwatergeluid. Om deze vraag te beantwoorden voor vissen zoals de kabeljauw, moeten meer specifieke vragen worden gesteld. Hoe beïnvloedt geluid in de zee vissen precies?



Schematische weergave van het geluidsonderzoek in open zee.

## Geraadpleegde literatuur

Ga voor de geraadpleegde literatuur naar [www.invisionair.nl](http://www.invisionair.nl)