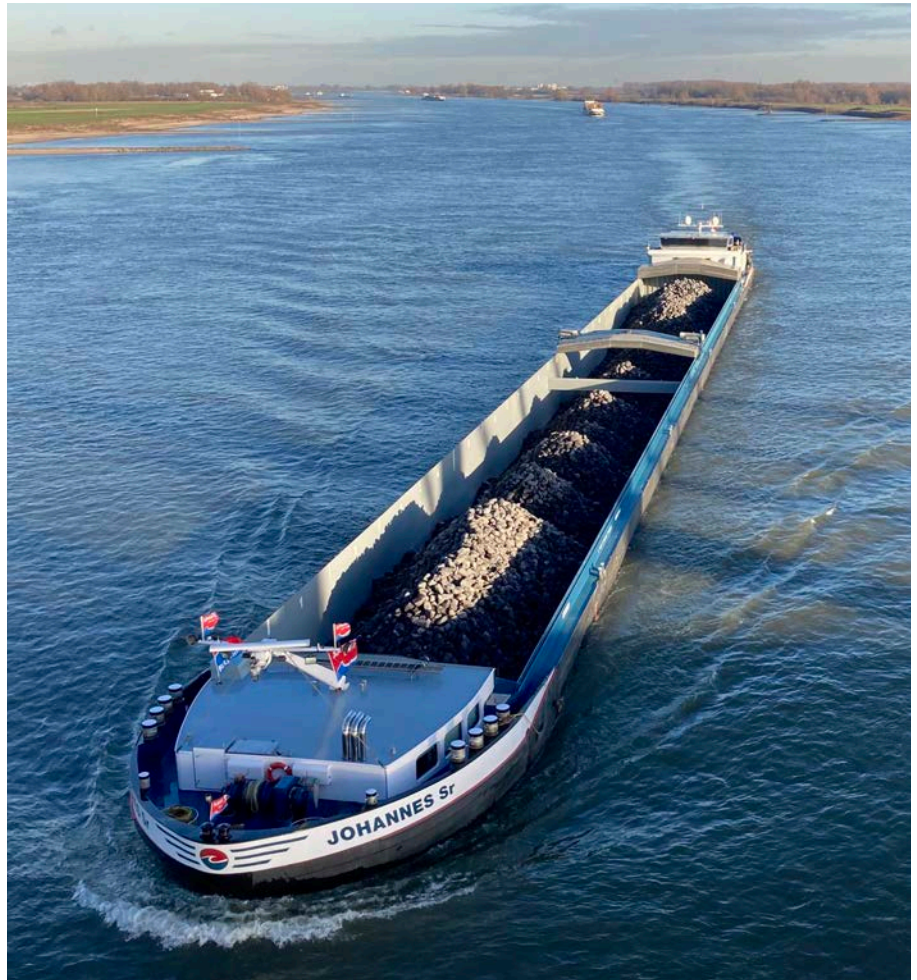


Het effect van scheepvaart op de ontwikkeling van rivierduinen

Scheepvaart zorgt lokaal voor een verhoging van de stroomsnelheid en turbulentie bovenop de al aanwezige rivierafvoer. De geometrie van de rivierduinen ondervindt indirect effect van de scheepsstromingen middels de dynamiek van de kribvlammen. Daarmee zet dit onderzoek een eerste stap in het kwantificeren van het scheepvaarteffect op de ontwikkeling van rivierduinen.

Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het functioneren en toekomstbestendig beheer van onze riviersystemen. De Rijn en de Waal verbinden de belangrijke havens van Rotterdam en Amsterdam met het Ruhrgebied in Duitsland. Gemiddeld passeren dagelijks ongeveer 600 schepen de grens bij Nederland-Duitsland. De waterdiepte in de rivier beïnvloedt scheepvaart, omdat bij laag water de hoeveelheid lading van scheepvaart mogelijk beperkt moet worden om veilig te kunnen varen met voldoende kielspeling. De rivier heeft niet alleen effect op scheepvaart, maar scheepvaart heeft mogelijk ook effect op de dynamiek van de rivier. Retourstromingen en propellerstromingen zijn de belangrijkste oorzaken van sediment transport door scheepvaart. Theoretisch neemt het sedimenttransport op de bodem tijdelijk tot wel tien keer toe gedurende een scheepspassage voor een gemiddelde waterdiepte in de Waal. Het is niet bekend in welke mate



Bovenaanzicht van de golven en stromingen rond een schip ter hoogte van Beneden-Leeuwen in de Waal.

scheepvaart gevolgen heeft op de dynamiek van de rivierbodem in de praktijk.

Rivierduinen

Het studiegebied van dit onderzoek bestaat uit de Waal ter hoogte van Druten (\pm rivierkilometer 900). De bodemligging van de vaargeul wordt in de Waal ongeveer om de twee weken gepeild. De rivierduinen zijn gelokaliseerd uit metingen van het bodemniveau met behulp van een wavelet-analyse. Kortgezegd filtert deze analyse het onderliggende signaal van de rivierduinen uit de bodempeiling. Rivierduinen hebben een vaste asymmetrische vorm met een geleidelijk stijgende helling, een afvlakking en een steile dalende helling. De rivierduinen bewegen met de stroming mee en verplaatsen zich over het algemeen enkele

meters per dag. De gemeten rivierduinen zijn ongeveer 100 meter lang en 1 meter hoog. Aangezien de verwachting is dat scheepvaart het meeste effect op de bodem heeft gedurende laag water zijn de periodes april-november in 2019 en april-september in 2020 gebruikt voor deze studie.

Opvaart en afvaart

Alle schepen op de Rijntakken zijn verplicht een positiebepalingssysteem aan boord te hebben. Met dit systeem wordt elke vijf seconden de exacte locatie van het schip doorgegeven. Met behulp van dit systeem zijn de primaire scheepsbanen in kaart gebracht. Daaruit blijkt dat, ten opzichte van de stroomrichting, de afvaart veelal de rechteroever gebruikt en de opvaart juist de linkeroever.

IN 'T KORT - Rivierduinen

Scheepvaart zorgt voor een lokale toename van turbulentie

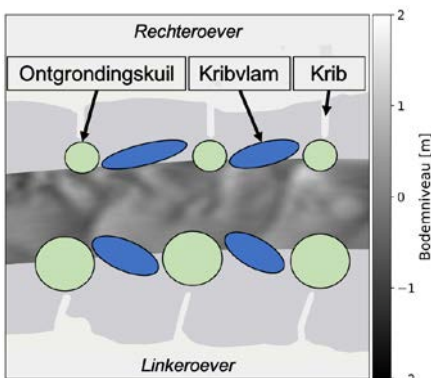
Scheepvaart heeft indirect effect op de rivierduinen

Hydraulische condities hebben sterk effect op de rivierduinen

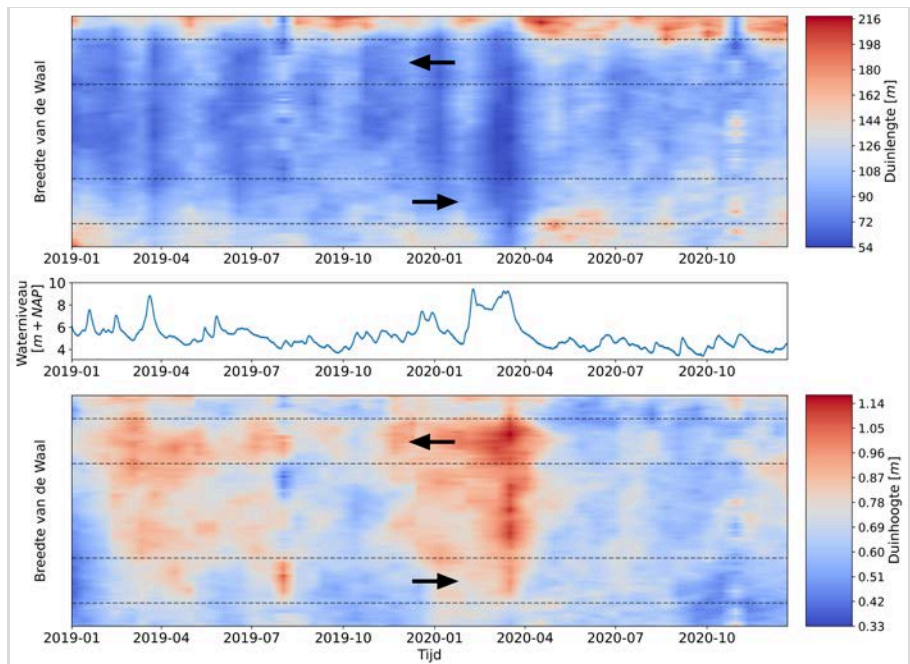
Vervolgonderzoek naar het effect van kielspeling van schepen

Over het algemeen vervoert de opvaart, richting het Ruhrgebied, aanmerkelijk meer lading dan de afvaart. De opvaart zal daarom een kleinere kielspeling hebben dan de afvaart.

Voor de eerste analyse met betrekking tot het verschil in kielspeling tussen beide oevers is de ontwikkeling van rivierduinen onderzocht tijdens laag water. De duinhoogte verandert aan de hand van de stromingscondities behoorlijk uniform over de rivierbreedte. Tussen de linker- en de rechteroever is een significant verschil in de lengteschaal van het bodempatroon gevonden. Dit kan mogelijk worden verklaard door de interactie tussen de kribvakken en scheepvaart aangezien de lengteschaal voornamelijk aan de uiterste zijdes van de rivier verandert. Normaliter stroomt de rivierafvoer benedenstrooms in het kribvak en bovenstrooms eruit. Deze toename van de stroming leidt tot een ontgrondingskuil bij de krib. Tussen deze ontgrondingskuilen wordt het sediment afgezet in zogeheten kribvlammen. Scheepvaart heeft middels de retourstroming mogelijk effect op dit proces. Bij de retourstroming stroomt water langs en onder het schip in tegengestelde directie van de vaarrichting. Zodra een schip net een krib passeert komt de retourstroming ter hoogte van het bovenstroomse kribvak samen met de rivierafvoer uit het benedenstroomse kribvak. Hoe kleiner de kielspeling, hoe groter de retourstroming van het schip. Dus de opvaart aan de linkeroever veroorzaakt een grotere retourstroming dan de afvaart aan de rechteroever. De ontgrondingskuil is hierdoor groter en de kribvlam smaller, maar beide liggen dicht tegen de rivieras aan voor de linkeroever. De lengteschalen van het bodempatroon aan de randen van de vaargeul corresponderen ook met het gedrag van de kribvlammen. Dus een mogelijke verklaring, voor het feit dat aan de linkeroever significant langere bodemvormen zijn waargenomen dan aan de rechteroever is dat de kribvlammen aan de linkeroever verder in de vaargeul liggen. Indirect speelt scheepvaart hier dus een rol op de ontwikkeling van de bodemvor-



Verschied in kribvlam en ontgrondingskuil tussen de oevers.



De trajectgemiddelde duinlengte en duinhoogte over de rivierbreedte als functie van tijd voor het waterniveau bij Druten in de Waal voor 2019-2020. De pijlen geven de vaarrichting aan in de primaire scheepsbanen. De afvaart (pijl naar links) behoort tot de rechteroever en de opvaart (pijl naar rechts) behoort tot de linkeroever. Gemiddeld bodemniveau is 0.25 m – NAP.

men tussen de linker- en rechteroever.

Scheepsintensiteit

In de tweede analyse is het effect van scheepvaart op de rivierduinen bepaald aan de hand van de scheepsintensiteit. Gedurende de laagwaterperiode in 2019 is 17 procent meer scheepsintensiteit geobserveerd dan tijdens de laagwaterperiode in 2020. Echter is er geen duidelijk trend af te leiden tussen de laagwaterperiodes van 2019 en 2020 in de geometrie en migratiesnelheid van de rivierduinen. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door het verschil in stromingscondities tussen de laagwaterperiodes. Het waterniveau tijdens de laagwaterperiode in 2019 is met 4.52 m + NAP gemiddeld hoger dan het waterniveau tijdens de laagwaterperiode in 2020 met 4.26 m + NAP.

De gevoeligheidsanalyse over de lineaire regressie bevestigt dat het waterniveau, en niet de scheepsintensiteit, voornamelijk bepalend is voor de ontwikkeling van de rivierduinen. Kortom, op basis van deze analyse is het effect van de hydraulische condities sterker dan het effect van scheepsintensiteit voor dit geobserveerde verschil in scheepsbewegingen tussen de periodes. Een duidelijk effect van scheepsintensiteit is dus nog niet gevonden.

Praktische toepasbaarheid

De resultaten van deze studie dragen bij aan de kennis met betrekking tot de morfodynamiek van rivieren die kan worden gebruikt bij het vaarwegonderhoud, en het opstellen van numerieke modellen en analyses. Op

basis van dit onderzoek lijkt scheepvaart een indirect effect te hebben op de rivierbodem middels de dynamiek van de kribvlammen. Echter is dit onderzoek pas een eerste stap en hiermee is nog niet eenduidig bepaald of scheepvaart daadwerkelijk wel of geen effect heeft op de rivierduinen. Een vervolgonderzoek waarbij de focus verlegd wordt naar de rol van de kielspeling van de schepen kan tot nieuwe inzichten leiden. Hiervoor zou CoVadem-data gebruikt kunnen worden met directe dieptemetingen onder het schip. Met behulp van deze gegevens kan het mogelijke effect van kielspeling op de ontwikkeling van rivierduinen worden onderzocht. Ondanks de opgedane inzichten is dus zeker vervolgonderzoek nodig om het effect van scheepvaart op de duinontwikkeling beter te begrijpen.

Rivers2Morrow

Dit onderzoek is onderdeel van het onderzoeksprogramma Rivers2Morrow (2018-2023). Rivers2Morrow wordt gefinancierd door het Directoraat-Generaal Water en Bodem en Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat. Alle meetgegevens zijn beschikbaar gesteld door Rijkswaterstaat Oost Nederland. Onze woorden van dank gaan uit naar Michiel Reneerkens en David Kroekenstoel voor hun betrokkenheid bij dit onderzoek.

Paul Bongers, Lieke Lokin (Universiteit Twente, HKV), Jord Warmink (Universiteit Twente), Suzanne Hulscher (Universiteit Twente), Brian Vrijaldenhoven (Rijkswaterstaat ON) en Merel Verbeek (Rijkswaterstaat ON).