



# Hydrodynamiek en habitatgeschiktheid

## Doelstelling van deze notitie

De Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie (VNSC) ontwikkelt binnen het onderdeel 'Onderzoek en Monitoring' (O&M) kennis t.b.v. beleid en beheer van het Schelde-estuarium. Het luik Natuurlijkheid hiervan moet inzicht geven in het functioneren van het natuurlijke systeem en de gevolgen van ingrepen in het systeem erop. In 2013 zijn onderzoeksprojecten afgesloten die gericht waren op (i) factoren die de productiviteit van het systeem beïnvloeden, (ii) habitatkarakteristieken voor bodemdieren en (iii) vogels waarvoor beleidsdoelstellingen zijn geformuleerd.

Deze notitie vat de stand van zaken van het tweede onderwerp samen. Het zet daarbij ook de beschikbare kennis en instrumenten op een rij. Ook de inzichten vanuit andere systemen komen aan bod. Er wordt aangegeven hoe de kennis en instrumenten ingezet kunnen worden om effecten van morfologische ingrepen in het Schelde-estuarium op bodemdieren te evalueren. Tevens geeft de notitie aan waar prioriteiten voor verdere kennisontwikkeling liggen die een plaats moeten krijgen in de 'Agenda van de Toekomst'.

## Draagkracht en habitatkwaliteit

### *Habitatkarakteristieken bepalen rijkdom bodemdieren*

Het grootste deel van de Westerschelde is aangemerkt als Habitattype 1130 (estuaria) onder Natura 2000. Er zijn doelstellingen geformuleerd voor zowel uitbreiding van het areaal van dit habitattype als verbetering van de kwaliteit (Programmadirectie Natura2000 2009). De doelstellingen omvatten ook het 'op peil houden' van de draagkracht voor doelsoorten (voornamelijk vogels, vissen en zoogdieren).



Figuur 1 De borstelworm *Hediste diversicolor* en een lege schelp van het nonnetje *Macoma balthica*. Typische vertegenwoordigers van het benthos in de Westerschelde

Draagkracht en habitatkwaliteit worden in belangrijke mate bepaald door de productiviteit. De basis daarvan is de primaire productie op basis van algen in de waterkolom en in de bodem. De vestiging en overleving van de verschillende organismen hangt echter niet alleen af van de beschikbaarheid van voedsel, maar ook van de geschiktheid van de omgeving. Zeker voor soorten die gebonden zijn aan een plaats op of in de bodem, is de fysische leefomgeving minstens zo belangrijk als de voedseltoevoer. Onder water en in de niet begroeide intergetijdengebieden gaat het voornamelijk over bodemdieren. Ook in het begroeide intergetijdengebied (schorren en pionierschorren) de relatie met fysische habitatkarakteristieken belangrijk.

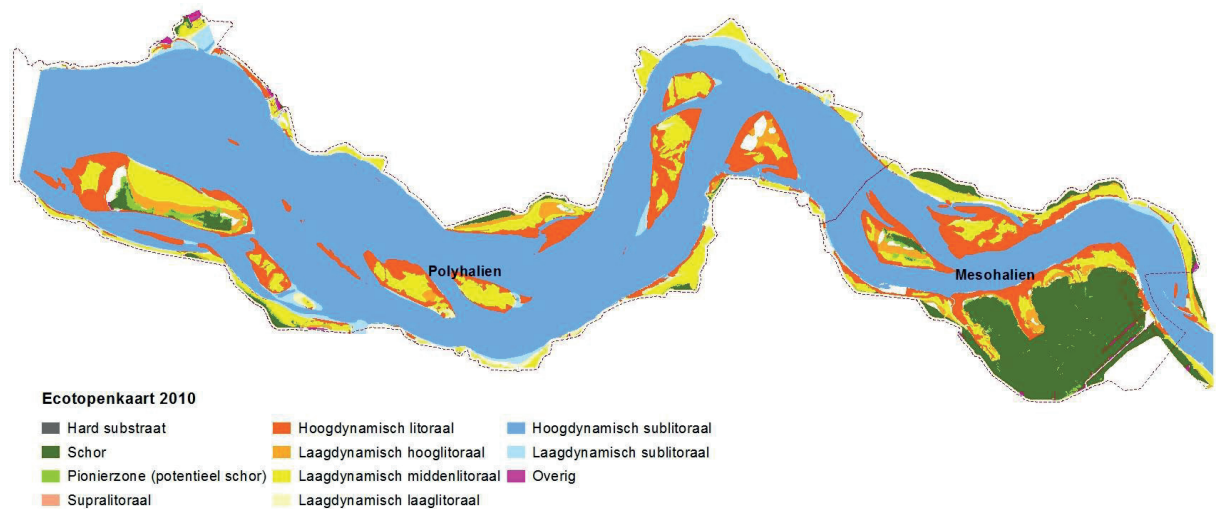
Het onderwerp 'fysische aspecten van de leefomgeving voor de geschiktheid voor bodemdieren' wordt in deze notitie besproken. Kennis van die relatie is nodig om invulling te kunnen geven aan de N2000-doelstelling verbetering kwaliteit van het areaal. Om de relatie tussen enerzijds "dichtheid en samenstelling van de bodemdiergemeenschap" en anderzijds "de morfologie en/of de hydrodynamica" te beschrijven zijn verschillende aanpakken en modellen beschikbaar. Sommige van die instrumenten zijn vooral toegespitst op specifieke soorten. Die instrumenten zijn minder bruikbaar gezien de beleidsdoelen, die juist niet één specifieke soort betreffen. Deze notitie richt zich dan ook op het verband tussen overkoepelende biotische parameters (m.n. soortensamenstelling en/of totaal aan biomassa van bodemdieren) en de fysische omstandigheden.

### Complexe verbanden

Om te voorspellen hoe dichtheid en soortensamenstelling van bodemdieren veranderen, moeten onderliggende relaties gekend zijn. De verspreiding van bodemdieren over het systeem is niet homogeen. Sommige dieren hebben een voorkeur voor zout water, anderen kunnen alleen in zoet water overleven. Sommige dieren hebben voorkeur voor een harde ondergrond, anderen leven juist ingegraven in sediment. De eerste stap om inzicht te krijgen in die stuurfactoren is om te kijken hoe verspreiding van bodemdieren in het veld varieert met de verschillende stuurfactoren. Een geobserveerd verband tussen twee grootheden (bijvoorbeeld bodemsamenstelling en soortensamenstelling) betekent nog geen oorzakelijk verband. Het kan zijn dat een derde factor met de eerste correleert (zoals waterbeweging met slibgehalte). Voor een instrument dat bodemdierverspreiding voorspelt, moet onderscheid gemaakt kunnen worden tussen correlaties (statistische relaties) en echte causale verbanden (sturende factoren in een beschrijvend model). Omgekeerd, blijkt het in de praktijk zo te zijn dat fysische factoren waar op theoretische gronden een causaal verband tussen kan worden verwacht (bijvoorbeeld hydrodynamiek en de aanwezigheid van bodemvormen) in het veld niet de verwachte verbanden te zien geven.

### Ecotopenstelsel

Een belangrijk instrument in het classificeren en het analyseren van veranderingen in het fysische systeem van de Schelde is het Zoute Wateren Ecotopenstelsel (ZES), dat bedoeld is generiek te zijn voor alle Nederlandse zoute wateren. Een ecotoop is een type gebied met specifieke fysische karakteristieken. Voor het ZES is er een indeling in ecotopen op basis van saliniteit, substraat, diepte en hydrodynamiek. De verschillende parameters worden ingedeeld in klassen. Voor saliniteit is dat bijvoorbeeld zout, brak en zoet. De klassen die worden onderscheiden voor substraat zijn hard en zacht substraat (met de laatste verder ingedeeld in 3 klassen op basis van korrelgrootte). Voor hydrodynamiek wordt onderscheid gemaakt tussen hoogdynamisch en laagdynamisch. Rijkswaterstaat maakt op basis van het ZES met model- en monitorgegevens regelmatig ecotopenkaarten om de ontwikkeling van de Westerschelde in kaart te brengen.



Figuur 2: Ecotopenkaart 2010 van de Westerschelde

De aanname bij het gebruik van het ZES is dat gebieden met vergelijkbare fysische omstandigheden ook vergelijkbare gemeenschappen flora en fauna zullen herbergen en dat een verandering in de verdeling van ecotopen over het estuarium ook een verandering in biota met zich meebrengt.

Echter, op basis van het ecotopenstelsel alleen blijkt het lastig om goede verklaringen en betrouwbare voorspellingen te doen m.b.t. samenstelling van bodemdieren (Van Wesenbeeck et al. 2010). De belangrijkste oorzaak/verklaring hiervoor is dat de hydrodynamiek (stroming en golven) niet goed kan worden beschreven. In het Schelde-estuarium is de hydrodynamiek na saliniteit het meest bepalend voor de samenstelling van de bodemdiergemeenschap. Omdat veel bodemdieren niet of weinig mobiel zijn hebben ze een bepaalde hoeveelheid stroming nodig voor hun voedselvoorziening. Te veel beweging van het water werkt echter negatief door, omdat dan het zachte substraat (slib, zand, grint) in beweging kan komen. In diep water gebeurt dit alleen bij hoge stroomsnelheid, in ondiep water kan dit al bij lagere netto stroomsnelheden gebeuren. Als sediment regelmatig in beweging komt zullen veel bodemdieren begraven of weggespoeld worden. Op zulke plaatsen kunnen de lang levende soorten zich niet gemakkelijk handhaven. De beperkingen van de methoden om samenstelling van bodemdiergemeenschappen statistisch te koppelen aan habitatkenmerken zijn een tweede oorzaak waarom verklaringen en voorspellingen lastig zijn.

De conclusie is dat de vertaling van fysische parameters naar ecologische kwaliteit nog steeds erg lastig is vanwege het uiteenlopende karakter van de verschillende soorten, onvoldoende inzicht in de hydrodynamiek (die een belangrijke verklarende fysische parameter is) en door de complexiteit van de relaties.

## Hydrodynamiek in het Schelde estuarium

De resultaten van nieuw onderzoek in 2013 en van eerdere studies tonen dat zoutgehalte de meest bepalende parameter is in het Schelde-estuarium, maar dat daarna inderdaad "hydrodynamiek" de meest bepalende parameter is. Laagdynamisch areaal is meestal rijker dan hoogdynamisch. Met betrekking tot de parameter hydrodynamiek ontbreekt tot nu toe de volgende kennis:

- Op basis van welke parameters en met welke parameters met welke drempelwaarden moet het onderscheid tussen hoog- en laagdynamisch worden gedefinieerd? In de huidige systematiek wordt alleen stroomsnelheid beschouwd, maar golven zouden er ook bij betrokken moeten worden. Beiden hebben effect op de 'bodemschuifspanning', een maat voor de kans dat sediment in beweging komt. In theorie is dit de beste parameter om de parameter "hydrodynamiek" mee te beschrijven. Al dan niet in beweging komen is echter ook afhankelijk van het soort sediment. Hierop heeft Deltares onderzoek verricht waar deze notitie op ingaat.
- De instrumenten / modellen om stromingen en golven te reproduceren en voorspellen. Voor het maken van ecotopenkaarten in de Westerschelde wordt gebruik gemaakt van het stromingsmodel Scalwest om te bepalen welke delen tot hoog- en welke delen als laagdynamisch worden geclassificeerd. Er was al langer bekend dat in ondiep water en vooral in het intergetijdengebied deze modelberekeningen vaak afweken van waarnemingen in het veld. Gebieden die door het model werden aangeduid als laagdynamisch vertoonden in werkelijkheid veel sedimentdynamiek (Dekker 2010). Er zijn intussen gegevens beschikbaar om ook in het intergetijdengebied modellen te kalibreren en er zijn ook al een aantal modellen beschikbaar die beter presteren in het ondiepe gebied dan Scalwest. Echter deze modellen beschouwen nog steeds geen golven.

Hierop is gericht onderzoek uitgevoerd. Golfhoogte is zowel als aparte parameter getest (naast stroomsnelheid) als in een gecombineerde parameter "bodemschuifspanning" (samen met stroomsnelheid). Ook is een kleine gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op het effect van korrelgrootteverdeling op de bodemschuifspanning.

De verschillende analyses gaven aan dat de toevoeging van golven (hier dus: golfhoogte) een duidelijke verbetering gaf in resultaten. Golfhoogte blijkt zelfs een nog belangrijkere factor dan stroomsnelheid. De gecombineerde parameter "bodemschuifspanning" droeg echter weinig bij aan een betere verklaring van de verspreiding van bodemdieren. Voor dit laatste moet nog een verklaring gezocht worden. Mogelijk ligt die juist in de beperkte mogelijkheden om stromingen en golven te reproduceren (tweede punt).

---

De conclusie was dat het nu niet mogelijk is om één goed kwantificeerbare parameter te creëren voor hydrodynamiek. Een parameter die in het diepe en het ondiepe deel op dezelfde manier doorwerkt, en waarmee je dus overal in het systeem eenzelfde begrenzing van tussen hoog- en laagdynamisch kun aangeven. Misschien dat dit in de toekomst met beter gevalideerde modeltechnieken wel mogelijk is, maar op dit moment is het pragmatisch om stroomsnelheid en golfhoogte als aparte variabelen mee te nemen.

### *Conclusie*

Er is een duidelijke verbetering van de verklaring van verspreiding van bodemdieren met behulp van de abiotische parameters: zout, golven, sedimentsamenstelling, stroming en diepte. Een groot deel van de variatie van bodemdieren blijkt echter nog niet verklaard. Verdere verbetering is mogelijk met geavanceerdere statistische modeltechnieken die nu in ontwikkeling zijn. Hierdoor kan beter gevalideerd worden en kunnen betere drempelwaarden tussen de klassen worden vastgesteld. Een deel van de verklaring ligt echter in factoren die nu niet worden beschouwd, vooral waterkwaliteit (nutriënten, slibconcentratie in het water, vervuiling en zuurstofgehalte). Gezien het grote belang van golven wordt sterk aanbevolen een beter gevalideerd en gekalibreerd golfmodel te gebruiken voor het kwalificeren van habitats en hier ook het fenomeen scheepsgolven bij te betrekken (Schroevens et al. 2011).

Er wordt echter geadviseerd niet direct in te zetten op een veel complexer systematiek in het ZES, met nog meer parameters, anders dan de geadviseerde uitbreiding met golven. De huidige systemen worden gebruikt naast andere soorten modellen en gebiedskennis van experts. Het is verstandiger in te zetten op verbetering van de mogelijkheden van die gezamenlijke mogelijkheden tot interpretatie.



## Referenties

### LTV referenties

- Kuijper, K. 2013. *Aanvullend onderzoek historische ontwikkeling getij in het Schelde-estuarium; Data-analyse en toepassingen analytisch model*. 1207720-000-ZKS-0005, Deltares, Delft.
- Kuijper, K. and J. Lescinski. 2013. *Data analyses water levels ebb and flood volumes and bathymetries Western Scheldt*. G-5, Deltares, Delft.
- Poortman, S. E. 2013. *Bepaling bodemschuifspanning in de Westerschelde*. 1630/U13002/B/SPO, Svašek, Rotterdam.
- Reinders, J. and L. A. Van Duren. 2013. *Benthic habitat classification in the Westerschelde; Optimal descriptors and splitting values for hydrodynamics*. Deltares, Delft.
- van Duren, L. A. 2008. *Metingen stroomsnelheden platen van Ossensisse; metingen in ondiep water en intergetijdegebied*. Z4574, Deltares, Delft.
- Van Wesenbeeck, B. K., H. Holzhauer, and T. Troost. 2010. *Using habitat classification systems to assess impacts on ecosystems; Validation of the ZES.1 for the Westerschelde*. 1200254-002-ZKS-0001, Deltares, Delft.

### Andere bronnen

- Bouma, H., D. J. De Jong, F. Twisk, and K. Wolfstein. 2005. *Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1) Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren*. RIKZ/2005.024, RIKZ, Middelburg.
- Cozzoli, F., T. J. Bouma, T. Ysebaert, and P. M. J. Herman. 2013. *Application of non-linear quantile regression to macrozoobenthic species distribution modelling: Comparing two contrasting basins*. Marine Ecology Progress Series 475:119-133.
- Cozzoli, F., M. Eelkema, T. J. Bouma, T. Ysebaert, V. Escaravage, and P. M. J. Herman. 2014. *A mixed modeling approach to predict the effect of environmental modification on species distributions*. PLoS ONE 9.
- Dekker, F. 2010. *Flow modelling in intertidal areas*. 1200314-002-ZKS-0004, Deltares, Delft.
- Denny, M. W. 1988. *Biology and the Mechanics of the Wave-Swept Environment*. Pages -. Princeton University Press, Princeton.
- Programmadirectie Natura2000. 2009. *Definitief aanwijzingsbesluit Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe.in M*. LNV, editor.
- Nolte, A. J. 2012. *Vervolgonderzoek drie buitendijkse maatregelen voor natuurherstel in de Westerschelde*. 1204087-000-ZKS-0154, Deltares, Delft.
- Schroevers, M., B. J. A. Huisman, M. van der Wal, and J. Terwindt. 2011. *Measuring ship induced waves and currents on a tidal flat in the Western Scheldt Estuary.in IEEE/OES Currents, Waves and Turbulence Measurement Workshop, Monterey*.

## Bijlagen

Hieronder volgt een wat uitgebreidere beschrijving van het uitgevoerde onderzoek en de resultaten dat is uitgevoerd aan de relatie tussen hydrodynamiek en bodemdieren.

### *Veranderingen in de fysica*

De afgelopen eeuw is de getijslag in de Schelde toegenomen en is tevens het getijdemaximum verder stroomopwaarts komen te liggen (Kuijper 2013). Dit betekent dat er per getij meer water op en neer beweegt. Tegelijkertijd is de morfologie veranderd op verschillende ruimte schalen (Kuijper and Lescinski 2013). Hierbij zijn platen en slikken hoger en de overgangen naar de geulen 'steiler' geworden, voornamelijk door de hogere stroomsnelheden in en langs de geulen, welke sediment 'omhoog' transporteren.

### *Beschrijving en classificatie hydrodynamiek*

Een indeling in hoogdynamische en laagdynamische habitats is dan ook uiteindelijk gebaseerd op het niveau van dynamiek dat de bodem in beweging brengt. In het ecotopenstelsel wordt een maximale stroomsnelheid van 80 cm/s aangehouden als grenswaarde. Voor het maken van ecotopenkaarten in de Westerschelde wordt gebruik gemaakt van het stromingsmodel Scalwest om te bepalen welke delen tot hoog- en welke delen als laagdynamisch worden geclassificeerd. Er was al langer bekend dat in ondiep water en vooral in het intergetijdengebied deze modelberekeningen vaak afweken van waarnemingen in het veld. Gebieden die door het model werden aangeduid als laagdynamisch vertoonden in werkelijkheid veel sedimentdynamiek (Dekker 2010). Om deze reden is besloten om de ScalWEST modellering alleen in het diepe gebied te gebruiken om de parameter "dynamiek" te bepalen. In het intergetijdengebied wordt momenteel gebruik gemaakt van de analyse van gedetailleerde luchtfoto's en wordt op basis van de aan- of afwezigheid van bodemvormen een indeling gemaakt op hoog- of laagdynamisch.

Dit is momenteel een pragmatische aanpak, maar deze methode heeft ook een aantal nadelen. Ten eerste is deze methode gevoelig voor interpretatieverschillen van de luchtfoto's. Ten tweede is de methode afhankelijk van de beschikbaarheid van de juiste kwaliteit luchtfoto's en tevens bijzonder werkelijk en daarmee duur. Tenslotte, en meest belangrijk, is deze methode alleen achteraf te gebruiken om trends in het systeem te analyseren, maar er zijn geen hypothetische luchtfoto's te maken. Deze methode kan dus niet gebruikt worden om bijvoorbeeld toekomst scenario's mee door te rekenen.

Er is dus nadrukkelijk behoefte aan een methode om de parameter hydrodynamiek in de Schelde accuraat te kunnen beschrijven, te kwantificeren en in te delen in klassen die van betekenis zijn voor de ecologie.

### *Golven en stroming*

Het stromingsmodel Scalwest is oorspronkelijk voor andere doeleinden opgezet en tot 2009 waren er weinig tot geen data beschikbaar om dit model te kalibreren in het intergetijdengebied. In de afgelopen jaren zijn er in het kader van het "flexibel storten" programma veel stromingsmetingen uitgevoerd in het intergetijdengebied [http://www.meetadviesdienst.nl/nl/monitoring\\_stroom.htm](http://www.meetadviesdienst.nl/nl/monitoring_stroom.htm) en in het kader van o.m. het vervolgonderzoek naar buitendijkse maatregelen in de Westerschelde is er veel verbeterd in de modellering van stroming, ook in het intergetijdengebied. Stroming is echter niet de enige parameter die van belang is. Vooral in ondiepe gebieden en in het intergetijdengebied zijn golven vaak veel belangrijker voor het in beweging brengen van sediment dan stroming (Denny 1988). Uiteindelijk wordt het feit of sediment al of niet in beweging komt

bepaald door de combinatie van stroming en golven. De kracht die water op de bodem uitoefent (de bodemschuifspanning) hangt af van zowel de stroomsnelheid als van de orbitaalsnelheid van de golven. Als je een goede beschrijving hebt van de stroomsnelheid en je hebt een goede bepaling van de golven, dan is die kracht in principe af te leiden. In theorie is deze bodemschuifspanning dus de beste parameter om de parameter “hydrodynamiek” mee te beschrijven. Deze parameter zou ook op dezelfde manier moeten doorwerken in het ondiepe gedeelte als in het diepere deel.

#### *Analyses aan de relatie tussen bodemdieren en abiotische parameters*

Er zijn verschillende statistische modeltechnieken beschikbaar waarmee relaties aangetoond kunnen worden tussen (fysische) habitatkenmerken en de verspreiding van organismen. Deze analyses proberen statistische relaties te vinden tussen verschillende habitat karakteristieken (zoals diepte (droogvalduur), sedimentsamenstelling en stroming) en geobserveerde verspreidingen van organismen, zoals bodemdieren.

Veel analysetechnieken die tot nu toe gebruikt zijn, zijn uiteindelijk maar matig bruikbaar om inzicht te krijgen in de relaties tussen omgeving en organismen. Hieronder staan een aantal redenen opgesomd waarom sommige veelgebruikte technieken maar weinig inzicht opleveren in onderliggende relaties.

#### *Directe en indirecte effecten*

Bepaalde parameters kunnen een direct of een indirect effect hebben. Bijvoorbeeld voor filterende soorten (zoals schelpdieren) kan een grote hoeveelheid slib in het water een direct effect hebben omdat samen met algen materiaal de beesten een heleboel niet-verteerbaar slib naar binnen krijgen waardoor voedselopname minder efficiënt is. Veel beesten in van nature troebele systemen als de Waddenzee zijn echter goed aangepast aan een omgeving met relatief veel zwevend stof. Daarnaast kan slib indirect doorwerken via voedselbeschikbaarheid, als een sterke vertroebeling ook de oorzaak is van een verminderde primaire productie.

Het zelfde kan het geval zijn met stroming. Teveel waterbeweging kan er voor zorgen dat beesten worden weggespoeld, te weinig stroming kan er voor zorgen dat er lokaal te weinig voedselaanvoer is.

#### *Correlatie en causale verbanden*

Wanneer je binnen een ecosysteem gaat kijken dan kun je vaak verbanden aantonen met bijvoorbeeld bodemsamenstelling en soortensamenstelling. Dit hoeft echter niet te betekenen dat er een oorzakelijk verband bestaat tussen bijvoorbeeld slibgehalte van de bodem en soortensamenstelling, maar het verband kan (deels) veroorzaakt worden door een andere factor die met slib correleert, zoals hydrodynamica. Een statistische analyse met verschillende variabelen (dus een multi-variate analyse) is al niet gemakkelijk. Het wordt er nog lastiger op als verschillende variabelen met elkaar samenhangen.

De relatie tussen het slibgehalte van de bodem en stroming is weer afhankelijk van het aanbod van de hoeveelheid slib in het systeem. In de Westerschelde (een slib-rijksysteem) is deze verhouding anders dan in de Oosterschelde waar veel minder slib naar binnen komt. Relaties tussen bijvoorbeeld sedimentsamenstelling en bodemdieren kunnen in het ene systeem anders liggen dan in het andere (Cozzoli et al. 2013).



### Niet-lineaire relaties

Veel correlatietechnieken gaan uit van een min of meer lineair verband tussen de abiotische factor (bv. slibconcentratie) en biota (bijvoorbeeld de biomassa van een bepaalde soort). De onderliggende aanname voor dit soort analyses is dus hoe meer slib hoe minder of hoe meer van een bepaalde soort je zult aantreffen (fig 1).

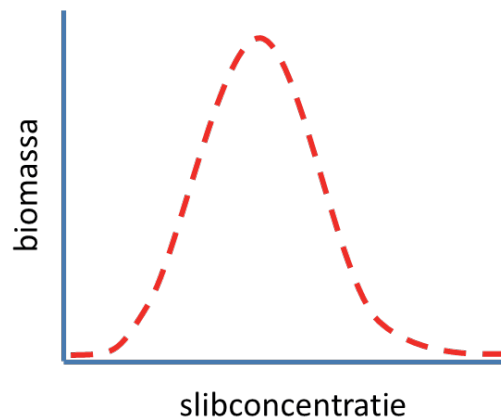
Voor sommige soorten klopt dit, of klopt dit ongeveer. Wat echter in het veld zeer vaak zal voorkomen is dat een soort een bepaald optimum vertoont met een omgevingsvariabele. Bijvoorbeeld: gravende organismen die een burcht maken in de bodem kunnen dit niet als de bodem te zandig is (dan storten gangen in), maar een te hoge slibconcentratie is ook niet goed. In de natuur komen heel veel van dit soort optimum relaties voor. Zowel met slib als ook met andere omgevingsvariabelen (bv. zout of stroomsnelheid).

Veel gebruikte multivariate technieken (zoals GLM – generalised linear models), kunnen dit soort verbanden er niet uit halen. Er zijn wel technieken beschikbaar die ook met dit soort unimodale relaties rekening kunnen houden zoals bv. CCA technieken (canonical correlation analysis).

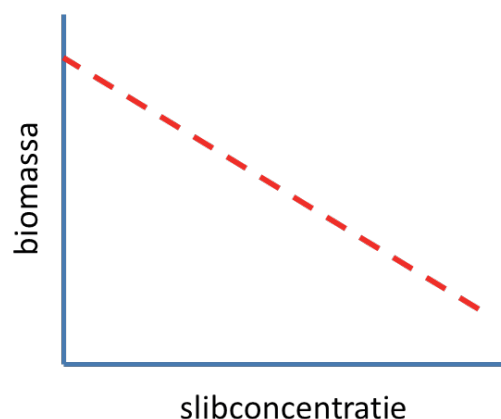
### Maskerende effecten door andere omgevingsfactoren.

Zelfs wanneer er een zeer duidelijk theoretisch verband is tussen slibconcentratie en biota, dan nog zul je dit in het veld niet altijd terug kunnen vinden. Als we soort A uit figuur 1 als voorbeeld nemen dan verwacht je, als je monsters binnen je ecosysteem gaat nemen een beeld zoals geschetst in figuur 3A. Dit zul je echter alleen aantreffen als door je hele ecosysteem alle andere abiotische factoren optimaal zijn voor deze soort. In de praktijk is dat zelden of nooit het geval, zeker niet in een systeem als de Waddenzee met gradiënten t.a.v. diepte, zoutgehalte, stroming, golf-expositie die hun invloed hebben op zowel soort A als het voedsel van deze soort. In de praktijk zul je in het veld dus vaak een relatie vinden die lijkt op het beeld in figuur 3B, met geen of slechts een zeer zwakke relatie met slib.

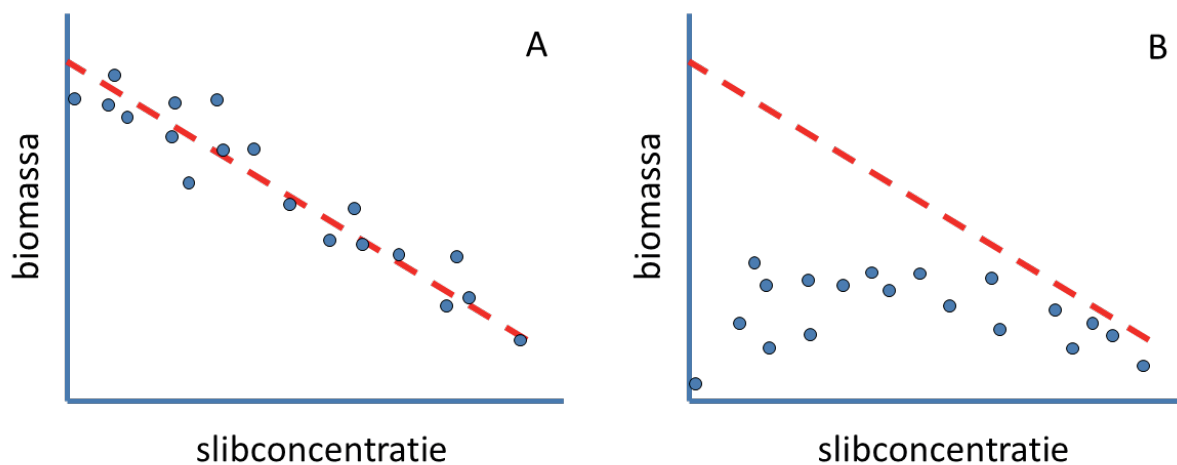
Dit geldt uiteraard niet alleen voor lineaire relaties, maar even zo goed voor bijvoorbeeld unimodale relaties Zoals het voorbeeld van soort B in figuur 2.



Figuur 3: hypothetisch verband tussen soort A en slibconcentratie in het water. Hoe meer slib, hoe minder deze soort aanwezig is.



Figuur 4: hypothetisch verband tussen soort B en slibconcentratie. Deze soort heeft kan een maximale biomassa bereiken bij een specifieke slibconcentratie.



Figuur 5: A - correlatie tussen biomassa en slibconcentratie voor soort A als alle andere factoren optimaal zijn of niet belangrijk zijn. B - correlatie wanneer andere factoren in het veld naast slib beperkend kunnen zijn.

#### Keuzes

Er zijn intussen ook technieken in ontwikkeling die bijvoorbeeld met maskerende effecten zoals hierboven geschetst rekening kunnen houden. In de Schelde is een dergelijke analyse al eens uitgevoerd op een beperkt aantal variabelen (Cozzoli et al. 2013). Een multivariate techniek is intussen in ontwikkeling. In de Oosterschelde is deze techniek intussen getest op voorspellingen t.a.v. ontwikkelingen in de Oosterschelde als gevolg van veranderingen in morfologie en uitwisseling (Cozzoli et al. 2014). Deze techniek biedt zeker voor in de nabije toekomst goede perspectieven, maar voor deze doelstelling (om te testen of toevoeging van golven en gebruik van de parameter bodemschuifspanning betere resultaten oplevert dan de oude set parameters) is gekozen voor een CCA analyse.

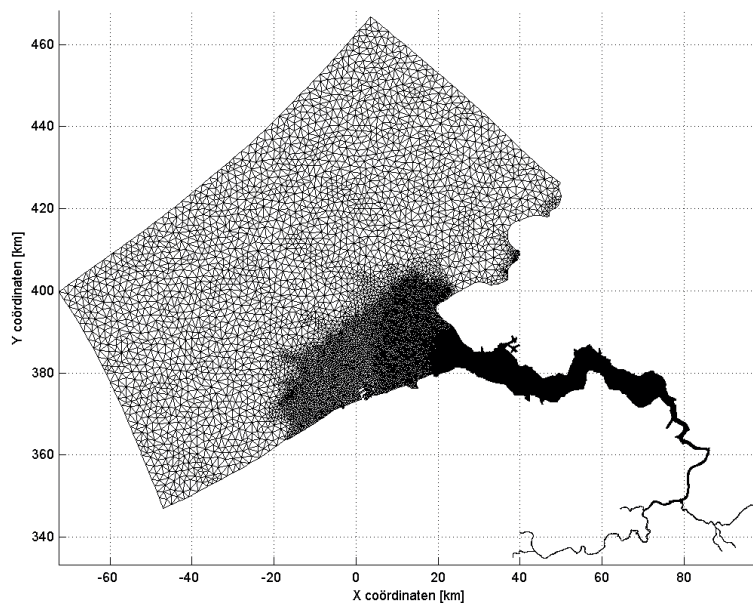
## Gebruikte invoergegevens

### Hydrodynamica

Om te testen of het gebruik van een parameter als “bodemschuifspanning” resulterend van zowel stroming als van golven een beter geschikt zijn om als basis voor habitatmodellering te dienen, heeft Svašek een model studie uitgevoerd waarbij de resultaten van hun FINEL2D – stromingsmodel is gecombineerd met een SWAN golf model (Poortman 2013). Het opzetten van een volledig gekoppeld model dat over meerdere jaren gedraaid wordt vraagt een behoorlijke investering. Daarom is in eerste instantie gekozen voor een “quick-and-dirty” test op basis van een stromingsmodel dat reeds beschikbaar was vanuit een ander project en een vereenvoudigde aanpak voor het golfmodel.

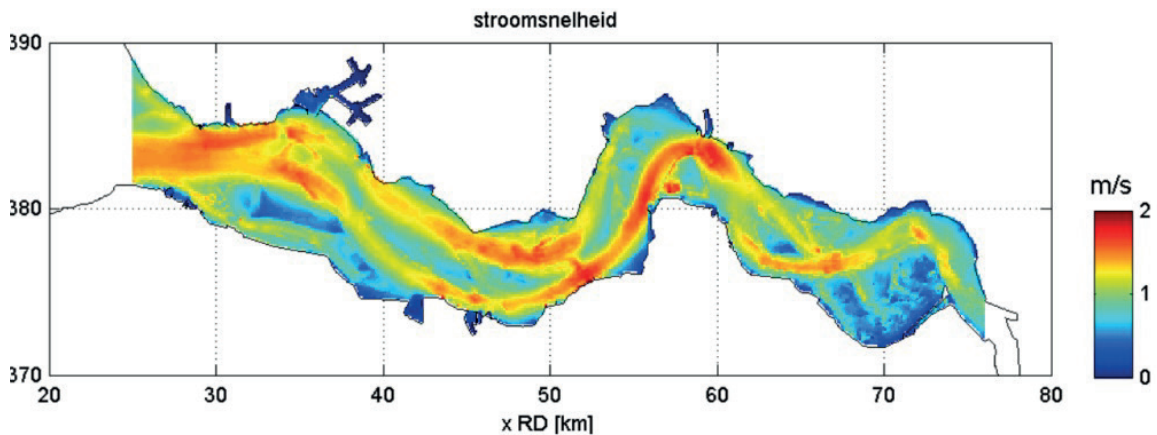
### Stroming

Het gebruikte stromingsmodel is ontwikkeld en getest in het kader van een project aan mogelijke buitendijkse maatregelen voor natuurherstel in de Schelde. Het verschilt op een aantal aspecten van het oude ScalWEST model dat voor de Ecotopenkaarten gebruikt wordt. Ten eerste is het model geconstrueerd op een ongestructureerd rooster, dat een grote verfijning toestaat op plaatsen met grote ruimtelijke gradiënten, terwijl het op meer uniforme delen een grovere resolutie heeft.



Figuur 6: rekenrooster van het hydrodynamische model. In de Schelde zijn de cellen dusdanig klein dat ze op deze figuur niet te onderscheiden zijn.

Het op waterstanden gekalibreerde FINEL2D model is gevalideerd door een vergelijking van gemeten en berekende stroomsnelheden. De gemeten stroomsnelheid op meerdere punten op de Plaat van Ossensisse, in het Gat van Ossensisse en het Middelgat zijn vergeleken met de door FINEL2D berekende stroomsnelheden. Over het algemeen kan worden gesteld dat zowel de gesimuleerde stroomsnelheid als de stroomrichting, zowel in de geul als op de plaat, goed overeenkomt met de gemeten stroming. Modelresultaten voor de jaren 2001, 2004, 2008, 2010 en 2011 zijn gebruikt, omdat voor deze jaren ook ecotopenkaarten beschikbaar zijn voor vergelijking.



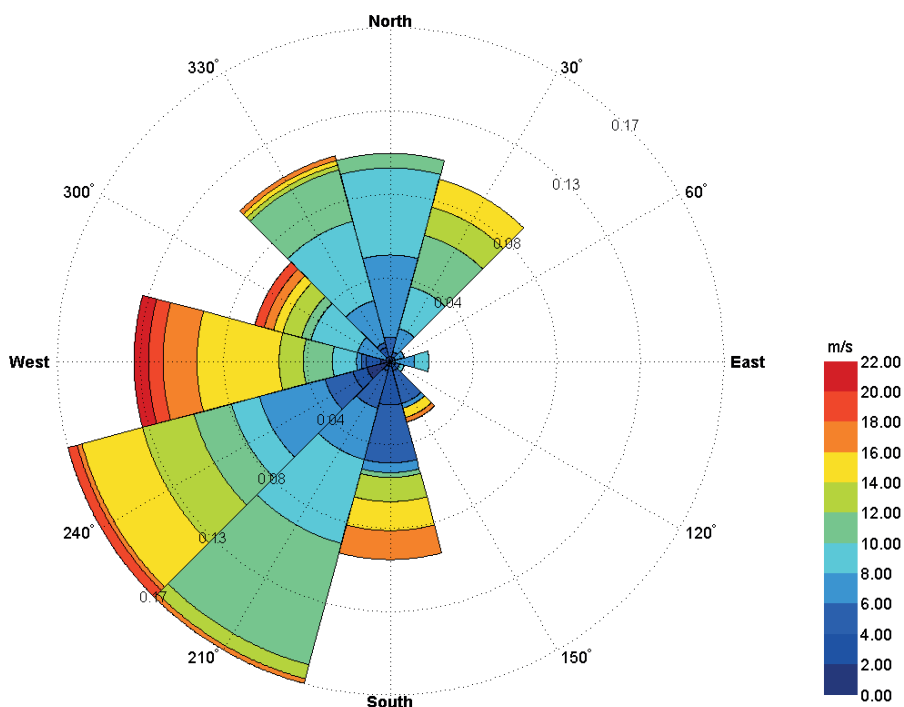
Figuur 7: stroomsnelheden in de Westerschelde berekend met het FINEL2D model.

Er zijn ook enkele analyses gedaan met het ScalWEST model om de consistentie te kunnen checken met de oudere analyses (Van Wesenbeeck et al. 2010).

#### Golf model

Het golfmodel is een SWAN model dat op een grover rooster is gedraaid dan het stromingsmodel. Aan de zeezijde is het model geforceerd met gegevens van het Lichteiland Goeree (LEG). Vanwege het exploratieve karakter van deze studie is het golfmodel niet gedraaid voor alle vijf de jaren met de daadwerkelijke meteorologische gegevens. Voor dit werk zijn vooral de maximum golfbelastingen en de extreme gebeurtenissen. Voor alle periodes is dan ook gebruik gemaakt van het windveld zoals gemeten tussen 9 en 24 maart 2008. Dit was een periode met zeer zware windcondities en uit verschillende richtingen.

Golfhoogte is in de analyses zowel als aparte parameter getest (naast stroomsnelheid) als ook in een gecombineerde parameter "bodemschuifspanning" samen met stroomsnelheid.



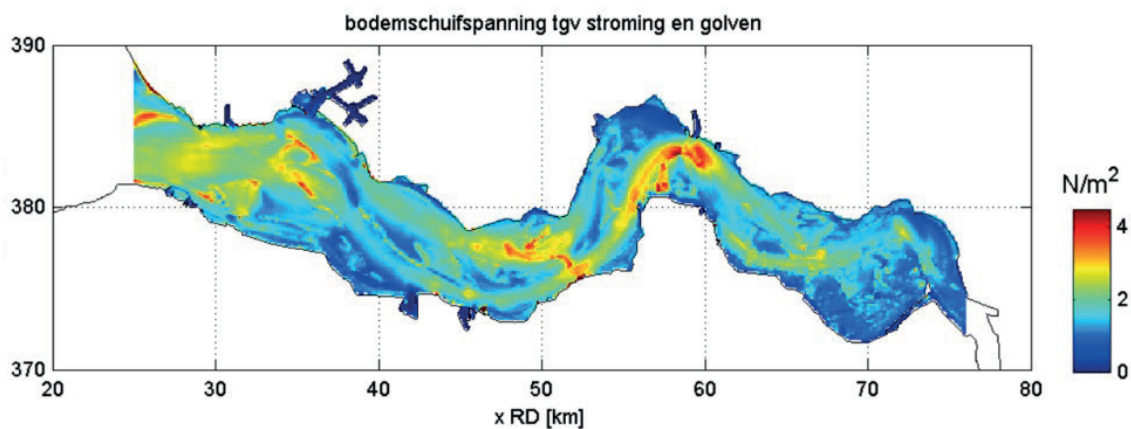
Figuur 8: windsnelheden van september 2007 t/m september 2008.

Door het verkennende karakter van de studie is dit model niet gekalibreerd. In eventuele vervolgstudies kan dit model wel gekalibreerd worden met verschillende golfboeien die aanwezig zijn in de Schelde, maar dit is een substantiële hoeveelheid werk. Waterstanden en snelheidsvelden zijn opgelegd vanuit het FINEL2D model en verder zijn er numerieke en fysische standaardinstellingen gebruikt voor windgolven.

Verder zijn in dit model geen scheepsgolven meegenomen. Het is bekend dat op een aantal specifieke locaties in de Schelde scheepsgolven een groter effect kunnen hebben dan windgedreven golven.

### *Bodemschuifspanning*

Uit zowel het stromings model als het golfmodel zijn vervolgens de krachten op de bodem berekend t.g.v. stroming en golven. Hiervoor zijn enkele aannames gedaan m.b.t. de ruwheid van de bodem en de dichtheid van het water. In werkelijkheid zijn dit parameters die per locatie kunnen verschillen, maar in dit model zijn die constant verondersteld. Met name de korrelgrootte verdeling is in het Schelde systeem niet constant maar varieert van 300  $\mu\text{m}$  mediane korrelgrootte in de monding tot 150  $\mu\text{m}$  bij de Belgische grens. Er is een kleine gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op het effect van korrelgrootteverdeling op de bodemschuifspanning. De bodemschuifspanning zal in het westen zo'n 20% hoger uitvallen als er met de variabele korrelgrootte gewerkt zou worden en in het oostelijk deel van de Westerschelde, vlakbij de grens zo'n 10-15% lager.



Figuur 9: Bodemschuifspanning t.g.v. zowel stroming als golven

### *Andere abiotische parameters*

Andere parameters die in deze studie zijn gebruikt om te relateren aan de verspreiding van bodemdieren zijn sedimentsamenstelling (zowel mediane korrelgrootte als percentage slib) en diepte. Gegevens van sedimentsamenstelling worden bepaald door het NIOZ-Yerseke in het kader van het MWTL-monitoringsprogramma, Diepte gegevens komen van laser altimetrie (boven NAP) en van echo-sounding uit gebieden beneden NAP.

### *Biologische observaties*

Binnen het MWTL programma van Rijkswaterstaat worden door Het NIOZ bodemdieren bemonsterd, uitgezocht en in databases ondergebracht. De bemonstering vindt plaats met behulp van boxcorers, steekbuizen en een 'flushing sampler'.

Er zijn verschillende parameters die een beschrijving geven van de bodemdiergemeenschap. De totale biomassa zegt uiteraard niets over de soortensamenstelling, maar is wel een belangrijke indicator voor de rijkdom van een gebied. Het geeft aan hoeveel kilo vlees aan bodemdieren er beschikbaar is voor vissen, vogels en zeezoogdieren. Ook de dichtheid van dieren is een parameter die iets zegt over de samenstelling van de gemeenschap. Soortenrijkdom (species richness) zegt iets over de biodiversiteit van een gebied.

## Resultaten en wat we er mee kunnen

### *Parameters en modellen*

De resultaten van deze en van eerdere studies gaven aan dat zoutgehalte de meest bepalende parameter is in het Schelde-estuarium, maar dat daarna inderdaad “hydrodynamiek” de meest bepalende parameter is (Van Wesenbeeck et al. 2010, Cozzoli et al. 2013, Reinders and Van Duren 2013).

De verschillende analyses gaven aan dat de toevoeging van golven (hier dus: golfhoogte) een duidelijke verbetering gaven in resultaten. Golfhoogte is zelfs een nog belangrijkere factor dan stroomsnelheid. Echter de parameter “bodemschuifspanning” droeg slechts erg weinig bij aan een betere verklaring van de verspreiding van bodemdieren. Dit laatste kan drie dingen betekenen:

- 1 Ofwel de onderliggende aanname dat hydrodynamiek sterk sturend is omdat grote krachten op de bodem sediment in beweging brengen
- 2 Ofwel de grenswaarde waarbij de bodem in beweging komt (de kritische bodemschuifspanning) varieert sterk over het estuarium.
- 3 Ofwel het op elkaar stapelen van modelresultaten met daarin sterke vereenvoudigingen levert uiteindelijk een onvoldoende correcte voorspelling op van de bodemgrenswaarde

Zeker dit laatste is niet onwaarschijnlijk. Ten eerste gaat de berekening van bodemschuifspanning uit van een bepaalde idealisering van de snelheidsverdeling in de waterkolom. Deze zal in ondiep water met golfwerking en sterke gradiënten in de diepte niet altijd op gaan. Ten tweede zitten er in de modellen (zeker in het gebruikte golfmodel) sterke aannames en vereenvoudigingen. In principe kan het valideren en kalibreren van de golfmodellering en een validatie van de bodemschuifspanning in het veld hier een antwoord op geven. Het FINEL2D is zeker in de ondiepe en intergetijdengebieden accurater dan het oude ScalWEST model dat zeer grote afwijkingen vertoonde (van Duren 2008). Binnen het project aan de buitendijkse maatregelen van de Schelde zijn dit model en een Delft 3D model vergeleken (Nolte 2012). De stromingsmodellen komen tegenwoordig redelijk goed overeen met gemeten waarden, behalve tijdens extreme omstandigheden zoals zgn. “giertijen”. Dan treden nog steeds significante afwijkingen op.

Zoals gesteld in §2.2 kan in het algemeen gesteld worden dat voor modellen geldt “hoe simpeler, hoe liever”. Helaas is het op dit moment (nog) niet mogelijk om één goed kwantificeerbare parameter te creëren voor hydrodynamiek. Een parameter die in het diepe en het ondiepe deel op dezelfde manier doorwerkt, en waarmee je dus overal in het systeem eenzelfde begrenzing van tussen hoog- en laagdynamisch kun aangeven. Misschien dat dit in de toekomst met beter gevalideerde modeltechnieken wel mogelijk is, maar op dit moment is het pragmatisch om stroomsnelheid en golfhoogte als aparte variabelen mee te nemen.

Gezien het grote belang van golven, is het zeker aan te bevelen een beter gevalideerd en gekalibreerd golfmodel te gebruiken voor het kwalificeren van habitats en hier ook het fenomeen scheepsgolven bij te betrekken (Schroevens et al. 2011).

#### *Onderscheid hoogdynamisch – laagdynamisch, beschut en geëxponeerd*

Het ecotopenstelsel ZES.1 houdt 80 cm/s aan als grenswaarde (Bouma et al. 2005). Het feit dat het oude ScalWEST model vrij consistent een te lage voorspelling gaf van stroomsnelheden in het intergetijdengebied, had tot gevolg dat de studie uit 2010 erg lage splitsingswaarden gaf voor de kwalificaties hoog- en laagdynamisch (Van Wesenbeeck et al. 2010). In deze studie werd 62.5 cm/s gevonden als optimale drempelwaarde in het intertidaal en 75.5 cm/s in het diepere deel. In de huidige studie lagen de gevonden optimale waarden beduidend hoger (94 cm/s in het ondiepe deel en 100 cm/s voor dieper water). Het is opmerkelijk dat in de nieuwste studie de waarden in het diepere en ondiepere deel dichter bij elkaar liggen, wat ongetwijfeld een gevolg is van de betere modellering van stroomsnelheden in het intergetijdengebied. Wel moet worden opgemerkt dat er verschillen zitten in de opzet en de randvoorwaarden van ScalWEST en het FINEL2D model dat hier gebruikt is. Modellen zijn daar zeer gevoelig voor, dus moet er nog steeds voorzichtig worden omgegaan met een heel directe vergelijking van de splitsingswaarden.

Voor golven werd voor het systeem als geheel een optimale splitsingswaarde gevonden van 89 cm (70 cm in het ondiepe deel en 96 cm in het diepere deel). Aangezien de golfmodellering nog zeker enige verbetering kan gebruiken moet er ook met deze waarden voorzichtig worden omgegaan.

#### *Aanbevelingen t.a.v. habitatmodellering*

Ondanks een duidelijke verbetering van de verklaring van verspreiding van bodemdieren blijft nog steeds een groot gedeelte van de variatie van bodemdieren niet verklaard door alleen deze abiotische parameters zoals zout, golven, sedimentsamenstelling, stroming en diepte. Er kan zeker nog een verbetering behaald worden met meer geavanceerde modeltechnieken die nu o.m. bij het NIOZ in ontwikkeling zijn. Echter, er zullen zeker ook zaken als waterkwaliteit (nutriënten, slibconcentratie in het water, vervuiling en zuurstofgehalte) een belangrijke rol spelen. Deze onderdelen worden momenteel niet mee genomen in de modellen, maar hebben een groot effect op de productiviteit van het systeem.

Op dit moment is het niet aan te bevelen om een veel complexer modelsysteem te gaan maken dat al deze parameters ook meeneemt. Complexer is niet altijd beter. Wanneer deze modellen ingezet gaan worden om bijvoorbeeld effecten in te schatten van bepaalde activiteiten kunnen dit soort modellen ingezet worden als een van de tools. Deze modelresultaten zijn zeer nuttig, maar moeten niet los van andere soorten modellen en gebiedskennis van experts geïnterpreteerd worden.

Onderzoek uitgevoerd door:



In opdracht van:



Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu