



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## River soundscapes: the human-altered acoustic world of migratory fish

Velde, K. te

### Citation

Velde, K. te. (2026, May 13). *River soundscapes: the human-altered acoustic world of migratory fish*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/4304785>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/4304785>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

## Nederlandse Samenvatting

Zoetwater vormt minder dan 0,01% van al het water op aarde, maar herbergt bijna 6% van alle bekende diersoorten. Die grote soortenrijkdom is ontstaan door de versnipperde aard van zoetwatersystemen, maar juist daardoor zijn ze extra kwetsbaar voor menselijke invloeden. Sinds 1970 is de biodiversiteit in zoetwater met maar liefst 87% afgenomen, veel sterker dan op land of in zee, en een kwart van alle zoetwaterdieren wordt met uitsterven bedreigd. Vooral vissen, en in het bijzonder trekvisseren, worden bedreigd door kanalisatie, verstedelijking, migratiebarrières, vervuiling, overbevissing en klimaatverandering. Een factor die daarbij maar zelden wordt meegenomen, is geluidsoverlast. Door bevolkingsgroei, technologische ontwikkeling en uitbreiding van transportnetwerken is de hoeveelheid menselijk lawaai sterk toegenomen, zowel op het land als onder water. Hoewel de invloed van geluid op zeedieren, met name zeezoogdieren, redelijk goed is onderzocht, weten we nog weinig over de effecten op zoetwaterdieren. Omdat geluid zich in rivieren en meren anders verplaatst dan in zee, en de diersoorten en hun omgeving sterk verschillen, kunnen de gevolgen van menselijke herrie in zoetwater ook anders uitpakken. Maar om te begrijpen wat die invloed is, moeten we eerst weten hoe vissen en andere waterdieren natuurlijke geluiden gebruiken in hun leefomgeving.

Vrijwel alle waterdieren kunnen geluid en trillingen waarnemen en verscheidene onderzoeken laten zien dat die informatie door vissen op verschillende manieren gebruikt wordt: Om te communiceren, vijanden of prooien te detecteren, zich te oriënteren, of om geschikte leefgebieden te vinden. Geluid heeft een aantal voordelen ten opzichte van andere bronnen van informatie: In troebel water en in de nacht is zicht vaak beperkt en in tegenstelling tot geur verplaatst geluid zich snel en tegen de stroming in. Wij denken daarom dat geluid een belangrijke rol kan spelen tijdens migratie, waarbij vissen belangrijke beslissingen moeten nemen met beperkte informatie. Omdat er zelden geluiden worden opgenomen in zoetwater, weten we nog maar weinig over welke geluiden er überhaupt in voorkomen. Om te kunnen testen of vissen gebruik maken van natuurlijke geluiden voor

beslissingen tijdens hun migratie, heb ik met behulp van hydrofoons eerst veel opnames gemaakt in rivieren verspreid over Europa. Daarbij heb ik geprobeerd om geluiden vast te stellen met de grootste potentie als cue voor migratie. Om het daarmee mogelijk te maken om gedragsexperimenten uit te voeren die de rol van deze geluiden in gedragsbeslissingen testen. Daarnaast heb ik in kaart gebracht wat de belangrijkste bronnen van menselijk lawaai zijn in zoetwater, en wat de mogelijke invloed hiervan kan zijn op onderwater dieren.

In dit proefschrift heb ik beschreven welke geluiden er voorkomen in zoetwater systemen, wat het mogelijke belang is van natuurlijke geluiden voor onderwater dieren, en hoe menselijke geluid van auto's en schepen, invloed kan hebben op trekvissen. In hoofdstuk 2 en 4 laat ik zien dat fysieke eigenschappen van rivieren, zoals stroomsnelheid, bodemtype en de grootte van de rivier elk hun eigen karakteristieke geluid produceren. De geluidlandschappen die door deze geluiden ontstaan bieden vissen informatie die hen mogelijk kan helpen bij het oriënteren, lokaliseren, en het kiezen van geschikte leefgebieden. Daarnaast heb ik in hoofdstuk 2 en 4 ook meerdere biologische geluiden beschreven, zoals die van vissen, insecten, amfibieën en planten. Deze biologische geluiden kunnen mogelijk ook informatie opleveren over de kwaliteit van een leefgebied, de aanwezigheid van roofdieren of voortplantingskansen.

In hoofdstuk 2 & 3 laat ik zien dat herrie van wegverkeer wijdverspreid is in rivieren. Geluid van wegverkeer is goed waarneembaar in rivieren, en is in steden en onder bruggen het luidst. Maar ook op enkele honderden meters afstand is het geluid van een snelweg nog waar te nemen onder water. In hoofdstuk 4 laat ik zien dat ook scheepvaart veel invloed heeft op het geluidlandschap in de grote rivieren. Wanneer er een boot passeert, zijn vrijwel alle natuurlijke geluiden niet meer te horen. Met name rivieren met veel commerciële scheepvaart zoals de Rijn en Elbe ervaren veel herrie van schepen. Omdat commerciële schepen verplicht zijn om gps aan boort te hebben, is het makkelijker om te voorspellen hoe groot de invloed van deze schepen is op het geluidlandschap in zoetwater systemen in Europa, maar de invloed van recreatieve scheepvaart is nog

onzeker.

Om te weten wat de invloed is van deze herrie op trekvissen is, en of trekvissen de informatie in natuurlijke geluiden ook daadwerkelijk gebruiken tijdens hun migratie, zijn gedragsexperimenten nodig. Om dit soort onderzoek mogelijk te maken, heb ik samen met mijn team tijdens dit promotieonderzoek veel tijd gestoken in het ontwerpen, bouwen en testen van de MIGRADROME: Een innovatieve zwemtunnel waarin het effect van geluid op migratiegedrag van vissen kan worden onderzocht. Omdat het lastig is om natuurlijke geluidsvelden onder water goed na te bootsen in aquaria, heb ik in hoofdstuk 5 onderzocht welke verschillende geluidsvelden er in een experimentele opstelling kunnen worden gecreëerd met behulp van 10 onderwater speakers. Ik liet zien dat de beperkte verplaatsing van laagfrequente geluiden in ondiep water het mogelijk maakt om geluidsbarrières en gradiënten te creëren, maar met behulp van genoeg speakers, kan er ook een relatief homogeen geluidsveld worden gecreëerd door de hele zwemtunnel. De MIGRADROME stelt ons daarmee in staat om te testen wat de invloed van natuurlijke en menselijke geluiden is op de zwemmotivatie van vissen, en wat de invloeden van geluids gradiënten en geluids barrières zouden kunnen zijn op de verplaatsing van vissen.

In hoofdstuk 6 voerde ik een eerste gedragsexperiment uit met driedoornige stekelbaarzen uit een migrerende populatie. In een voorkeursexperiment met twee aquaria stelde ik de vissen bloot aan opnames van natuurlijke geluiden van snelstromend water, en aan menselijke geluiden van motorboten. Beide geluiden beïnvloedde de positie van stekelbaarzen in de aquaria, waaruit blijkt dat de stekelbaarzen deze geluiden kunnen waarnemen en er verschillend op reageren: Ze lieten een lichte voorkeur zien voor natuurlijke stromingsgeluiden en meden juist het bootgeluid. Of deze reacties zich ook vertalen naar hun gedrag tijdens echte migratie in het wild, moet nog worden onderzocht in meer natuurlijke omstandigheden, bijvoorbeeld met de MIGRADROME of met vrij zwemmende vissen in het veld.

Er blijft nog veel onbekend over het belang van natuurlijke geluiden voor onderwaterdieren, en de invloed van menselijk

lawaai. Veel natuurlijke geluiden, vooral van kortdurende, soort-specifieke geluiden, zijn nog niet beschreven. Ik heb nu wel laten zien dat stekelbaarzen in aquaria anders reageren op natuurlijke geluiden van stroming en menselijke herrie van boten. We weten echter nog weinig over hoe vrij zwemmende vissen reageren op zowel natuurlijke als menselijke geluiden in zoetwater. Ik liet zien dat lawaai van commerciële binnenvaart kan worden voorspeld met AIS-gegevens, maar er is nog weinig bekend over hoe geluid zich verspreidt in ondiep water en over de verspreiding van andere bronnen van lawaai, zoals recreatievaart en wegverkeer.

Toekomstig onderzoek zou zich moeten richten op veldexperimenten om te testen of en hoe vissen natuurlijke geluiden echt gebruiken, op het meten van de effecten van menselijke geluiden op vismigratie, en op het inzetten van akoestische monitoring met kunstmatige intelligentie om kortdurende biologische geluiden vast te leggen. Ook het ontwikkelen van geluidskaarten kan helpen om te bepalen waar geluid de meeste invloed heeft. Tot slot pleit ik voor het toepassen van het voorzichtigheid principe op lawaai in zoetwatersystemen: Als we er van uit gaan dat elk natuurlijk geluid belangrijke informatie kan bieden aan een dier, dan moeten we zo veel mogelijk beperken dat deze geluiden overstemd worden door menselijk lawaai. Geluidslandschappen zouden moeten worden meegenomen in natuurbeheer, vooral in kwetsbare leefgebieden of belangrijke seizoenen. Geluidsmonitoring en maatregelen om geluid te verminderen zouden moeten worden opgenomen in internationale wetgeving, zoals de Europese Kaderrichtlijn Water.