

Memo

Aan
Dr. Pauline Kamermans (IMARES)

Datum	Kenmerk	Aantal pagina's
16 augustus 2016	1230725-000-ZKS-0005	10
Van	Doorkiesnummer	E-mail
Frank Kleissen	+31(0)88335 8291	frank.kleissen@deltares.nl

Onderwerp
Oesterlarventransport in de Voordelta (Definitief V1.5)

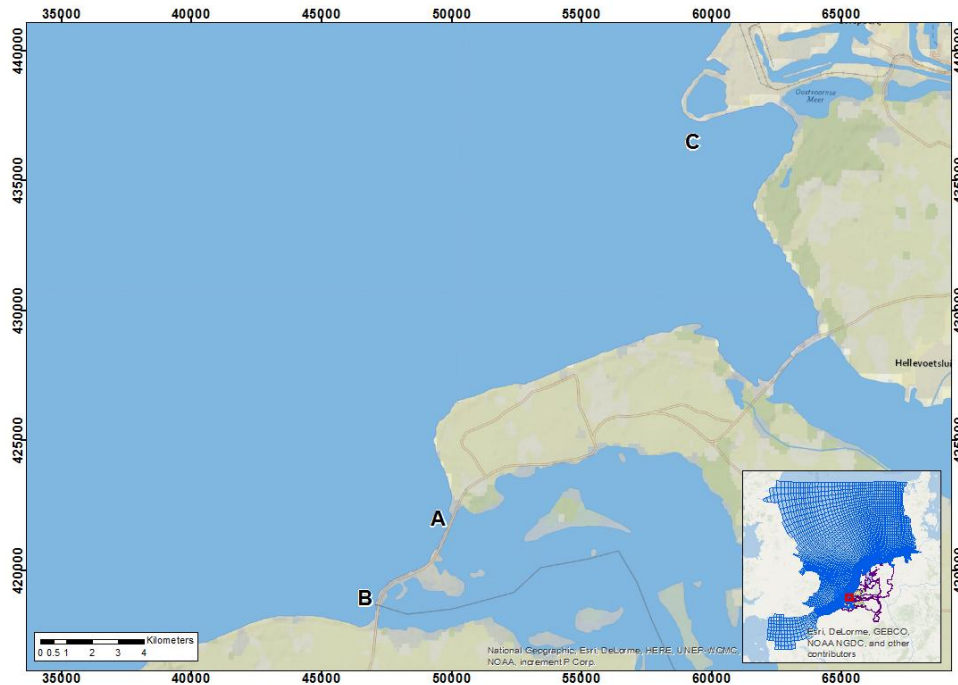
1 Inleiding

In het kader van een pilot die IMARES uitvoert in de Voordelta, waarin wordt onderzocht of platte oesterbanken kunnen worden aangelegd, zijn vragen naar voren gekomen rondom het larventransport. IMARES heeft Deltares in eerste instantie gevraagd (kenmerk WUR969275) om in het kader van deze pilot twee concrete vragen te onderzoeken door gebruik te maken van het beschikbare modelinstrumentarium:

- 1) Kan de spuisluis van de Grevelingendam de bron zijn van oesters die noordelijk daarvan zijn aangetroffen, en tot waar in de Voordelta kunnen larven uit de Grevelingen verwacht worden.
- 2) Wat er gebeurt met de larven als ze in de Voordelta worden geproduceerd. Spoelen ze uit, of blijven ze ook circuleren?

Er is in overleg met IMARES overeengekomen om het modelonderzoek te richten op de eerste vraag en waar mogelijk dit te koppelen aan de tweede vraag.

Er zijn drie locaties aangegeven waar deze vragen van belang zijn. Dit zijn de locaties A, B en C waar IMARES locatietellingen uitvoert (Figuur 1.1). B ligt dichtbij de spuisluis in de Brouwersdam waardoor de larven vanuit de Grevelingen in de Voordelta terecht komen; A is de locatie waar recentelijk een oesterbed is gevonden. Stichting ARK heeft IMARES, Bureau Waardenburg en Sas Consultancy opdracht gegeven een pilot uit te voeren om de haalbaarheid van de aanleg van platte oesterbanken in de Voordelta te onderzoeken. Op locatie A en C zijn proefopstellingen met oesters geplaatst.



Figuur 1.1 Overzicht locaties larventelling

Dit beknopte memo presenteert de aanpak en resultaten van de studie zoals die door Deltares is uitgevoerd om inzicht te geven in het transport van larven die vanuit de Grevelingen de Voordelta inspoelen. In deze studie is gebruik gemaakt van het Delft3D-PART deeltjesmodel. Om tijd en kosten te besparen is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande software en hydrodynamische modelresultaten.

2 Algemene aanpak

Om beide vragen te kunnen beantwoorden wordt gebruik gemaakt van een meerjarige simulatieperiode om in ieder geval rekening te houden met mogelijke jaar-tot-jaar variaties, zoals verschillende wind en stromingscondities. Voor de jaren 2003-2008 zijn hydrodynamische modelresultaten beschikbaar. Vervolgens wordt op grond van deze hydrodynamica het deeltjesmodel (Delft3D-PART) ingezet.

Er is relatief weinig bekend over de hoeveelheid larven die vanuit de Grevelingen in de Voordelta worden uitgespoeld en welke leeftijd deze larven hebben. Wel is door IMARES aangegeven dat het uitspoelen van de larven hoogstwaarschijnlijk in de periode van ongeveer juni tot en met augustus plaatsvindt. Daarom wordt het larventransport gesimuleerd voor de maanden juli tot en met augustus, voor elk van de 6 beschikbare jaren. Gezien de beperkte informatie rondom aantallen, is in het model aangenomen dat een constante stroom van deeltjes in de voordelta terecht komen gedurende de hele periode juni tot en met augustus.

Verder is gegeven dat deze larven na ongeveer twee weken gaan vestigen. Daarom worden de modeldeeltjes die een leeftijd hebben bereikt van twee weken uit het model gehaald en spelen ze na twee weken dus geen rol meer.

De gemodelleerde verdeling van de larvendeeltjes in de Voordelta levert een inschatting op van het areaal dat de larven kunnen bestrijken om zich te vestigen. Volgens het model zouden de larven uit de Grevelingen zich dus niet buiten dit gebied kunnen vestigen.

Om op basis van de modelresultaten een inschatting te maken van waar de larven terecht kunnen komen en hoe groot de kansen zijn dat dat inderdaad gebeurd zijn belangrijke factoren:

- de reistijd (hoe lang doen ze erover om vanuit de Grevelingen op een aangewezen plek te komen)
- de (relatieve) concentratie (hoeveel larven komen er dan op die plek aan).

De combinatie van reistijd en concentratie is een maat voor de vestigingskans. Vandaar ook dat de resultaten van het deeltjesmodel worden getoond in kaartbeelden van de (relatieve) concentratie (gemiddeld en maximum) en van het gemiddelde aantal transportdagen.

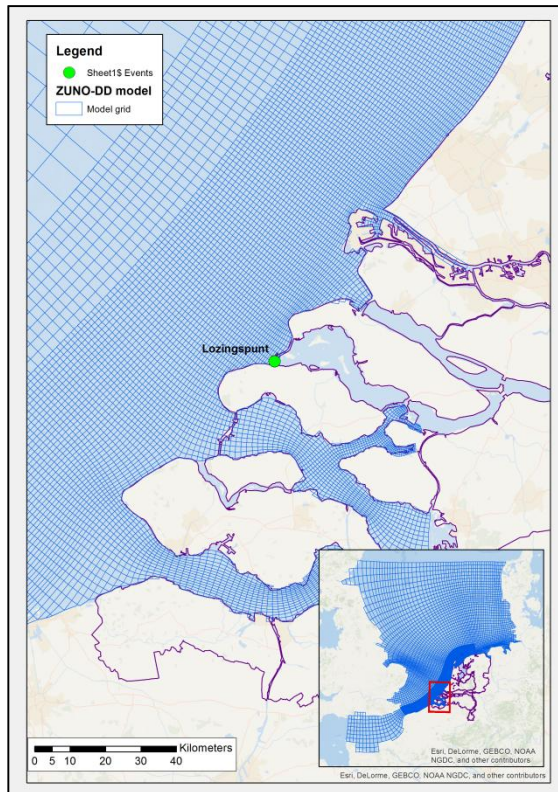
3 Modelopzet

3.1 Hydrodynamisch model

In het kader van deze studie is er geen nieuw hydrodynamisch model opgezet of gedraaid, maar zijn modelresultaten gebruikt van het bestaande 3-dimensionale gebiedsmodel Delft3D-FLOW_Noordzee-ZUNO-DD_j03-11_v02, waarvan modelresultaten beschikbaar zijn voor de jaren 2003 tot en met 2008. Gedetailleerde informatie van dit model is beschikbaar in het factsheet van dit model:

(http://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/22751/1207726-000-zks-0037-m-delft3d-flow_noordzee-zuno-dd_j03-11_v02_metadata_waterkwaliteitsmodelschemat.pdf)

Het model beslaat de gehele zuidelijke Noordzee (zie Figuur 3.1) en heeft in de buurt van de Grevelingendam een horizontale resolutie van ongeveer 1600x600 m. In de verticaal heeft het model 12 sigma-lagen. In het hydrodynamische model wordt temperatuur en saliniteit actief gesimuleerd. De debieten van de rivieren die in het model zijn opgenomen zijn zoveel mogelijk actueel voor de gegeven periodes. Hierbij kan nog worden opgemerkt dat het spui debiet vanuit de Grevelingen (met een daggemiddelde van ongeveer 123 m³/s) niet in het hydrodynamische model is opgenomen. Dit kan dit een effect hebben op het lokale transport van de larven. Om dit echter goed te kunnen modelleren zou het wel noodzakelijk zijn om het model grid ter hoogte van de spuisluis aanzienlijk te verfijnen, hetgeen buiten de scope van deze studie valt. Het debiet vanuit het Haringvliet (ten Noorden van de Grevelingen) is wel in het model opgenomen. Voor de jaren 2003-2008 is het gemiddelde debiet vanuit het Haringvliet is ruim 500 m³/s (Waterbase).



Figuur 3.1 Zuno-DD model grid

De hydrodynamische resultaten worden gebruikt om het deeltjesmodel Delft3D-PART aan te sturen. Het transport van de deeltjes in PART wordt gedreven door de stroming in het hydrodynamische model. Deze stromingsgegevens hebben een tijdsresolutie van 1 uur.

3.2 Delft3D-PART deeltjes model

Het Delft3D-PART deeltjes model maakt een integraal onderdeel uit van het Delft3D modelsysteem. Het wordt aangedreven door de waterbeweging vanuit Delft3D-FLOW en berekent de afgelegde weg van een groot aantal deeltjes dat in het modeldomein kan worden geloosd. Het transport van de deeltjes bestaat uit advectie (vanwege de stroomsnelheid) en dispersie (horizontaal en verticaal). De dispersie coëfficiënten zijn kalibratieparameters voor het beschrijven van de effecten van turbulentie op stofverspreiding. Kalibratiedata is echter niet beschikbaar waardoor waarden moeten worden aangenomen. In deze studie zijn waarden aangenomen die in een algemeen geaccepteerd bereik liggen (eg Viikmäe et al, 2013¹). Voor de horizontale en verticale dispersie coëfficiënt zijn waarden toegepast van respectievelijk $1 \text{ m}^2/\text{s}$ en $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

De deeltjes in het model kunnen ook een netto verticale snelheid hebben die door de gebruiker kan worden opgegeven. De netto verticale snelheid van de larven lijkt te variëren door de tijd heen, en mogelijk kunnen larven deze zelf beïnvloeden (North et al, 2008², Choong-Ki Kim et

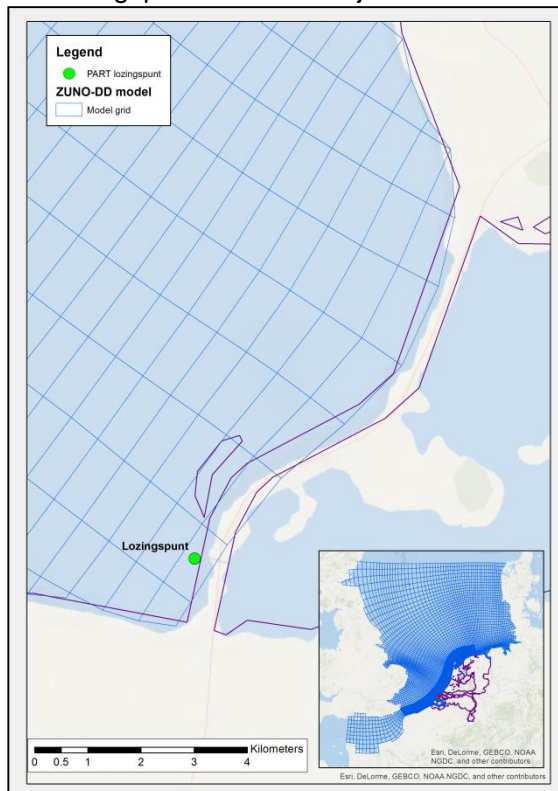
¹ Bert Viikmäe, Tomas Torsvik, Tarmo Soomere (2013) *Impact of horizontal eddy diffusivity on Lagrangian statistics for coastal pollution from a major marine fairway*, Ocean Dynamics, May 2013, Volume 63, Issue 5, pp 589-597

² North, E. W., Schlag, Z., Hood, R. R., Li, M., Zhong, L., Gross, T., & Kennedy, V. S. (2008). *Vertical swimming behavior influences the dispersal of simulated oyster larvae in a coupled particle-tracking and hydrodynamic model of Chesapeake Bay*. Marine Ecology Progress Series, 359, 99–115. doi:10.3354/meps07317

al. 2010³). Omdat dit nog onvoldoende duidelijk is, is in deze studie gekozen voor een neutraal uitgangspunt, namelijk dat de deeltjes geen netto val- of stijgsnelheid hebben.

Het PART model is opgezet met twee type stoffen, een algemene tracer zonder en een algemene tracer met eerste orde afbraak. De afbraak coëfficiënt in deze studie is 0.01 per dag. Deze waarde is arbitrair, maar is nodig om de leeftijd van de deeltjes in de uitvoer te kunnen afleiden aan de hand van de ratio van beide concentraties.

Het lozingspunt van de deeltjes in het model is ter hoogte van de spuisluizen (Figuur 3.2).



Figuur 3.2 Ligging van het lozingspunt

Een directe koppeling met het karakter van de spuisluizen en afhankelijkheid van het debiet met de waterstand in de Noordzee is in de huidige aanpak niet mogelijk vanwege de afwezigheid van het spuidebiet in het hydrodynamische model. Wel vindt de lozing plaats op enige diepte omdat de doorlaat een drempelhoogte heeft van -11m NAP, en dat is gezien de lokale diepte van het model dicht bij de bodem. Vandaar dat de lozing plaatsvindt in modellaag 10 (van de 12) hetgeen op een diepte is van ongeveer 88% van de lokale diepte. Testen hebben overigens laten zien dat een variatie van de lozingsdiepte de modelresultaten niet significant beïnvloeden.

De simulaties zelf zijn uitgevoerd voor een periode van 3 maanden waarin de larven (i.e. deeltjes) worden geloosd (juni tot en met augustus), met een constante flux. Deze is gekozen

³ Choong-Ki Kim, Kyeong Park, Sean P. Powers, William M. Graham and Keith M. Bayha (2010) *Oyster larval transport in coastal Alabama: Dominance of physical transport over biological behavior in a shallow estuary*, Journal Of Geophysical Research, Vol. 115, C10019, Doi:10.1029/2010jc006115, 2010

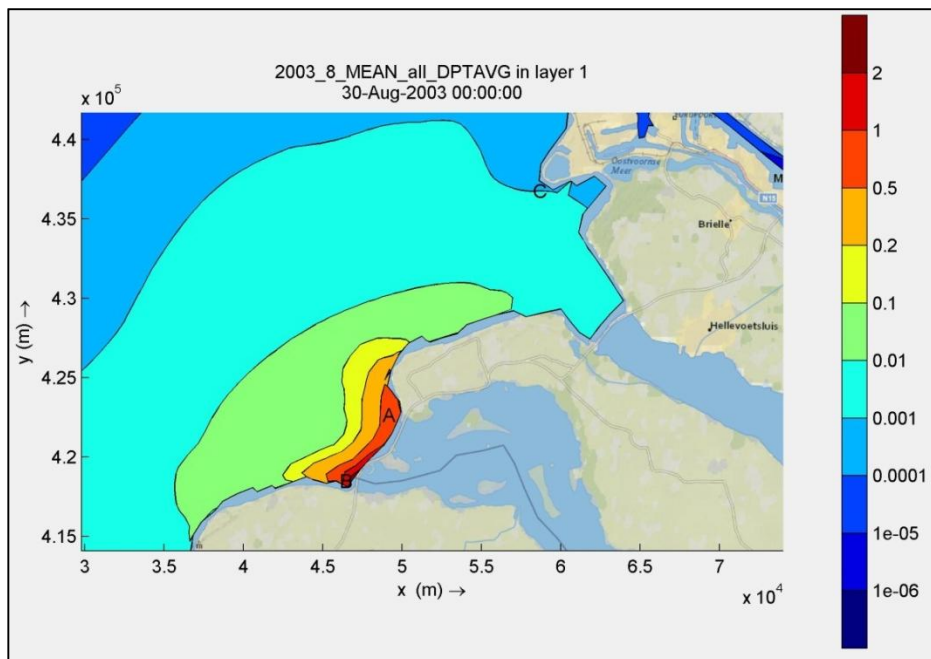
op 100 eenheden per seconde. In totaal wordt gedurende 1 simulatie (1 jaar) 5 miljoen deeltjes in het model geloosd. Dit aantal is voldoende om de genoemde kaartbeelden op te kunnen baseren.

4 Modelresultaten

Voor de analyse van de resultaten zijn allereerst de concentratieverdelingen verticaal gemiddeld, waarna een tijdsgemiddelde en een maximum is uitgerekend. De tijdsgemiddeldes en maxima zijn berekend voor de gehele periode van 6 jaar, per elk jaar apart, en per maand (juni, juli en augustus). Op deze manier ontstaat een overzicht van zowel de gemiddelde variatie voor een langere periode en een inzicht in de maandelijkse en jaarlijkse variatie. Voor deze memo is een selectie gemaakt en worden enkel de meest relevante resultaten getoond.

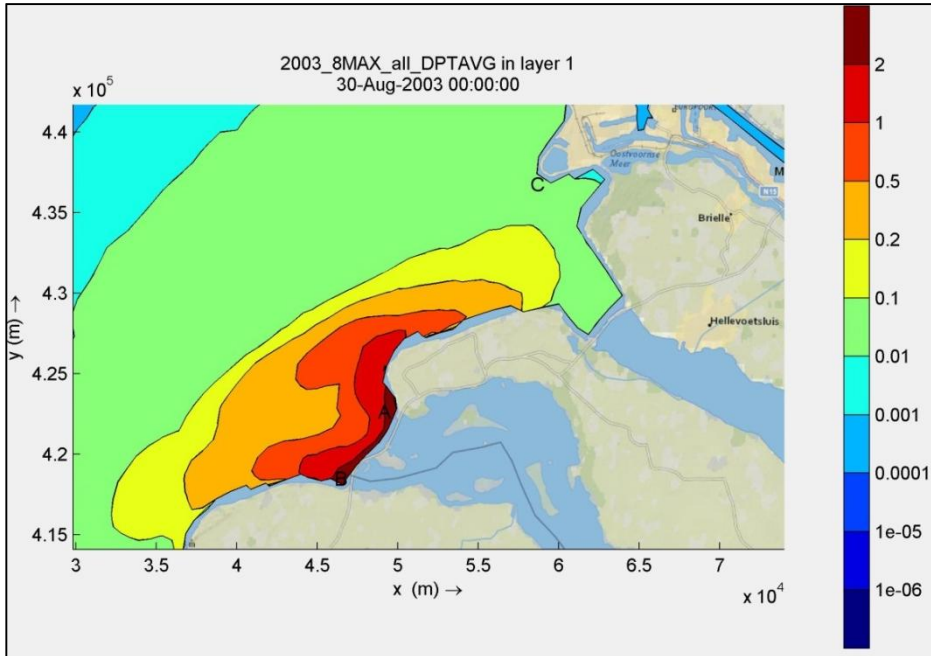
4.1 Gemiddelde concentratie en aantal transportdagen

De gemiddelde concentratie-verdeling voor alle periodes is weergegeven in onderstaande figuur (Figuur 4.1).



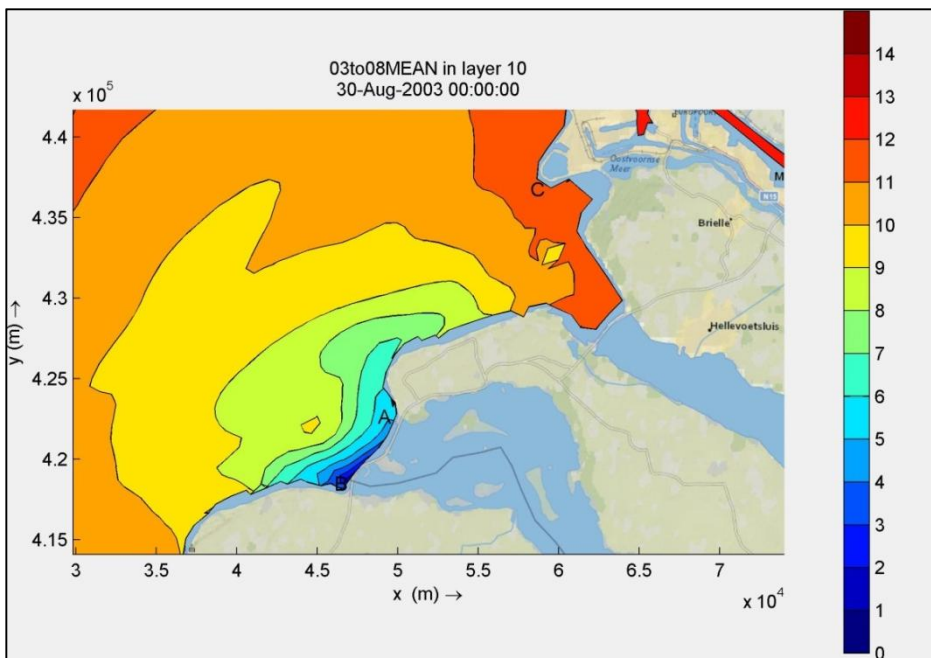
Figuur 4.1 Gemiddelde concentratie-verdeling

In de figuur kan worden opgemerkt dat de schaalverdeling logaritmisch is. Duidelijk kan worden gezien dat het merendeel van de deeltjes voor de Brouwersdam blijven en dat de verdunning naar buiten toe snel toeneemt. Wanneer ook de maximale concentraties worden beschouwd (Figuur 4.2) is ook waar te nemen dat er een aanzienlijke variatie is rondom dit gemiddelde.



Figuur 4.2 Maximale concentratie-verdeling

Om een indruk te geven van de kansen dat de larven zich kunnen vestigen wordt ook gekeken naar het gemiddelde aantal transportdagen. Dit geeft weer hoe lang de larven er gemiddeld over doen om vanuit de spuisluizen op een andere locatie te komen. De ruimtelijke verspreiding van het gemiddelde aantal transportdagen voor alle simulaties is in Figuur 4.3 weergegeven.



Figuur 4.3 Gemiddeld aantal transport dagen

Het gemiddelde aantal transportdagen van de deeltjes na lozing rond de brouwersdam is enkele dagen. De deeltjes doen er gemiddeld 5-6 dagen over om bij locatie A te komen. Dit betekent dat de larven die uit de Brouwersdam komen en op dat moment een leeftijd hebben van jonger dan een dag of 8-9 gemiddeld zich bij locatie A zou kunnen vestigen. Ook hier is er weer sprake van een aanzienlijke variatie.

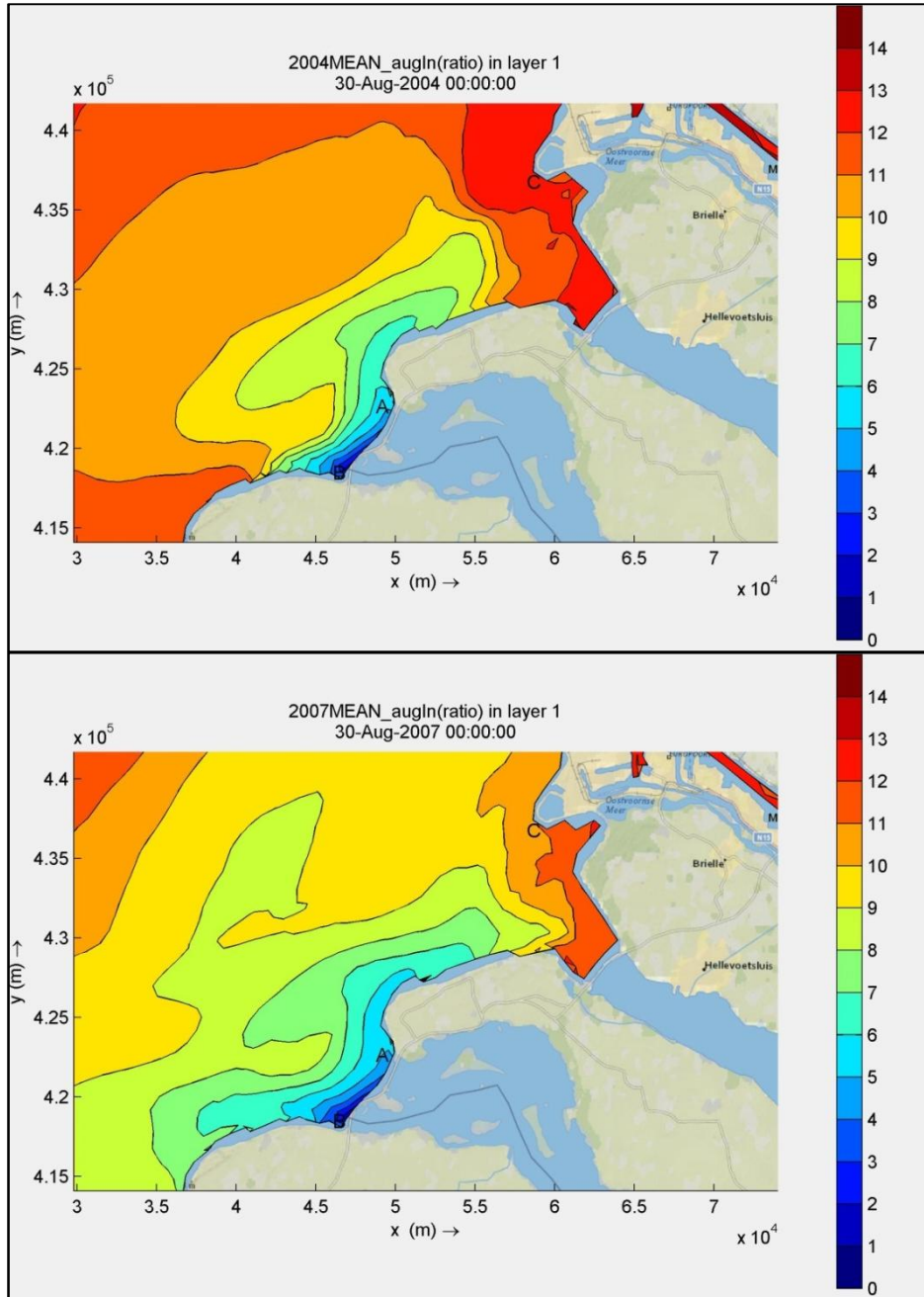
4.2 Maand- en jaarvariaties

Een van de belangrijke variaties is de afvoer vanuit het Haringvliet. Deze is afhankelijk van het Rijn debiet bij Lobith en kan variëren van 0 tot meer dan 5000m³/s. Voor de maanden juni, juli en augustus is het gemiddelde maandedebit zoals dat in het model is opgenomen in Tabel 4.1 weergegeven.

Jaar	Juni (m ³ /s)	Juli (m ³ /s)	Augustus (m ³ /s)	Gemiddeld (m ³ /s)
2003	69.2	43.7	12.9	41.7
2004	291.0	67.2	64.0	139.1
2005	140.3	57.7	194.1	130.6
2006	719.0	64.5	83.3	284.3
2007	567.6	823.8	1132.5	844.3
2008	364.7	137.8	114.3	203.9

Tabel 4.1 *Debieten vanuit het Haringvliet*

Het valt op dat 2007 het gemiddelde debiet in juli en augustus aanzienlijk hoger is dan voor de andere jaren. Dit is terug te zien in het gemiddelde aantal transportdagen, waarbij met name voor juli en augustus 2007 de 9-dagen contour verder in de Noordzee ligt dan voor de andere jaren (zie Figuur 4.4). Dit zou betekenen dat een hoog debiet vanuit het Haringvliet er voor zorgt dat de larven zich over een groter gebied kunnen verspreiden. Voor de Locatie C (het meest noordelijke punt) lijkt een groot Haringvliet-debiet de transporttijd te verlagen. Het effect op de concentratieverdeling is minder duidelijk. Voor augustus 2008 de hoogste gemiddelde concentratie zien bij Locatie C, terwijl augustus 2003 en 2005 de laagste concentraties bij C laten zien. Een directe correlatie met de afvoer van het Haringvliet is hier niet direct zichtbaar. De concentratieverdeling van augustus 2008 wijkt af van de resterende jaren omdat de verdeling (goed zichtbaar in de 0.1 contour) meer naar het noorden is gericht. Dit zou veroorzaakt kunnen worden omdat er bijvoorbeeld door de overheersende wind sterkte en richting een gemiddeld sterkere stroming in noordoostelijke richting aanwezig is.



Figuur 4.4 Gemiddeld aantal transport dagen voor augustus 2004 (boven) en 2007 (onder)

Vanzelfsprekend moet men voorzichtig zijn om al te veel conclusies te verbinden aan deze modelresultaten. Een van de elementen die niet in het model is opgenomen en wellicht wel van invloed is op de verspreiding van de larven is het spuidebiet van de Brouwersdam die voor een netto transportterm voor de deeltjes kan zorgen waardoor de deeltjes zich verder in de Voordelta kunnen verspreiden. Er lijkt een invloed te zijn van het debiet door de Haringvliet dat met name het gemiddelde aantal transportdagen op Locatie C beïnvloedt, waardoor op die locatie de kans van vestigen veel variabel is dan op locatie A. Op die laatste locatie zijn de resultaten veel constanter en worden minder beïnvloed door factoren zoals de hydrodynamica

op de Noordzee (bv het restdebiet) en de wind. Ook het debiet uit het Haringvliet is hier niet van invloed.

Gezien de concentratieverdelingen is het waarschijnlijk dat vanuit een gevestigde oesterbank op locatie B de larven locatie A kunnen bereiken. Het gekozen lozingspunt in het model ligt dicht bij locatie B en het effect van het lozingspunt op de concentratieverdeling in het model is klein. Wel is onzeker in hoeverre het spuidebiet vanuit de Grevelingen dit beïnvloedt. Gezien de modelresultaten is het ook waarschijnlijk dat de verspreiding van larven van oesterbanken voor de Brouwersdam (tussen locatie A en B) vergelijkbaar is met die van larven vanuit de Grevelingen.

5 Conclusies

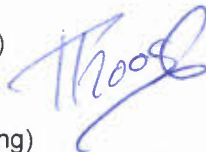
De resultaten van deze beperkte modelstudie laten zien dat, in het algemeen, larven vanuit de Grevelingen het gehele gebied langs de Brouwersdam binnen enkele dagen kunnen bereiken. De verdunning is in dit gebied nog redelijk beperkt. Gezien het gemiddelde aantal transportdagen van de larvendeeltjes op Locatie C (verder naar het noorden) kunnen larven ook die locatie bereiken, ook al zijn de variaties aanzienlijk groter en lijken ook periodes voor te kunnen komen waarin larven niet binnen twee weken die locatie kunnen bereiken. Het debiet door het Haringvliet heeft hier vermoedelijk invloed op.

De verdunning bij locatie C is aanzienlijk hoger dan bij Locatie B, hetgeen de mogelijke vestigingskans zal verkleinen ten opzichte van locatie B.

Voor oesters die zich voor de Brouwersdam (ongeveer tussen locatie A en B) al hebben gevestigd, lijkt het aannemelijk dat de verspreiding van larven vergelijkbaar is met die van larven uit de Grevelingen. In hoeverre het spuidebiet vanuit de Grevelingen hier invloed op heeft is wel onzeker.

Het model dat is gebruikt voor deze studie geeft een eerste indicatie. Om effecten van het spuidebiet en het debiet vanuit het Haringvliet mee te kunnen nemen, is een nauwkeuriger model nodig met een significante verhoging van de resolutie.

Kopie aan
Dr. Tineke Troost (review)



Bianca Peters (goedkeuring)

b/a 