

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/283416979>

Verkenning zoet-zout natuur en spuilocatie nabij Pier van Oterdum : Planstudie nieuwe spuilocatie en zoet-zout natuur

Article · January 2014

CITATIONS

2

READS

69

8 authors, including:



Martin J. Baptist

Wageningen University & Research

111 PUBLICATIONS 2,312 CITATIONS

SEE PROFILE



Arie Benjamin Griffioen

Wageningen University & Research

35 PUBLICATIONS 133 CITATIONS

SEE PROFILE



B.T. Grasmeijer

Deltares

53 PUBLICATIONS 950 CITATIONS

SEE PROFILE



Verkenning zoet-zout natuur en spuilocatie nabij Pier van Oterdum

Planstudie nieuwe spuilocatie en zoet-zout natuur

Projectgroep Marconi

3 juni 2014

rapport

BC8760-102-100

Documenttitel Verkenning zoet-zout natuur en spuilocatie nabij Pier van Oterdum
Planstudie nieuwe spuilocatie en zoet-zout natuur
Verkorte documenttitel Planstudie Pier van Oterdum
Status Rapport
Datum 3 juni 2014
Projectnaam Planstudie Pier van Oterdum
Projectnummer BC8760-102-100
Opdrachtgever Projectgroep Marconi
Referentie BC8760-102-100/R/904358/Nijm

Drs.ing. Hans Verhoogt, drs. Marije Schaafsma, ir. F. van der Ziel, drs. A. van Maastricht; Royal HaskoningDHV

Dr. Martin J. Baptist, drs. A.D. Rippen en drs. B. Griffioen IMARES Wageningen UR.

Dr.ir. B.T. Grasmeijer: Arcadis

Collegiale toets
Datum/paraaf
Vrijgegeven door
Datum/paraaf

SAMENVATTING VERKENNING ZOET-ZOUT NATUUR EN SPUILOCATIE NABIJ PIER VAN OTERDUM

Op 11 december 2012 ondertekenden de marconipartners de Ruimtelijke visie op de Maritieme zone van Delfzijl. Deze visie bevat het plan om op termijn de oude schutsluis van het Eemskanaal van het Eemskanaal te herstellen, zodat de recreatievaart direct in Delfzijl kan aankomen en niet meer langs de grote zeesluis hoeft te varen.

Momenteel wordt de oude schutsluis gebruikt om zoetwater te spuien afkomstig uit het Eemskanaal-Dollardboezemsysteem, maar bij omlegging naar de Pier van Oterdum zou die functie vervallen. Om dit in de toekomst mogelijk te maken stelde het waterschap Hunze en Aa's voor om een reserveringszone in het bestemmingsplan op te nemen. Bij de ondertekening van de ruimtelijke visie stelden de natuurbeschermingsorganisaties voor om een alternatief spuumiddel bij de Pier van Oterdum te combineren met een zoet-zout overgang met vismigratievoorzieningen. Deze wensen hebben geleid tot het voorstel om op termijn rekening te houden met een omlegging van de boezemafvoerpunten buiten de haven om naar de Pier van Oterdum. De verplaatsing van de huidige spui naar de pier van Oterdum zou naar analogie met de situatie van de Waddenzeehaven van Harlingen kunnen leiden tot een aanzienlijke afname van het baggerbezwaar en een mogelijke kostenbesparing.

Het consortium Ecoshape hebben een verkenning uitgevoerd naar een mogelijke inrichting voor deze nieuwe spuilocatie met zoet-zoutnatuur. In meerdere werksessies met de projectgroep MARCONI is toegewerkt naar een realistisch en haalbaar schetsontwerp. Belangrijke uitgangspunten voor het schetsontwerp van de nieuwe spuilocatie zijn: het handhaven en faciliteren van de maximale spuicapaciteit (180 m³/s) onder vrij verval, het handhaven van de waterveiligheid, het beperken van de zoutindringing via het nieuwe spuumiddel, de nieuwe spuilocatie mag niet leiden tot een nieuw baggerbezwaar op een andere locatie, het mogelijk maken van vispasseerbaarheid, zoveel mogelijk versterken van de overige ecologische ambities en ontwikkelingen in het gebied, de inpassing in het gebied en versterken van de leefbaarheid van het gebied. Tevens is onderzocht of de verplaatsing van de spui leidt tot een afname van het baggerbezwaar.

Het zoekgebied voor de beoogde nieuwe spuilocatie met zoet-zoutnatuur is noodzakelijkerwijs sterk ingeperkt vanwege de veelheid aan functies die bij de Pier van Oterdum samenkomen. De ruimte wordt ingeperkt door het ca. één meter hogere industriegebied en de (gas)leidingenstraat naar Duitsland met een op structuurschemaaniveau voorgeschreven veiligheidszones. Het is evenwel gelukt om binnen deze beperkte ruimte een schetsontwerp te ontwikkelen waarin de verschillende ambities een plek krijgen. Het schetsontwerp maakt onderscheid in verschillende onderdelen (zie kaart). Een spuikanaal als verbinding tussen het Oosterhornkanaal en de nieuwe spuilocatie, het spuumiddel en voorziening voor vismigratie, een zoet-zout overgang en kwelder. Het minimale ruimtebeslag dat benodigd is (spuikanaal en spuumiddel met vismigratievoorziening bedraagt: ca.15 ha. Zonder visvriendelijke inrichting bedraagt de reserveringszone ca. 12 ha. Wanneer daar de Grote Polder (momenteel riet en ruigte) aan toegevoegd wordt met een natuurlijke inrichting voor

mogelijk paaigelegenheid voor vissen bedraagt het ruimtebeslag ca. 32 ha. Een mogelijk buitendijks te realiseren kwelder bedraagt 30ha.

De aanleg van het spuikanaal sluit goed aan op de ontwerpen van de wal van Borgsweer. Het verdient aanbeveling om het ontwerp van de wal van Borgsweer breder uit te voeren, zodanig dat het inspeelt op een mogelijke omlegging van de spui. De aansluiting van het spuikanaal met het Oosterhornkanaal en de combinatie met brug, spoorlijnpassage behoeft in een later stadium nog nadere uitwerking. Het spuikanaal is in totaal 69,5 meter breed en is aan de oostzijde voorzien van een brede natuurvriendelijke oever van 37,5 meter breed. Aan de westzijde sluit het Spuikanaal aan op de wal van Borgsweer. In de natuurvriendelijke oever kunnen paaiplaatsen aangelegd worden voor vissen. Tevens is hier ook ruimte voor een wandelpad waardoor het gebied ook beleefd kan worden. De passage van het boezemwater door de dijk zal plaatsvinden d.m.v. een duiker. Vanwege de maximale spuicapaciteit is dit een forse duiker van 5 kokers met een diameter van 5 meter, voorzien van schuifdeuren. In het ontwerpproces is veel aandacht besteed aan de vispassage. De vispassage is van belang voor de driedoornige stekelbaars, spiering, glasaal, rivierprik en botlarven. In de toekomst zal deze voorziening een belangrijke rol spelen in de vismigratie tussen de Eems-Dollard met een groot achterland. De visintrek vindt plaats via een gescheiden vispassage (vrij verval, hevelpassage, etc.) dat losstaat van het spuimiddel gecombineerd met een brakwater en paaigebied. In het Eems-Dollard gebied is visvriendelijk spui-beheer een beproefde methode om de vispasseerbaarheid verder te vergroten die vaker wordt toegepast. Nadeel hiervan is dat er meer zoutindringing plaats zal vinden in het oppervlaktewater. Een definitieve keuze voor de vispassage via de spuivoorziening zal later gemaakt moeten worden, bij de uitwerking van een definitief ontwerp (mogelijk pas over 20 jaar). De keuze heeft echter geen effect op het benodigde ruimtebeslag voor de nieuwe spuilocatie met zoet-zout natuur. Voor de berekening van de kostprijs is uitgegaan van een aparte vispassage (vrij verval) en spuimiddel.

Een zoet-zoutovergang is voorzien tussen het spuikanaal en het industrieterrein. In het ontwerp is uitgegaan van een klein brak meer waarin de vissen “op adem” kunnen komen en schuilen voor predatoren na hun passage door het spuimiddel of vispassage. In dat meer kan een eiland aangelegd worden dat kan functioneren als hoogwatervluchtplaats of broedgelegenheid biedt.

Buitendijks kan de spuistroom geleid worden door een kwelder dat aansluit op de kwelder ontwikkeling van het project Marconi Buitendijks. In het verdere ontwerpproces zal verder aandacht besteedt moeten worden aan de haalbare ecologische kwaliteit van deze kwelder en zoet-zoutovergang en de eisen die dit stelt aan de inrichting.

Een globale kosteninschatting voor dit haalbaar en realistisch schetsontwerp laat zien dat de investeringskosten ca. 53 – 75 miljoen euro. Een groot deel van deze kosten (bijna 50%) komen voor rekening van de duiker. Gezien de onzekerheden in het ontwerp, proces en tijdsperiode is een ruime marge aangehouden.

Een belangrijk aspect dat is onderzocht in deze verkenning is de mogelijke afname van het baggerbezwaar in het Zeehavenkanaal als gevolg van het verplaatsen van de spui. Uit modelstudies (Delft 3D) is naar voren gekomen dat het verplaatsen van de spui leidt tot een minimale afname van het baggerbezwaar. De modelberekeningen laten nu zien

dat dit rond 1 % ligt. Als in het model alle spuivoorzieningen in de haven van Delfzijl worden verwijderd bedraagt de afname in het baggerbezwaar minder dan 10%. Deze afname is veel kleiner dan die in de haven van Harlingen. In deze verkenning voor Delfzijl is de mogelijke afname in het baggerbezwaar voor een beperkte periode (50 dagen) bekeken. In deze periode wordt het meeste boezemwater gespuid. Onze aanbeveling is om voor een meer gedetailleerd en volledig beeld het effect op het baggerbezwaar jaarrond door te rekenen. Belangrijke conclusie is dat de nieuwe spuilocatie in ieder geval niet leidt tot een nieuw baggerbezwaar.



INHOUDSOPGAVE

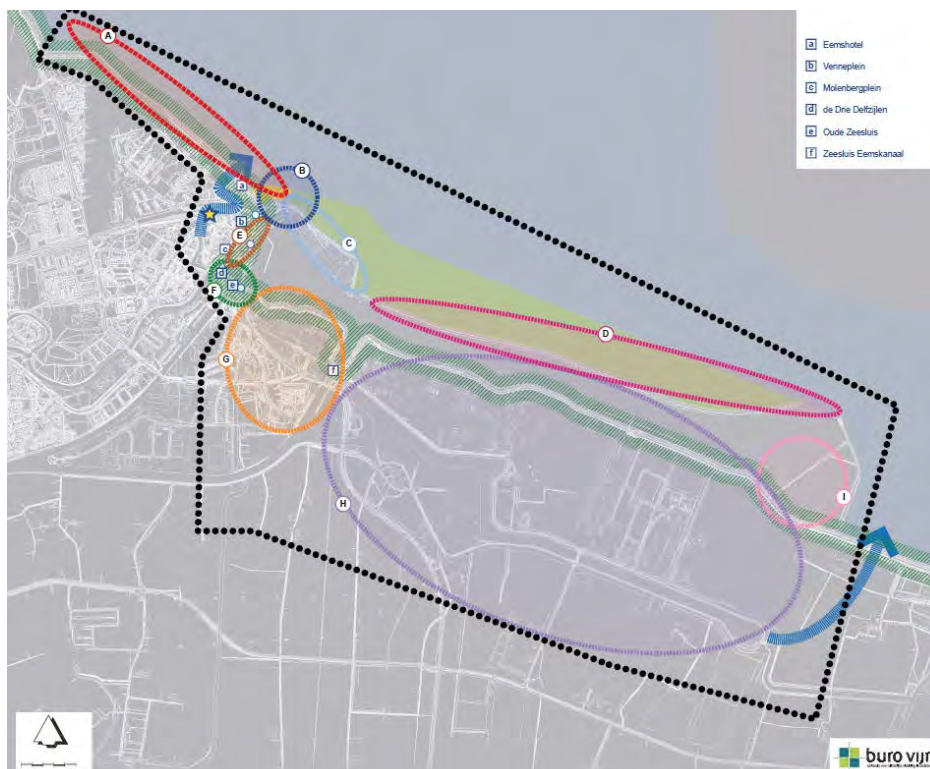
	Blz.
Samenvatting	
1 INLEIDING	1
1.1 Achtergrond en kader	1
1.2 Doel van de studie	1
1.3 Innovatieprogramma Building with Nature Waddenzeehavens	2
2 SYSTEEMBESCHRIJVING, UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN	3
2.1 Gebiedsbeschrijving	3
2.2 Watersysteem	3
2.2.1 Boezemsystemen en afwateringspunten	3
2.2.2 Afwatering boezemwater	5
2.3 Hydraulische uitgangspunten	6
2.3.1 Eemskanaal - Dollardboezemsysteem	6
2.3.2 Waterstanden Eemskanaal-Dollardboezem	6
2.3.3 Spuien vanuit de Eemskanaal-Dollardboezem	6
2.3.4 Spuien via de oude en kleine schutsluis	7
2.3.5 Zoutindringing Eemskanaal	8
2.3.6 Waterstanden Eems	9
2.4 Baggerbezwaar	10
2.4.1 Relatie afwatering boezemwater en slibvorming zeehavenkanaal (baggerbezwaar)	10
2.4.2 Baggerbezwaar haven van Delfzijl	11
2.5 Ecologie	11
2.5.1 Ecologische uitgangspunten	13
2.6 Ruimtelijke kwaliteit	15
2.6.1 Toekomstige ontwikkelingen	16
3 RANDVOORWAARDEN ZOEKLOCATIE	19
4 UITGANGSPUNTEN ONTWERP	20
5 RUIMTELIJK ONTWERP	22
5.1 Visie op de opgave	22
5.2 Toelichting ontwerp	23
5.2.1 Bouwblok spuikanaal en relatie Wal van Borgsweer	24
5.2.2 Bouwblok vismigratie	25
5.2.3 Bouwblok zoet-zout overgang	25
5.2.4 Bouwblok kwelder	26
5.2.5 Bouwblok paaiplaats driedoornige stekelbaars en vogelfourageergebied	28
6 ONTWERP SPUILOCATIE	29
6.1 Doel nieuwe spuilocatie	29

6.2	Uitwerking watersysteem spuikanaal, aantakking Oosterhornkanaal en spuivoorziening	29
6.3	Spuimiddel	31
7	ONTWERP VISPASSAGE	34
7.1	Visaanbod	34
7.1.1	Doelsoorten	35
7.2	Twee typen vispassage	36
7.2.1	Scheiding van functies; vrij-verval vispassage	37
7.2.2	Combinatie van functies: visvriendelijk spuibeheer	38
7.3	Werking vrij-verval vispassage	40
7.3.1	Aansluiting vispassage aan spuistroom spuumiddel	41
7.4	Migratievenster	42
7.5	Predatoren bij de vispassage	44
8	EFFECT VERPLAATSING SPUI OP AANSLIBBING HAVEN DELFZIJL	46
8.1	Resultaten proces-gebaseerd model	47
8.1.1	Invloed op debiet door havenmond en Monding van de Dollard	47
8.1.2	Invloed op stromingspatroon en saliniteit	49
8.1.3	Invloed op slibtransport (onderhoudsbaggerwerk)	54
9	INVESTERINGSKOSTEN	56
10	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	57
11	REFERENTIES	59
BIJLAGE 1	GEBIEDSBESCHRIJVING	
BIJLAGE 2	SPIJGEGEVENS	
BIJLAGE 3	HYDRAULISCHE BEREKENING SPUI MIDDEL	
BIJLAGE 4	VERSLAGEN ONTWERPSESSIES PIER VAN OTERDUM	
BIJLAGE 5	MODELSTUDIE INVLOED VERPLAATSEN SPUI OUDE ZEESLUIS NAAR PIER VAN OTERDUM OP WATERBEWEGING DELFZIJL	
BIJLAGE 6	ONDERBOUWING KOSTENCALCULATIE NIEUWE SPUILOCATIE EN ZOET-ZOUT NATUUR NABIJ PIER VAN OTERDUM	
BIJLAGE 7	VISMIGRATIE PIER VAN OTERDUM	

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond en kader

Bij de gemeente Delfzijl leeft de wens om de oude schutsluis van het Eemskanaal weer te herstellen, zodat de recreatievaart niet meer langs de grote zeesluis hoeft te varen. Momenteel wordt de oude sluis gebruikt om zoetwater te spuien afkomstig uit het Eemskanaal-Dollardboezemstelsel. Tegelijk is bekend dat spuien en malen in een zeehaven het baggerbezwaar aanzienlijk kan vergroten. Daarnaast leeft bij natuurbeschermingsorganisaties de wens om een alternatief spuimiddel te combineren met een zoet-zout overgang. Deze wensen hebben geleid tot het voorstel om op termijn rekening te houden met een omlegging van de boezemafvoerpunten buiten de haven om naar de Pier van Oterdum. Dit is opgenomen in de ruimtelijke visie voor de Maritieme zone Delfzijl (zie figuur 1).



Figuur 1. Schematische weergave van de Maritieme visie Delfzijl

1.2 Doel van de studie

Momenteel worden de bestemmingsplannen geactualiseerd. De reserveringszones voor een eventuele omlegging zouden nu dus opgenomen moeten worden in het bestemmingsplan van de gemeente Delfzijl. Gezien de maatschappelijke eisen en wensen is het niet a priori duidelijk hoe dit vorm moet gaan krijgen. Dit project beoogt hierover meer duidelijkheid te verschaffen.

Concreet zijn er drie vraagstellingen die beantwoord dienen te worden:

1. Is het mogelijk de omleggingen voor het spuien en malen van zoet water, benodigd om de oude sluis van het Eemskanaal weer te herstellen, te combineren met een zout-zoet overgang?
2. Wat is het ruimtebeslag van deze omlegging en ontwikkel een ontwerp met een kostenopgaaf?
3. Wordt het baggerbezwaar in het Zeehavenkanaal verminderd wanneer er minder zoetwater op het zeehavenkanaal wordt gespuid?

1.3 Innovatieprogramma Building with Nature Waddenzeehavens

De eerste fase van dit programma liep 2012 ten einde en heeft een vervolg gekregen in o.a. het programma Ecoshape Waddenzeehavens dat zich speciaal richt op de toepassing van Building with Nature concepten in- en rondom Waddenzeehavens. Het project Verkenning Zoet-zoutnatuur en spui nabij Pier van Oterdum is hiervan het eerste project dat binnen dit nieuwe programma van start is gegaan. Het ontwerp voor de nieuwe spuilocatie en zoet-zout natuur nabij de Pier van Oterdum is tot stand gekomen door de kwaliteiten en kwetsbaarheden van de kuststrook bij Delfzijl te confronteren met toekomstige veranderingen. Ook speelt de wens mee om potenties maximaal te benutten. Ecologische potenties die passend zijn voor de plek in het Eems-Dollard estuarium. Hiervoor is gebruik gemaakt van bestaande expert- en gebiedskennis en de resultaten van het innovatieprogramma Building with Nature (BwN).

2 SYSTEEMBESCHRIJVING, UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

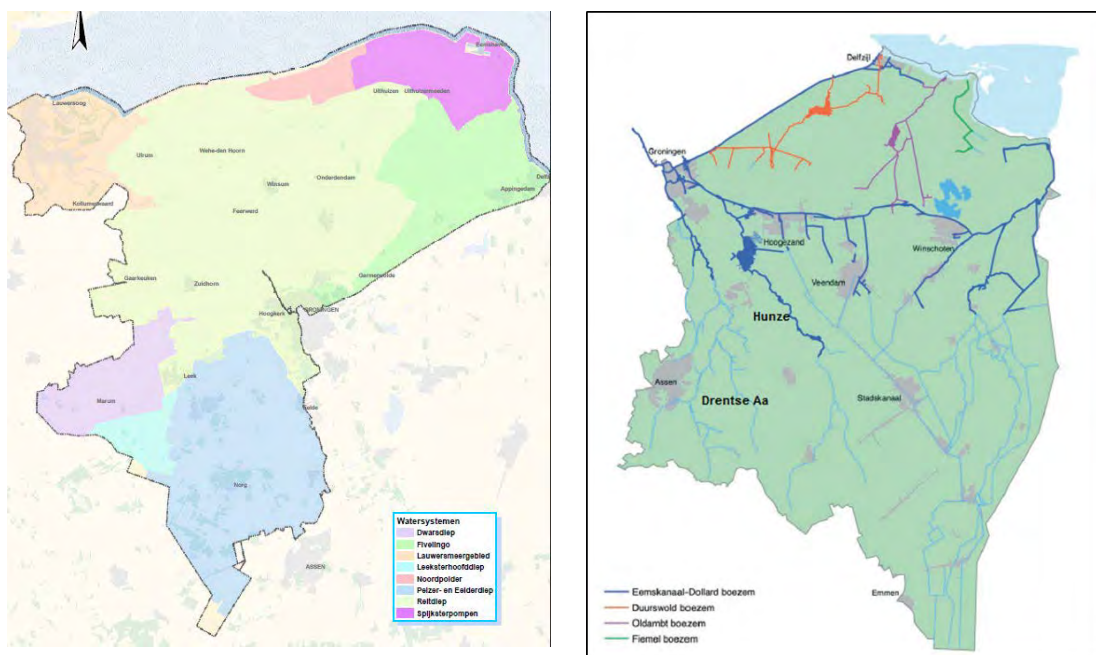
2.1 Gebiedsbeschrijving

Deze studie is een vervolg op de EcoShape studie “Ecodynamische Variantenanalyse Kustontwikkeling Delfzijl” (Dankers et al. 2013). Uit dat rapport is een uitgebreide gebiedsbeschrijving opgenomen in bijlage 1. In dit hoofdstuk wordt volstaan met de belangrijkste karakteristieken.

2.2 Watersysteem

2.2.1 Boezemsystemen en afwateringspunten

Deze studie gaat over de afwatering van het Eemskanaal-Dollard boezemsysteem in Delfzijl. In en nabij het projectgebied bevinden zich echter meerdere boezemsystemen en afwateringspunten. Daarom wordt hier kort de verschillende boezemsystemen en hun afwateringspunten beschreven (zie figuur 2 en 3, bron: Maritieme concepten in beeld, 2009).



Figuur 2 Boezemsystemen beheergebied Noorderzijlvest (links) en figuur 3 Hunze en Aa's (rechts)

Delfzijl ligt op de grens van de waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's. Zij hebben de beschikking over de volgende spuilocaties in Delfzijl (zie figuur 4):

1. Gemaal De Drie Delfzijen (Noorderzijlvest) voor het deelstroomgebied Fivelingo dat op het Damsterdiep loost.
2. Gemaal Duurswold (Hunze & Aa's) dat via het afwateringskanaal Duurswold het boezemwater van het gebied Duurswold loost.
3. De oude zeesluis (Hunze & Aa's) als een van de spuilocaties van de Eemskanaal-Dollardboezem.

In de nabijheid van Delfzijl bevinden zich de spuilocaties (zie figuur 4).

4. De nieuwe zeesluis (Provincie) waarvan de kleine sluis ook dient als een van de spuilocaties van de Eemskanaal-Dollardboezem.
5. Gemaal Rozema (Hunze & Aa's) in Termunterzijl, dat voor twee boezemsystemen kan lozen. Naast lozing voor de Oldambtboezem, kan het bijspringen om het overtollige water van het Eemskanaal af te voeren via een afwateringskanaal van het Havenkanaal naar het Termunterzijl diep.
6. Gemaal Fiemel nabij het Punt van Reide voor het watersysteem Fiemel.



Figuur 4. De verschillende spuilocaties nabij Delfzijl tevens de nieuwe spuilocatie nabij de pier van Oterdum (Google z.d).

Daarnaast zijn er nog 2 andere afwateringssystemen die verder weg liggen van Delfzijl. Dit zijn de volgende boezemsystemen met bijbehorende afwateringsmogelijkheid:

7. Spijksterpompen loost via het gelijknamige gemaal op de Eems (niet op de kaarten aangegeven).
8. De spuisluizen van Nieuwe Statenzijl als spuilocatie aan de oostzijde van de Eemskanaal-Dollardboezem.

De samenhang van de boezemsystemen en hun afwateringspunten rondom Delfzijl zijn schetsmatig in figuur 5 weergegeven.



Figuur 5. Schematische weergave van de afwateringspunten in en nabij Delfzijl.

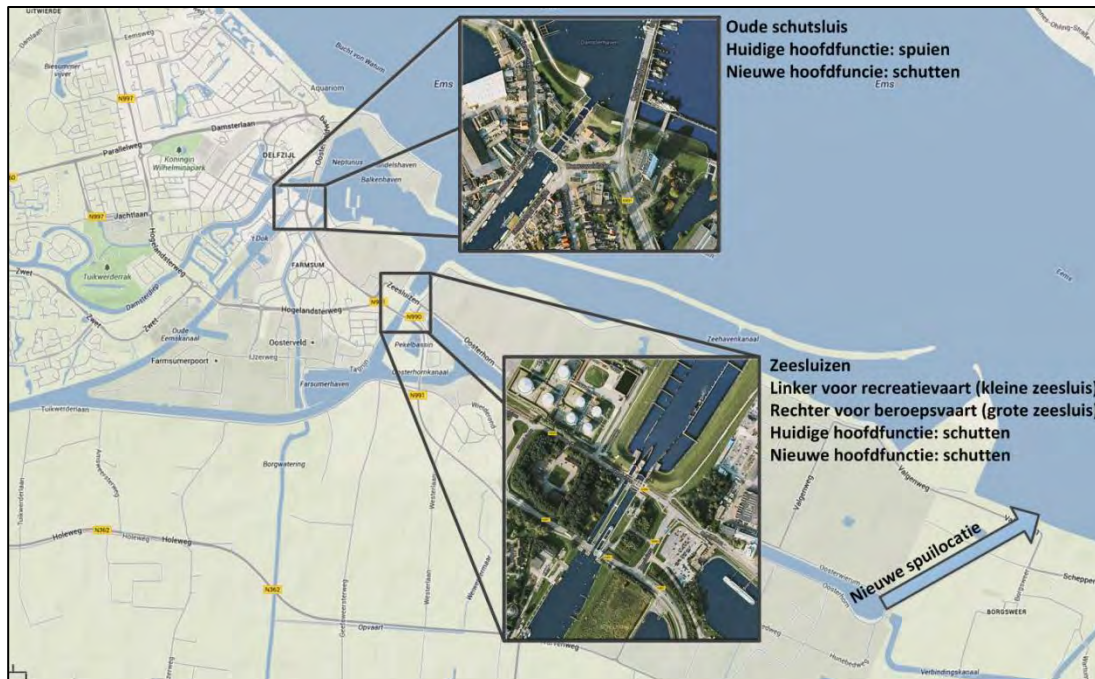
2.2.2 Afwatering boezemwater

In de boezemsystemen in het Eems-Dollardestuarium wordt overtollig boezemwater zo veel mogelijk onder vrij verval geloosd. Dit kan alleen als de waterstand op de Eems voldoende laag is. Bij hoog water worden de gemalen ingeschakeld. Het water dat via de huidige spuilocatie en de nieuwe spuilocatie wordt geloosd is afkomstig uit de Eemskanaal-Dollarboezem (zie bijlage 2). Het spuien onder vrij verval wordt op lange termijn belemmerd door de bodemdaling door gaswinning die het gebied kent. De gemalen, sluisen en stuwen worden dan ook regelmatig aangepast aan de bodemdaling om een goede afvoer van het overtollig water te behouden. Ook worden de streefpeilen regelmatig aangepast aan de bodemdaling. Naast deze bodemdaling heeft het gebied te maken met de zeespiegelstijging. Uit modelvoorspellingen van het KNMI blijkt dat de zeespiegel 35cm (2050) tot 85 cm (2100) kan stijgen.

2.3 Hydraulische uitgangspunten

2.3.1 Eemskanaal - Dollardboezemsysteem

Het water dat via de huidige spuilocatie en de nieuwe spuilocatie zal worden geloosd is afkomstig uit de Eemskanaal-Dollarboezem. In figuur 6 zijn de huidige en toekomstige spuilocaties weergegeven.



Figuur 6: Spuilocaties bij Delfzijl Eemskanaal-Dollarboezem

2.3.2 Waterstanden Eemskanaal-Dollarboezem

Streefpeil van het Eemskanaal-Dollarboezem (figuur 6) is +0,53 m NAP. Dit streefpeil geldt zowel voor de winter als zomer. Aangenomen wordt dat het peil kan stijgen tot +1,3 m NAP (vlak voor spuien) en in de zomermaanden kan uitzakken tot -0,30 m NAP.

2.3.3 Spuien vanuit de Eemskanaal-Dollarboezem

Delfzijl is belangrijk voor de afwatering van de provincie Groningen en delen van Drenthe (Hunze en Drentsche Aa). In de huidige situatie wordt overtollig water afgevoerd via de Oude schutsluis (nu spuisluis) aan het Oude Eemskanaal (zie bijlage 2 spuigegevens). In perioden met veel waterbezwaar als de afvoercapaciteit van de spuisluis tekort schiet wordt er ook geloosd via de kleine zeesluis te Farmsum. De combinatie van schutten met de grote sluis en waterafvoer met de kleine sluis levert een nautisch risico op voor de scheepvaart, naast de nautische onveiligheid door gemengde vaart op een complex.

Een complicatie hierbij is dat in het geval van een calamiteit de waterafvoer via de kleine sluis niet kan worden onderbroken. Daarnaast kan bij een geheel of gedeeltelijke

gestremde lozing (calamiteit) of hoge buiten waterstanden in de Eemskanaal-Dollard boezem maximaal circa 40 m³/s worden geloosd op de Oldambtboezem (via de Oosterhornhaven) mits de spuisluis of Rozema gemaal op dat moment capaciteit over heeft. De spuisluis aan het Oude Eemskanaal heeft een breedte van 10,2 m, de kleine zeesluis heeft een breedte van 7 m.

Het Waterschap Hunze en Aa's heeft een aantal verkenningen uitgevoerd van de toekomstige lozingsbehoefte en mogelijke maatregelen. Hierbij is onder meer de wens geuit het spuien te Delfzijl efficiënter uit te voeren door het spuien op één locatie plaats te laten vinden zonder functiemenging met scheepvaart. Belangrijk uitgangspunt is dat dit geen hinder voor scheepvaart mag opleveren.

In een recent onderzoek naar de spuicapaciteit te Delfzijl wordt geconcludeerd dat er afhankelijk van het klimaatscenario op de kortere of langere termijn aanpassing van de lozingscapaciteit nodig is om de toename van neerslaghoeveelheden en relatieve zeespiegelstijging te kunnen verwerken.

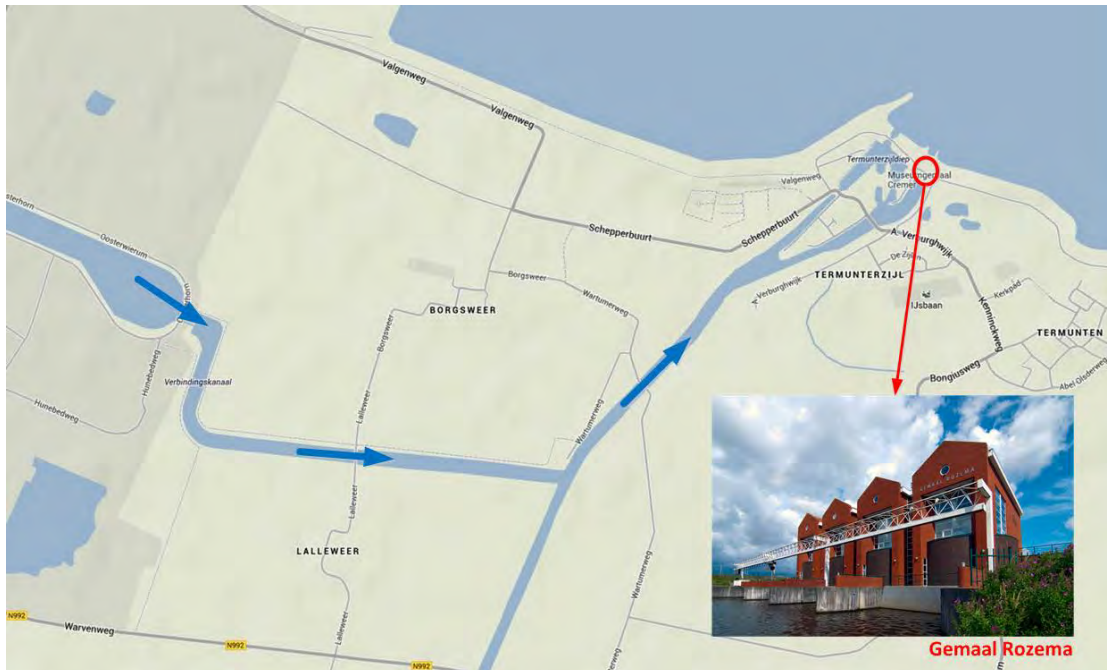
2.3.4 Spuien via de oude en kleine schutsluis

Per dag kan er gemiddeld (streefpeil in de boezem en een jaargemiddeld getij) gedurende 13,6 uur (6,8 uur per getij) onder vrij verval gespuid worden.

Het maximale debiet dat het Eemskanaal-Dollardboezem systeem veilig kan afvoeren is 180 m³/s. De stroomsnelheden zijn dan dusdanig beperkt (0,7 m/s gemiddeld over de waterkolom) dat geen erosie van oevers en bodem optreedt. De huidige spuicapaciteit dat door de oude schutsluis afgevoerd kan worden is circa 80 m³/s¹. Het is niet bekend onder welke omstandigheden dit debiet gehaald wordt.

Daarnaast wordt ook de kleine schutsluis (nabij de ze sluizen) ingezet om grotere hoeveelheden te kunnen spuien. In extreme situaties werden ook de rinketten van de grote schutsluis gebruikt om te spuien. Sinds enkele jaren is het ook mogelijk om (in geval van calamiteiten) met het gemaal Rozema (zie figuur 7) te spuien, via het verbindingskanaal tussen Eemskanaal-Dollardboezem en de Oldambtboezem.

¹ Bron is onbekend.



Figuur 7: Spuien vanuit de Eemskanaal-Dollardboezem via de Oldambtboezem bij hoogwater op de Eems.

Via het verbindingskanaal kan 2.400 m³ water per minuut (40 m³/s, 3,45 miljoen m³/dag mits 24 uur/dag uitgeslagen kan worden) uit de Eemskanaal-Dollardboezem naar gemaal Rozema stromen. De capaciteit van gemaal Rozema is 2.700 m³ per minuut. Er zijn plannen om de capaciteit van het gemaal tussen 2025 en 2030 stapsgewijs te verhogen tot maximaal 4200 m³/min in verband met bodemdaling en zeespiegelstijging.

Het is onbekend hoe vaak en hoeveel water vanuit Eemskanaal-Dollardboezem via het gemaal wordt afgevoerd.

2.3.5 Zoutindringing Eemskanaal

Via de schutsluizen komt zeewater het Eemskanaal en Oosterhornkanaal binnengedrongen, dit veroorzaakt zoutindringing. De zoutindringing wordt tegengegaan door het Eemskanaal met zoetwater door te spoelen (in de zomermaanden afkomstig uit het IJsselmeer). In de toekomst zal er t.g.v. klimaatverandering minder zoetwater beschikbaar zijn en zal de regio meer zelfvoorzienend moeten zijn t.a.v. zoetwaterverbruik. Verdere zoutindringing vanuit zee in het Eemskanaal-Dollard boezemsysteem is daarom niet gewenst. Deze ambitie zal vastgelegd worden in het deltaprogramma Zoetwater.

2.3.6 Waterstanden Eems

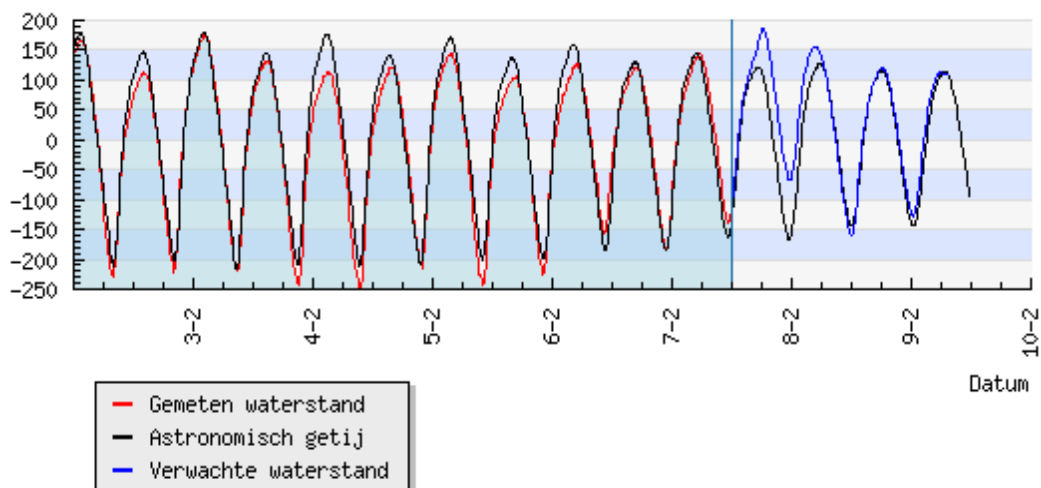
In tabel 1 zijn de gemiddelde slotstanden van 2011 gegeven voor het getij bij Delfzijl. De slotgemiddelden zijn gebaseerd op meetgegevens vanaf 1827 tot en met 2011, waarbij in 1877 een peilschrijver is geplaatst en 1 januari 1987 een DNM geplaatst.

Tabel 1: Waterstatistieken voor Delfzijl [RWS]

Getijtype cq grootheid	Slotgemiddelden			Waarden maansverloop	
	HW-stand	LW-stand	tijverschil	HW	LW
Gem. springtij	153	-186	339	11:16	17:40
Gem. tij	140	-166	306	11:06	17:26
Gem. doottij	119	-140	259	10:51	17:06
Gem. duur rijzing				6:05	
Gem. duur daling				6:20	
Gem. waterstand		11			

De waterkering bij de Pier van Oterdum is onderdeel van dijkkring 6 met een normfrequentie 1/4000 per jaar. Het toetspeil voor het dijkvak 63 ten oosten van de Pier van Oterdum is +6,2 m NAP en significante golfhoogte van 1,25 m. [HR2006]²

Meetgegevens van de waterstand bij Delfzijl zijn vrij beschikbaar op livewaterbase.nl. (Waarbij de 10-minutenwaarden terug gaan tot 1 januari 1987.) In figuur 8 zijn de meetgegevens van begin februari 2014 weergegeven.



Figuur 8: Getijdetekomen van 2 februari tot 10 februari 2014 [RWS waterstat]

² HR2006 is op dit moment vigerend, komende jaren zal HR2011 of een nieuwere hydraulische randvoorwaarden vigerend worden.

2.4 Baggerbezwaar

Voor de haven van Harlingen is aangetoond dat er een relatie is tussen de pui van zoetwater en de sedimentatie in de haven. Een verplaatsing van de zoetwaterspui uit de haven van Delfzijl zou naar analogie met de situatie in Harlingen kunnen leiden tot een afname van het baggerbezwaar.

2.4.1 Relatie afwatering boezemwater en slibvorming zeehavenkanaal (baggerbezwaar)

Sedimentatie in het havenbasin wordt veroorzaakt doordat sediment houdend water de haven in- en uitstroomt en de stroomsnelheden in de haven betrekkelijk laag zijn waardoor het sediment daar kan bezinken. De wateruitwisseling in de haven wordt bepaald door getij, werveling in de haventoeegang en dichtheidsstroming. De sedimentatie is naast de wateruitwisseling afhankelijk van de concentratie zwevend stof en de dichtheidsvariatie aan de buitenzijde van de haven. Spuien of pompen kan het dichtheidseffect op de wateruitwisseling en daardoor op de aanslibbing in de haven versterken.

In een poging het baggerbezwaar terug te dringen zijn de gemeente Harlingen en Wetterskip Fryslân in 2012 daarom gestart met een experiment om het spuien te verminderen door alleen onder afgaand tij te spuien. De effectiviteit van deze maatregel is door Deltares in een verkennende studie onderzocht (d.m.v een drie dimensionaal hydrodynamisch (Delft 3D). In deze studie is gekeken naar de relatieve bijdragen van de verschillende uitwisselingsprocessen op de totale havenaanslibbing, in het bijzonder naar de rol van het spuien daarin.

De analyse van de modelsimulaties laat zien dat in Harlingen komberging het dominante uitwisselingsproces is zonder zoetwaterspui (70% voor de wateruitwisseling, nagenoeg 100% voor slibuitwisseling). Met zoetwaterspui kan een drietal effecten optreden:

1. de introductie van een dichtheidsstroming die leidt tot extra slibimport;
2. een extra uitstromend debiet dat slib exporteert;
3. een verlenging van de eb-fase (als ook onder opkomend tij wordt gespuid) die de slibimport als gevolg van komberging beperkt.

In de huidige haven blijkt het effect van de dichtheidsstroming dominant over de andere twee effecten. Het aandeel van de dichtheidsstroming in de wateruitwisseling is ca. 25-30% (voor de onderzochte spuiscenario's). Echter in de slibuitwisseling kan het aandeel van de dichtheidsstroming oplopen tot ca. 25-50%. Voor de huidige havenconfiguratie neemt het aandeel van de dichtheidsstroming in de totale aanslibbing toe met een groter spuivolume. Aangezien vanaf 2012 alleen onder afgaand tij en dus minder zoet water wordt gespuid, zal dit vermoedelijk een beperkend (positief) effect hebben op het baggerbezwaar.

Deze resultaten voor de haven van Harlingen waarbij het spuien voor een aanzienlijk deel de oorzaak is van de aanslibbing in de haven zijn niet 1 op 1 door te vertalen naar de haven van Delfzijl. Er zijn een aantal belangrijke verschillen tussen de haven van Delfzijl en Harlingen die het relatieve effect van spuien ten opzichte van andere factoren beïnvloeden:

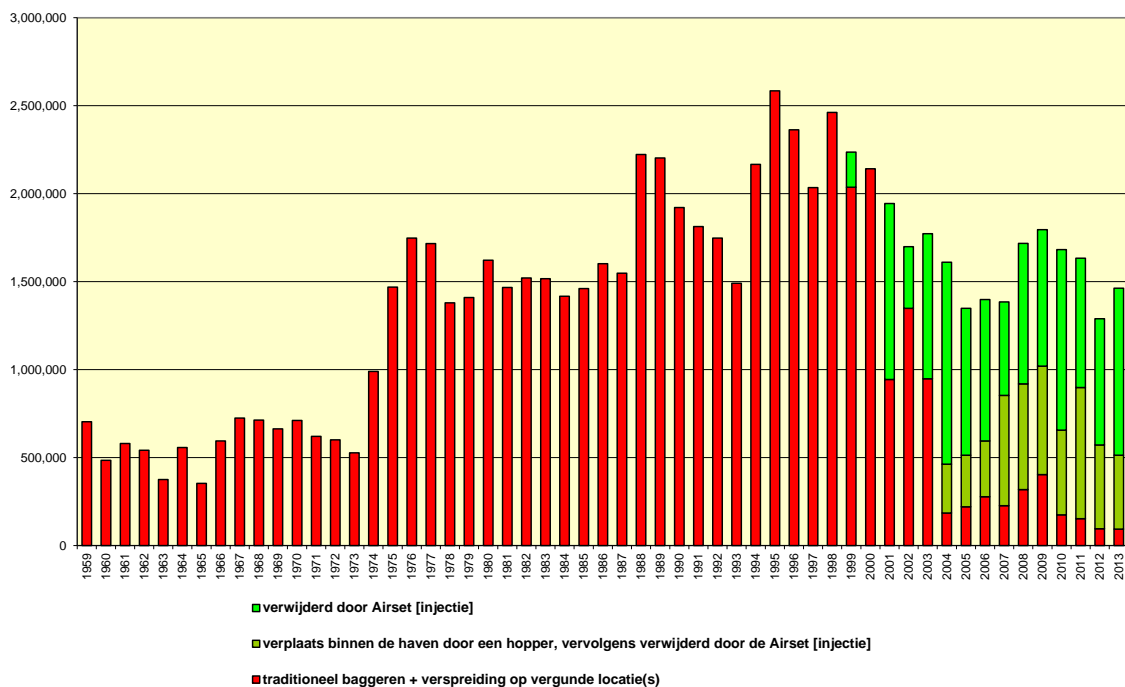
- Gemiddeld tijverschil (Delfzijl 2,99 m; Harlingen 1,90 m);
- Vorm van de haven en locatie spui daarin (Delfzijl langgerekt met spui achterin; Harlingen gesplitste bekkens met spui in midden);
- Grootte van de haven (Delfzijl ongeveer 2x zo groot als Harlingen);
- Stromingspatroon rondom en in haven;
- Spuiregime (in Delfzijl meerdere zoet water lozingen);
- Dichtheidsverschil bij de havenmond (Delfzijl kleiner dan Harlingen);
- Gemiddelde saliniteit buiten de haven (Delfzijl 16 psu; Harlingen 22 psu).

2.4.2 Baggerbezwaar haven van Delfzijl

In de haven van Delfzijl wordt jaarlijks ca. 1,2 – 1,5 miljoen m³ slib gebaggerd voor het onderhoud van de haven (zie figuur 9). Dit is een aanzienlijke kostenpost voor Groningen Seaports. Het reduceren van dit baggerbezwaar zou tot aanzienlijke kostenreductie kunnen leiden.

Onderhoudsbaggerwerk Delfzijl

Gebaggerde hoeveelheden in m³ [excl Paapsand Süd]

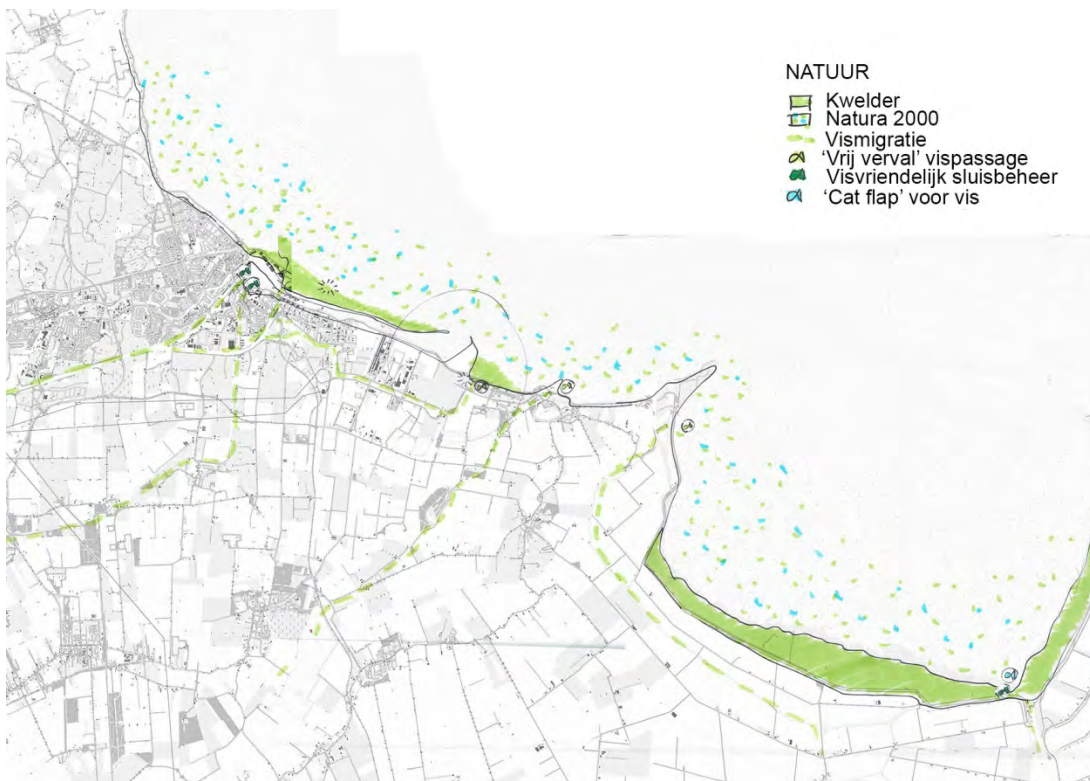


Figuur 9. Onderhoudsbaggerwerk in de haven van Delfzijl van 1959 t/m 2013. De getoonde hoeveelheden zijn beunvolumes in m³. Bron: Groningen Seaports.

2.5 Ecologie

Het Eems-Dollard gebied wordt aangewezen als Natura2000 gebied en wordt dan onderdeel van het Natura2000 gebied de Waddenzee. Het gebied is reeds aangewezen onder de Vogelrichtlijn maar nog niet onder de Habitatrichtlijn. Het concept aanwijzingsbesluit voor de Eems-Dollard wordt in 2014 verwacht. Dit wordt onderdeel

van het aanwijzingsbesluit Waddenzee. Hier zal het habitatype estuarium (H1130) worden aangewezen, naast de kwelders (H1310, H1320 en H1330) en de soorten Zeeprík, Rivierprík, Fint en Gewone zeehond die al in het aanwijzingsbesluit Waddenzee zijn opgenomen.



Figuur 10 Samenhang natuurwaarden locatie pier van Oterdum en het Eems-Dollard estuarium

Het Eems-Dollard estuarium is (zie figuur 10), naast het Westerschelde estuarium, één van de twee overgebleven min of meer natuurlijke estuaria in Nederland. Een estuarium heeft heel karakteristieke kenmerken en is dynamisch. Zo zijn er tal van gradiënten: zoet-zout, droog-nat, hoog-laag(getijden), slib-zand, hard-zacht, etc. Dit maakt ook dat er bijzondere soortenvoorkomen die deze omstandigheden nodig hebben. De Hond-Paap dient bijvoorbeeld als foerageergebied voor vogels, rustplaats voor zeehonden en was een belangrijke locatie voor zeegras.

Het Eems-Dollard estuarium is door menselijke ingrepen uit evenwicht gebracht. De waterkwaliteit is slecht door te hoge vertroebeling en te lage zuurstofgehalten (vooral stroomopwaarts), het estuarium heeft te weinig ruimte door de bedijkingen, zeegras en mosselbanken zijn verdwenen en trekvissen hebben nauwelijks mogelijkheid om de rivieren op te trekken.

Het Programma Rijke Waddenzee heeft een kennisdocument opgesteld (Bos et al. 2012). Hierin staan streefbeelden voor een goed ecologisch functioneren van het estuarium beschreven. Ook de Coalitie Wadden natuurlijk heeft een streefbeeld ontwikkeld voor het gebied (CWN, 2010). Vanuit het Integraal Management Plan (IMP)

vindt een beoordeling van de huidige toestand van het estuarium plaats dit om later maatregelen te kunnen formuleren.

Vismigratie

Het water wat wordt geloosd bij het niet nieuw te bouwen spuicomplex is afkomstig van het beheersgebied van waterschap Hunze en Aa's. Het totale beheersgebied kent acht deelgebieden die via vijf punten hun water afvoeren. Sommige deelgebieden voeren hun water af via één knooppunt. Het achterland van twee van de vijf afvoerpunten vormen samen ongeveer 79 % van het oppervlak van het beheersgebied van waterschap Hunze en Aa's. Het betreft hier de spui- en scheepssluisen in Delfzijl en Nieuw Statenzijl. Dan zijn er nog twee uittrekpunten die samen 19% van het oppervlak van het beheersgebied afwateren: Termunterzijl (gemaal Rozema) en Duurswold (Gemaal Duurswold). Hierbij wordt bij Duurswold veel gespuid tijdens natte perioden, terwijl gemaal Rozema juist veel bemaald wordt tijdens hoogpeil van het boezemwater. Het nieuw te bouwen spuicomplex sluit aan op het Eemskanaal-Dollardboezem en vormt daarmee een verbinding met een groot achterland inclusief een belangrijke trekroute van rivierprik (habitatrichtlijn soort).

Tabel 2 Afwateringspunten en vismigratievoorzieningen met oppervlakte van het achterland (Winter et al. 2013 en mondelinge communicatie P.P. Schollema).

Afwateringspunt	Opp. (%)	waterlichaam	deelgebied (%)	waarvan vrij afstromend (%)	Knooppunt	Vismigratie voorziening
Eemskanaal (hunze en Aa's)	36.3	Drentsche Aa	15.1	94	'spuisluis' + schutsluis	Visvriendelijk sluisbeheer
		Hunze	19.6	57		
		Eemskanaal boezem	1.6	73		
nieuw statenzijl (hunze en Aa's)	41.8	Veenkoloniën	21.8	77	spuisluis + schutsluis	Aalgoot + 'cat flap'
		Westerwolde	20.1	49		
Duurswold (hunze en Aa's)	10.4	gemaal Duurswold	10.4	2	gemaal Duurswold + spuisluis	Visvriendelijk spuibehoor
Termunterzijl (hunze en Aa's)	9.3	Oldambt	9.3	7	Gemaal Rozema + spuisluis + schutsluis	'vrij verval' vispassage
Fielmel (hunze en Aa's)	2.1	Fielmel	2.1	76	Gemaal fiemel	'vrij verval' vispassage
Drie Delfzijlen (Noorderzijvest)	?	?	?	?	Gemaal Drie Delfzijlen + spuisluis	'cat flap'

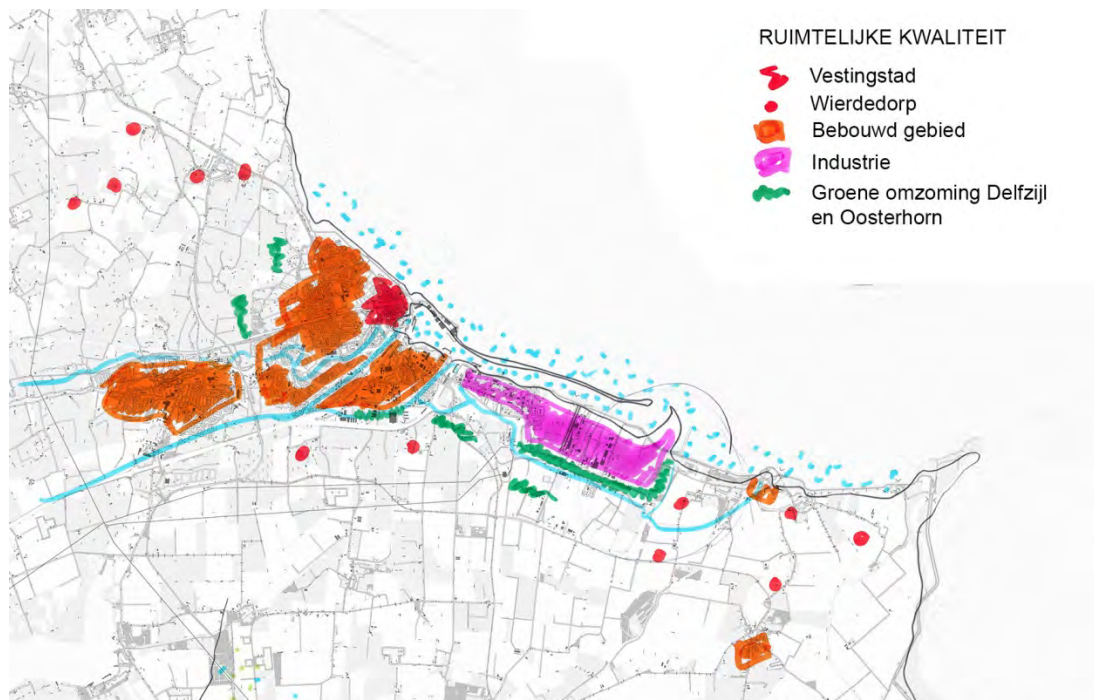
2.5.1 Ecologische uitgangspunten

Het plangebied van de zoet-zoutovergang van de Pier van Oterdum bevindt zich in de Eems-Dollard regio. Voor de Eems-Dollard bestaan natuurdoelen, gewenste ontwikkelingen en herstelopgaven vanuit verschillende richtlijnen waarop het ontwerp goed moet aansluiten. Deze kunnen worden onderverdeeld in tien uitgangspunten, welke hieronder worden toegelicht. Er bestaat geen prioritaire volgorde voor deze uitgangspunten, de nummering is willekeurig:

1. Herstel van zoet-zout overgangen: ten behoeve van visintrek (bv. via spuiregime/vistrappen) en ter verbetering van de kwaliteit van het habitatype estuaria (H1130). Daarbij is het noodzakelijk de kwaliteit, oppervlakte en verbinding (grensoverschrijdende opgave) met Duitsland te behouden ten behoeve van de paaifunctie van de trekvis fint (soort H1103) [N2000 doelendocument; Integraal Managementplan].
2. Verbetering van vismigratie: de passeerbaarheid van vis vergroten in de Eems-Dollard. Het gaat hier om trekvis die zowel zoet als zout water nodig hebben, afhankelijk van hun levensstadium, om te overleven. Denk aan paling/(glas)aal (internationale doelsoort), spiering, zalm, zeeforel, bot, driedoornige stekelbaars, fint, rivierprik en zee-prik. In deze studie is ingegaan op de doelsoorten driedoornige stekelbaars, paling/(glas)aal, spiering, rivierprik en larven van bot, omdat deze vissen baat hebben bij migratie tussen een habitat als de Eems-Dollard en de talloze kleine zijrivieren.
3. Slibhuishouding onder controle. De troebelheid in het Eems-estuarium is de afgelopen decennia toegenomen. Dit komt ondermeer door vaarwegverdiepingen en bagger- en stortwerkzaamheden van havens. Minder of slimmer baggeren en sedimentbeheer zijn noodzakelijk. Daarom is het van belang te zien in hoeverre het verplaatsen van de spui leidt tot een terugdringen van de hoeveelheid slib in het estuarium.
4. Creëren van hoogwatervluchtplaatsen (buitendijks) voor wadvogels: behoud en herstel van schorren/zilte graslanden (H1330_A) met successiestadia, zoet/zout overgang, verscheidenheid van het getijderegime en substraat [N2000 doelendocument].
5. Creëren van broedplaatsen: gunstige omstandigheden creëren/behouden voor trekkende en broedende vogels (bijvoorbeeld sterns). Dit betekent een goede beschikbaarheid van voedsel, een natuurlijk broedsucces, beperkte predatie en verstoring, voldoende grote ongestoorde pleisterplaatsen en ruigebieden (HVP's) en natuurlijke vlucht-afstanden [Ecotargets - Trilateraal Waddenzee Plan].
6. Uitbreiding van kwelderareaal met voldoende kwaliteit: een groter areaal aan natuurlijke kwelders, van voldoende kwaliteit. Een grotere natuurlijke morfologie en dynamiek, waaronder natuurlijke afwateringspatronen van kunstmatige kwelders, op voorwaarde dat de huidige oppervlakte niet wordt verkleind. Een verbeterde natuurlijke vegetatiestructuur van kunstmatige kwelders, inclusief de pionierzone [KRW, N2000, Ecotargets - Trilateraal Waddenzee Plan].
7. Herstel van macrofauna: Voldoende natuurlijke mosselbanken [KRW, N2000].
8. Structurele veranderingen ecologie: structurele aanpak (bijvoorbeeld mitigatie) van de veranderingen (vaarwegverdiepingen, continue baggerwerkzaamheden, inpoldering kwelders/oevergebieden) die hebben plaatsgevonden in het getij, de troebelheid en de primaire productie [E&E; PRW].

9. Verbetering van het voedselweb: Benthos-gemeenschap vertoont een estuariene gradiënt, met onverstoorde voorkomens van organismen als beschreven voor habitattype H1130. Herstel van de populaties van vissoorten in overgangswateren, als vastgelegd in de KRW, met specifieke aandacht voor herstel van diadrome soorten als spiering en fint, en typisch estuariene residenten als puitaal en bot. Habitat en voedselaanbod zijn zodanig dat de vogelpopulatie voldoet aan de N2000- opgave (onder andere de kluut, noordse stern en scholekster) [Streefdoelen Waddenvereniging - Manifest; N2000].
10. Het creëren en behouden van een natuurlijke dynamische situatie in het getijdegebied, een groter areaal aan geomorfologisch en biologisch ongestoorde droogvallende en permanent onder water staande gebieden. Een groter areaal aan, en een meer natuurlijke verspreiding en ontwikkeling van mosselbanken, Sabellaria-riffen en Zostera-velden [Ecotargets - Trilateraal Waddenzee Plan].
11. Paaiplaatsen voor vis in de omgeving van de zoet-zout overgang. Nadat vissen via de passage in zoetwater komen, gaan zij op zoek naar paaiplaatsen. Gelet op het type beschoeiing van het Eemskanaal strekt een uitbreiding van paaigelegenheid tot aanbeveling,

2.6 Ruimtelijke kwaliteit



Figuur 11

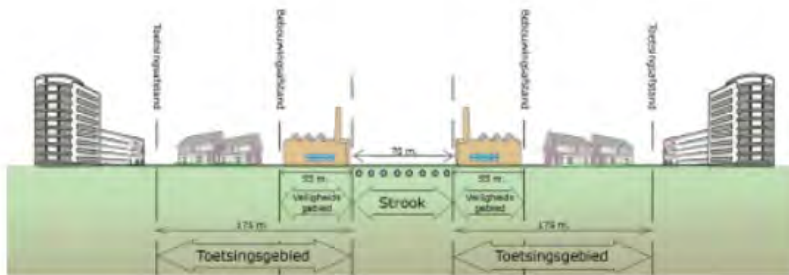
Het projectgebied bevindt zich aan de rand van het Eems-Dollard estuarium en aan de rand van het industrieterrein van Delfzijl (zie figuur 11). Het vormt zowel een overgang van land naar water als van bebouwd gebied naar buitengebied (landelijk gebied). De overgang van land naar water wordt nu gevormd door de zeedijk, een harde grens. Het project biedt de kans om hier een meer geleidelijke overgang, een verbinding te maken, zowel ecologisch als landschappelijk. Daarnaast biedt het de mogelijkheid om de overgang van het industriegebied van Delfzijl naar het open landelijk gebied in te passen en zo deel uit te laten maken van de groene omzoming van Delfzijl. De bewoners en Groningen Seaports hebben met dit doel al een plan ontwikkeld, de Wal van Borgsweer, dat goed in te passen is in het project.

2.6.1 Toekomstige ontwikkelingen

Buisleidingen

In de nabije toekomst dient rekening te worden gehouden met de mogelijke aanleg van een buisleidingenstrook zoals opgenomen in de Structuurvisie Buisleidingen 2012-2035. Deze leidingenstrook is bedoeld voor buisleidingen van nationaal belang voor aardgas, olie en olieproducten en andere chemische stoffen waaronder ook CO₂. De strook is vanuit het uitgangspunt van bundeling getekend op de plek waar ook al een bestaande leiding ligt (zie figuur 13) . De voorlopige reserveringszone is 250 meter breed, maar kan worden beperkt tot 70 meter breed op het moment dat de definitieve ligging van de leidingen planologisch is vastgelegd (de precieze ligging kan dus nog variëren). Hiervoor is overleg met de gemeente Delfzijl en het ministerie van Infrastructuur en Milieu nodig (zie figuur 12).

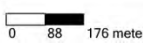
De veiligheidszone van de huidige gasleiding is vastgelegd in het bestemmingsplan en beslaat 20 meter aan beide zijden van de leiding.



Figuur 2.5 Overzicht met veiligheids- en toetsingsgebieden Structuurschema Buisleidingen 1085

Figuur 12 Overzicht van veiligheids- en toetsingsgebieden Structuurschema Buisleidingen

KLIC-nummer: 14O005579 - 1																																				
Verzamelkaart geselecteerde thema's																																				
<table border="1"> <tr><td>Rooi onderdruk</td></tr> <tr><td>VDB</td></tr> <tr><td>Datranspoort</td></tr> <tr><td>Datranspoort</td></tr> <tr><td>RWS</td></tr> <tr><td>Datranspoort</td></tr> <tr><td>KPN</td></tr> <tr><td>Datranspoort</td></tr> <tr><td>WEG</td></tr> <tr><td>Datranspoort</td></tr> <tr><td>Lage spanning</td></tr> <tr><td>VDB</td></tr> <tr><td>Lage spanning</td></tr> <tr><td>ENE</td></tr> <tr><td>Rooi vrijval</td></tr> <tr><td>VDB</td></tr> <tr><td>Overig</td></tr> <tr><td>VDB</td></tr> <tr><td>RWS</td></tr> <tr><td>RWS</td></tr> <tr><td>RWS</td></tr> <tr><td>Schaakspel</td></tr> <tr><td>ENE</td></tr> <tr><td>Midspanning</td></tr> <tr><td>ENE</td></tr> <tr><td>Uitvoering</td></tr> <tr><td>ENE</td></tr> <tr><td>Water</td></tr> <tr><td>Water</td></tr> <tr><td>Water</td></tr> <tr><td>NAM</td></tr> <tr><td>Beleidsplan</td></tr> <tr><td>N.V.</td></tr> <tr><td>Overig</td></tr> <tr><td>ontbrekend</td></tr> </table>	Rooi onderdruk	VDB	Datranspoort	Datranspoort	RWS	Datranspoort	KPN	Datranspoort	WEG	Datranspoort	Lage spanning	VDB	Lage spanning	ENE	Rooi vrijval	VDB	Overig	VDB	RWS	RWS	RWS	Schaakspel	ENE	Midspanning	ENE	Uitvoering	ENE	Water	Water	Water	NAM	Beleidsplan	N.V.	Overig	ontbrekend	Uw ref: BC8760-102-100 Datum aanvraag: 03-02-2014 08:53 Schaal: 1:8779
Rooi onderdruk																																				
VDB																																				
Datranspoort																																				
Datranspoort																																				
RWS																																				
Datranspoort																																				
KPN																																				
Datranspoort																																				
WEG																																				
Datranspoort																																				
Lage spanning																																				
VDB																																				
Lage spanning																																				
ENE																																				
Rooi vrijval																																				
VDB																																				
Overig																																				
VDB																																				
RWS																																				
RWS																																				
RWS																																				
Schaakspel																																				
ENE																																				
Midspanning																																				
ENE																																				
Uitvoering																																				
ENE																																				
Water																																				
Water																																				
Water																																				
NAM																																				
Beleidsplan																																				
N.V.																																				
Overig																																				
ontbrekend																																				



Linksonder: (X:261922,00, Y:590621,00)
 Rechtsboven: (X:264355,00, Y:593101,00)

Figuur 13 Bestaande kabels en leidingen in en rondom het plangebied

Aanleg spoorlijn

In de nabij de toekomst dient rekening te worden gehouden met de aanleg van een spoorverbinding voor de ontsluiting van het industrieterrein in oostelijke richting. Met de combinatie van weg, kanaal, brug, spoor, spui en sluis wordt de aansluiting tussen het Oosterhornkanaal en het nieuwe spuikanaal een druk punt.

Recreatievaart

Aan het eind van het Oosterhornkanaal (figuur 4 en 6) zit een schutsluis voor de recreatievaart (rondje Groningen) en een spuikoker voor de afvoer naar gemaal Rozema. Deze bypass en recreatiedoorvaart moeten in stand worden gehouden.

Bodemdaling en zeespiegelstijging

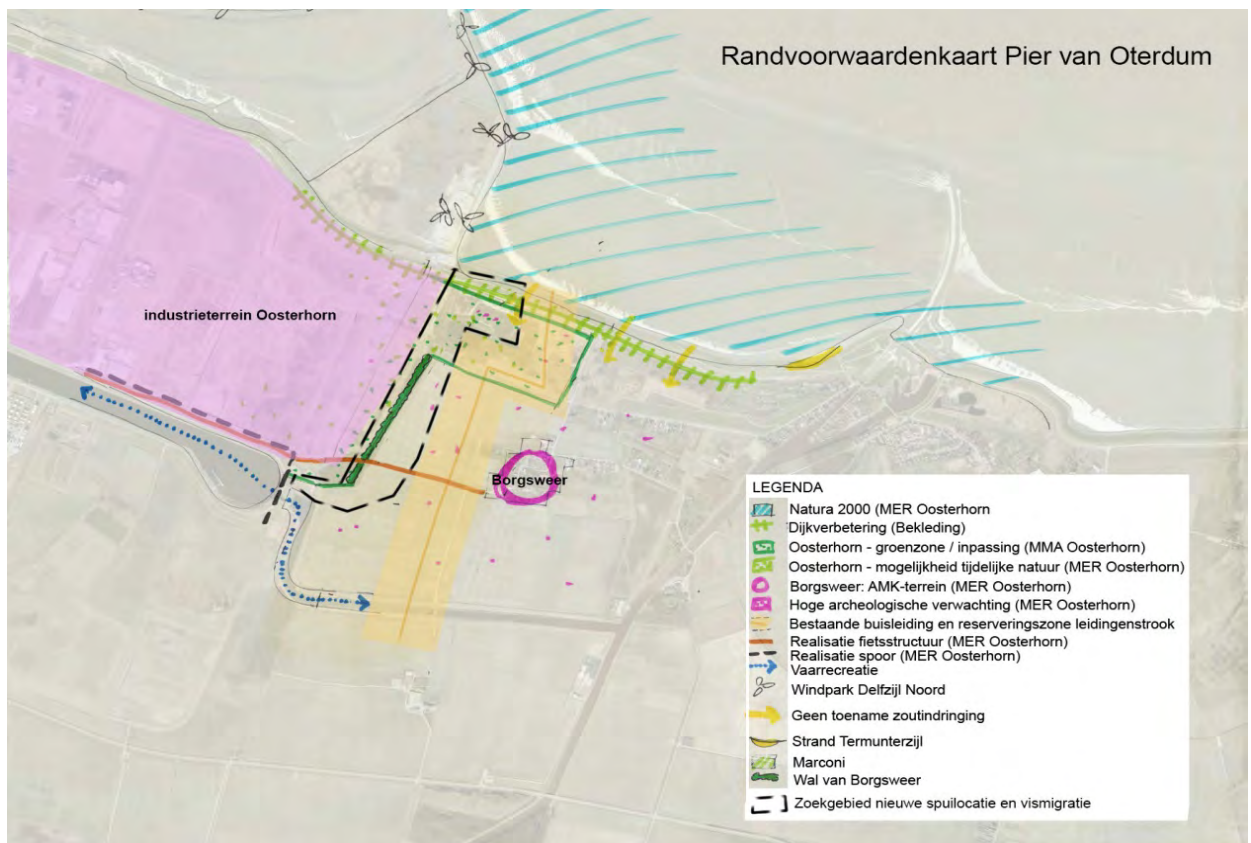
In het plangebied treedt bodemdaling (t.g.v. gaswinning) en zeespiegelstijging op. Volgens de Commissie Bodemdaling zal de nog verwachte bodemdaling in 2050 ca. 16 cm bedragen. De zeespiegelstijging zal volgens het door het KNMI ontwikkelde klimaatscenario W/W+ in 2050 ca. 35 cm bedragen.

Aardbevingen

Bij de uitwerking van het ontwerp voor de nieuwe spuilocatie zal ook rekening moeten worden gehouden met de gevolgen van het optreden van krachtiger aardbevingen. Dit is nog niet verwerkt in deze rapportage en ontwerpessies.

3 RANDVOORWAARDEN ZOEKLOCATIE

De zoeklocatie voor de nieuwe spuivoorziening en zoet-zout overgang is beperkt en ligt ingeklemd tussen andere functies (zie figuur 14). Aan de Noordzijde ligt de primaire kering en het Eems- Dollard estuarium (Natura2000), ten westen ligt Industrierrein Oosterhorn (1 meter hoger) en in het oosten ligt een bestaande gasleiding (veiligheidszone 20 meter breed aan beide zijde van de leiding) en een reserveringszone (voorlopig 250 meter) voor toekomstige buisleidingen en het wierdedorp Borgsweer. Verder dient er rekening te worden gehouden met de aanleg van een spoorlijn en de schutsluis voor de recreatievaart naar het verbindingskanaal. Deze ruimtelijke beperkingen zijn een uitdaging aan het ontwerpteam om binnen deze grenzen een functioneel en betekenisvol ontwerp te kunnen realiseren.



Figuur 14. Randvoorwaardenkaart zoeklocatie verkenning zoet-zout natuur en spui nabij de pier van Oterdum

4 UITGANGSPUNTEN ONTWERP

Het schetsontwerp is tot stand gekomen in intensieve werksessies met de projectgroep Marconi. Bij het ontwerpen is zo goed mogelijk rekening gehouden met wensen, doelen en randvoorwaarden zoals ze staan weergegeven in tabel 3. In het schetsontwerp is vooral in kwalitatieve zin rekening gehouden met de ondergenoemde aspecten. In een vervolgonderzoekproces kunnen verschillende aspecten ook meer kwantitatief of in meer detail worden beschreven.

Tabel 3 wensen/doelen/randvoorwaarden Pier van Oterdum

WENSEN / DOELEN			
Aspect	Doelbereik	Toetsingscriterium / ontwerpcriterium	Opmerking/ Toelichting
Baggerbezwaar	verminderen	m ³ /jaar € /jaar	mag niet leiden tot baggerbezwaar elders
Natuur	realisatie vispassage / vismigratie (KRW/N2000 / IMP / ruim baan voor Vis)	Geschikt voor driedoornige stekelbaars, spiering, rivierprik, glasaal, botlarven	
		beschikbaarheid voor migratie (zomer / getij / venster)	
	realisatie van brakke natuur (N2000)	Omschrijven van aantal ha	
		specifieke habitatype, planten en diersoorten	
	realisatie van geleidelijke zoet - zout overgang (N2000)		mag niet leiden tot meer zoutindringing
	Hoogwatervluchtplaatsen (N2000)	goede rust en voedselgelegenheid voor trekkende en broedende vogels	Pier van Oterdum is zoeklocatie voor windturbines, heeft mogelijk negatief effect op vogelpopulatie
	Broedgelegenheid (N2000)	ongestoorde broedgelegenheid voor bijv. stern	
	Vergroten kwelder areaal aansluiten bij Marconi	Ha	locaal ophoging waterbodem noodzakelijk mag niet storend zijn voor strandje Termunterzijl
	Herstel macrofauna (KRW / N2000)	ha oester/mosselbanken	waterkwaliteit moet goed zijn
	N2000 doelen	Geen schade aan instandhoudingsdoelstellingen	Mogelijk negatieve effecten op de bestaande instandhoudingsdoelen voor kwalificerende doelsoorten en habitattypes
Landbouw			
	Landbouw moet mogelijk blijven	Zoutschade voorkomen	In de toekomst is verzilting mogelijk een kans
Omgeving	aantrekkelijke woon - en leefomgeving	beleving bewoners Borgsweer	
		ontwikkelingsmogelijkheden recreatie	
	Aanleg Wal van Borgsweer	Beleving	aanleg start mogelijk al binnenkort, ne regret maatregelen

Effecten / Randvoorwaarden			
Aspect	Randvoorwaarde	Toetsingscriterium / ontwerpcriterium	Opmerking / Toelichting
Water	spuilocatie ten oosten van Pier van Oterdum (Grote polder)	4,30 Mm3/getij 180 m3 /sec	handhaven huidig spuicapaciteit
	zoute kwel in landbouwpolder niet vergroten	inschatting van toe - of afname	
	saliniteit in boezem niet verslechteren	zoutconcentratie bij inlaatpunten Woltersum, Overschild en Slochteren	zeesluis blijft op huidige locatie en in gebruik
			doorspoelen in de zomer 2/week 0,5 miljoen m3 zal in de toekomst minder worden
	veiligheid gewaarborgd	toetsingsnorm primaire kering	handhaven veiligheid HR 2061, doorkijk naar 2050-2100
		toetsingsnorm secundaire kering	handhaven veiligheid HR 2006, doorkijk naar 2050 - 2100
		toetsingsnorm voor kunstwerken	handhaven veiligheid HR 2006, doorkijk naar 2050 - 2100
	stromingspatronen Eems niet negatief beïnvloeden	troebelheid, stromingspatroon	
Ruimtelijke aspecten	recreatievaart (rondje Groningen) moet mogelijk blijven	passeerbaar voor recreatievaart schutsluis Oosterhornkanaal	hinderlijke stroming door spuien voorkomen
	Reserveringszone buisleiding in Grote Polder	reserveringszone risico's (70 meter breed)	nader vastleggen in bestemmingsplan Defzijl
	ligging gasleiding	Veiligheidszone 20 meter	
	mate waarin ontwerp spuilocatie aansluit bij MER Oosterhorn	?	
	Behoud strand Termunterzijl	behoud en gebruik	
	spuikanaal passeerbaar voor spoorverkeer	aangeven van consequenties nieuwe spuikanaal	no regret maatregel
	Niet op grond bestemd voor GSP		

5 RUIMTELIJK ONTWERP

In een tweetal werksessies met de projectgroep Marconi is toegewerkt naar het onderstaande integraal ruimtelijk ontwerp (zie figuur 15, en bijlage 4 voor de verslagen van deze werksessies).

5.1 Visie op de opgave

In dit project is gewerkt vanuit de beperkte ruimte die beschikbaar is nabij de pier van Oterdum (zie hoofdstuk 3 randvoorwaardenkaart). In verschillende werksessies is gekeken naar de maximaal mogelijke invulling van de ambities t.a.v. afwatering boezemwater, ecologie, landschappelijke inpassing en wensen vanuit de omgeving (Borgsweer). In de bijlage 4 zijn de verslagen van de ontwerpessies uitgewerkt, die een beeld geven van het ontwerpproces dat is doorlopen.

Het ontwerp van de nieuwe spuilocatie (het project) kan een belangrijke schakel worden in de ecologische en ruimtelijke structuur van het Eems-Dollard estuarium en in de overgang van stedelijk naar landelijk gebied. Het project is een overgang van land naar water en een verbinding tussen de zee en het achterliggende watersysteem, tot aan de Drentse Aa en Hunze toe. De overgang van land naar water, nu alleen de harde grens van de dijk, wordt aangevuld door de kwelderontwikkeling buitendijks, die samen met ontwikkelingen in de omgeving (zoals Marconi) een natuurlijke, 'zachte', 'ademende' rand van de Eems-Dollard gaat vormen. Direct achter de dijk (binnendijks) ligt een zone met riet en ruigte, die de kwelder ecologisch (foerageer- en broedgebied voor vogels) en ruimtelijk (het is één van de meest recente aandijkingen in dit gebied) aanvult. Het spuimiddel zelf is een harde grens tussen zoet en zout water, maar door het creëren van een zoet-zoutovergang van ca 250m lang rond de vispassage lopen zee en boezemwater toch enigszins in elkaar over. De vismigratievoorziening zorgt voor een ecologische verbinding met het achterliggende watersysteem.

Op de overgang van stedelijk naar landelijk gebied vormt het project een stevige beplantingsstructuur als afronding van het industrieterrein, die geleidelijk overgaat in het landelijk gebied in de omgeving. Het spuikanaal ligt op de grens van industrie naar landelijk en heeft aan de kant van de industrie een rechte, en aan de andere kant een natuurlijke oever.

Door de afwisseling (nat-droog, open-besloten) en door het ontsluiten van het gebied voor wandelaars neemt de recreatieve waarde toe, met name voor de bewoners van Borgsweer en de bezoekers van de camping bij Termunterzijl. Zij kunnen een rondje lopen door het buitengebied, langs het spuikanaal, het spuimiddel, door de natuur langs het spuikanaal en over de dijk.

Deze visie is uitgewerkt in een ontwerp, dat in de volgende paragraaf wordt toegelicht. Het ontwerp is opgebouwd vanuit verschillende bouwblokken. We onderscheiden de volgende bouwblokken:

- Spuikanaal: verbinding tussen het Oosterhornkanaal en de nieuwe spuilocatie;
- Spuimiddel en voorziening vismigratie;
- Zoet - Zout overgang;
- Kwelder.

LEGENDA

-  Water
-  Kwelder
-  Natuurlijk-vriendelijke oevers/
plas-dras natuur
-  Opgaande beplanting/
Landschappelijke inpassing
-  Spuimiddel
-  Vispassage
-  Kade
-  Nieuw spoor
-  Fietspad
-  Wandelroute
-  Struinp pad
-  Uitkijkpunt
-  Brug
-  Rijnshoutendam
-  Mosselbank
-  Aanvoer slib
-  Natuurlijke inrichting,
nader te bepalen



Figuur 15. Ruimtelijk ontwerp nieuwe spuilocatie en zoet-zout overgang nabij de pier van Oterdum

5.2 Toelichting ontwerp

In de minimale variant zijn de gewenste spuicapaciteit, de ecologische doelen voor vismigratie en de beschikbaarheid van gronden leidend. Het spuikanaal krijgt de minimale breedte die nodig is voor de spuifunctie, en daaraan grenzend aan de oostzijde een natuurlijke oever van 35 tot 40 meter. Deze breedte biedt voldoende ruimte voor vissen om te rusten, paaien en schuilen en biedt daarnaast ruimte voor een wandelpad. Direct grenzend aan de zeedijk wordt een groter gebied ingericht met ruigte, water en riet. Dit sluit aan op de buitendijkse kwelder en biedt ruimte voor natuur (vogels) en extensieve recreatie (wandelpad). De natuur wordt aan de zuidzijde begrensd door een poldergrens waar voorheen de zeedijk lag, en beeldt zo een stap in de ontginning van het gebied uit. Bij de inrichting zal rekening worden gehouden met de beperkingen die vanuit de aanwezigheid van de gasleiding / leidingstraat op het gebied liggen. Voor de uitvoering van de minimale variant hoeft slechts een strook van maximaal 20 tot 30 m breed te worden verworven. Wanneer in de toekomst agrarische gronden in de omgeving van Borgsweer vrijkomen kunnen deze een natuurlijke inrichting krijgen, die aansluit op het project.

5.2.1 Bouwblok spuikanaal en relatie Wal van Borgsweer

Het spuikanaal verbindt het Oosterhornkanaal met de nieuwe spuilocatie nabij de Pier van Oterdum. In de minimale variant krijgt het spuikanaal een bodembreedte van 50 meter en een waterdiepte van ruim 3,5 meter. Dit forse kanaal begrenst de rand van het industrieterrein, dat een stuk hoger ligt dan de omliggende polders. Op de rand van het hoge gebied wordt de Wal van Borgsweer aangelegd zoals met de bewoners al is afgestemd door Groningen Seaports: een aarden wal met een rij bomen waardoor het industrieterrein aan het oog wordt onttrokken (zie figuur 16). De Wal, de westelijke kanaaloever en het onderhoudspad zijn recht en strak vormgegeven en sluiten zo aan bij de structuur van het industrieterrein (zie figuur 17 voor referentiebeeld). De oostoever van het kanaal krijgt een organische vormgeving met een flauwe oever, luw en ondiep water voor vissen en een begroeiing van riet en ruigte. Deze oever heeft een breedte van 35 tot 40 meter en wordt aan de oostzijde begrensd door een kade met een hoogte van 1,80 meter + NAP, dat wil zeggen 2,30 meter boven het bestaande maaiveld (zie figuur 17 voor referentiebeeld). De oostelijke oever is toegankelijk via struinpaden, die onderdeel zijn van een wandelroutestructuur rond Borgsweer, en vanaf het fietspad op de kruin van de kade.



Figuur 16. Schematische weergave van de Wal van Borgsweer, kan ingepast worden in het nieuw aan te leggen spuikanaal

De aantakking van het spuikanaal op het Oosterhornkanaal is een technisch kunstwerk dat naast de huidige instroom van het Verbindingskanaal komt te liggen.

Oosterhornkanaal en Spuikanaal hebben hetzelfde waterpeil, de verbinding is een grote duikerconstructie of een open verbinding met een brug erover. Een fietsverbinding van het industrieterrein naar het landelijk gebied en een spoor van noord naar zuid worden geïntegreerd in dit kunstwerk.

Het spuimiddel is ook een technisch kunstwerk, bestaande uit kokers door de dijk. Het wordt in meer detail beschreven in paragraaf 6.3. Het spuimiddel is zoveel mogelijk oostelijk gelegen zonder in de beschermingszone van de gasleiding te komen. De oostelijke ligging sluit het beste aan bij de stromingspatronen buitendijks en zorgt voor minder zoute kwel dan wanneer via een separate vispassage een zoet-zout overgang gecreëerd wordt. De rest van het spuikanaal ligt zo westelijk mogelijk in verband met de ligging van de gasleiding, het grondeigendom, en sluit direct aan bij de Wal van Borgsweer.



figuur 17. Links: De rechtlijnige structuur van het industrieterrein. Rechts: referentiebeeld natuurvriendelijke oever

5.2.2 Bouwblok vismigratie

Voor vismigratie ligt een aparte voorziening naast het spuimiddel. Om een zo natuurlijk mogelijke overgang te krijgen van het zoute naar het zoete water wordt een vrij verval vispassage voorgesteld (zie figuur 18). Gedurende een bepaald tijdvenster bij opkomend en dalend tij zullen vissen deze kunnen passeren. De rest van de tijd is de passage afgesloten. De vissen komen terecht in een meertje met brak water, waar ze kunnen rusten alvorens het spuikanaal op te zwemmen. Tussen het meertje en het spuikanaal is een afsluiter voorzien met een kleine opening waar de vissen doorheen kunnen zwemmen.

De oostoever van het spuikanaal met een natuurvriendelijke inrichting biedt gelegenheid voor de vissen om te rusten, foerageren, en paaien. evenals een aantal kleine watertjes met benedenstrooms van de overgang naar het Oosterhornkanaal. Via het Oosterhornkanaal kunnen de vissen tot aan de Drentse Aa en Hunze zwemmen.



figuur 18 Links: referentiebeeld vrijliggende vispassage. rechts: referentiebeeld broedeiland

5.2.3 Bouwblok zoet-zout overgang

De vispassage is tevens een punt waar zoutwater wordt binnengelaten. Hierdoor ontstaat een kleine zoet-zoutovergang in het meertje na de vispassage. Het meertje met brak water ligt direct achter de dijk tussen het industrieterrein, de Pier van Oterdum en het Spuikanaal.

Het meertje is afgesloten van het spuikanaal d.m.v. een afsluiter, hiermee wordt verdere zoutindringing naar het oppervlakte water voorkomen. De vissen kunnen het meertje via een kleine opening in de afsluiter verlaten. Indien het meertje te zout wordt kan het worden doorgespoeld met boezemwater tijdens het spuien.

Het meertje is niet toegankelijk voor recreanten en biedt daarom rust en ruimte voor brakwaternatuur en broedgelegenheid en hoogwatervluchtplaatsen. In het meertje ligt een broedeiland (zie figuur 18 van circa 5000m²).

Om verdere toename van de zoutintringing naar het grondwater en de omgeving te voorkomen, is de vispassage westelijk van het spuikanaal gelegen. Hierdoor wordt eventuele zoute kwel door het spuikanaal afgevangen en belandt daardoor naar verwachting niet in de omgeving, maar wordt afgevoerd naar de Eems. Dit bouwblok wordt in meer detail uitgewerkt in hoofdstuk 7.

5.2.4 **Bouwblok kwelder**

Buitendijks is in de oksel tussen de Pier en de primaire kering een kwelder voorzien (zie figuur 19). Op dit moment is er beginnende kweldervorming aanwezig op het deel dicht tegen de dijk, maar de rest bestaat uit laaggelegen wad waarop vogels foerageren. Voor kwelderontwikkeling moet dit fors hoger worden (boven GHW). Een afweging zal gemaakt moeten worden voor Natura2000 of de stimulering van kweldergroei is toe te staan ten koste van de huidige droogvallende platen. Landschappelijk gezien sluit deze kwelder goed aan bij de ontwikkelingen van het Marconiproject rond de Schermdijk en bij de Punt van Reide.

De ontwikkeling van de kwelder wordt verder in gang gezet door de aanleg van rijshoutdammen en schelpdierbanken als golfremmers. Hiervoor zouden de in de Zeeuwse Delta ontwikkelde oestermatrasen kunnen worden gebruikt. Deze schelpdierbanken moeten laag genoeg ten opzichte van het getij liggen (onder NAP) om de meeste kans op succes te hebben. Om het wad op te hogen zodat kwelderontwikkeling grootschaliger kan starten, is het een optie om gebaggerd sediment uit het havenkanaal te gebruiken (bijvoorbeeld door dit vanuit de havenmond met een buisleiding aan te voeren). Na een kunstmatige start zal de kwelder naar verwachting vanzelf verder opslibben, omdat er voldoende slib in het water aanwezig is en de constructies voor luwte zorgen waar dit kan bezinken (Dankers et al. 2013). De monding van het spuikanaal moet worden vastgelegd om deze zo gunstig mogelijk aan te sluiten op stromingspatronen in de omgeving en om de kwelder te beschermen tegen de sterke stroming. Verder is het niet nodig om afwatering aan te leggen: indien de basis van de kwelder licht hellend wordt aangelegd, en er voldoende uitstroomopeningen tussen de constructies zijn, zal de ontwatering zich spontaan vormen. Het stimuleren van kwelders met deze combinatie van methoden en op deze locatie is nieuw. Hier wordt de meest gunstige ontwikkeling geschetst, gebaseerd op het gegeven dat er op dit moment al kwelderontwikkeling plaatsvindt. Mocht de kweldervorming niet lopen zoals verwacht, dan kan worden bijgestuurd door bijvoorbeeld meer luwte te creëren.

De vegetatie zal zich naar verwachting spontaan vestigen, omdat er kwelders zijn op voldoende korte afstand waar vandaan de zaden zich naar de Pier van Oterdum kunnen verspreiden (zie voor meer details voor het gebied rond Delfzijl, Dankers et al. 2013). Door het spuien is er een grote kans dat de kwelder zich als een brakke kwelder gaat ontwikkelen. Welke soorten zich er precies gaan vestigen kan nog niet voorspeld worden, maar door de sterke verzoeting bij spuien zal het zeker geen 'zoute' vegetatie worden. Tijdens droge perioden zonder spuien wordt het overvloedingswater echter weer zout. Dit zou kunnen betekenen dat er gradiënten in de vegetatie komen van zoet, via brak, naar zout. Op de hoge, zoete delen zal riet kunnen domineren, net als in veel Dollardkwelders. De vegetatie zal, zoals op alle kwelders, in de loop van de tijd veranderen van pioniervegetatie naar volgende successiestadia. Welke vogels van het gebied gebruik zullen maken hangt mede af van de vegetatiestructuur: lage kweldergrasvegetatie trekt andere soorten dan hoog riet. Op het voorliggende wad is in principe potentie voor zeegras, maar de kans op spontane vestiging is zeer klein

aangezien het er nu ook niet voorkomt. Het beheer van de kwelder wordt afgestemd op de vegetatieontwikkeling, en kan bestaan uit niets doen, maaien of beweiden. Een kwelder die op deze manier gestimuleerd wordt zal altijd half natuurlijke karakteristieken hebben. Voor een optimale kwaliteit van de te ontwikkelen habitattypen is het van belang de natuurlijke processen zo veel mogelijk de ruimte te geven, en alleen in te grijpen met sediment opbrengen en luwte aanbrengen waar dat echt nodig is.



Figuur 19 Referentiebeeld kwelder. Boven: zoute kwelder. Onder: kwelder met brakke invloeden (Balgzand, foto Alma de Groot).

5.2.5 Bouwblok paaiplaats driedoornige stekelbaars en vogelfourageergebied

Driedoornige stekelbaars heeft behoefte aan paaiplaatsen met begroeiing. Deze is in het kanalsysteem maar beperkt voor handen, vandaar dat de natuurvriendelijke oevers van het spuikanaal en de aangrenzende ruigte achter de dijk van belang zijn. Een omvangrijker paaigebied kan ook fouragerende vogels trekken, waaronder sterns en lepelaars. Om die reden is ook voorgesteld om het gebied ten oosten van het nieuwe spuikanaal een natte natuurfunctie te geven. Dit gebied is goed toegankelijk voor publiek. Bij de nadere uitwerking van het ontwerp zal aandacht moeten zijn voor de relatie tussen vismigratie en predatie door vogels, om te voorkomen dat het succes van vogels ten koste gaat van de intrek van vissen.

6 ONTWERP SPUILOCATIE

6.1 Doel nieuwe spuilocatie

In 2007 is er een MIRT verkenning naar een nieuwe grote schutsluis uitgevoerd (Bückmann et al. 2009). Hierbij zijn diverse opties voor spuiconfiguraties bekeken. Eén daarvan betrof ook een optie om de locatie van de spuisluis te verplaatsen nabij de pier van Oterdum.

De ontwerpcapaciteit voor het ontwerp van de nieuwe spuisluis is toen vastgesteld op 180 m³/sec (niet in de MIRT studie). Dit is het maximale debiet voor het Eemskanaal, waarbij een maximaal toelaatbare stroomsnelheid van 0,7 m/s geldt, ter voorkoming van instabiliteit van de kades.

Onbekend is of de 180 m³/s afdoende is voor het waterbezwaar in 2130 (einde levensduur spuiconstructie) vanwege klimaatverandering. Verder is niet bekend onder welke omstandigheden dit debiet gehaald moet worden.

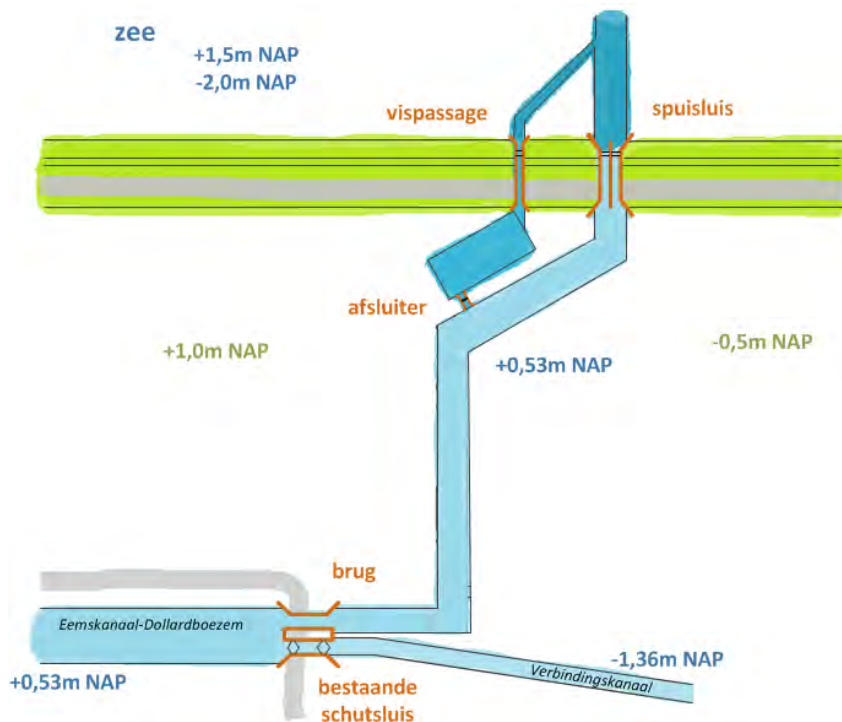
Voor nu is aangenomen dat het nieuwe spuimiddel (en spuikanaal) 180 m³/s moet kunnen spuien met de huidige gemiddelde peilen; streefpeil boezem en gemiddeld getij. Dit is een conservatief uitgangspunt voor het bepalen van de ruimtereservering. Als er maximaal gespuid wordt dan wordt dit normaliter gedaan met een verhoogd boezempeil.

Hoofddoelstelling spuifunctie:

- Spuifunctie van oude schutsluis overnemen zodat de oude schutsluis gebruikt kan worden voor recreatievaart;
- Op één locatie water afvoeren van het Eemskanaal – Dollardboezem en functie spuien en schutten volledig gescheiden;
- Spuien via schutsluizen en gemaal Rozema enkel bij een calamiteit;

6.2 Uitwerking watersysteem spuikanaal, aantakking Oosterhornkanaal en spuivoorziening

In figuur 20 is het nieuwe watersysteem geschetst bestaande uit een nieuw spuikanaal vanuit de boezem (Oosterhornkanaal) naar de Eems, nieuwe brug, spuimiddel, vispassage en een meertje met additionele afsluiter.



Figuur 20: voorstel nieuw watersysteem, spuisluis, spuikanaal en aantakking Oosterhornkanaal

Het spuikanaal sluit direct aan op het Oosterhornkanaal naast de aansluiting van het verbindingskanaal naar de Oldambtboezem. Op deze locatie is een onderdoorgang nodig naast de bestaande schutsluis. Momenteel gaat er een smalle weg overheen, echter er dient rekening gehouden te worden met een toekomstige spoorlijn. Een nieuwe brug zal dan vereist zijn die over de bestaande schutsluis en nieuwe doorgang heen gaat.

Het spuimiddel gaat door de huidige waterkering (zeedijk) heen en zal ook als waterkering dienst doen. Zie voor het spuimiddel paragraaf 6.3.

In verband met het beperken van de zoutindringing wordt een separate vispassage voorgesteld in combinatie van een kleine zoet-zoetovergang; een meertje met brak milieu. De vispassage zal ook als waterkering functioneren. De vispassage kan ook via het visvriendelijk spuibeheer (minder ruimte beslag). Een definitieve keuze tussen deze opties is nog niet gemaakt daarom wordt uitgegaan van een groter ruimtebeslag voor de vispassage. Zie voor de vispassage hoofdstuk 7.

Tussen het meertje en het spuikanaal is een afsluiter geplaatst. Dit is om:

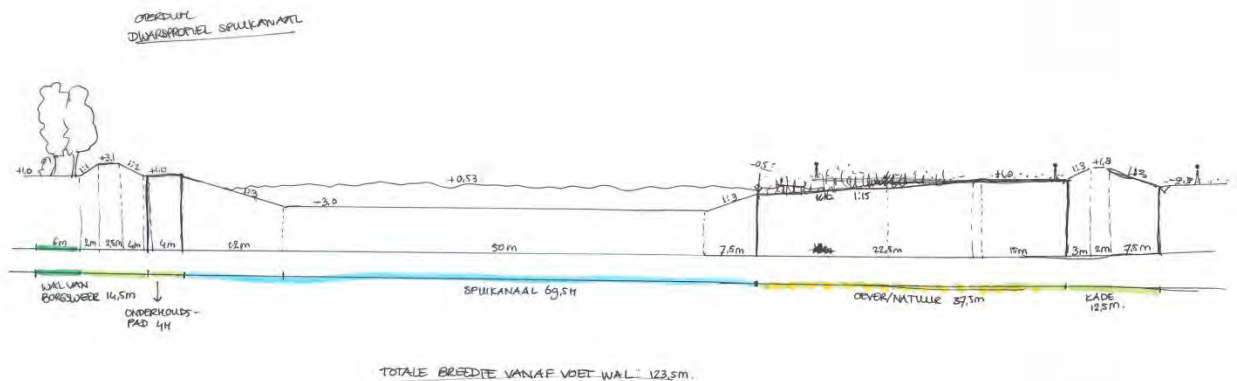
- a) het debiet door de vispassage te regelen;
- b) verdere zoutindringing te voorkomen door het meertje af te sluiten;
- c) om het meertje door te kunnen spoelen;
- d) om de vispassage schoon te kunnen spoelen;
- e) kan samen met het meertje de werking van de vispassage optimaliseren (vergroting van het vismigratie venster).

Het meertje en de oevers langs het kanaal kunnen worden ingericht als een natuurlijk habitat voor vissen en vogels en andere organismen.

Bij een maximaal debiet van 180 m³/s is voor het nieuwe kanaal een nat oppervlak benodigd van 257 m², met oevers van 1:3 komt dit neer op een benodigde breedte op de bodem van circa 50 m. (De 1:10 natuurvriendelijke oever voegt weinig toe aan het stroomoppervlak door begroeiing.)

Het maximale waterpeil op de boezem is +1,3 m NAP. Zachte kades, bestaande uit aarde met klei, moeten 0,5 m hoger zijn dat dit peil. De kruin van deze zachte kades is dan +1,8 m NAP.

In figuur 21 is een schetsdoorsnede gegeven van het spuikanaal.



Figuur 21: schets doorsnede spuikanaal en aansluiting op de wal van Borgsweer.

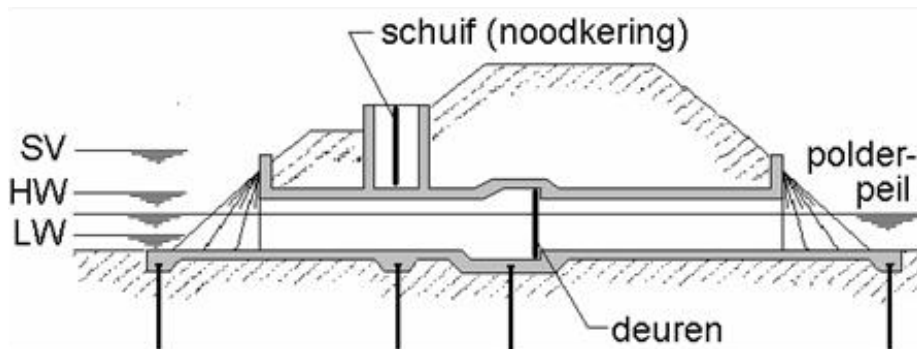
Tijdens de ontwerpfase zal de grondgesteldheid van het gebied onderzocht moeten worden, waarbij antwoord gegeven moet worden op de vraag of een diep(er) kanaal mogelijk is, gezien kwel en stabiliteit van de waterkeringen en bestaande schutsluis. Hiernaast kan de maximaal toelaatbare stroomsnelheid in het spuikanaal geoptimaliseerd worden. Afhankelijk van het bodemmateriaal en stabiliteit van de kades zou een hogere stroomsnelheid mogelijk kunnen zijn, waardoor het spuikanaal minder breed gedimensioneerd behoeft te worden.

6.3 Spuimiddel

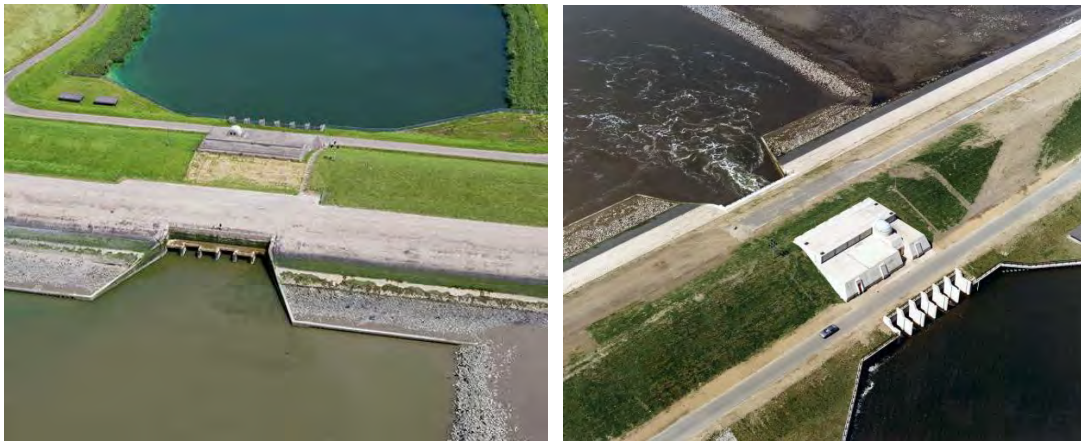
De belangrijkste functies van het spuimiddel zijn water afvoeren (zoet) en water keren (boezem en zee). Een duiker door de dijk is qua functionaliteit en inpassingen de meest logische keus voor het spuimiddel. Zo blijven onder andere de keermiddelen (beweegbare schuiven) in grootte beperkt, en de huidige weg kan over de berm van de dijk gesitueerd worden op de huidige locatie.

Naast betonnen kokers dient het spuimiddel te beschikken over beweegbare schuiven voor dagelijks gebruik en bij stormopzet op zee. Deze schuiven dienen het boezemwater te keren, het spuidebiet te regelen en het stormwater te keren. Hiernaast is er een tweede set aan stormdeuren, dit is noodzakelijk voor de betrouwbaarheid van het spuimiddel als stormvloedkering. Verder dient bij de instroom en vooral bij de uitstroom de bodem en oevers beschermd te worden tegen erosie en dienen er

kwelschermen in de dijk onder en naast de constructie aanwezig te zijn (zie figuur 22 voor doorsnede en figuur 23 voor referentiebeelden).



Figuur 22: typische doorsnede van spuumiddel door een dijk



Figuur 23: twee referentiebeelden van spuumiddelen door een dijk

Een eerste hydraulische berekening is gemaakt om de dimensies van het spuumiddel af te kunnen schatten.

De dimensies om $180 \text{ m}^3/\text{s}$ af te kunnen voeren bij huidig gemiddelde peilen (streefpeil boezem en gemiddeld getij) zijn:

- Drempelhoogte (onderkant opening duiker) -2,5 m NAP
- Openingshoogte: 3,0 m
- Openingsbreedte per koker: 5 m
- Aantal openingen: 5

Zie bijlage 3 voor de berekening.

Toekomstige situatie zeespiegelstijging

Bij een zeespiegelstijging van 0,5 m zal er nog slechts $130 \text{ m}^3/\text{s}$ gespuid kunnen worden. Om $180 \text{ m}^3/\text{s}$ te halen moet de spuiopening 10 m breder worden (bij gemiddelde waterpeilen). Echter, in de praktijk zal het boezempeil vlak voor het spuien wat hoger dan het streefpeil staan. Maximumpieil in de boezem ligt 0,8 m hoger dan het streefpeil. Dit is de reden dat voor deze studie wordt aangenomen dat bovenstaande dimensies voldoende zijn om te voorzien in de toekomstige spuibehoeftte.

Verder zal er een kleine stortstenen dam nodig zijn om de spuistroom te begeleiden en op het juiste moment samen te laten komen met de migratiegeul van de vispassage. De lengte van deze stortstenen dam is geschat op 150 m, circa 15 m³ aan stortsteen per lengte meter.

Naast het civiele werk zijn er 5 keer 2 sets nodig aan verticale schuifdeuren, met automatische bediening op afstand, knopbediening op afstand en op locatie, en handmatige bediening (draaislinger) op locatie per schuif. Dit vergt installatieruimtes (droog, stormbestendig) en werkruimtes voor de bediening, inspectie en onderhoud.

Gezien de diepte van het Oosternhornkanaal zou het spuikanaal ook nog 1 meter dieper en iets minder breed gemaakt kunnen worden. Echter, de kosten nemen sterk toe met iedere meter dieper grondverzet. Dit is een optimalisatievraagstuk in de ontwerpfase.

7 ONTWERP VISPASSAGE

In bijlage 7 is een kennisdocument opgenomen over vismigratie in het Eems - Dollard estuarium. Dit is gebruikt bij het verder ontwerpen van de mogelijkheden voor de vispassage.

7.1 Visaanbod

Het nieuw te bouwen spuicomplex sluit aan op het boezemgebied van het Eemskanaal en vormt daarmee een verbinding met een groot achterland. Het Eemskanaal zelf biedt door de huidige inrichting met veel beschoeiing en steenstort beperkte paaimogelijkheden voor plantminnende soorten als driedoornige stekelbaars. De voedselrijkdom en de aanwezigheid van veel schuilmogelijkheden bieden wel goede opgroeikansen voor bijvoorbeeld de paling. In het achterland (o.a. de beken Hunze en Drentsche Aa en diverse polders) is een grote diversiteit aan paai- en opgroeigebieden aanwezig die dit kanaal tot een belangrijke migratieroute maken. Naast de gebruikelijke vissoorten die een boezem in willen trekken – driedoornige stekelbaars, spiering en glasaal – is deze boezem ook een belangrijke trekroute voor de rivierprik.

Eén van de weinige bekende paaiplaatsen in Nederland voor rivierprik is het Gasterense Diep, onderdeel van de Drentsche Aa. Deze is voor de rivierprik te bereiken via het Eemskanaal die via het Noord-Willemskanaal in verbinding staat met het beekstelsel van de Drentsche Aa. Welke route rivierprik bij de zoet-zout overgang gebruikt om naar binnen te zwemmen is voornamelijk onbekend (Winter et al. 2013). Dit kan zowel via de spuisluisen als via de schutsluisen van Delfzijl. Beide bieden toegang tot het Eemskanaal.

De driedoornige stekelbaars kan voor paaien terecht aan de oostoever van het nieuwe spuikanaal en het aangrenzende natte natuurgebied, achter de zeedijk.

Het visaanbod in Delfzijl is bemonsterd in het voorjaar van 2012 (zie tabel 4). Hieruit blijkt dat de driedoornigestekelbaars, glasaal en spiering een mogelijkheid zoeken om de boezem op te trekken. (Zeenaald is geen migratievis die de boezem op wil.) In deze bemonstering mist de rivierprik. Dit is logisch gezien de bemonstering niet binnen de migratieperiode van de rivierprik valt. Het is bekend dat rivierprik via de schut- en spuisluisen in Delfzijl de boezem op trekt. Uit deze bemonstering is ook niet af te leiden dat botlarven voorkomen in de haven.

Het hier beschreven onderzoek is uitgevoerd m.b.v. een kruisnet. Deze methode geeft een kwalitatieve indruk van de vissoorten die zich bevinden aan de zeezijde van de zeesluisen. Van dit onderzoek is overigens ook al een 2013 versie beschikbaar. De aan- en afwezigheid van soorten op deze locatie achter in de beschutte zeehaven kan sterk afwijken van de nieuwe locatie aan de monding van de haven waar de nieuwe zeesluis geprojecteerd is. Achter in de zeehaven is vrijwel geen mogelijkheid voor selectief getijdentransport (hier hangt ook vrijwel altijd een zoete/brakke “bel” water) In de havenmonding zit je direct aan de geul van de Eems. Hiervan is uit diverse publicaties bekend dat er veel botlarven zitten (o.a. RIKZ/Zwanette Jager).

In de visse atlas Groningen Drenthe (2008) zijn alle bekende waarnemingen voor het gebied t/m 1 januari 2008 opgenomen. Dit geeft een goed beeld van de vissen die er voorkomen.

Tabel 4: Aanbodbemonstering trekvis resultaten afwateringspunten Delfzijl (Wintermans, 2012). (Bron: Wintermans, G.J.M. (2012). TREKVISAANBOD LANGS DE WADDENZEEKUST- Gegevensverslag monitoring voorjaar 2012)

Locatie	Trekvisse			Estuariene visse			Zoetwater- visse	Zee- visse
	Driedoornige stekelbaars	Glasaal / Paling	Spiering	Botervis en Bot	Grondel	Zeenaald	Pos en Brasem	Haring, Sprot en Geep
Damsterdiep	380	52	75	1	0	56	0	4
Duurswold	238	52	12	0	1	23	0	0
Eemskanaal spui	10	16	2	1	9	14	6	8
Eemskanaal schut	13	174	13	1	14	66	0	0
Totaal	641	294	102	3	24	159	6	12

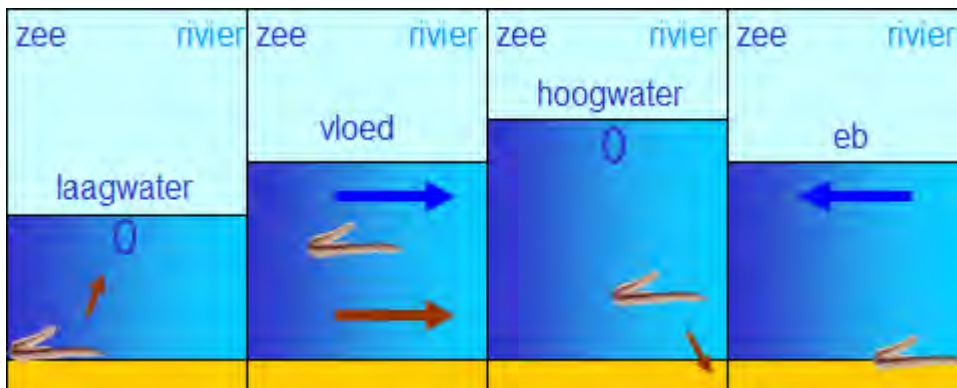
7.1.1 Doelsoorten

In deze studie voor het ontwerp van de vispassage zijn de doelsoorten:

- driedoornige stekelbaars, *Gasterosteus aculeatus*,
- spiering, *Osmerus eperlanus*,
- glasaal, *Anguilla anguilla*,
- rivierprik, *Lampetra fluviatilis*.
- botlarven, *Platichthys flesus*

De migratieperiode (intrek stroomopwaarts) voor de driedoornige stekelbaars (stroomopwaarts) is van eind februari tot en met april, voor de glasaal van maart tot en met mei, voor de spiering van begin februari tot en met april, bot april maar juni en de rivierprik migreert vooral in rond december met soms uitloop naar maart.

De doelsoorten zijn, met uitzondering van de rivierprik, zwakke zwemmers. Bij opkomend tij liften ze mee richting de kust, en bij neergaand tij schuilen de visse tegen de stroming om niet mee terug naar zee te worden gespoeld. De visse vertonen selectief getijdentransport. Dit geldt vooral voor soorten als glasaal en botlarven. Driedoornige stekelbaars en Spiering maken hier wel gebruik van maar vertonen ook actief zwemgedrag.



Figuur 24: Een grafische voorstelling van selectief getijdetransport. Tijdens afgaand tijd drukt vis zich tegen de bodem om positie te houden en tijdens opkomend tij wordt de waterkolom opgezocht om energetisch efficiënt gebruik te maken van de waterstroom. [IMARES]

De vissen worden aangetrokken door (relatief) zoete waterstromen. Op de overgang van zee naar rivier verandert het gedrag van de vissen. De vissen beginnen stroomopwaarts te zwemmen en zwemmen uiteindelijk langs de oevers (glasaal) om in de diepste delen in scholen (driedoornige stekelbaars en spiering) van de rivier verder stroomopwaarts (zie figuur 24).

Bij een abrupte overgang, zoals bij een spuilocatie, moet de vis zich snel aanpassen aan de nieuwe omstandigheden. Een snelle schakeling in gedrag wordt op meerdere plekken in Nederland waargenomen. Botlarven vertonen geheel geen actief migratiegedrag bij jonge exemplaren, oudere exemplaren doen dat mogelijk wel. Botlarven gebruiken selectieve getijdentransport om richting zoetwater te migreren.

Een snelle zout-zoetovergang kan problematisch zijn voor jonge vissen daar waar de vissen actief tegen de stroom moeten in zwemmen. De vissen moeten als het ware weer op adem komen (ook door inspanning om de vispassage te passeren). Een habitat dat stromingsluw is en bescherming biedt tegen predatoren is dan ook wenselijk zodra de vissen vanuit zee de boezem zijn ingezwommen. Een tijdelijke brak milieu (buiten of binnendijks) als overgang (hoe kort ook) is daarom wenselijk.

Prikken vallen onder de categorie matige zwemmers. Het feit dat prikken geen borstvinnen hebben maakt ze gevoeliger voor turbulentie, echter hun overall passeervermogen is afhankelijk in hoeverre zij gebruik kunnen maken van substraat (stenen, planten, takken, etc.) om met hun zuigbek sprongsgewijs barrières te passeren. Stroomsnelheden van 1 à 2 m/s kunnen op deze manier gepasseerd worden mits de stroming niet te turbulent is. Normale sprintcapaciteit is maximaal 1 m/s. De sprintsnelheden van de andere doelsoorten is $\leq 1,0$ m/s.

7.2 Twee typen vispassage

Om visintrek te faciliteren zijn er voor deze locatie twee basis mogelijkheden:

- Scheiding van functies: Een aparte vispassage dat los staat van het spuumiddel, maar wel gebruik maakt van de lokstroom van het spuumiddel;
- Combinatie van functies: Het spuumiddel geschikt maken voor vispassage door visvriendelijke spuibehaar, installeren van kattenluiken en een aparte aalgoot;

Om de migratie van rivierprik te bevorderen wordt geadviseerd om de vispassage zo natuurlijk mogelijk te laten zijn. Een zeer technische vispassage, zoals het overzetten met een hevel, wordt afgeraden omdat we niet zeker kunnen zijn of deze passage geschikt is.

Een vrij verval vispassage dat geheel zoet is (doormiddel van inzet van een pomp) is een mogelijkheid. Een voorbeeld hiervan is te zien in polder Breebaart. Deze vispassage laat geen zout en slib binnen en werkt goed wat betreft vispasseerbaarheid voor m.n. driedoornige stekelbaars en glasaal. Echter met deze passage komen er geen botlarven binnen omdat selectief getidentransport niet mogelijk is. Ook spiering wordt niet aangetroffen. Het is onbekend of dit type passage geschikt is om rivierprik te laten migreren. Dit type passages wordt tot nu toe vooral ingezet om migratie tussen de zee en polders te faciliteren. In deze polders is geen geschikt habitat aanwezig voor de prikken waardoor intrek van deze soort hier ook niet te verwachten is.



Figuur 25: Geheel zoete vrij verval vispassage op zoet-zout overgang; Breebaart Waterschap Hunze en Aa's

7.2.1 Scheiding van functies; vrij-verval vispassage

Deze passage kan bestaan uit een betonnen duiker door de dijk (met substraat, zie figuur 26) die uitkomt in een meertje dat een brak milieu mag hebben (zie figuur 25 voor voorbeeld). De passage dient wel een zekere weerstand te hebben om te zorgen dat de stroomsnelheid door de passage laag blijft. Hierbij is belangrijk dat ook de turbulentie beperkt blijft. Dit kan d.m.v. het plaatsen van verticale schotten in de duiker, en/of vistrappen (langs de oever van het meertje).

Een aparte vispassage kan meer natuurlijk worden ingericht waarbij de vissen natuurlijkerwijs overgaan van een passief naar een actief migratiegedrag. Dergelijke vispassages zijn zelden toegepast bij een zoet-zout overgang omdat het migratievenster (periode dat de vissen tegen de zoete stroom op kunnen zwemmen) vaak zeer beperkt is. Als genoemd, door het hoge boezemwater (t.o.v. het getij) is op deze locatie een (semi) natuurlijke vispassage wel mogelijk.



Figuur 26: Voorbeeld duiker met substraat, Waterschap Aa en Maas vispassage Crèvecoeur

Voordelen vrij-verval vispassage:

- Scheiding van functies komt ten goede van de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van het spuumiddel;
- Minder zoutindringing en betere controle over de zoutindringing in de boezem;
- Nagenoeg geen slibindringing;
- De mogelijkheid om langer een zoete lokstroom te laten stromen, goed voor de vindbaarheid van de vispassage door driedoornige stekelbaard, spiering en glasaal;

Nadelen vrij verval vispassage:

- Geen (uitvoerig) beproefd concept bij een zoet-zout overgang;
- Vraagt om een uitgekiend flexibel ontwerp om in te kunnen regelen en kan op vele verschillende manieren;
- Meer technische onderdelen in de passage aanwezig wat de storingsgevoeligheid vergroot;
- Duurder dan 'visvriendelijk spui-beheer'. Zowel in aanleg als exploitatie (meer techniek, pompkosten, etc.);
- Migratie via een "zij-ingang" i.p.v. de hoofdloop.

7.2.2 Combinatie van functies: visvriendelijk spui-beheer

Visvriendelijk spui-beheer houdt in dat (een van) de spuideuren later worden gesloten dan gebruikelijk. Hierdoor kan er een hoeveelheid water vanuit zee het binnenwater instromen. Normaal gesproken worden de deuren al gesloten als de zee 10 cm lager staat dan de boezem waardoor deze uitwisseling niet mogelijk is.

Bij visvriendelijk spui-beheer van waterschap Hunze en Aa's wordt vooral aan het einde van de spuiperiode de deur (of kattenluiken) langer open gehouden. In de periode van min of meer gelijke waterstand kunnen vissen naar binnen trekken. Door de deuren wat langer open te houden kunnen glasaal en botlarven mee naar binnen gespoeld worden. De duur waarin in dit mogelijk is, is sterk afhankelijk van de hoeveelheid zoet water dat binnen gelaten kan worden.

Dit spui-beheer sluit aan bij het gedrag van zwakke zwemmers (selectieve getijdentransport), maar ook prikken die last kunnen hebben van turbulentie tijdens het

spuien kunnen op deze momenten gebruik maken van de opening die geboden wordt. Het spuien bij gelijk waterpeil zorgt er voor dat zout water binnen de boezem wordt gelaten. Dit gebeurt vooral in het onderste gedeelte van de waterkolom omdat zout water zwaarder is dan zoetwater. Vissen die zich op de bodem bevinden kunnen met een zoute stroom richting het zoete water trekken. Nadeel is wel dat er een zoutbelasting is voor het beheer van het zoet boezemwater. In de Eems-Dollard kan er door slibvorming op de zoet zout overgang ook slib de boezem in wordt gespoeld. Dit is niet wenselijk en levert gevaar op voor het (spui- en nautisch) beheer van het gebied. Visvriendelijke spuibehaar wordt in de regio bij de spuicomplexen toegepast mits er geen slibbelasting is.

Naast, of in plaats van, het gedeeltelijk openen van de schuiven kunnen er ook kattenluiken worden toegepast (zie figuur 27 links). Dit zijn aparte openingen in de schuiven van de sluisdeuren. Hiermee wordt er minder slib en zout de boezem in gelaten omdat het ingelaten debiet beperkt wordt. De passeerbaarheid voor de vis is mogelijk beperkter, maar kan mogelijk gecompenseerd worden door het verlengen van de openingsduur van de kattenluiken. Het is onbekend of rivierprikken door kattenluiken heen trekken, daarom wordt het in dit ontwerp niet voorgesteld. Visvriendelijk spuibehaar en kattenluiken zijn ook geschikt voor botlarven en glasaal mits er zout water binnen gelaten wordt. Mocht de duur hiervan zeer beperk zijn (vaak m.n. door hoge sliblasten van het zeewater), dan is voor de glasaal nog een andere optie: een aalgoot. (zie figuur 27 rechts).



Figuur 27: Links een voorbeeld van kattenluiken, rechts een voorbeeld van een aalgoot (foto's: Hunze en Aa's)

Visvriendelijk spuibehaar, kattenluiken en aalgoten zijn beproefde methoden om de intrek van vissen te bevorderen.

Bij spuiemiddelen worden vaak 'wachtende' vissen waargenomen. Deze vissen (het deel dat wil migreren) is het niet gelukt om bij opkomend tij te migreren en wachten tot het begin van de volgende spuiperiode. Dit gedrag maakt het dat visvriendelijke spuibehaar goed werkt. Een veilige plek (lage stroming en turbulentie en geen predatoren) om te

wachten moet dan wel aanwezig zijn. Bij begin spuiperiode (visvriendelijk spui-beheer) moet het dan wel mogelijk zijn voor de vis dat het spuumiddel gepasseerd is snel een veilig habitat vindt buiten de sterke spuistroom om terugspoeling te voorkomen.

Het migratievenster (bij Waterschap Hunze en Aa) is gericht op het einde van de spuiperiode bij opkomend water. Dit betekent dat er dus ruimte moet zijn om zout water binnen te kunnen laten zodat visvriendelijk spui-beheer bij opkomend tij mogelijk is. Dit sluit het beste aan bij de doelsoorten en de situatie.

Voordelen visvriendelijk spui-beheer:

- Beproefd concept (bij schutsluizen en grote spuumiddelen);
- Relatief goedkoop;
- Vismigratie is mogelijk in de hoofdloop van de betreffende watergang en verloopt niet via een "zij-ingang".

Nadelen visvriendelijk spui-beheer:

- Functie combinatie: beheer en onderhoud van de vispassage heeft invloed op beschikbaarheid en betrouwbaarheid van het spuumiddel;
- Zoutindringing kan optreden rechtstreeks in het boezemwater, terugdringen van zout indringing betekend minder migratiemogelijkheid voor de vis;
- Mogelijke slibintreding bij hoge slibbelasting.

7.3 Werking vrij-verval vispassage

In deze paragraaf wordt specifiek op de werking van een vrij-verval vispassage ingegaan aangezien deze moeilijker is voor te stellen dan visvriendelijk spui-beheer, en omdat er vele ontwerp mogelijkheden en opgaven zijn bij deze passage.

De doelsoorten spiering, driedoornige stekelbaars en glasaal (gedeeltelijk) zijn te zwak om recht tegen de spuistroom in te zwemmen, maar zullen bij afnemend spuidebiet (opkomend getij) via de spuigeul omhoog zwemmen in de richting van de vispassage. Sommige soorten gebruiken hiervoor de oevers en andere de diepere delen. Vervolgens kan de vis tegen de lokstroom van de vispassage in zwemmen.

Voor een goede werking van de vispassage is het cruciaal dat de vispassage vindbaar is voor de vis. De spuisluis zorgt voor een (relatief grote) zoete stroom de Eems in dat dient als een lokstroom voor de vissen. De vispassage zelf kan hierdoor voldoen met een kleine lokstroom (circa 1 m³/s).

Voor de botlarven en glasaal (gedeeltelijk) is de zwakke zoete stroom te sterk om tegen in te zwemmen. De passage zal voor een bepaalde tijd zout water binnen moeten laten om deze vissen mee naar binnen te nemen.

De vissen komen door de duiker in het meertje. Dit meertje heeft een brak milieu. Het meer is diep genoeg en biedt door de natuurlijke oevers de mogelijkheid om te wennen aan het zoete water.

Vervolgens is er via een instelbare afsluiter een opening vanuit het meertje naar het spuikanaal (Eemskanaal /Dollardboezem). Vissen kunnen deze opening vinden door de zoete lokstroom die vanuit de boezem het meertje in stroomt. De vormgeving van het

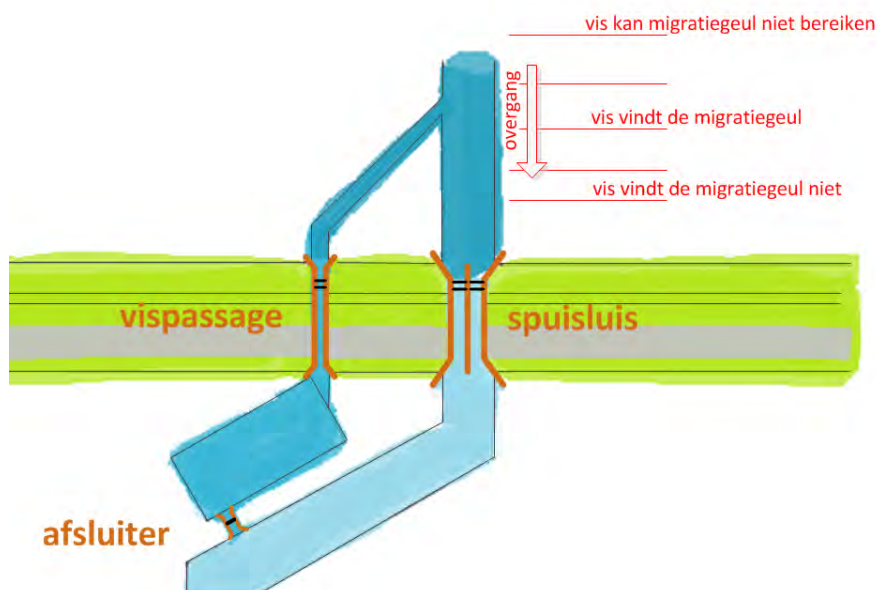
meertje en deze opening dienen afgestemd te worden zodat er voor de vis een duidelijke zoete stroom aanwezig is, die stroomt vanaf deze afsluiter naar de duiker (in de primaire kering).

De opening tussen het meertje en de boezem heeft meerdere functies. Het regelt het debiet door de vispassage en de waterstand in het meertje, biedt de mogelijkheid om versneld het meertje met zoet water door te spoelen om de vispassage / duiker eens in de zoveel tijd schoon te spoelen van slib, en om in te grijpen bij een te grote zoutindringing. De mogelijkheid bestaat om hier ook een getrapte vispassage van te maken of kattenluiken te installeren. Wellicht zelfs noodzakelijk om de vissen verder te krijgen en voor het reguleren van de zoet-zout stromingen.

Hiernaast zijn er twee afsluiters in de duiker (overgang van meertje naar Eems-Dollard) nodig om de waterveiligheid te garanderen en één afsluiter om aan het einde van de migratievensters uitstroom (van zoet water en vissen) en instroom (van zout water) te voorkomen.

7.3.1 Aansluiting vispassage aan spuistroom spuumiddel

Bij de vrij verval vispassage is de afstand van de spuisluis tot aan de aansluiting tussen de spuigeul en de vismigratiegeul van belang voor de vindbaarheid en bereikbaarheid van de vispassage door de actief zwemmende zwakke zwemmer (zie figuur 28). Tot een zekere afstand is de stroming in de spuigeul te hoog en turbulent voor de vis, bij de overgang naar een meer rustige stroming is de ideale locatie voor de aansluiting naar de migratiegeul. Uiteraard schuift deze overgang op naarmate het getij opkomt en de spuifvoer kleiner wordt. Tot waar de vissen opzwemmen is sterk afhankelijk van het spuibeheer. Bij een separate vispassage kan het wenselijk zijn om eerder te stoppen met spuien (t.o.v. normaal beheer) zodat de locatie tot waar de vissen opzwemmen vast ligt en vissen niet door zwemmen tot aan de spuideuren (wat mogelijk is als je bij kleine vervallen blijft spuien).



Figuur 18: Overgang van sterk stromend naar rustig stromend schuift op in de tijd.

Voor de afstemming van de uitstroom uit de vispassage en spuumiddel zal altijd nodig zijn. Dit is afhankelijk van variatie in spuidebiet en omvang van de turbulente zone.

Twee extremen in spuibeheer zijn:

1. Altijd dusdanig spuien dat de stroming in de spuigeul dusdanig hoog (en of turbulent) is dat de vis hier niet tegen in kan en een alternatief zoekt: de vispassage geul.
2. Visvriendelijk spuibeheer. Kan bij gelijk waterpeil (tussen boezem en Eems-Dollard) de sluisdeuren gedeeltelijk opentrekken. Bij opkomend tij tegen het einde van de spuiperiode de spuistroom verminderen zodat de vissen tegen stroom in ook via de spuisluis kunnen migreren.

De aansluiting van de vismigratiegeul kan gefixeerd worden in plaats en tijd, maar gezien het dynamische en natuurlijke karakter van de vooroever zijn twee of drie aftakkingen naar de vispassage toe ook een optie. (Niet te veel; want dan is er geen duidelijk lokstroom meer.) De vismigratiegeul kan bijvoorbeeld gevormd en gestuurd worden m.b.v. rijshoutendammetjes.

7.4 Migratievenster

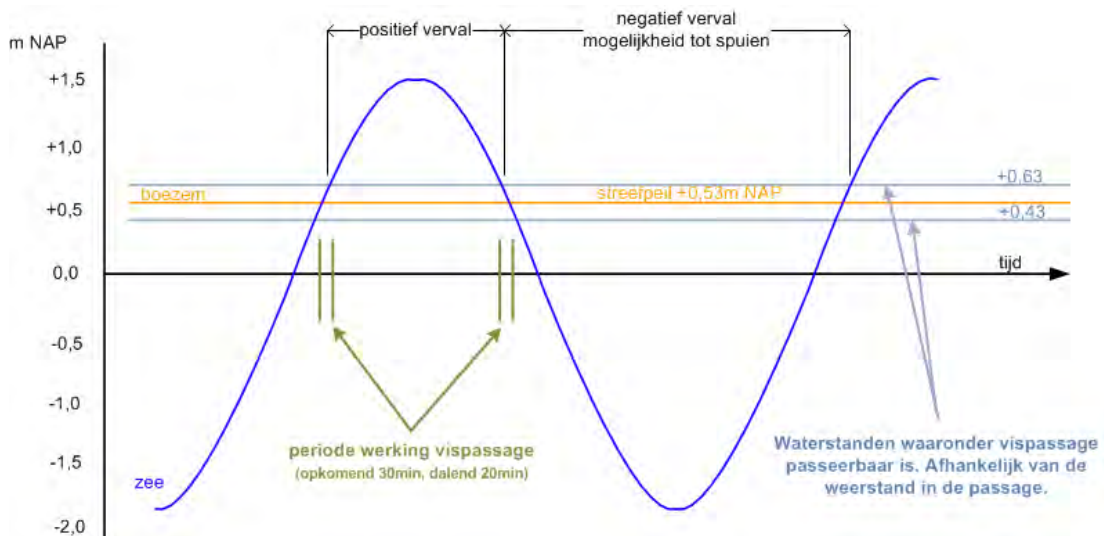
Voor beide opties is het migratievenster in de basis gelijk. Zowel voor actief migratiegedrag en voor passief migratiegedrag; de laatste is afhankelijk van debiet en duur dat zout water ingelaten wordt. In beide gevallen is het venster beperkt tot minuten rondom het moment dat er een beperkt waterstandsverschil is tussen de boezem en de zee. Er zijn dan per getijde cyclus (eb - vloed – eb) 2 migratiemomenten mogelijk:

1. Opkomend tij / einde spuiperiode: het migratievenster bij visvriendelijk spuibeheer begint vanaf het moment dat de spuistroom voldoende geknepen is en het waterstandsverschil (orde grootte) 10 cm is, tot het moment dat de zee 5 cm hoger staat (uitgaande van minimale zoutindringing).
2. Voor afgaand tij / begin spuiperiode. Het migratievenster bij visvriendelijk spuibeheer begint bij een zeewaterstand van 5cm boven boezempeil en eindigt de migratievenster bij een zeewaterstand van 10 cm beneden boezempeil (te hoge stroomsnelheden).

Het migratievenster voor een vrij verval passage (zonder schotten, trappen etc.) is vergelijkbaar, behalve dat er mogelijk langer zout water (uitgaande van zelfde debiet) ingelaten kan worden doordat de vispassage aansluit op het meertje dat het brakke water geconcentreerd houdt en waar de mogelijkheid is om het met weinig zoet water door te spoelen. Gezien de beperkte grootte van het meertje zal de vergroting van het migratievenster (meer instroom zoutwater) beperkt zijn.

Het migratievenster voor een vrij verval passage is afhankelijk van de hydraulische weerstand in de passage en overige maatregelen die genomen kunnen worden afhankelijk van de randvoorwaarden: geen/beperkte zoutindringing op de boezem en de grootte van de spuistroom van het spuumiddel.

In figuur 29 zijn de basis migratievensters geschetst voor opkomend en afgaand tij als de vispassage een hydraulisch weerstand heeft van 10 cm. Het migratievenster bestaat dan uit 30 + 20 minuten bij respectievelijk opkomend en afgaand tij.



Figuur 29: Migratievenster geplot in het gemiddeld getij bij weerstand van 10 cm. Dit kan als een minimale basis variant gezien worden.

Het migratievenster van een vrij verval passage kan verder verlengd worden door:

- Vergroten van de hydraulische weerstand: schotten in duiker of vistrappen langs de oevers van het meertje (zie figuur 30). De migratieduur (tijd dat de vis nodig heeft om de vispassage te passeren) wordt hiermee wel verlengd
- Waterniveau in het meertje opzetten bij opkomend tij (met behulp van een pomp en zoet water vanuit de boezem): verlengen van de migratieperiode met een zoete lokstroom op moment dat het spuumiddel al gesloten is. Hierdoor kunnen ook de zwakste zwemmers die t.g.v. de sterke spuistroom pas later in de buurt kwamen van de vispassage verder migreren. Dit betekent dat er tussen het meertje en het spuikanaal een vistrap nodig is, of dat de vissen tijdelijk niet door kunnen naar het spuikanaal;
- Meertje opzetten bij neergaand tij voor vroegtijdige lokstroom voordat het spuumiddel gaat spuien. Hiermee helpt je wachtende vissen die de vorige keer net te laat waren;
- Vissluis principe toepassen. Hierbij wordt het meertje gebruikt in analogie van een sluiskolk (mogelijk zoutwater bezwaar);
- Beperking door zoutindringing tegengaan door slim doorspoelsysteem in het meertje (openingen in de afsluiter onder en boven in de waterkolom apart regelbaar) Hiermee wordt het migratievenster vergroot doordat er langer zoutwater binnengelaten kan worden).

Voor de vrij verval vispassage wordt aangeraden om in ieder geval meer hydraulische weerstand aan te brengen en te onderzoeken of het opzetten van het waterpeil van het meertje de migratiemogelijkheden vergroot en niet grote nadelen heeft voor het broedeiland. Dit laatste zou relatief goedkoop in praktijk getest en ingeregeld kunnen worden gezien de benodigde hardware (schotten en afsluiter) sowieso vereist is. Ook wordt geadviseerd om flexibiliteit in het ontwerp expliciet op te nemen.



Figuur 30: Links, voorbeeld verticale schotten vistrap bij de Mgr. Wilmerstraat, Dommel, rechts vistrap van Dickinge, Reestdal

7.5 Predatoren bij de vispassage

Gezien vanuit het waterbeheer van de Eems-Dollard Boezem en de achterliggende Hunze en Drentsche Aa is een vispassage zeer wenselijk bij deze nieuwe grootte spuilocatie.

Het zoutbezwaar in het boezemkanaal is sterk beperkend voor de migratie van vissen. Hoe groot dit zoutbezwaar (en dus deze beperking is) is echter nog onduidelijk. Op dit moment is het Oosterhornkanaal relatief zout. Door het verplaatsen van het spuumiddel wordt dit kanaal zoeter. Hierdoor lijkt er enige ruimte te ontstaan om zout water via de vispassage binnen te laten zonder dat hierdoor de zoutgehalten toenemen t.o.v. de oorspronkelijke situatie. Ook andere maatregelen als een drempel in het spuikanaal kunnen zoutindringing beperken.

Slib vormt een tweede beperkende factor. De slib indringing moet beperkt blijven want het diepe Oosterhornkanaal zou potentieel als een slib vang kunnen gaan functioneren. Dit is zeer onwenselijk voor de scheepvaart en het ecosysteem. Ook kan een drempel of andere technische maatregel mogelijk een uitkomst bieden.

Een derde beperkende factor is de hoeveelheid zoet water dat in droge tijd beschikbaar is voor de vispassage en het terug dringen van het zoute water.

Voor alle drie de beperkingen moet gekeken worden hoe groot deze beperking is in de migratieperiode van de doelsoorten per soort. Zodoende kan een beheerregime ontwikkeld worden waarin de vis kan migreren en de bezwaren acceptabel blijven.

Belangrijkste eisen vanuit de doelsoorten in relatie tot de beperkingen zijn:

- Aansluiten bij het gedrag van zwakke zwemmers (selectieve getijdentransport) heeft de voorkeur. Dit vergt het binnen laten van zout water, al zijn er 'terugval opties' voor de spiering, driedoornige stekelbaars, rivierprik en in mindere mate glasaal;
- Om botlarven de boezem in te laten moet er ook zout water de boezem ingelaten worden. De glasaal profiteert ook sterk van het binnen laten van zout water, maar is er niet geheel afhankelijk van;

Een voorzichtig advies voor de keuze in type vispassage is:

- Klein zoutbezwaar: visvriendelijk spuibeheer, beproeft effectief en relatief lage kosten;
- Middel zoutbezwaar: een vrij verval passage met een flexibeler ontwerp waarbij de spuifunctie, zoutbeheer, en vismigratiefunctie elkaar minder snel bijten;
- Groot zoutbezwaar: dan moet de vis eerder overgaan op actief zwemgedrag waardoor een gepompte vrij verval passage met een zoetwater lokstroom beter aansluit;
- Om de migratie van rivierprik te bevorderen heeft een natuurlijk vispassage de voorkeur boven een technische mogelijk zijn; al kan het voor deze locatie betekenen dat een technische vispassage toch effectiever is (sterk afhankelijk van uitwerking zoutbezwaar);

8 EFFECT VERPLAATSING SPUI OP AANSLIBBING HAVEN DELFZIJL

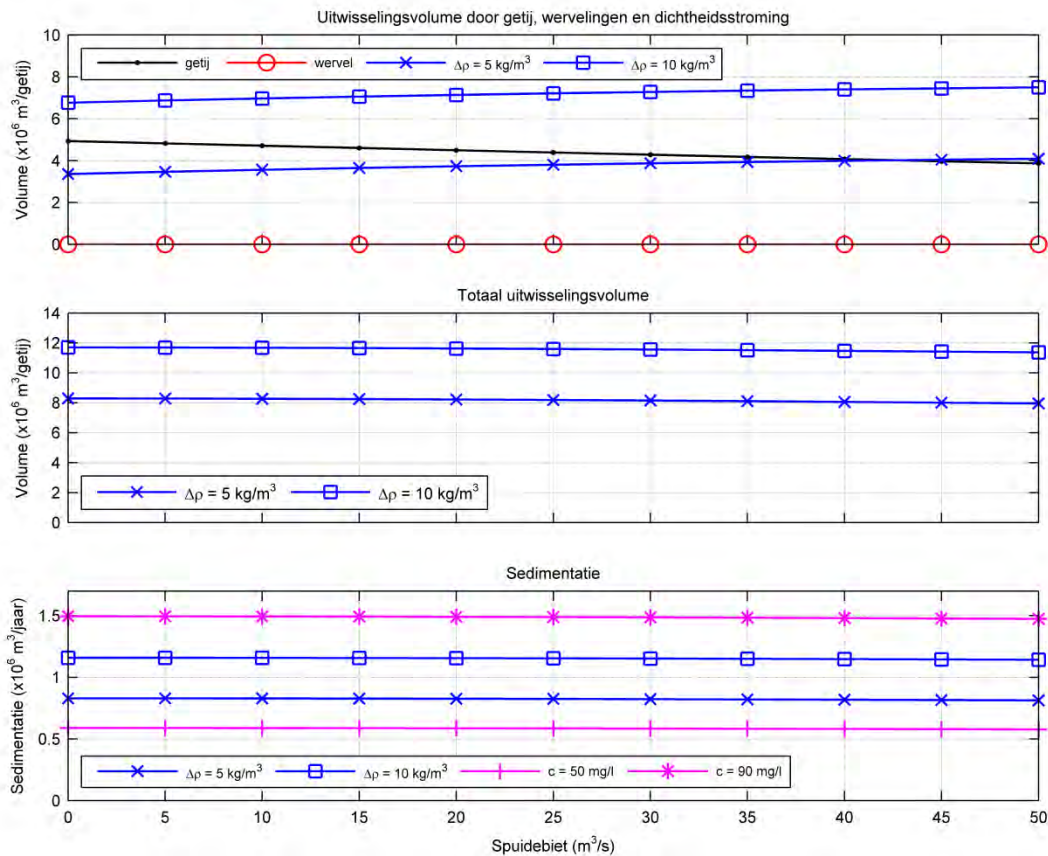
Dit hoofdstuk presenteert de berekeningsresultaten van de aanslibbing in de haven van Delfzijl, met en zonder verplaatsing van de spui bij de Oude Zeesluis. Voor een uitgebreide beschrijving van de toegepaste methode en uitgangspunten, zie bijlage 5.

Figuur 31 toont in het bovenste paneel het berekende uitwisselingsvolume door getij (zwarte lijn), door werveling (rode lijn) en door dichtheidsstroming uitgaande van twee dichtheidsverschillen (blauwe lijnen), als functie van het spuidebiet. Het dichtheidsverschil nabij de havenmond is bepalend voor de dichtheidsstroming. Deze kan in de tijd kan variëren door met name het getij en de seizoensvariatie in het debiet van de Eems rivier. Het spuidebiet speelt ook een (kleinere) rol. Daarom worden twee karakteristieke waarden getoond. Uit deze figuur blijkt dat de uitwisseling door getij ongeveer 5×10^6 m³/getij bedraagt. Dit neemt af met toenemend spuidebiet. Het getij wordt als het ware weggedrukt door het spuien. De uitwisseling door dichtheidsverschillen neemt toe met toenemend spuidebiet. Het samenspel van de lage dichtheid van het zoete spuiwater en de hogere dichtheid van het zoute zeewater zorgt voor een dichtheidsstroming die toeneemt met het spuidebiet. Deze toename is ongeveer even groot als de afname van het uitwisselingsvolume door getij met toenemend spuidebiet. De uitwisseling door dichtheidsstroming wordt ook groter wanneer het dichtheidsverschil op zichzelf groter is. De uitwisseling door wervelingen in het haventoeegang is verwaarloosbaar klein volgende de SEDBASIN-berekeningen.

Het middelste paneel van figuur 31 toont het resulterende totale uitwisselingsvolume bij toenemend spuidebiet berekend met SEDBASIN. Door de afname van het uitwisselingsvolume door getij en de vrijwel even grote toename van dat door dichtheidsstroming, blijft het totale uitwisselingsvolume min of meer constant met toenemend spuidebiet. In werkelijkheid zal het dichtheidsverschil ook enigszins toenemen met toenemend spuidebiet, hoewel het getij en het debiet van de Eems rivier de belangrijkste oorzaak van variatie in het dichtheidsverschil zijn. Dit wordt niet berekend in SEDBASIN. Daarom worden lijnen getoond voor een dichtheidsverschil van 5 kg/m³ en 10 kg/m³.

Het onderste paneel figuur 31 toont de berekende sedimentatie bij toenemend spuidebiet voor twee dichtheidsverschillen en voor twee concentraties buiten de haven. Uitgaande van een constant dichtheidsverschil en een constante concentratie buiten de haven blijft de sedimentatie ook ongeveer constant met toenemend spuidebiet. Hierin is echter de aanpassing van het dichtheidsverschil niet meegenomen. In werkelijkheid zal het dichtheidsverschil enigszins toenemen en daardoor ook de sedimentatie toenemen met toenemend spuidebiet.

Meer inzicht in de effecten van het spui op het stromingspatroon en de dichtheidsverschillen wordt in de volgende paragrafen gegeven.



093041_003142_sedbasin

Figuur 31. Uitwisselingsvolume door getij, wervelingen en dichtheidsstroming (boven), totaal uitwisselingsvolume (midden) en sedimentatie in de haven per jaar (onder), berekend met het semi-empirisch SEDBASIN model.

8.1 Resultaten proces-gebaseerd model

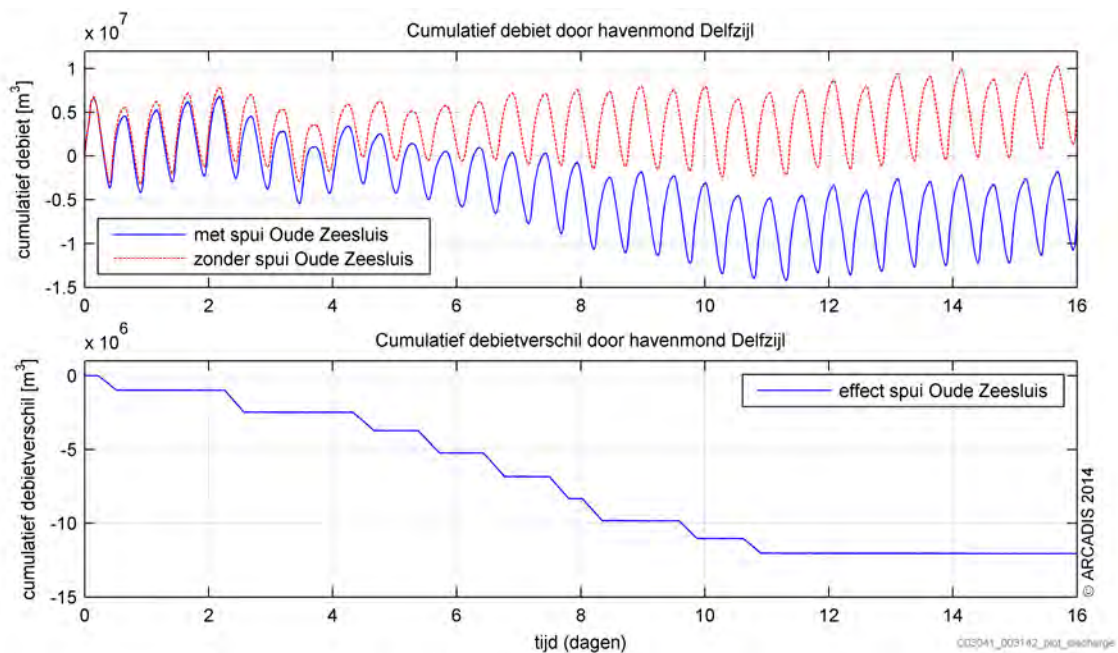
8.1.1 Invloed op debiet door havenmond en Monding van de Dollard

Figuur 32 toont in het bovenste paneel het cumulatief debiet door de havenmond met en zonder spuien door de Oude Zeesluis, voor een gegeven spuipatroon door de tijd. In beide tijdseries is de tweemaal daagse getijbeweging duidelijk te herkennen. De lijn met spui door de Oude Zeesluis komt in de tijd steeds verder onder die zonder spui te liggen omdat er met spui netto meer water naar buiten gaat (negatief is naar buiten).

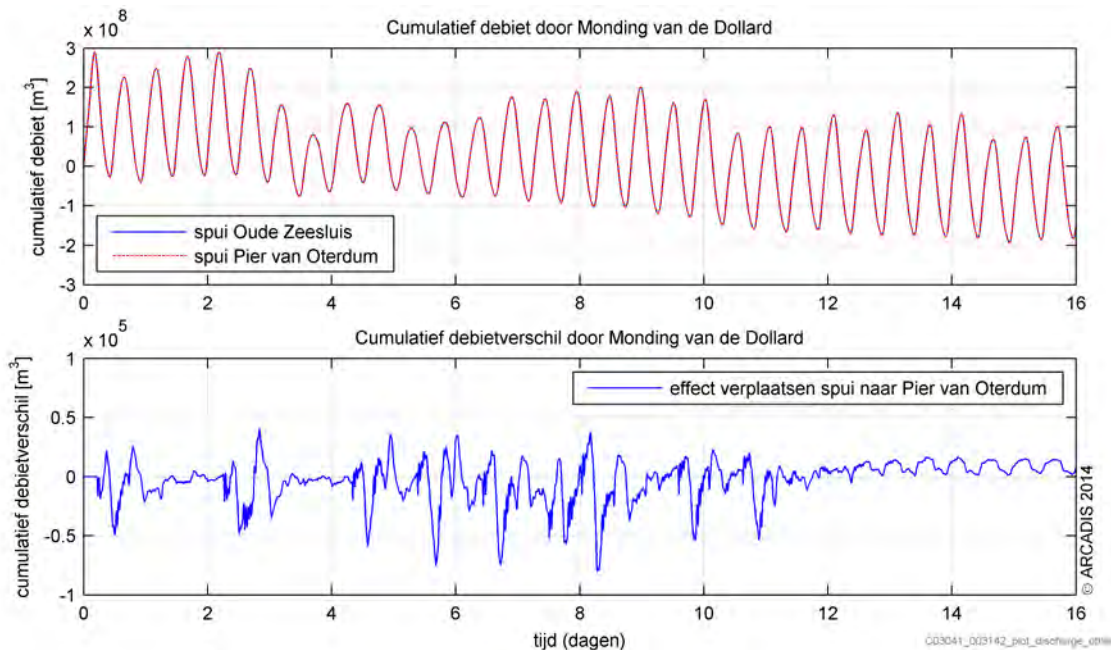
Het onderste paneel van figuur 32 toont het effect van het spuien door de Oude Zeesluis op het cumulatief debiet door de havenmond. Hierin is te zien dat er van dag 0 t/m 10 telkens 0,75 tot 1,6 miljoen m³ wordt gespuid. Het spuien gebeurt niet met een regelmatig patroon. Soms wordt er een dag niet gespuid, soms één keer per dag en op andere dagen twee keer per dag. Van dag 11 tot 16 wordt er niet gespuid.

Figuur 33 toont dezelfde parameters als de vorige figuur maar dan voor de Monding van de Dollard. Ook hier is in het bovenste paneel weer duidelijk de tweemaal daagse getijbeweging te zien. De invloed van het verplaatsen van het spui van de Oude

Zeesluis naar de Pier van Oterdum is door de zeer kleine verschillen op de debieten door de Monding van de Dollard in het bovenste paneel niet te zien. Er gaat orde 200 miljoen m^3 per getij heen en weer door de Monding van de Dollard terwijl er orde 1 miljoen m^3 wordt gespuid door de Oude Zeesluis of bij de Pier van Oterdum. Een verplaatsing van die betrekkelijk geringe hoeveelheid zal daarom een zeer klein effect hebben op de grote debieten door de Monding van de Dollard. Het onderste paneel toont het effect van het verplaatsen van het spui op zichzelf (let op verschil in schaal van de assen). Duidelijk is dat het effect van het verplaatsen van het spui op de debieten in de Monding van de Dollard inderdaad verwaarloosbaar klein is. Dit zal niet leidt tot veranderingen in het grootschalige stromingspatroon.



Figuur 32. Cumulatief debiet door de havenmond met en zonder spuien door de Oude Zeesluis (boven) en het effect van het spuien door de Oude Zeesluis op het cumulatief debiet door de havenmond (onder).



Figuur 33. Cumulatief debiet door de Monding van de Dollard met spuien door de Oude Zeesluis en met spuien bij de Pier van Oterdum (boven) en het effect verplaatsen van spui van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum op het cumulatief debiet door de Monding van de Dollard (onder).

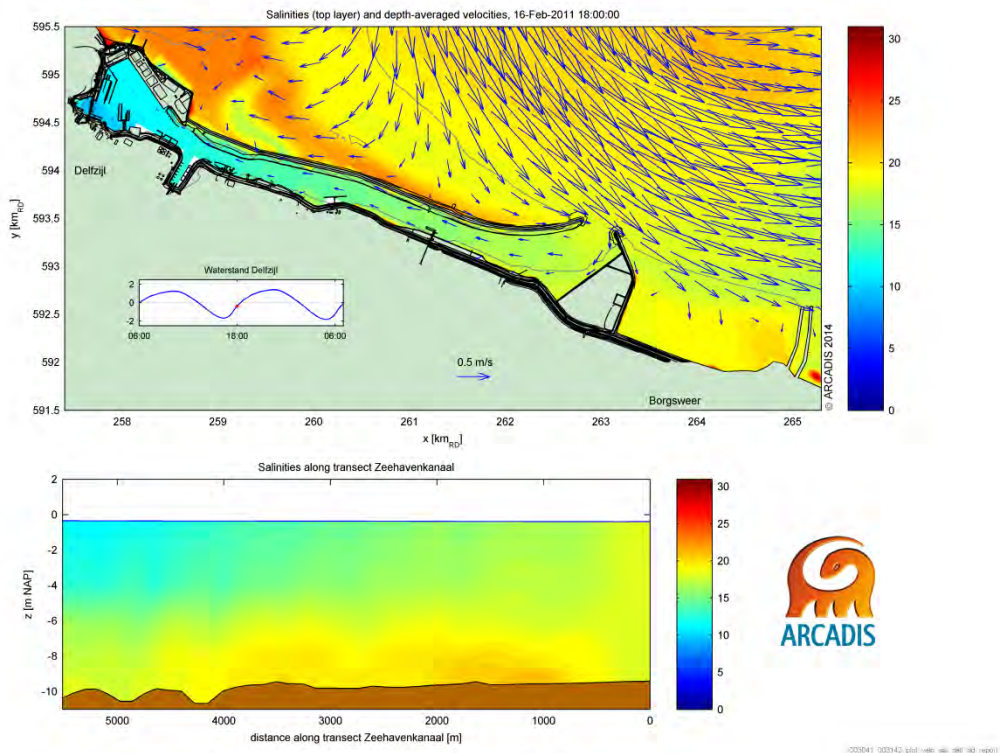
8.1.2 Invloed op stromingspatroon en saliniteit

Huidige situatie met spui Oude Zeesluis

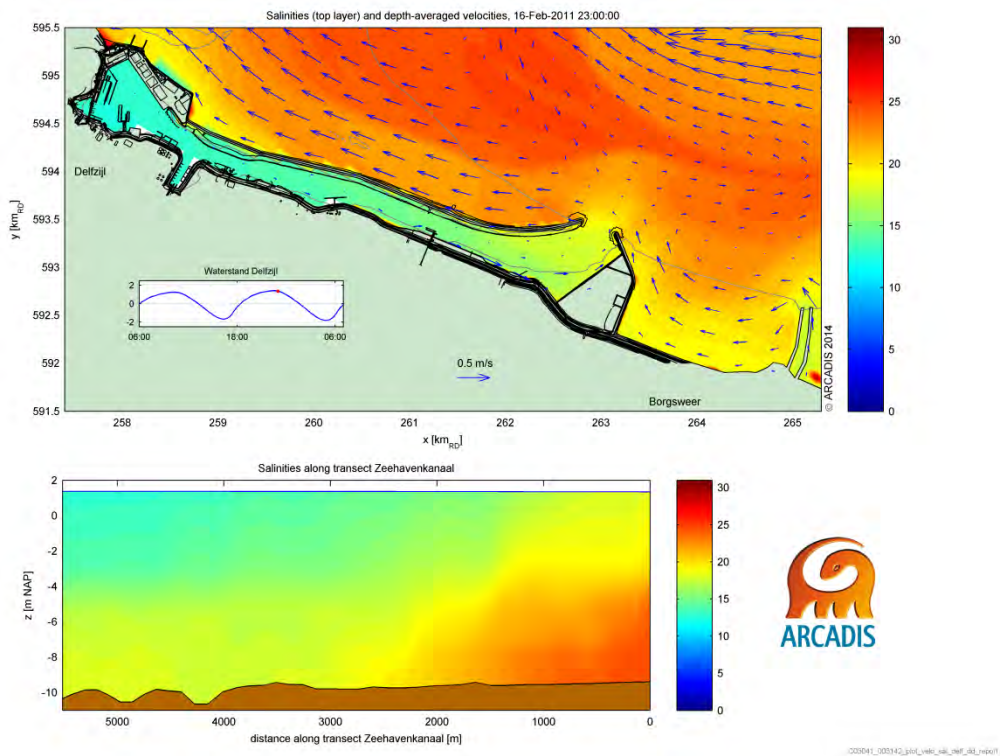
Figuur 34 toont een voorbeeld van de berekende saliniteit en snelheid tijdens vloed (dag 7 van simulatie) in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder) voor de huidige situatie met het spui in de Oude Zeesluis (zie figuur 32 voor cumulatief spuidebiet). De figuur toont de situatie onmiddellijk na het spuien van 1,6 miljoen m³ door de Oude Zeesluis. Het water in de haven is hierdoor in het bovenste deel van de waterkolom met 10-15 psu betrekkelijk zoet en de saliniteit neemt naar buiten toe geleidelijk toe tot 15-20 psu. In het onderste paneel van figuur 34 is een verticale gelaagdheid te zien met betrekkelijk zoet water aan de bovenkant en zouter water dichtbij de bodem. Deze gelaagdheid is het sterkst binnen in de haven en neemt af richting de havenmond.

Figuur 35 toont dezelfde parameters als figuur 34 maar dan tijdens hoog water (aan het einde van dag 7 van de simulatie). Het water in het zeehavenkanaal is dichtbij het wateroppervlak nog betrekkelijk zoet terwijl er in de vloedperiode met name dichtbij de bodem zout water naar binnen is gestroomd. Deze zouttong is in het onderste paneel duidelijk zichtbaar.

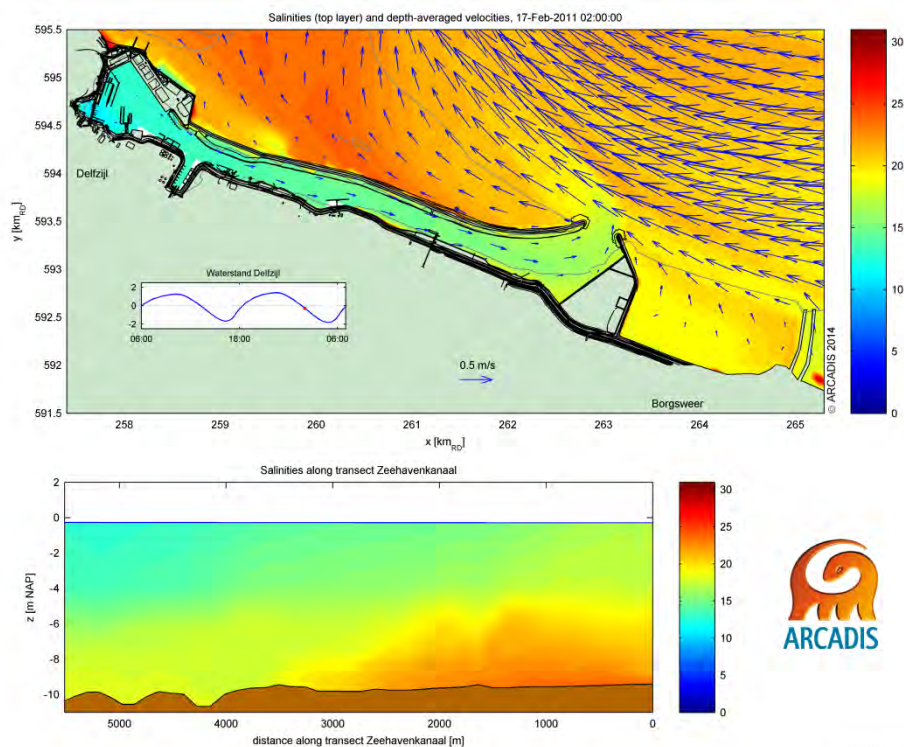
Figuur 36 toont dezelfde parameters als figuur 34 en figuur 35 maar dan tijdens eb aan het begin van dag 8 van de simulatie. Vlak voor deze momentopname is het spui bij de Oude Zeesluis weer geopend. Het zout heeft zich verder verdeeld langs het zeehavenkanaal en het betrekkelijk zoete water stroomt aan de bovenzijde naar buiten.



Figuur 34. Voorbeeld van berekende saliniteit en snelheid tijdens vloed in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder).



Figuur 35. Voorbeeld van berekende saliniteit en snelheid tijdens hoogwater in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder).



Figuur 36. Voorbeeld van berekende saliniteit en snelheid tijdens eb in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder).

Spui verplaatst van Oude Zeesluis naar Pier van Oterdum

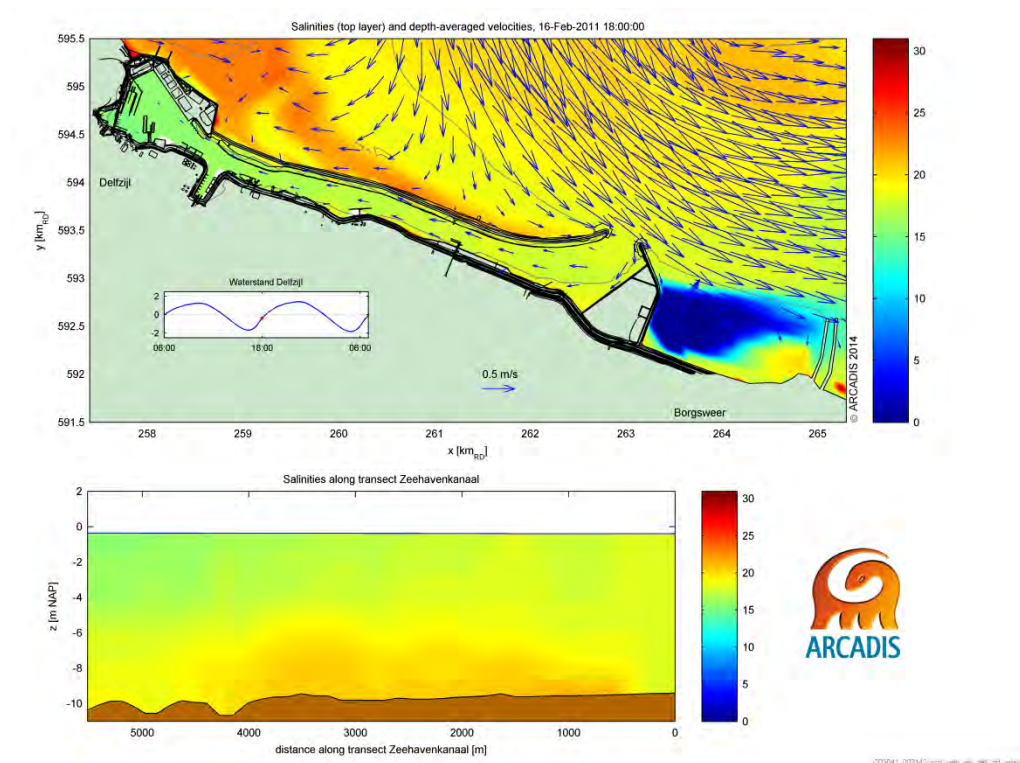
Figuur 37 toont een voorbeeld van de berekende saliniteit en snelheid tijdens vloed (dag 7 van simulatie) in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder) voor de situatie waarbij het spui van de Oude Zeesluis is verplaatst naar de Pier van Oterdum. Het spuiregime is wel gelijk gehouden (zie figuur 32 voor cumulatief spuidebiet). De figuur toont de situatie onmiddellijk na het spuien van 1,6 miljoen m³ bij de Pier van Oterdum.

Door verplaatsing van het spui is het water in de haven duidelijk minder zoet dan wanneer er door de Oude Zeesluis wordt gespuid (vergelijk figuur 37 met figuur 34). Ook de verticale gelaagdheid in de haven is minder sterk, hoewel nog steeds aanwezig door onder andere het spuien van zoet water door gemaal Duurswold en de Drie Delfzijlen. Het effect van het spuien van zoet water bij de Pier van Oterdum is duidelijk zichtbaar langs de kust ter hoogte van Borgsweer. Door de geringe diepte en de betrekkelijk kleine uitwisseling met de geul Gaatje Bocht blijft het zoete water in eerste instantie even hangen tussen de Pier van Oterdum en Termunterzijl.

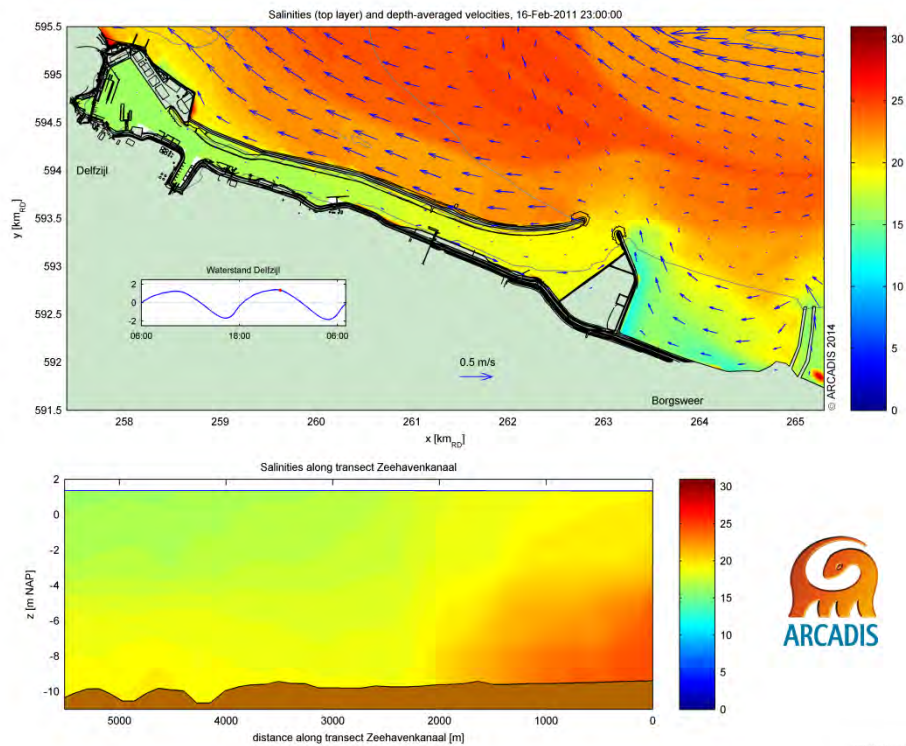
Figuur 38 toont dezelfde parameters als de vorige figuur maar dan tijdens hoog water (aan het einde van dag 7 van de simulatie). Ook hier is te zien dat de haven minder zoet is door verplaatsing van het spui. Het zoete spuiwater heeft zich ter hoogte van Borgsweer inmiddels voor het grootste deel gemengd met het zoute zeewater.

Figuur 39 toont dezelfde parameters als de vorige figuren maar dan tijdens eb aan het begin van dag 8 van de simulatie. Vlak voor deze momentopname is het spui bij de Pier

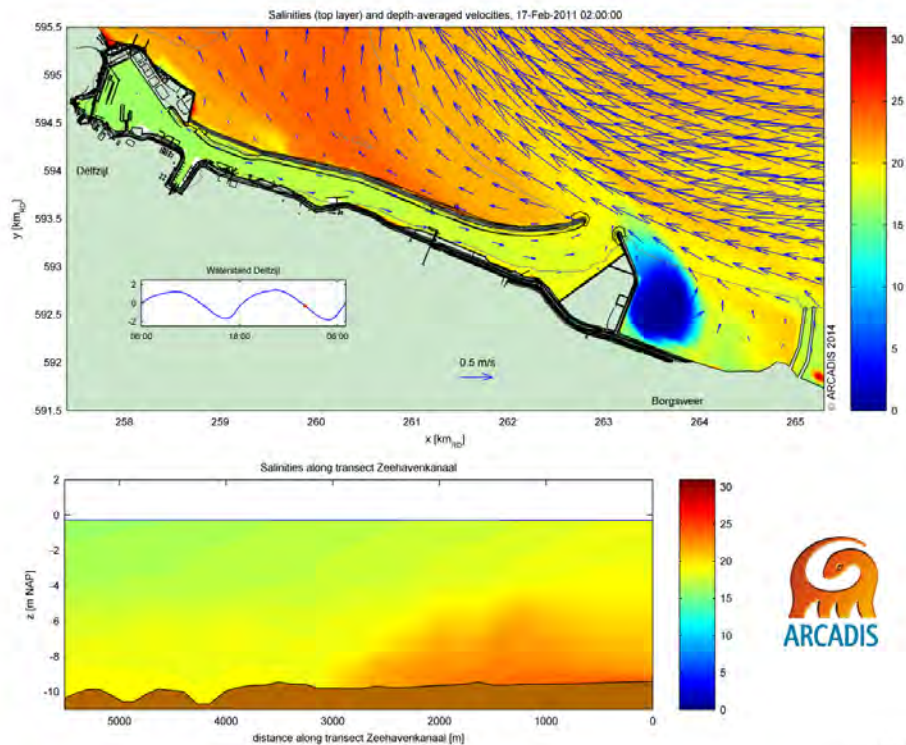
van Oterdum weer geopend en er ontwikkelt zich een zoetwaterpluim die met de eb naar buiten stroomt.



Figuur 37. Voorbeeld van berekende saliniteit en snelheid tijdens vloed in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder) voor de situatie waarbij het spui is verplaatst van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum.



Figuur 38. Voorbeeld van berekende saliniteit en snelheid tijdens hoogwater in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder) voor de situatie waarbij het spui is verplaatst van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum



Figuur 39. Voorbeeld van berekende saliniteit en snelheid tijdens eb in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder) voor de situatie waarbij het spui is verplaatst van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum

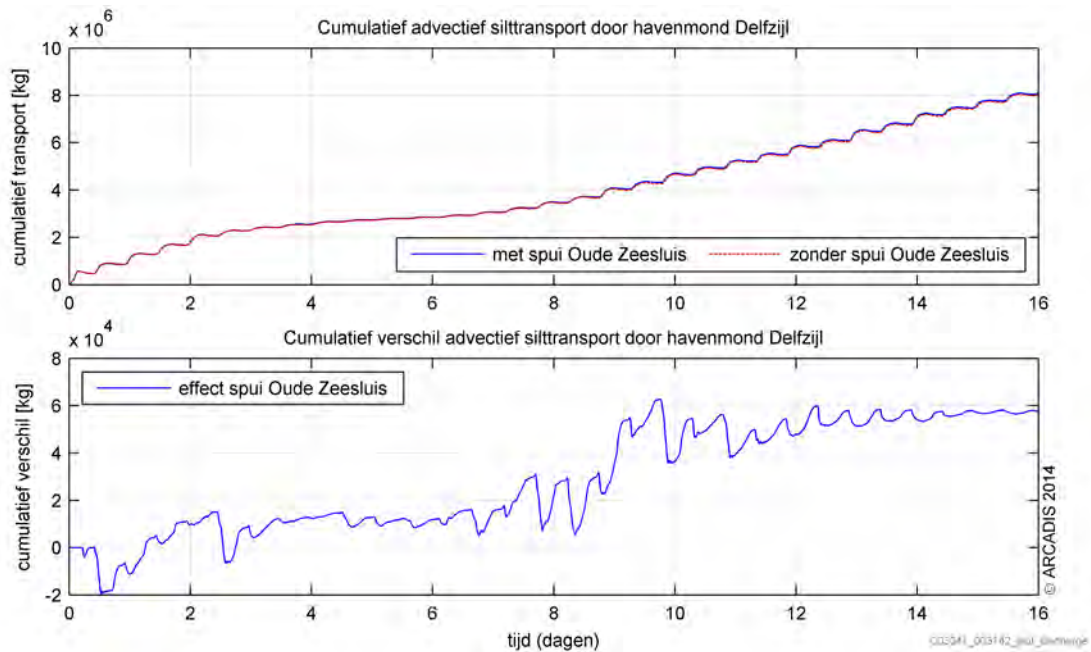
8.1.3 Invloed op slibtransport (onderhoudsbaggerwerk)

Figuur 40 toont het cumulatief slibtransport door de havenmond met en zonder spuien door de Oude Zeesluis (boven) en het effect van het spuien door de Oude Zeesluis op het cumulatief slibtransport door de havenmond (onder). Door het getij wordt het slib stapsgewijs de haven in getransporteerd. Tijdens springtij zijn de stappen groter dan tijdens doodtij. Aan het einde van de simulatie van 16 dagen is er in totaal ongeveer 8 miljoen kg slib de haven in getransporteerd.

De omrekening naar volumes is afhankelijk van de dichtheid van het slib. Wanneer we uitgaan van een dichtheid van 250 kg/m^3 (licht geconsolideerd) dan resulteert dit in een volume van 32.000 m^3 . De hier gesimuleerde periode is niet representatief voor een jaar maar om toch een globale indruk te krijgen van de hoeveelheden kunnen we dit omrekenen naar een jaarvolume door te delen door 16 en daarna te vermenigvuldigen met 365. We komen dan op $730.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$ in situ. Wanneer we een factor van 1,6 hanteren voor de omrekening van in situ naar beun dan komen we op ongeveer 1,2 miljoen m^3/jaar . Dit ligt dichtbij het gemiddelde onderhoudsbaggerwerk bij Delfzijl in de afgelopen tien jaar (zie paragraaf 2.4.2).

Het onderste paneel van figuur 40 laat het effect van het spuien door de Oude Zeesluis op het slibtransport door de havenmond zien. In de hier uitgevoerde simulaties is er door het spuien na 16 dagen zo'n 57.430 kg slib extra de haven in getransporteerd. Uitgaande van de dichtheid van 250 kg/m^3 resulteert dit in een volume van 230 m^3 na 16 dagen. Vertalen we dit naar een heel jaar dan zou dit neerkomen op ongeveer 5.200 m^3 in situ. Wanneer we een factor van 1,6 hanteren voor de omrekening van in situ naar beun dan komen we op ongeveer $8.300 \text{ m}^3/\text{jaar}$ extra onderhoudsbaggerwerk als gevolg van het spuien door de Oude Zeesluis. Dit is minder dan 1% van het totale volume.

Bij deze resultaten moeten we vermelden dat het hier gaat om een simulatie over een beperkte periode van slechts 16 dagen. De invloed kan door het jaar heen variëren door natuurlijke variatie van de saliniteit en slibconcentratie bij de havenmond.



Figuur 40. Cumulatief silttransport door de havenmond met en zonder spuien door de Oude Zeesluis (boven) en het effect van het spuien door de Oude Zeesluis op het cumulatief silttransport door de havenmond (onder)

De hier gepresenteerde simulaties zijn uitgevoerd voor een situatie met betrekkelijk hoge spuidebieten maar, daarmee verband houdend, ook een betrekkelijk hoge afvoer van de Eems-rivier. Hierdoor is de saliniteit bij Delfzijl betrekkelijk laag en het dichtheidsverschil betrekkelijk klein vergeleken met bijvoorbeeld de zomerperiode. In de zomer zijn de spuidebieten echter weer beduidend kleiner. Voor een volledig beeld van het effect van het spuien op de jaarlijkse aanslibbing in de haven is deze seizoensvariatie van belang.

9 INVESTERINGSKOSTEN

Op basis van de uitgangspunten van het integraal ontwerp komen we tot onderstaande globale inschatting van de investeringskosten van ca. 53 miljoen euro (vlgs SSK-raming, zie bijlage 6 voor onderbouwing). Gezien de onzekerheden in het ontwerp, proces en tijdsperiode is een ruime marge aangehouden. Waardoor de inschatting is dat de investeringskosten ca. 53 miljoen – 75 miljoen euro zullen bedragen. Wat opvalt, zijn de hoge kosten voor het spuumiddel (dit mede a.g.v. de zeer ruime dimensionering, zodat het spuumiddel de maximale 180m³/sec kan verwerken als er geen andere spuumogelijkheden zijn (zeesluizen en gemaal Rozema).

Samenvatting SSK				Versie 3.05 (17 maart 2013)
	Kostengroepen	Voorziene kosten	Risicoreservering	Totaal
	Kostencategorieën			
<i>Investeringskosten (indeling naar categorie):</i>				
Bouwkosten Deelraming Spuikanaal		€ 7.283.427	€ 1.092.514	€ 8.375.941
Bouwkosten Deelraming Spuumiddel		€ 15.483.736	€ 2.322.560	€ 17.806.296
Bouwkosten Deelraming Vispassage		€ 2.031.570	€ 304.735	€ 2.336.305
Bouwkosten Deelraming Meertje		€ 495.210	€ 74.281	€ 569.491
Bouwkosten Deelraming Brug		€ 1.088.789	€ 163.318	€ 1.252.107
Bouwkosten		€ 26.382.730	€ 3.957.410	€ 30.340.140
Vastgoedkosten		€ 1.188.000	€ 23.760	€ 1.211.760
Engineeringkosten		€ 6.331.855	€ 126.637	€ 6.458.492
Overige bijkomende kosten		€ 2.740.618	€ 54.812	€ 2.795.431
Subtotaal investeringskosten		€ 36.643.204	€ 4.162.619	€ 40.805.823
Objectoverstijgende risico's			€ 4.080.582	€ 4.080.582
Investeringskosten deterministisch		€ 36.643.204	€ 8.243.201	€ 44.886.405
BTW		€ 7.334.785	€ 1.687.117	€ 9.021.903
Investeringskosten inclusief BTW		€ 43.977.989	€ 9.930.319	€ 53.908.308

Tabel 5. Investeringskosten nieuwe spuilocatie en zoet- zout overgang nabij Pier van Oterdum.

10 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De belangrijkste conclusies worden getrokken aan de hand van de onderzoeksvragen:

1. Is het mogelijk de omleggingen voor het spuien en malen van zoet water, benodigd om de oude sluis van het Eemskanaal weer te herstellen, te combineren met een zout-zoet overgang?
 2. Wat is het ruimtebeslag van deze omlegging en ontwikkel een ontwerp met een kostenopgaaf?
 3. Wordt het baggerbezwaar in het Zeehavenkanaal verminderd wanneer er minder zoetwater op het zeehavenkanaal wordt gespuid?
- Er is een realistisch en haalbaar (schets)ontwerp ontwikkeld voor een nieuwe spuilocatie nabij de Pier van Oterdum te realiseren die goed te combineren is met een zoet – zout overgang waarbij vismigratie (voor de driedoornige stekelbaars, spiering, glasaal, rivierprik en botlarven) mogelijk is.
 - Het schetsontwerp maakt onderscheid in een spuikanaal, een spuumiddel, vismigratievoorziening, een zoet-zout overgang en een kwelder.
 - De beschikbare ruimte is beperkt door (de hoogte van) het industrieterrein in het westen, de gasleiding en, de reserveringszone voor toekomstige buisleidingen in het oosten, de aantakking in het zuiden en de weg en de primaire kering in het noorden.
 - Het minimale ruimtebeslag dat benodigd is voor de nieuwe spuilocatie (spuikanaal en (visvriendelijk) spuumiddel) bedraagt 12 ha. Wanneer een separate vispassage, met zoet-zout overgang wordt geplaatst is het ruimtebeslag ca. 15 ha. Toevoeging van de Grote polder (tot waar de Valgenweg naar Borgsweer draait) bedraagt het totale ruimtebeslag ca. 32 ha. De kwelder (buitendijks) is ca. 30 ha.
 - De vispassage en de zoet-zout overgang en het spuumiddel zijn zodanig te ontwerpen dat er geen zoutindringing in het Oosterhornkanaal (Eemskanaal – Dollard boezemsysteem) optreedt.
 - Afhankelijk van de toelaatbare zoutindringing kan de vispassage ook via visvriendelijk spuien plaatsvinden. Dit kan (in de toekomst) mogelijk gecombineerd worden met een grotere brakwater natuurgebied.
 - De zoet – zoutovergang is zodanig te ontwerpen dat deze positief bijdraagt aan broedmogelijkheden en binnendijkse hoogwatervluchtplaats voor vogels. Hier is wel de vraag in hoeverre dit samengaat met de vispassage;
 - Mogelijke negatieve invloed is beperkt tot een beperkt verlies van habitatype slik- en zandplaten (H1140) en mogelijk H1130 estuariën.
 - De kustveiligheid is hierbij gewaarborgd voor toekomstige zeespiegelstijging (tot 2050 – 2100);
 - Het gewenste spuiregime en spuihoeveelheid is tot ca. 2100 (0,5m zeespiegelstijging) te handhaven al vraagt dat een ruim(er) gedimensioneerde spuivoorziening (op maximale capaciteit ontworpen);
 - Er is ruimte voor verdere recreatieve ontwikkeling van het gebied langs het nieuw te ontwikkelen spuikanaal en meertje van de zoet – zout overgang. Dit sluit goed aan bij de wensen van de bewoners van Borgsweer, zoals die zijn verwoord in het plan voor de Wal van Borgsweer;

- De vaarrecreatie (“rondje Groningen”) via de schutsluis in het Oosterhornkanaal blijft mogelijk en kan verder versterkt worden doordat de oude schutsluis in Delfzijl kan worden hersteld.
- De investeringskosten voor een voorgestelde nieuwe spuilocatie worden begroot op ca. 53 – 75 miljoen euro (waarbij rekening moet worden gehouden met een zeer ruime onzekerheidsmarge);
- Verplaatsing van het spui van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum heeft een lokale invloed op de waterbeweging, de saliniteit en het slibtransport in en rond de haven van Delfzijl. Het effect op de grootschalige debietverdeling in het Eems-Dollard estuarium is verwaarloosbaar klein.
- Door verplaatsing van het spui wordt het water in de haven duidelijk minder zoet dan wanneer er door de Oude Zeesluis wordt gespuid. De verticale gelaagdheid in de haven is minder sterk na verplaatsing van het spui, hoewel nog steeds aanwezig doordat onder andere het spuien van zoet water door gemaal Duurswold en de Drie Delfzijlen blijft bestaan.
- Tijdens het spuien van zoet water bij de Pier van Oterdum ontwikkelt zich een zoetwaterpluim langs de kust ter hoogte van Borgsweer. Door de geringe diepte en de betrekkelijk kleine uitwisseling met de geul Gaatje Bocht blijft het zoete water tijdens vloed even hangen tussen de Pier van Oterdum en Termunterzijl. Tijdens hoogwater vermengt het zoete spuiwater ter hoogte van Borgsweer zich voor het grootste deel met het zoute zeewater.
- Het blijven hangen van het zoete water tijdens vloed, betekent dat de kwelder zich als brakke kwelder zal gaan ontwikkelen.
- De indicatieve berekeningen die zijn uitgevoerd in de modelstudie laten zien dat verplaatsing van het spui van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum tot een betrekkelijk geringe afname leidt (ca. 1%, maximaal 10%) van het onderhoudsbaggerwerk in de haven van Delfzijl.
- Verplaatsing van het spui naar de Pier van Oterdum zal door de hogere stroomsnelheden niet leiden tot extra aanslibbing op de nieuwe spuilocatie.

Aanbevelingen

Tijdens de uitwerking van deze ontwerpen is veel aandacht besteed aan de vispassage. Hierover bestaan verschillende ambities binnen de projectgroep Marconi. De discussie spitste zich vooral toe op het meer of minder toelaten van zout water in het oppervlaktewater en de effectiviteit van de vismigratie. Zeker gezien de lange termijn (20 jaar) waarop deze spuivoorziening met vismigratie wordt voorzien, zullen toekomstige ontwikkelingen (landbouw, vismigratie, klimaatverandering, zeespiegelstijging) en voortschrijdend inzicht een belangrijke rol spelen. Het verdient daarom aanbeveling in de vervolg ontwerpessies hier aandacht aan te besteden. In het vervolg zal meer in detail gekeken moeten worden naar de inrichting en verwachte ecologische kwaliteit van de brakwater natuur en de kwelder.

De studie naar de afname van het baggerbezwaar is in deze verkenning uitgevoerd voor een beperkte periode, waarin de zoetwater spui het grootst is (16 – 50 dagen). Om meer detail informatie hierover te krijgen zou deze studie uitgebreider moeten worden uitgevoerd gedurende een jaarrond periode. Hierdoor worden alle van belang zijnde parameters beter betrokken in de inschatting van het effect op het baggerbezwaar.

11 REFERENTIES

Baumgartner, L. J. 2006. Population estimation methods to quantify temporal variation in fish accumulations downstream of a weir. *Fisheries Management and Ecology* 13:355-364.

Bückmann E., Witmond B., Roozenbeek J. 2009. MIRT-verkenning sluizen Delfzijl. Royal Haskoning 9S1717.A0.

Dankers, P., Verhoogt, H., Van Nieuwerburgh, L., Akkerman, G.J., Peerbolte, B., Schaafsma, M., Voerman, A., Kanger, W., Grasmeijer, B., De Groot, A.V., Baptist, M.J., Smit, C., 2013. Ecodynamische Variantenanalyse Kustontwikkeling Delfzijl; Onderzoek naar mogelijkheden van strand- en kwelderaanleg, Nijmegen.

Dekker, W. and J. vanWilligen. 1997. Hoeveel glasaal trekt het IJsselmeer in? - verslag van een merkproef met glasaal te Den Oever in 1997 - RIVO rapport nr C062/97.

Dekker, W. and J. VanWilligen. 2000. De glasaal heeft het tij niet meer mee! - RIVO rapport nr C055/00.

Griffioen, A. B., O. A. Keeken, D. Burggraaf, and H. V. Winter. 2012. Nulmeting visbeheer Houtribdijk spui: DIDSON metingen - IMARES rapport nr C161/12.

Jager, Z. and J. Kranenborg. 2008. Maatlat vissen in estuaria KRW watertype O2. Ravon & RWS waterdienst.

Keefer, M. L., C. C. Caudill, C. A. Peery, and M. L. Moser. 2013. Context-dependent diel behavior of upstream-migrating anadromous fishes. *Environmental Biology of Fishes* 96:691-700.

Kleef, H. L. and Z. Jager. 2002. Het diadrome visbestand in het Eems-Dollard estuarium in de periode 1999 tot 2001. Rapport nr 2002.060.

Kolvoort, A. J. and G. D. Butijn. 1990. Verkenning van mogelijkheden voor bevordering van de visintrek via de afsluitdijksluizen. Rijkswaterstaat, Lelystad.

Kranenborg, J. 2004. KRW vis in overgangswateren. WL | delft hydraulics.

Russon, I. J. and P. S. Kemp. 2011. Experimental quantification of the swimming performance and behaviour of spawning run river lamprey *Lampetra fluviatilis* and European eel *Anguilla anguilla*. *Journal of Fish Biology* 78:1965-1975.

Winter, H. V. 2009. Voorkomen en gedrag van trekvis nabij kunstwerken en consequenties voor de vangkans met vistuigen - IMARES rapport nr C076/09.

Winter, H. V. and A. B. Griffioen. 2007. Verspreiding van rivierprik-larven in het Drentsche Aa stroomgebied. Wageningen IMARES rapport nr: C017/07.

Winter, H.V., A.B. Griffioen, K.E. Wolfshaar. 2013. Inventarisatie van de belangrijkste knelpunten voor de uittrek van schieraal in Nederland. IMARES rapport nr C107/13
Winter, H. V., A. B. Griffioen, O. A. Keeken, and P. P. Schollema. 2013. Telemetry study on migration of river lamprey and silver eel in the Hunze and Aa catchment basin - IMARES rapport nr C012/13.

Winter, H. V. and W. L. T. Van Densen. 2001. Assessing the opportunities for upstream migration of non-salmonid fishes in the weir-regulated River Vecht. Fisheries Management and Ecology 8:513-532.

Wintermans, G. J. M. 1997. Advies voor de aanleg van een vispassage bij het gemaal van Termunterzijl. - WEB rapport nr 97-03. Wintermans Ecologenbureau.

Wintermans, G. J. M., K. van Dijk, T. de Boer, and A. Post. 2004. Monitoringsverslag vispassage gemaal Rozema 2001-2004 - WEB rapport 04-03. Wintermans Ecologenbureau.

Witteveen+Bos. 2008. Visstandonderzoek op de Middelgronden. Rapport

Witteveen+Bos in opdracht van RWS-IJsselmeergebied.

Witteveen+Bos. 2009a. Metingen aan visintrek bij de uitvoering van schuttingen met de spuisluisen te Kornwerderzand - RW1696-2.

Witteveen+Bos. 2009b. Metingen vismigratie via de spuicomplexen in de afsluitdijk - RW1696-1.

Zweep, W. 2003. De sluis naar nieuw leven - een onderzoek naar de effectiviteit van aangepast (visvriendelijk) sluisbeheer bij de spuisluis van Duurswold. Stage verslag opleiding Milieu toezicht AOC Terra Groningen.

=O=O=O=

Bijlage 1

Gebiedsbeschrijving

Building with Nature



Beschrijving huidige situatie





Documenttitel Beschrijving huidige situatie

Status Definitief

Datum 7 december 2012

Projectnaam Ecoshape Marconi

Projectnummer 9T3470.J0

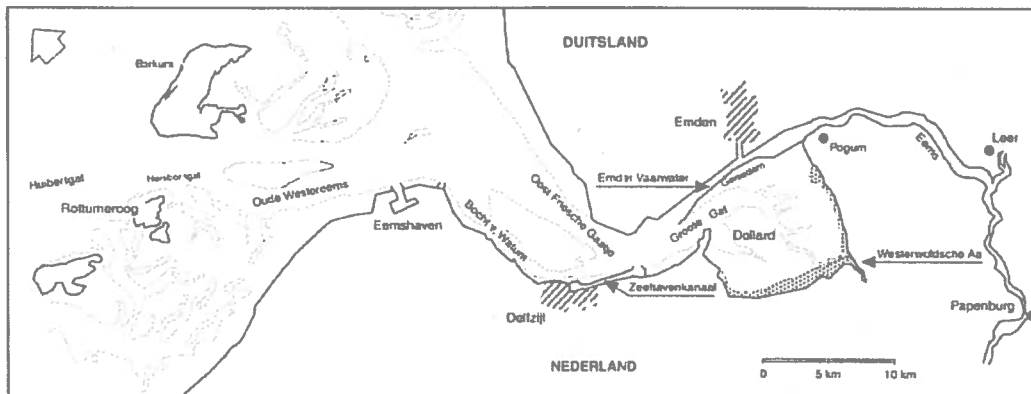
Opdrachtgever Marconi

Auteur(s) Dr. Petra Dankers, drs. Ing. Hans Verhoogt,
Dr. Bart Grasmeijer, Dr. Alma de Groot,
Dr. Martin Baptist, Dr. Cor Smit en
Dr. Lies van Nieuwerburgh

1 BESCHRIJVING HUIDIGE SITUATIE

1.1 De Eems-Dollard – een beknopte gebiedsbeschrijving

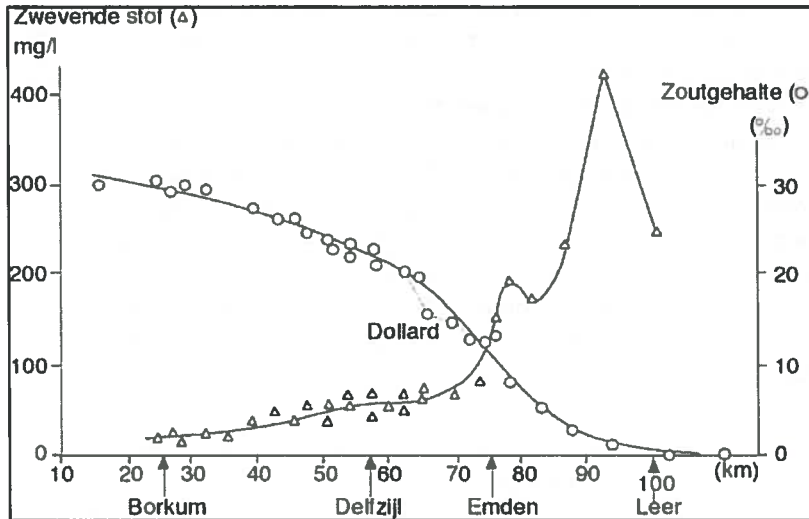
De grootte van het gehele Eems-Dollard estuarium (van Pogum tot het wantij van Rottumeroog, de lijn Rottumeroog-Borkum en het wantij van Borkum) bedraagt 467 km², waarbij de Dollard een oppervlak van ongeveer 100 km² heeft (de Jonge & Brauer 2006). Het gebied wordt, afgezien van de monding van de Ems en het zeegat, geheel door dijken omgeven. Binnen het gebied ligt de Eemshaven (aangelegd 1973) en verschillende dammen en dijken ter geleiding van stroming en bescherming van havens, waarvan de Geisedam (1961-1968) en de bedijking van het Zeehavenkanaal bij Delfzijl (1971-1972) de belangrijkste zijn. De vaargeulen naar de in het gebied aanwezige havens (Eemshaven, Emden, Delfzijl) worden d.m.v. continue baggerwerk op diepte gehouden. Vanaf 1975 wordt jaarlijks 3-5 x 10⁶ m³ specie gebaggerd uit de Eemshaven en de havens van Emden en Delfzijl. De hoeveelheid specie die wordt gebaggerd ten behoeve van vaargeulonderhoud bedraagt 6-12 m³ (en incidenteel meer - Mulder 1998). Dit materiaal is o.a. gestort in de Oude Westereems en het Grootte Gat, op de Doekegatplaat en in het zuidelijk deel van de Bocht van Watum (Mulder 1998, de Leeuw 2006).



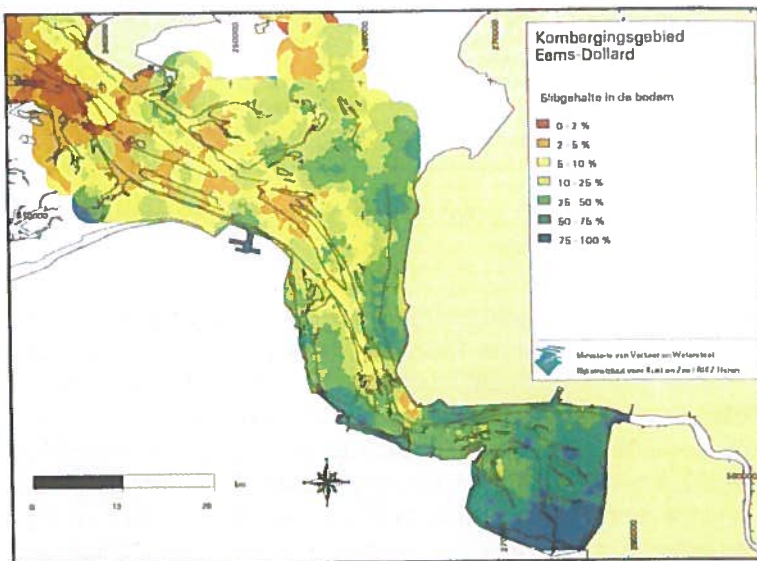
Figuur 1. Kaart van het Eems –Dollard estuarium met enkele van de in de tekst genoemde geografische locaties en gebieden (Bron: Mulder 1998).

Zoals in elk estuarium is er een geleidelijke gradiënt van zoet (bij de riviermond) naar zout water (bij de monding in de Noordzee – zie Fig. 2 en De Jonge 1992 voor details), in dit geval op basis van een 2-geulensysteem (Oost Friesche gaatje en Bocht van Watum – zie Fig. 1). Het geheel resulteert in een gevarieerde morfologie met diepe (Friesche Gaatje), ondiepe (Dollard), zandige (in de monding van het gebied) en slikkige (achterin, in de Dollard) delen (Fig. 3). Het gemiddelde getijverschil in het gebied varieert van 2,4 m bij Borkum tot 3.2 m bij Emden. De stroomsnelheid in het gebied kan oplopen tot 1,5 m/s. De gemiddelde zoetwaterafvoer van de rivier de Ems bij Pogum bedraagt 110 m³/s, maar is sterk variabel gedurende het jaar en tussen jaren. Daarnaast wordt zoetwater afgevoerd via de Westerwoldsche Aa. Deze afvoer bedraagt ongeveer 10% van de afvoer van de Ems. De hoeveelheid water die bij de monding in- en uitstroomt bedraagt ongeveer 1x10⁹ m³ per half tij, ongeveer 400 x zoveel als het rivierdebiet (Mulder 1998, de Jonge & Brauer 2006). In de jaren 1930-1990 is het gemiddelde getijverschil bij Delfzijl met ruim 20 cm gestegen, vooral onder invloed van een stijging van de hoogwaterstanden als gevolg van het verdiepen van de geulen door baggerwerkzaamheden, de zeespiegelstijging maar ook de bodemdaling door aardgaswinning bij Slochteren.. Doorgerekend naar een periode van 100 jaren betekent dit een stijging van 44 cm/eeuw (Mulder 1998). Geschat wordt dat de bodemdaling in 2010 in het midden van het estuarium 22 cm bedroeg (Hoeksema et al. 2004).

Het Eems-Dollard estuarium wordt doorsneden door enkele grote geulen (Oost Friese Gaatje, Grootte Gat), in de Dollard door een stelsel van kleinere geulen. Langs de zuidelijke rand van de Dollard liggen brede stroken kwelders (8% van het areaal van dit deelgebied). Als gevolg van indijkingen is de grootte van de Dollard tussen 1500 en 1950 gedaald van 335 km² naar 100 km² (Mulder 1998, de Jonge & Brauer 2006). Een uitgebreid overzicht van menselijke activiteiten in het Eems-Dollard gebied wordt weergegeven in De Leeuw (2006).

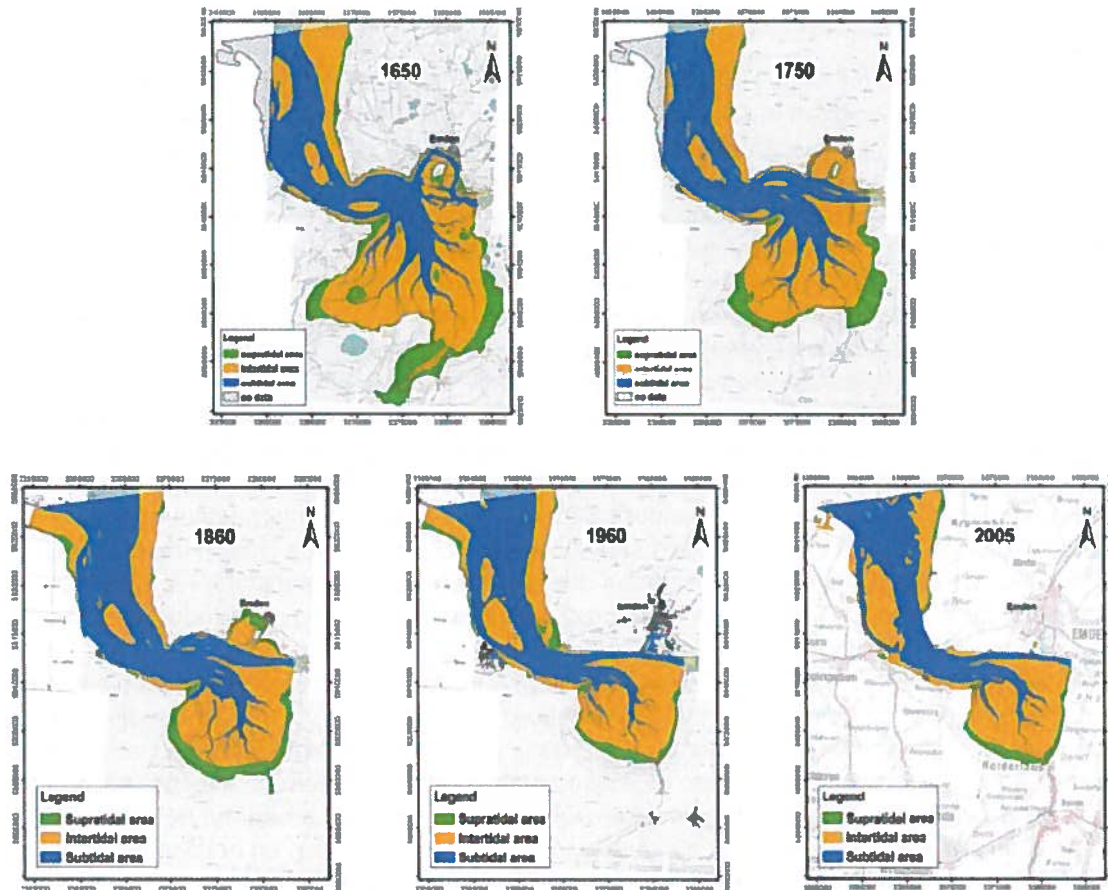


Figuur 2. Gemiddelde gradiënt van het zwevende stofgehalte (Δ) en zoutgehalte (o) in het Eems-Dollard estuarium rond 1990. Bron: De Jonge 1992.



Figuur 3. Slibgehalten (fractie $<63 \mu$) in de toplaag van de bodem in de Eems-Dollard in 1989 en 1991. Bron: Mulder 1998

Het Eems-Dollard estuarium heeft een enorme gedaanteverandering ondergaan (Figuur 4). De achterliggende processen worden beschreven door Herrling et al. 2009 in het kader van het HARBASINS project.



Figuur 4. Reconstructie van de historische evolutie van het Eems-Dollard estuarium (Herring 2009)

1.2 Huidige situatie ecologie

1.2.1 Waterkwaliteit en bodemfauna

Vanaf 1842, bij de opbloei van de aardappelzetmeel- en strokartonindustrie in noordoost Nederland, werden lange tijd grote hoeveelheden organisch afval (via onder andere de Westerwoldsche Aa) ongezuiverd in de Dollard geloosd. Vanaf begin jaren '80 is geleidelijk aan een einde aan deze praktijk gekomen. Deze lozingen hebben een sterk eutrofiërend effect op de Dollard gehad, wat zijn weerslag had op de hoeveelheden bodemfauna die in het gebied aanwezig waren: de directe omgeving van het lozingspunt was vrijwel zuurstofloos en sterk verarmd (aantal soorten, biomassa), daarbuiten werd een hogere biomassa aangetroffen (Essink 1998). Na het beëindigen van de afvalwaterlozingen nam de biomassa in het zuidoostelijk deel van de Dollard toe maar deze toename was beperkt, waarschijnlijk onder invloed van grote zoet-zout schokken, temperatuurschokken en lange droogvaltijden (De Leeuw 2006). In de jaren 1990-1995 nam de dichtheid wormen op de Heringplaat (noordelijk deel van de Dollard) weer toe. Strandgapers en Slijkgapers zijn afgenomen in vergelijking tot de jaren '70, de dichtheden Slijkgarnalen zijn toegenomen (De Leeuw 2006). Op de Hond-Paap is de biomassa sinds 1979 toegenomen, vooral door de aanwezigheid van Strandgapers, Kokkels en droogvallende mosselbanken. Op de plaat is de jaren '90 door Nederlandse vissers niet meer op Kokkels gevist (Erftemeijer & Wijsman 2004, De Leeuw 2006). In de jaren 1995-2003 is hier een vrij aanzienlijke vestiging van Groot Zeegras *Zostera marina* ontstaan (de Jonge & Brauer 2006). Het areaal in 2003 bedroeg 256 ha (van 't Hof 2006).

1.2.2 Vissen en vogels

Het aantal vissoorten dat in de Eems-Dollard voorkomt is in de loop van de 20^e eeuw teruggelopen van 72 soorten in 1900 tot 52 soorten na 1960. Daarnaast is de stand van verschillende soorten sterk achteruit gegaan (Jager 1998). Van de 11 soorten trekvisen zijn er sinds 1900 5 verdwenen en zijn 2 soorten zeldzaam geworden. Het moeilijk bereikbare achterland (door de aanwezigheid van stuwen en de sluis in de Westerwoldsche Aa) en de verhoogde troebelheid van de Eems-Dollard worden als belangrijkste oorzaak van deze afname genoemd (De Leeuw 2006). Ook de dichtheden Spiering, Puitaal en jonge platvis zijn sinds 1970 afgenomen (Klinge et al. 2004 in Van 't Hof 2006). De sanering van deze eutrofiëring heeft in de jaren 1980 een negatief effect gehad op de aanwezigheid van wormen en enkele andere soorten bodemdieren en op verschillende soorten wadvogels die daarvan afhankelijk waren. Vooral Scholekster, Kluut, Zilverplevier, Wulp en Kokmeeuw gingen in aantal achteruit. Gemiddeld ging het om een halvering van de aantallen. Voor de meeste van de genoemde vogelsoorten zien we in de jaren 1990-1995 een stabilisatie van de aantallen (Prop 1998).

In de maanden juli-november 2002 zijn door SOVON 19 laagwatertellingen uitgevoerd op de Hond-Paap en langs de kust van de Eemshaven t/m de scherm pier van Delfzijl (De Boer et al. 2002). De in de verschillende onderscheiden deelgebieden aanwezige dichtheden verschillen per soort. Voor de meeste soorten waren de hoogste dichtheden aanwezig in het noordelijke deel van kustgebied en op het zuidelijke deel van de Hond-Paap.

Tot de lokale broedvogels behoorde een grote kolonie Visdieven en Noordse Sterns die tot voor kort werd aangetroffen op het terrein van Wagenborg, aan het begin van de scherm dijk (samen meer dan 1000 paren in 2005 – Willems et al. 2005). Deze kolonie was relatief succesvol omdat zij omheind was, waardoor predatoren moeilijk toegang hadden. Dit terrein is recent bebouwd waardoor de vogels hebben moeten uitwijken. Op de scherm dijk zelf broedden de laatste jaren steeds minder vogels, waarschijnlijk als gevolg van predatie door ratten en huiskatten en als gevolg van verstoring door recreanten en vissers. Daarnaast broeden kleine aantallen steltlopers op de pier van Oterdum, ten oosten van de oostelijke punt van de scherm pier (Arcadis 2009). Vanaf 2010 is deze kolonie gedeeltelijk verhuisd naar een ponton in de haven van Delfzijl en naar omringende platte daken waar, gevrijwaard van predatie door ratten en katten, relatief succesvol wordt gebroed (197 paren Visdief op het ponton in 2010 – Van Kleunen et al. in druk, 250 paren Kokmeeuwen en 240 paren Visdieven in 2012 – P. de Boer, schrift. med. 31/5/2012).

1.2.3 Zeehonden en andere zeezoogdieren

Het Eems-Dollard estuarium is één van de belangrijkste voortplantingsgebieden van de Gewone Zeehond in de Waddenzee. In 1994 was 12% van het totaal aantal uit de Waddenzee in dit gebied aanwezig. De ligplaatsen bevinden zich op platen bij Borkum, Rottumeroog, op de Hond-Paap en in de Dollard (van der Welle & Meire 1999 in De Leeuw 2006,). In 2008 werden in het Eemsmondgebied 2625 Gewone Zeehonden geteld, waarvan 926 in de Eems. Dit aantal neemt langzaam toe evenals het aantal pups dat in het gebied wordt geboren (Brasseur et al. 2009). De Grijze Zeehond is veel minder algemeen en beperkt zich tot enkele wadplaten bij Borkum (Brasseur in Van 't Hoff 2006). In de jaren t/m 2006 ging het om hooguit 10 exemplaren, daarna nemen de aantallen sterk toe (ruim 100 in 2007 – Brasseur et al. 2009). Het aantal waarnemingen van Bruinvissen is, ook in vergelijking met andere kustgebieden, gering en monitoringsgegevens in het kader van de werkzaamheden in de Eemshaven bevestigen dit (Brasseur pers. Comm. en Brasseur et al. 2011).

1.3 Hydrodynamica

De hydrodynamica is uitgebreid beschreven in Bijlage 1. Hieronder volgt een samenvatting van de belangrijkste aspecten.

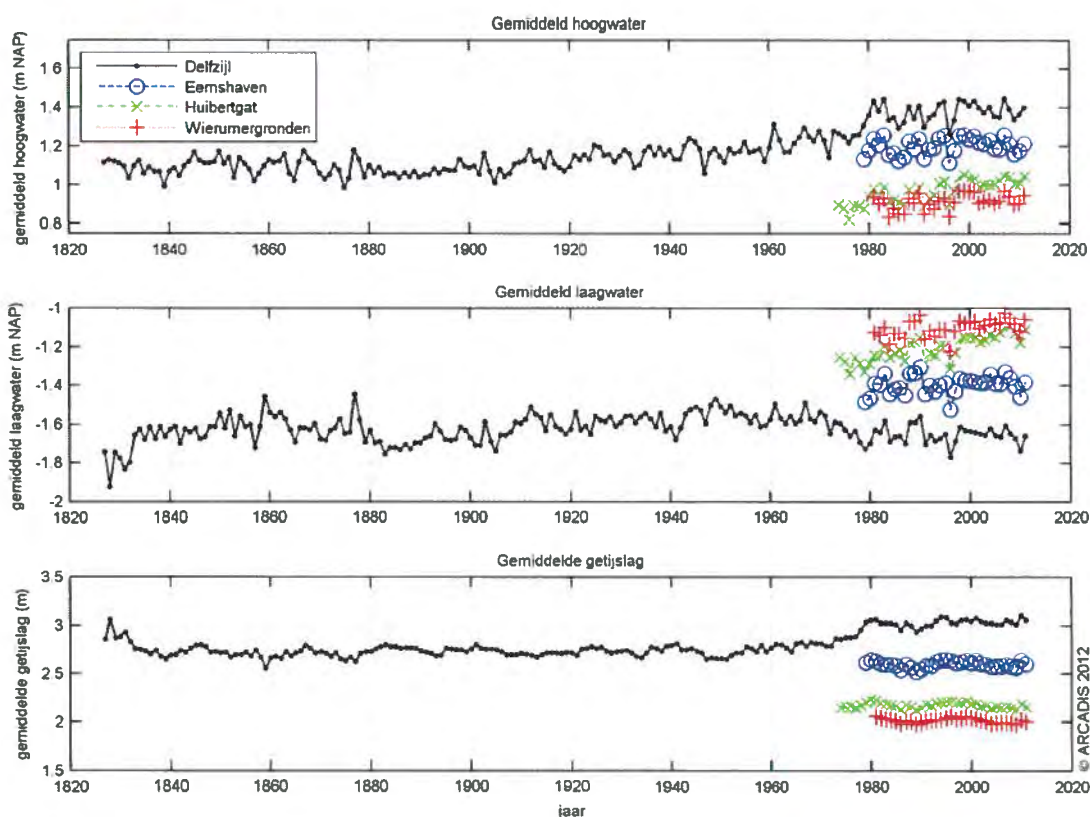
1.3.1 Waterstanden

Tabel 1 toont de hoogwaterstanden, de laagwaterstanden en de verschillen tussen hoog- en laagwater (getijslag) tijdens springtij, gemiddeld tij en doottij condities bij Huibertgat (Noordzee), Eemshaven en Delfzijl. De gemiddelde getijslag in het Eems-Dollard estuarium bedraagt bij Huibertgat (Noordzee) ongeveer 2,15 m, bij Eemshaven ongeveer 2,56 m bij Delfzijl ongeveer 2,99 m (Tabel 1). Deze gemiddelde waarden zijn onderhevig aan systematische langjarige variaties. In een 18,6 jarige cyclus varieert het gemiddeld hoogwater bij Huibertgat bijvoorbeeld 6 cm en het gemiddeld laagwater 8 cm. Dit resulteert in een variatie in getijslag van ongeveer 14 cm gedurende deze 18,6 jarige cyclus.

Station	Springtij			Gemiddeld tij			Doottij		
	HW	LW	HW-LW	HW	LW	HW-LW	HW	LW	HW-LW
Huibertgat	108	-135	243	94	-121	215	77	-98	175
Eemshaven	133	-153	286	118	-138	256	101	-116	217
Delfzijl	151	-180	331	135	-164	299	116	-140	256

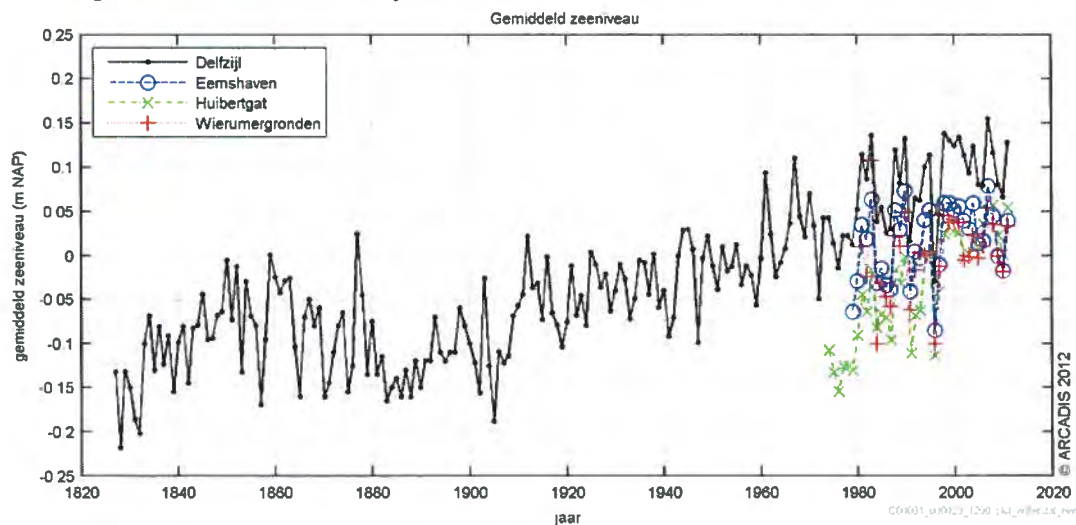
Tabel 1 Hoogwater, laagwater en verschil tussen hoog- en laagwater (cm NAP) tijdens springtij, gemiddeld tij en doottij condities bij Huibertgat, Eemshaven en Delfzijl (Getijtafels voor Nederland 2012: slotgemiddelde 1991.0).

Figuur 5 toont de variatie van het gemiddeld hoogwater, het gemiddeld laagwater en de getijslag in de tijd voor Wierumergronden van 1981 t/m 2011, voor Huibertgat van 1974 t/m 2011, voor Eemshaven van 1979 t/m 2011 en voor Delfzijl van 1827 t/m 2011. Voor Delfzijl geldt dat het gemiddeld hoogwater stijgt met 0,17 cm/jaar het gemiddeld laagwater stijgt met 0,02 cm/jaar en de getijslag toeneemt met 0,15 cm/jaar.



Figuur 5 Variatie in de tijd van gemiddeld hoogwater, gemiddeld laagwater en getijslag voor vier verschillende stations

Figuur 6 toont de variatie in de tijd van het gemiddeld zeeniveau voor stations Wierumergronden, Huibertgat, Eemshaven en Delfzijl..



Figuur 6 Variatie in de tijd van het gemiddeld zeeniveau

Het gemiddeld zeeniveau neemt bij Delfzijl toe met 0,21 cm/jaar. De zeespiegelstijging bij Delfzijl van 0,21 cm/jaar ligt dicht bij de waarde volgens Baart et al. (2012). De schattingen van het KNMI voor zeespiegelstijging voor deze eeuw in Nederland lopen uiteen van 35 tot 85 cm in 100 jaar.

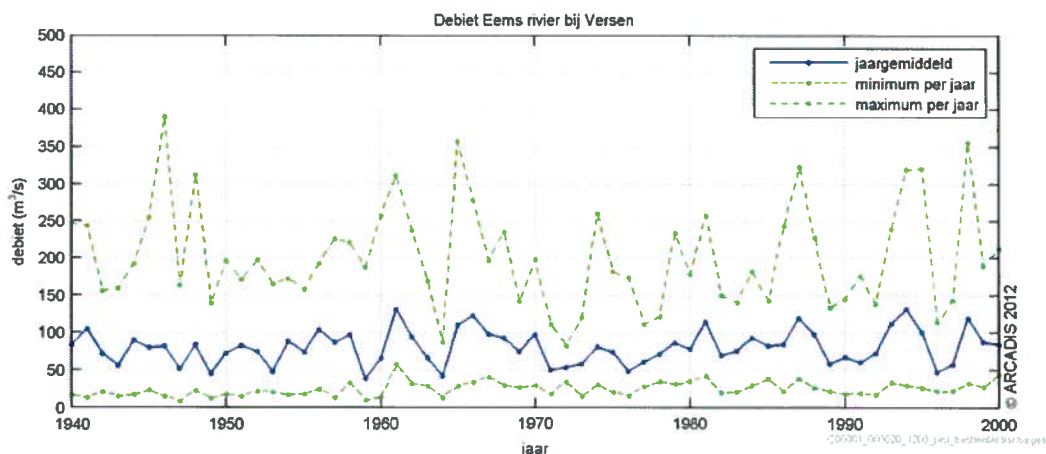
De toename van de getijslag bij Delfzijl heeft 3 oorzaken, namelijk 1) zeespiegelstijging, 2) amplificatie van het getij door de vorm van het Eems-Dollard estuarium, en 3) verandering van de geulen door natuurlijke invloeden en menselijke ingrepen. In de betrekkelijk ondiepe geulen stroomopwaarts in het estuarium richting de Dollard wordt het relatieve effect van zeespiegelstijging versterkt. Daarnaast veroorzaakt het verdiepen van die geulen in dit deel van het estuarium een verandering in de voortplanting van het getij. De grotere waterdiepte resulteert in minder bodemwrijving waardoor het getij gemakkelijker het estuarium binnenloopt. Dit resulteert in een grotere getijslag, met name door een lager laagwater.

1.3.2 Stroomsnelheden

De maximale snelheden in de hoofdgeulen van het Eems-Dollard estuarium liggen typisch in de orde van 1 tot 1,4 m/s gedurende gemiddelde getij condities. In de kleinere getijgeulen ligt de snelheid in de orde van 0,6 tot 1,0 m/s. De grootte van de snelheden is niet alleen afhankelijk van de fase van het getij maar ook van de fase in de springtij-doodtij-cyclus van 14 dagen.

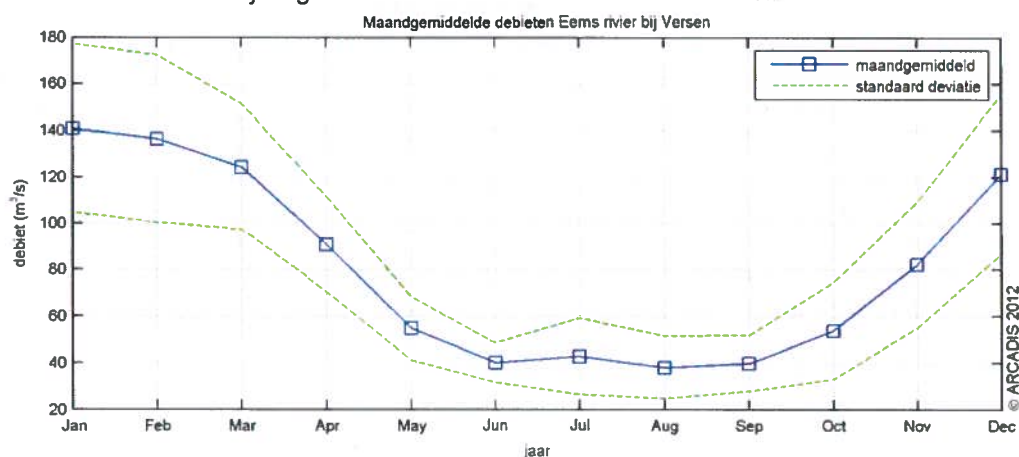
1.3.3 Zoetwaterdebieten

De Eems en de Westerwoldse Aa zijn de belangrijkste bronnen van zoetwatertoevoer in het Eems-Dollard estuarium. Daarnaast heeft het zoetwaterdebiet uit het Eemskanaal bij Delfzijl een lokale invloed op de zoutconcentratie.



Figuur 7 Variatie in de tijd van de jaargemiddelde debieten in de Eems rivier bij station Versen

Figuur 7 toont de variatie in de tijd van de jaargemiddelde debieten in de Eems rivier bij station Versen tussen 1940 en 2000. Het jaargemiddelde varieert tussen de 38 en 131 m³/s met een gemiddelde van 80 m³/s. Het maximum per jaar varieert tussen de 83 en 389 m³/s en het minimum tussen de 9 en 58 m³/s. Er bestaat geen statistisch significant toenemende of afnemende trend in de jaargemiddelde debieten van de Eems rivier.



Figuur 8 Lange termijn maandgemiddelde debieten in de Eems rivier bij station Versen

Figuur 8 toont de maandgemiddelde debieten in de Eems rivier bij station Versen. Deze variëren van 141 m³/s in januari tot 38 m³/s in augustus.

De jaargemiddelde afvoer van de Westerwoldse Aa bedraagt ongeveer 10 m³/s en dan van het Eemskanaal ongeveer 8 m³/s.

De Oude Zeesluis

Via de Oude Zeesluis in Delfzijl wordt het water uit de Eems-Dollardboezem ten westen van Zuidbroek op de Eems gespuid. Via o.a. de Drentsche Aa, de Hunze, het Zuidlaardermeer, het Winschoterdiep en het Eemskanaal stroomt het water naar Delfzijl. Indien het tij gunstig is kan dit water, door het openen van de sluis, gespuid worden de Eems in. Bij voldoende verval wordt een gemiddelde van 80 m³/s bereikt. Het streefpeil is NAP + 0,57 m.

Boezemgemaal De Drie Delfzijen

Via het boezemgemaal De Drie Delfzijen wordt overtollig water vanuit de achterliggende Fivelingo-boezem de Zeehaven in gespuid. Het boezemgebied Fivelingo is 16.200 ha groot. Voor

het aanvoerkanaal, het Damsterdiep, geldt een streefpeil van NAP –1,33 m. In het vaarseizoen wordt voor de recreatievaart de waterstand met ongeveer 10 cm verhoogd.

Overtollig boezemwater wordt zo veel mogelijk onder vrij verval geloosd via de spuikokers. Dit kan alleen als de waterstand op de Eems voldoende laag is. Als de waterstand op de Eems te hoog is dan worden één of meer van de drie schroefpompen van gemaal De Drie Delfzijen aan gezet.

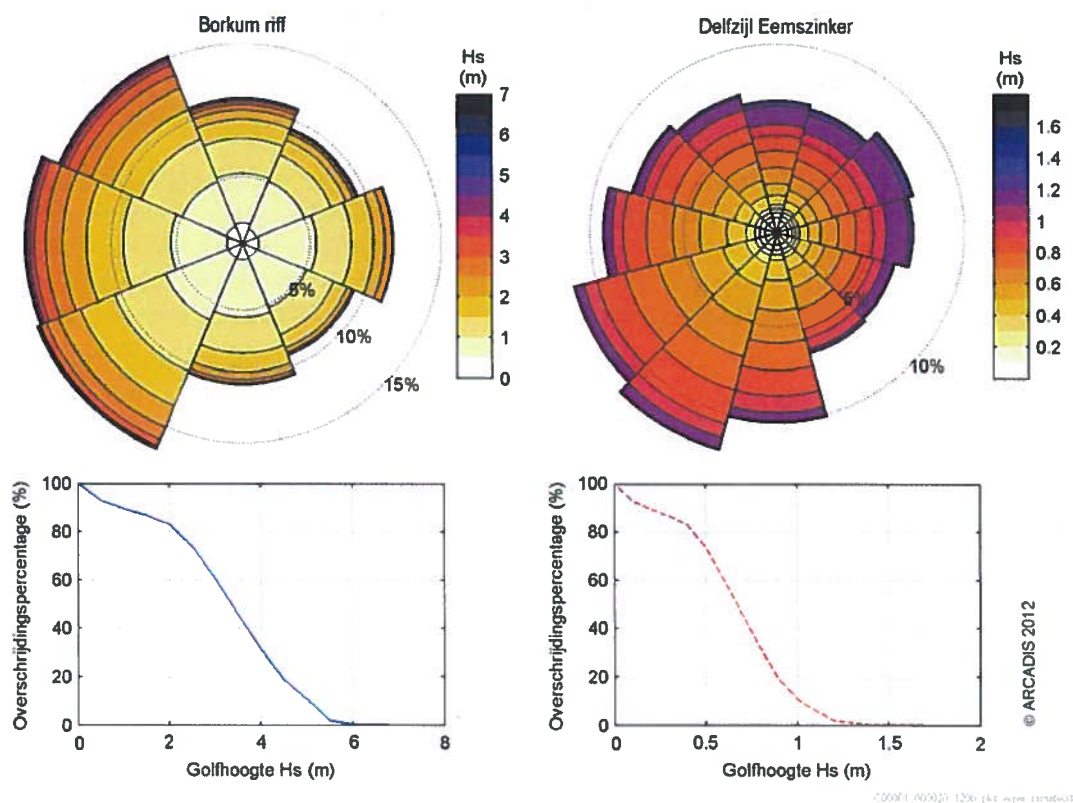
Het gemaal heeft een capaciteit van 30 m³/s. Het gemaal is genoemd naar het oude Groninger waterschap het "Generale Zijlvest van de Drie Delfzijen". Dit oude waterschap beheerde de drie oorspronkelijke uitwaterende sluizen (= zijlen), namelijk het Dorpsterzijl, het Slochterzijl en het Scharmerzijl.

1.3.4 Golfklimaat

Ten noorden van de Borkum-Rottumerplaat ligt de open Noordzee met betrekkelijk hoge golven. Figuur 9 toont in de linker panelen het golfklimaat ten noorden van Borkum. De meeste golven komen uit zuidwestelijke, westelijke of noordwestelijke richting. Een significant golfhoogte van 1,1 m wordt 50% van de tijd overschreden en significante golfhoogte van 2,5 m voor 10% van de tijd.

Het Eems-Dollard estuarium is afgeschermd door de Waddeneilanden en platen waardoor de golven lager zijn. De Dollard is vrijwel volledig afgeschermd en de golven zijn daar het laagst. Figuur toont in de rechterpanelen het golfklimaat ter hoogte van Delfzijl (locatie Eemzinker). Op deze locatie wordt een significant golfhoogte van 0,6 m voor 50% van de tijd overschreden terwijl een significant golfhoogte van 1,0 m voor 10% van de tijd wordt overschreden.

Het is interessant te zien dat op deze locatie bij Delfzijl de meeste golven uit het zuidwesten komen (langste taartpunt in Figuur) terwijl de hoogste golven uit het noordwesten komen (donkerpaarse kleur in Figuur). Reden hiervoor is dat de overheersende windrichting in Nederland zuidwestelijk is (langste taartpunt) terwijl de grootste strijklengte bij Delfzijl in het noordwesten ligt (donkerpaarse kleur).



Figuur 9 Golfklimaat op de Noordzee bij Borkum rief (links) en in de Eems-Dollard bij Delfzijl Eemzinker (rechts).

1.3.5 Saliniteit

Op meetstation Oude Westereems bedraagt de saliniteit gemiddeld 26,7 psu. Op meetstation Bocht van Watum Noord bedraagt de gemiddelde saliniteit 22,3 psu. Deze tijdserie vertoont geen statistisch significant toenemende of afnemende trend. Op meetstation Oost Friesche Gaatje is de saliniteit gemiddeld 18,9 psu.

Op meetstation Grote Gat Noord in de Dollard bedraagt de gemiddeld saliniteit 14,0 psu. De tijdserie van dit meetstations vertoont een significant toenemende trend van 0,075 psu/jaar.

1.4 Morfologie

1.4.1 Historisch 1812-1928

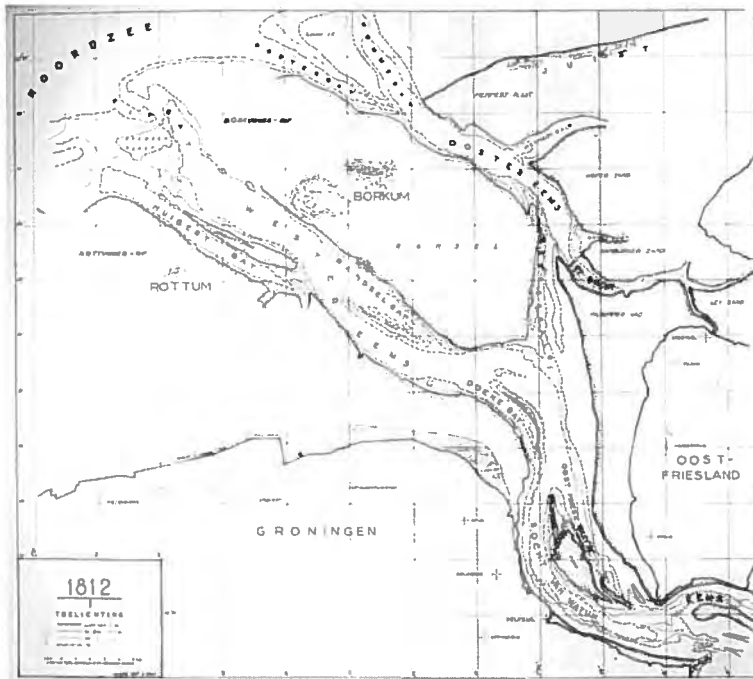
Gerritsen (1952) beschrijft de historische ontwikkeling van het Eems estuarium op basis van zeekaarten van 1812 t/m 1949, uitgegeven door de Hydrografische Dienst der Marine. We geven hieronder een samenvatting.

Figuur toont de historische kaart van 1812. De morfologie bestaat uit een hoofdgeul geflankeerd door vloedcharen die van de hoofdgeul zijn gescheiden door aan de binnenbocht gelegen platen. Dit zijn de Huibertgat met Huibertplaat, het Randzelgat met de Meeuwenstaart, het Doekegat met Eemshorn en Oost-Friese Gaatje met Hond en Paap. Volgens Gerritsen (1952) zijn de westelijke geulen stabielier door grotere vervallen en stroomsnelheden vanwege de getijgolf die in oostelijke richting loopt.

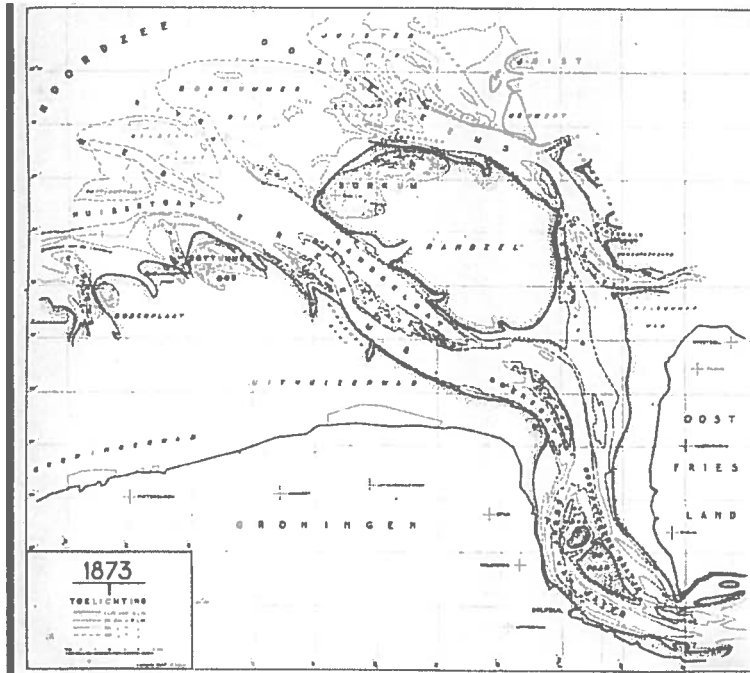
Figuur 11 toont in 1873 een stabiele ligging van het Huibertgat na doorbraak van de Huibertplaat.

Vloedstroom in de geul heeft dezelfde richting als vloedstroom langs de kust en het faseverschil is klein. Sinds 1812 zien we een verruiming van het Randzelgat en aangroei van de Meeuwenstaart. Het Randzelgat is nu de vaargeul. Volgens Gerritsen (1952) is de capaciteit van de Westereems toegenomen door verplaatsing van het Huibertgat en de Westereems.

Figuur 2 laat zien dat het Doekegat in 1911 is verruimd en de capaciteit van de hoofdgeul vanuit Oostereems is afgenomen. Ook de Bocht van Watum is in betekenis afgenomen. Volgens Gerritsen (1952) ligt de oorzaak in een capaciteitstoename van de Wester Eems (Randzelgat) en capaciteitsvermindering van de Wester Balg . De inpoldering van de Dollard en baggerwerk Oostfriesche Gaatje hebben volgens Gerritsen (1952) een belangrijke invloed op deze capaciteitsverhoudingen.

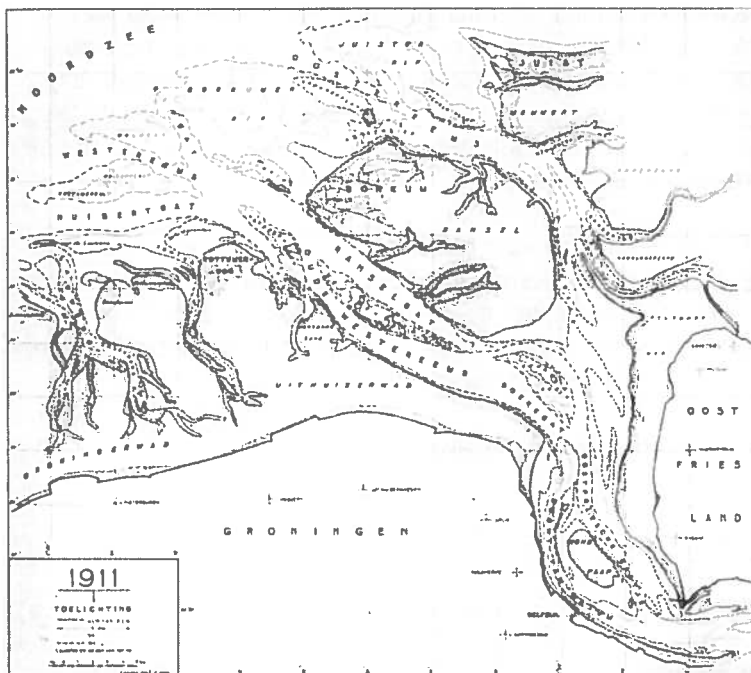


Figuur 10 Historische kaart Eems estuarium 1812

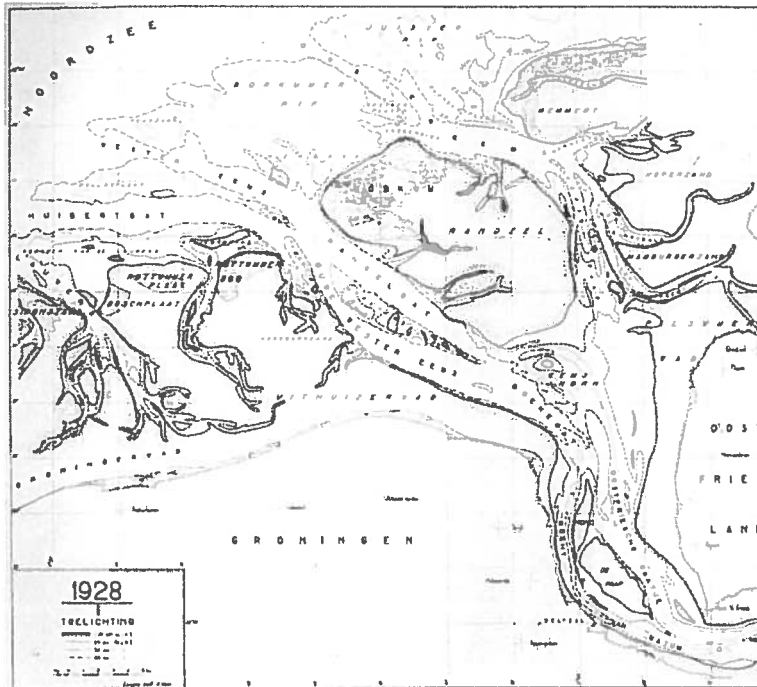


Figuur 11 Historische kaart Eems estuarium 1873.

Figuur 13 toont rond 1928 weer verzanding van de drempel in het Doekegat. Volgens Gerritsen (1952) is de Bocht van Watum geen hoofdgeul meer maar een ebschaar. Ten noorden van Hond is geen hoofdgeul meer aanwezig maar alleen een systeem van eb- en vloedscharen. Volgens Gerritsen wijst dit in de richting van een capaciteitsvermindering van het gehele zeegeat.



Figuur 12 Historische zeekaart Eems estuarium 1911



Figuur 13 Historische zeekaart Eems estuarium 1928

1.4.2 Stranden

Op enkele plaatsen langs de kust van Niedersachsen, Duitsland, komen stranden voor naast kwelders. De indruk is dat deze stranden kunstmatig zijn aangelegd in een gebied waar van nature kwelders en wadplaten voorkomen. Hoewel daarbij moet worden aangetekend dat de vorming van die kwelders grotendeels gestimuleerd met behulp van rijshouten dammetjes en begreppeling. De strandjes liggen meestal in plaatsjes waar ook een veer naar een van de Duitse eilanden vertrekt. Navraag heeft geleerd dat ze vaak gerelateerd zijn aan kuuroorden, en dat de gemeentes en/of kuuroorden er verantwoordelijk voor zijn.

Deze locaties kunnen mogelijk als voorbeeld dienen voor de situatie bij Delfzijl, waar de aanleg van een stadsstrand naast een kwelder wordt voorgesteld. Daarom zal binnenkort in meer detail navraag worden gedaan naar deze strandjes. Aspecten die daarbij aan de orde zullen komen zijn onder andere: stabiliteit, hoogteligging, wijze van aanleg, onderhoud, waardering door badgasten, eventuele nadelen van nabije kwelder (steekvliegen en muggen?).

Hieronder wordt luchtfoto's van een voorbeeld gebied gegeven.

Norddeich (Norden) (53.615938, 7.149637)



Figuur 12: Voorbeeld van een aangelegd strand bij Norden (Bing maps)

1.5 Natuurlijke ontwikkeling, aanleg en onderhoud van kwelders

Een kwelder is een buitendijks stuk land dat geregeld door de zee wordt overspoeld en begroeid is met zoutminnende vegetatie. Kwelders ontstaan in luwe gebieden, waar het water zo weinig stroming en golfslag ondervindt dat slib kan worden afgezet, en waar de bodem hoog genoeg is voor plantengroei.

Aan de kust van Delfzijl zijn op dit moment geen kwelders aanwezig. De dichtstbijzijnde kwelders liggen aan de Duitse zijde van de Eems, op ongeveer 7 km afstand. Aan de Nederlandse zijde is de Punt van Reide, ten zuidoosten van Delfzijl, met ongeveer 8 km de meest nabije kwelder. Beide zijn vrij bescheiden van omvang. Verderop aan de zuidzijde van de Dollard bevindt zich een groter areaal kwelder, van bijna 1 000 ha in de Nederlandse en Duitse delen samen (Esselink et al., 2011). De kwelders in het Nederlandse deel van de Dollard nemen netto licht in oppervlakte af door erosie aan de rand (Esselink et al., 2011). Vanaf Delfzijl richting noordwesten zijn de dichtstbijzijnde kwelders die op 35 km afstand aan de Noord-Groningse waddenkust, zich uitstrekkend tot aan het Lauwersmeer.





Figuur 13: Verschillende kwelders, met de klok rond: Kwelderwerken in Groningen, Natuurlijke kwelder bij Schiermonnikoog, hoge kwelder Schiermonnikoog, Rijshoutendam en stortsteen bij Ameland. (Bron: foto's Alma de Groot)

Afgezien van de Punt van Reide zijn de kwelders in de Dollard en langs de Groningse noordkust allemaal semi-natuurlijke kwelders, ontstaan door de aanleg van rijshouten dammetjes en kunstmatige ontwatering door greppels (Dijkema et al., 2001). Het laagste deel van de kwelder begint daardoor lager op het wad dat bij een natuurlijke kwelder. De greppels zorgen voor een rechthoekig patroon van watergangen, in tegenstelling tot natuurlijke kronkelende kreken. Bij de aanleg van deze kwelders werd intensief onderhoud gepleegd aan de watergangen en rijshouten dammen. Intussen is het onderhoud geminimaliseerd, waarbij door monitoring in de gaten wordt gehouden of de kwelder niet achteruit gaat (Dijkema et al., 2008). Uit proeven met onderhoud blijkt dat deze half-natuurlijke kwelders goed stuurbaar zijn: bij achteruitgang kan door middel van plaatsen van bijvoorbeeld extra rijshouten dammen het kwelderareaal weer vergroot worden (Dijkema et al., 2001; van Duin et al., 2007). Enkele voorbeelden van natuurlijke én aangelegde kwelders worden gegeven in Figuur 13.

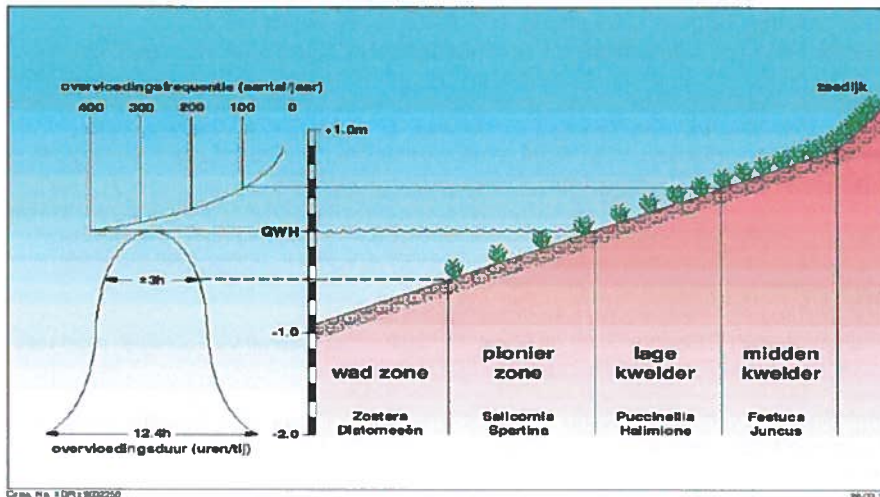
Een kwelder is per definitie dynamisch. Het zeewater dat de kwelder periodiek overstroomt zet slib af, waardoor de kwelder geleidelijk aan ophoogt. Deze ophoging bedraagt aan de Groningse noordkust ongeveer 13 mm per jaar in de lage en midden kwelder (Dijkema et al., 2001), en in de Dollard gemiddeld 8 mm per jaar over de hele kwelder (Esselink et al., 2011). De hoeveelheid slib in het water is in de Dollard (een estuarium) van nature veel hoger dan langs de Groningse noordkust, en is door menselijke ingrepen nog hoger geworden.

De kwelderplanten spelen een belangrijke rol in de opslibbing. Ze remmen het water verder af en dempen de golfslag, zodat slib kan bezinken. Met hun wortels wordt het slib vastgelegd zodat het niet weer door het water wordt meegevoerd. Het slib bevat voedingsstoffen die weer worden gebruikt door de vegetatie. De ophoging gaat net zolang door totdat de kwelder zo hoog is geworden dat de zee nog maar zelden overspoelt, en er dus geen slib meer wordt afgezet. Op den duur zal door de opslibbing van de kwelder het hoogteverschil met het wad zo groot worden, dat de kwelderrand door golven afgeslagen kan worden. De kwelder schrijdt dan terug totdat er zo veel ruimte is ontstaan dat er op het wad weer nieuwe kweldervorming plaatsvindt. In de Waddenzee en Dollard is er de afgelopen eeuwen geen tot weinig ruimte gegeven voor dit cyclische proces. Daarom is er een trend richting veroudering ontstaan (Dijkema, 2005) en is vanuit natuuroogpunt vooral nieuwe aanwas van jonge, laaggelegen kwelders wenselijk.

De vegetatiezonering van de kwelders in Dollard en Groningse noordkust is vergelijkbaar met natuurlijke kwelders. De kwelders aan de Groninger waddenkust hebben vegetatie die typisch is voor de zoute omstandigheden die daar heersen. In de Dollard is het water brak, leidend tot net iets andere vegetatiesamenstelling. Riet komt bijvoorbeeld vrijwel alleen in de Dollard voor, en in het verleden kwamen daar grote velden aan de kwelderrand voor. In beide gebieden vertoont de vegetatie een zonering van pionierzone naar lage, midden en hoge kwelder (Figuur 14).

Daarnaast ondergaat de vegetatie successie: met de tijd verandert de vegetatie van samenstelling. Dit wordt op zijn beurt weer beïnvloed door de mate van begrazing door wilde dieren (hazen, ganzen) en landbouwhuisdieren (runderen, schapen, paarden) (Olf et al., 1997). Bij voortgaande successie wordt de vegetatie steeds monotoner, waarmee gemiddeld ook de diversiteit van de fauna afneemt. Om de successie te vertragen en dus de biodiversiteit te bevorderen, wordt op de meeste Nederlandse kwelders begrazing ingezet (Esselink et al., 2009). Een lage begrazingsdruk leidt over het algemeen tot de beste resultaten.

De saliniteit van het zeewater bij Delfzijl zit tussen de Dollard en de Groningse noordkust in. Een kwelder op die locatie zal dus vegetatie ontwikkelen tussen brak en zout in



Figuur 14. Typische zonering van kweldervegetatie, afhankelijk van de hoogteligging en dus overstromingsfrequentie. GHW = gemiddeld hoogwater. (naar Erchinger, 1985).

2 REFERENTIES

Arcadis, 2009. Aanvulling Passende beoordeling Windpark Delfzijl Noord. Aanvulling op Alterra-rapport 515E. Rapport Arcadis B02042.1000024, 60 p.

Brasseur, S.M.J.M., van Polanen Petel, T., Scheidat, M., Meesters, E., Verdaat, H., Cremer, J., Dijkman, E., 2009. Zeezoogdieren in de Eems. Evaluatie van de Vliegtuigtellingen van zeezoogdieren tussen oktober 2007 en september 2008. IMARES Rapport C061/09. IMARES Wageningen UR, 23 p.

Brasseur, S.M.J.M., Aarts, G., Bravo Rebolledo, E., Cremer, J., Fey-Hofstede, F., Geelhoed, S., Lindeboom, H., Lucke, K., Machiels, M., Meesters, E., Scholl, M., Teal & Richard Witte, L. (2011). Zeezoogdieren in de Eems; studie naar de effecten van bouwactiviteiten van GSP, RWE en NUON in de Eemshaven in 2010. IMARES Rapport Rapport C102/11. IMARES Wageningen UR, 212p.

Dankers, N., Cremer, J., Dijkman, E., Brasseur, S., Dijkema, K., Fey, F., de Jong, M. en Smit, C., 2006. Ecologische atlas Waddenzee. Wageningen IMARES Texel.

de Boer, P., Voslamber, B., Koks, B., Kleefstra, R., Oosterhuis, R., 2002. Onderzoek naar vogelwaarden van Hond en Paap in juli - november 2002. SOVON-onderzoeksrapport 2002/14. SOVON-Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen, 35 p.

de Jonge, V.N., 1992. Physical processes and dynamics of microphytobenthos in the Ems estuary (the Netherlands). Thesis, University of Groningen, 176 p.

de Jonge, V.N., Brauer, V.S., 2006. The Ems estuary. Changes in functioning and structure of a system under pressure. Report Dept. of Marine Biology, University of Groningen, 52 p.

de Leeuw, C., 2006. Verkenning van de ecologische problemen en knelpunten in het Eems estuarium. Een wetenschappelijke onderbouwing van de problematiek van het Eems-Dollard estuarium op het gebied van de ecologie. Rapport in opdracht van RIKZ, 102 p.

Erfteemeijer, P.L.A., Wijsman, J., 2004. Monitoring van vogelstand, zeegrassen en mosselbanken op de Hond-Paap tijdens baggerwerkzaamheden voor het dieper leggen van de Eemzinker (gasleiding) in 2003. Rapport Z 3540 WL/ Delft Hydraulics, Delft, 100 p.

Essink, K., 1998. Het effect van de sanering van de lozingen van veenkoloniaal afvalwater op de bodemfauna van de Dollard. In: K. Essink & P. Esselink (eds.), Het Eems-Dollard estuarium: interacties tussen menselijke beïnvloeding en natuurlijke dynamiek. Rapport RIKZ-98.020, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Haren, p. 101-127.

Herrling, G., 2009 Changes of the hydrodynamic regime due to historic pressures in estuarine morphology; the example of the Ems-Dollard. In: Interreg IIIB North Sea project HARBASINS; Workpackage 4: hydromorphological impacts and pressures. Lower Saxony Water Management, Coastal Defence and Nature conservation Agency.

Hoeksema, H.J., Mulder, H.P.J., Rommel, M.C., de Ronde, J.G., de Vlas, J., Roest, J.P.A., van der Valk, L., Eysink, W.D., Zang, Z.B., de Vriend, H.J., Dijkema, K.S., 2004. Bodemdalingsstudie Waddenzee 2004. Vragen en onzekerheden opnieuw beschouwd. Rapport RIKZ/2004.025, Haren, 138 p. & bijlagen.

Huizing, J.J., 1998. Eems-Dollard, beheer van betwist gebied. In: K. Essink & P. Esselink (eds.), Het Eems-Dollard estuarium: interacties tussen menselijke beïnvloeding en natuurlijke dynamiek. Rapport RIKZ-98.020, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Haren, p. 15-23.

Gaultier, C., van Geer, P., Mulder, J., van Oeveren, C. en de Vries, M., 2010: Kwelderwal voor Delfzijl, indicaties voor ontwerp, kosten en ecologische potenties. Deltares rapport, 1202323-001.

Mulder, H.P.J., 1998. Geomorfologische en hydrologische ontwikkelingen. In: K. Essink & P. Esselink (eds.), Het Eems-Dollard estuarium: interacties tussen menselijke beïnvloeding en natuurlijke dynamiek. Rapport RIKZ-98.020, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Haren: p. 25-45.

Prop, J., 1998. Effecten van afvalwaterlozingen op trekvogels in de Dollard: een analyse van tellingen uit de periode 1974-1995. In: K. Essink & P. Esselink (eds.), Het Eems-Dollard estuarium: interacties tussen menselijke beïnvloeding en natuurlijke dynamiek. Rapport RIKZ-98.020, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Haren, p. 145-167.

van Kleunen, A., K. Koffijberg, Nienhuis, J., de Boer, P., Smit, C.J., Oosterbeek, K., de Jong, M.L., van Roomen, M., 2012. Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2009 en 2010. SOVON-monitoringrapport, IMARES-rapport, WOt-werkdocument, in druk.

van 't Hof, P.M.J., 2006. Lange-termijn trends van fauna en biotopen in het Eems-Dollard gebied. Intern rapport Alterra Texel, 106 p. & bijlagen.

Willems, F., Oosterhuis, R., Dijkzen, L., Kats, R., Ens, B.J., 2005. Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee 2005. SOVON-onderzoekrapport 2005/07, Alterra rapport 1265. Beek-Ubbergen, Wageningen, 98 p.

<http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=2&id=n2k1&topic=documenten>

Dijkema, K.S., 2005. Kwelders en schoren in de Kaderrichtlijn water : ontwikkeling van potentiële referenties en van potentiële goede ecologische toestanden. RIKZ;2005.020. Rijkswaterstaat [etc.], [S.l.] [etc.].

Dijkema, K.S., Nicolai, A., De Vlas, J., Jongerius, H., Nauta, H., 2001. Van landaanwinning naar kwelderwerken. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland, Leeuwarden.

Dijkema, K.S., van Duin, W.E., Dijkman, E.M., van Leeuwen, P.W., 2008. Monitoring van kwelders in de Waddenzee : rapport in het kader van het WOT programma Informatievoorziening Natuur i.o. (WOT IN). Alterra-rapport;1574. Alterra, Wageningen.

Erchinger, H.F., 1985. Dünen, Watt und Salzwiesen: Schutz u. Erhaltung v. Küste u. Inseln, Tier- u. Pflanzenwelt, Nieders. Min. f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten, Hannover.

Esselink, P., Bos, D., Oost, A.P., Dijkema, K.S., Bakker, R., De Jong, R., 2011. Verkenning afslag Eems-Dollardkwelders. PUCCIMAR rapport 02, A&W rapport 1574.

http://www.waddenzee.nl/fileadmin/content/Dossiers/Natuur_en_Landschap/pdf/Rapp_Dollardkwelders_2012.pdf

Esselink, P., Petersen, J., Arens, S., Bakker, J.P., Bunje, J., Dijkema, K.S., Hecker, N., Hellwig, U., Jensen, A.-V., Kers, A.S., Körber, P., Lammerts, E.J., Stock, M., Veeneklaas, R.M., Vreeken, M., Wolters, M., 2009. Salt Marshes. In: H. Marencic and J. De Vlas (Editors), Quality Status Report 2009. Wadden Sea Ecosystem. Common Wadden Sea Secretariat (CWSS), Wilhelmshaven, Germany; Trilateral Monitoring and Assessment Group (TMAG), Wilhelmshaven.

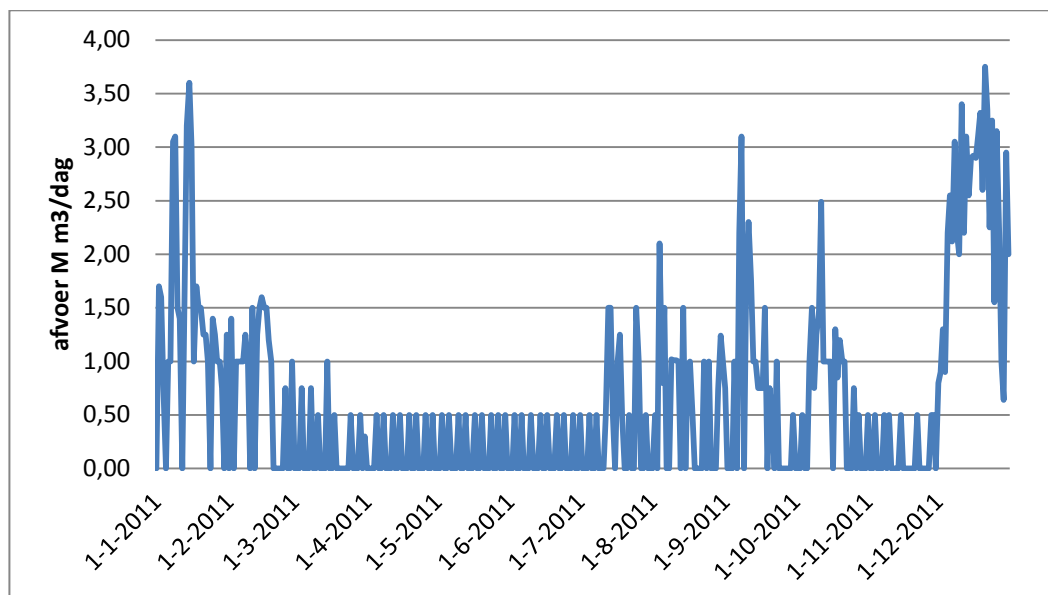
Olf, H., De Leeuw, J., Bakker, J.P., Platerink, R.J., Van Wijnen, H.J., De Munck, W., 1997. Vegetation succession and herbivory in a salt marsh: changes induced by sea level rise and silt deposition along an elevational gradient. *Journal of Ecology*, 85(6): 799-814.

van Duin, W., Dijkema, K., Bos, D., 2007. Cyclisch beheer kwelderwerken Friesland. A&W-rapport;887. IMARES [etc.], Wageningen [etc.].

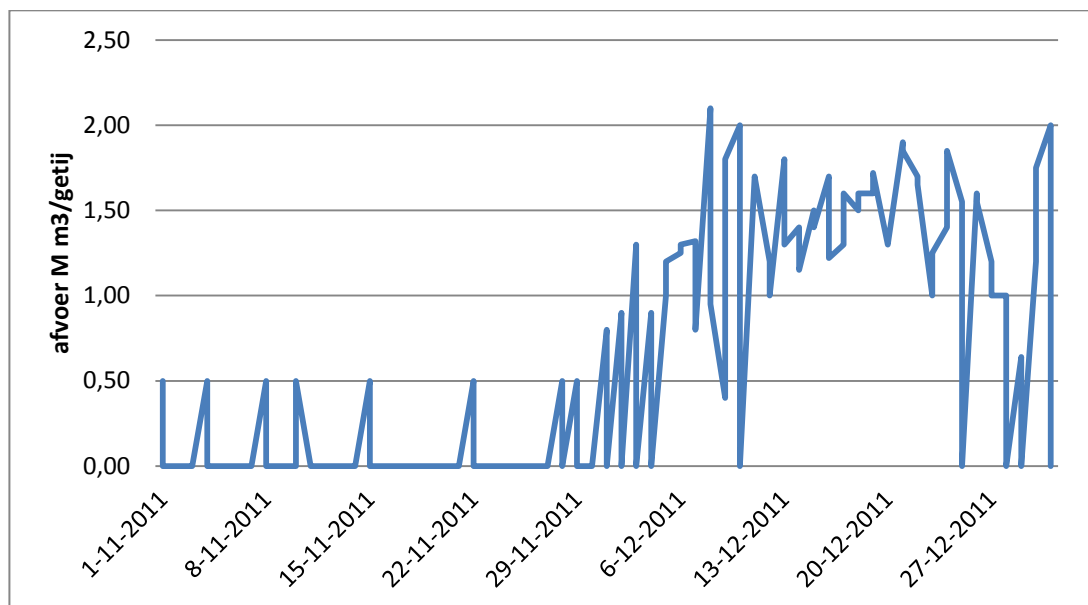
Bijlage 2

Spuigegevens

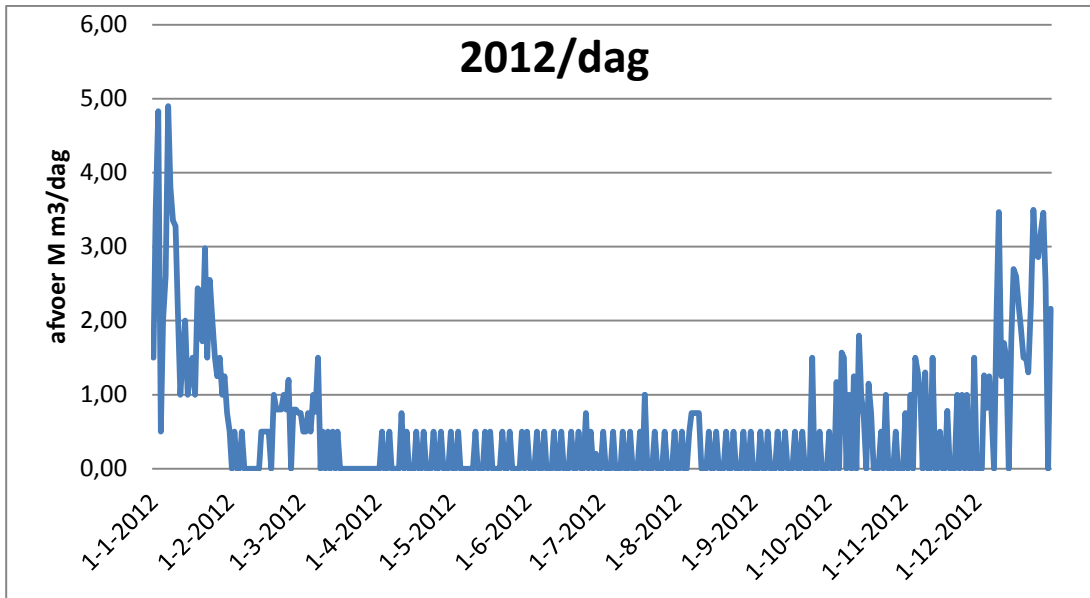
Hier onder zijn grafieken gegeven van de spuivolumes (in miljoen kuub per dag of per getijdegolf) dat vanuit de Eemskanaal-Dollardboezem gespuid werd op de Eems in 2010 tot en met 2013.



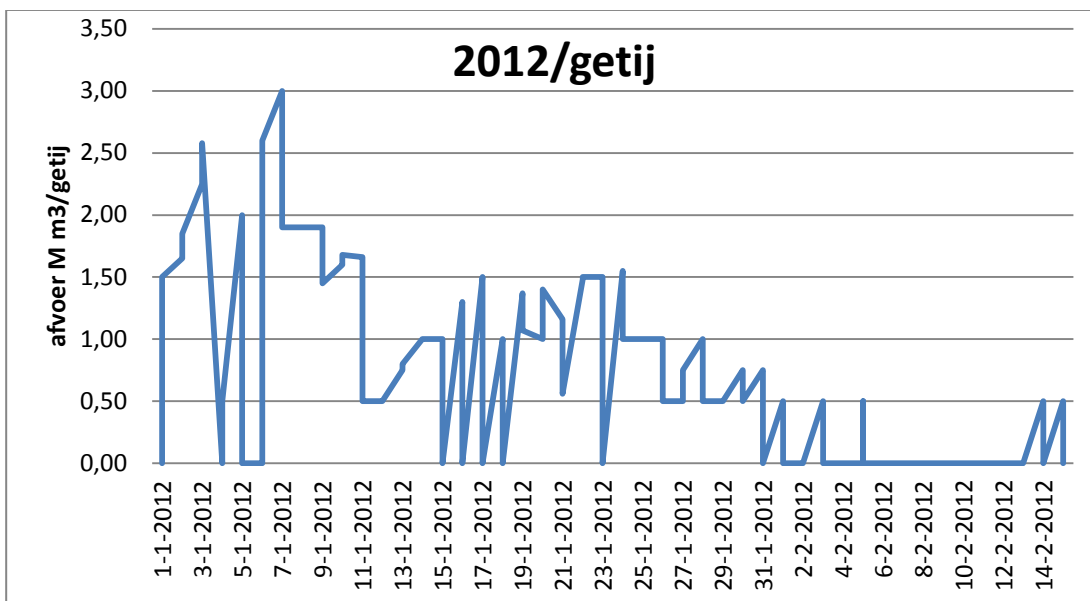
Figuur 2: Afvoer miljoen m³ per dag van Eemskanaal-Dollardboezem in 2011 (afvoer van oude schutsluis inclusie de recreatieschutsluis)



Figuur 3: Afvoer miljoen m³ per getijdegolf van Eemskanaal-Dollardboezem in oktober t/m december van 2011 (afvoer van oude schutsluis inclusie de recreatieschutsluis)

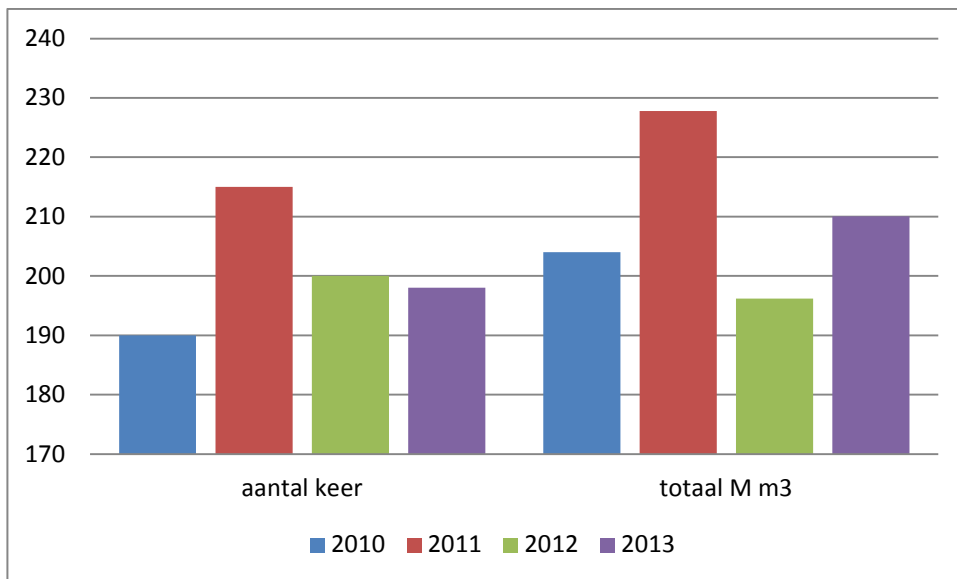


Figuur 4: Afvoer miljoen m³ per dag van Eemskanaal-Dollardboezem in 2012 (aangenomen: afvoer van oude schutsluis, en met inzet van kleine en grote zeesluis in januari)



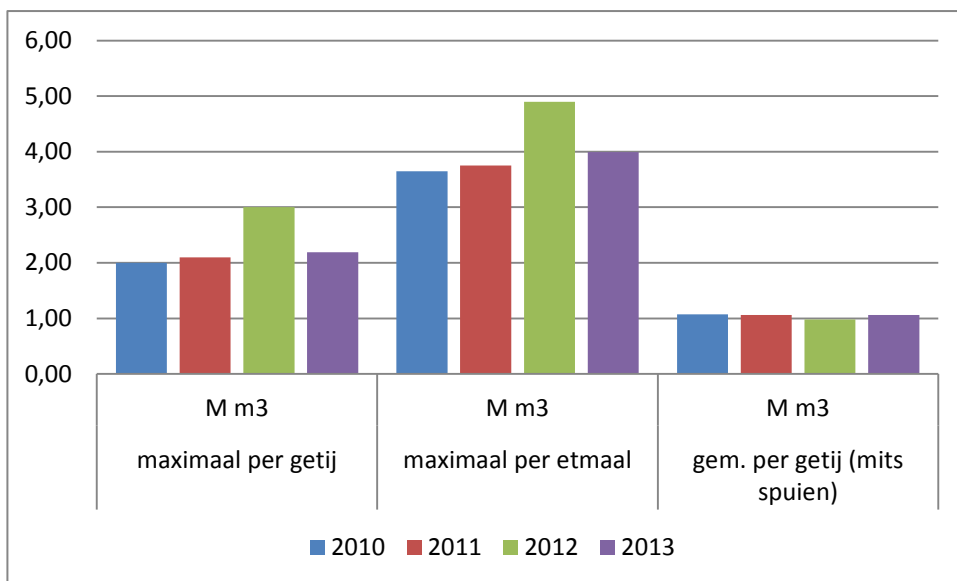
Figuur 5: Afvoer miljoen m³ per getijdewolf van Eemskanaal-Dollardboezem in januari t/m 15 februari van 2012 (aangenomen: afvoer van oude schutsluis, en met inzet van de kleine en grote zeesluis in januari)

In Figuur 19 is het totale spuivolume per jaar gegeven, en het aantal keren dat er gespuid is. Kanttekening bij de spuihoeveelheid is dat de registratie ging op open of dicht, terwijl in werkelijkheid de klep vaak niet helemaal open stond. Dus in deze cijfers is er meer gespuid dan in de werkelijkheid heeft plaatsgevonden. Verder is het onduidelijk met welke kunstwerken gespuid is. Aangenomen is dat in 2011 gespuid is met de oude schutsluis en de recreatieschutsluis (kleine zeesluis), en in 2012 met de oude schutsluis en in de maand januari is ook de kleine en grote zeesluis ingezet.



Figuur 6: Aantal keer spuien en totaal volume per jaar

De maximale afvoer per getijdeweg (van elkaar jaar) is circa 2,1M m³, met uitzondering van 2012 (3,0M m³). Echter in 2012 werden op dat moment ook de kleine zeesluis en de rinketten van de grote zeesluis ingezet om water te spuien. Zie onderstaand figuur.



Figuur 7: Maximale spuicapaciteit per getij en per etmaal

Bijlage 3

Hydraulische berekening spuimiddel

Afvoercapaciteit van het spuumiddel is berekend door het spuumiddel hydraulische gezien te schematiseren als en lange overlaat. Een nagenoeg gemiddeld getij is genomen voor de berekening (6 februari 2014 's ochtends). Elke tien minuten is berekend of er gespuid kan worden, of het een volkomen of onvolkomen afvoer is en hoe groot deze afvoer is.

Tabel 3: input gegevens

PARAMETER (input)			
Hydraulisch verlies (max)			
brug		4	cm
watergang		2	cm
Totaal		6	cm
zeespiegelstijging		0	cm NAP
Streefpeil boezen		55	cm NAP
bodem hoogte watergang		-3	m NAP
bodem hoogte benedenstrooms		-2,5	m NAP
hoogte drempel		-2,5	m NAP
drempel hoogte	Zs	0,5	m
opening hoogte	dg	3	m
hoogte bovenkant duiker		0,5	m NAP
waterdiepte voor de duiker	h1	3,55	m
breedte duikers	Bs	25	m
zwaartekracht	g	9,81	m/s ²

Tabel 4: de berekening

	tijd	waterstand Eems	negatief waterstandsverschil	hydraulisch verlies brug en watergang	effectief negatief waterstandsverschil	waterstand bovenstroms tov bodem	waterstand beneden stroom (Eems)	CONTROLE : lange overlaat stroming?	volkomen stroming?	initiele stroomsnelheid (schatting)	energie hoogte tov drempel	waterstand bovenstroms tov drempel	waterstand benedenstroms tov drempel	debiet
					Δh	$h1b$	$h2$			U_s	$H1$	$h1d$	$h2$	Q
		cm NAP	cm	cm	m	m	m			m/s	M	m	m	m ³ /s
6-feb	4:10	119	0	0	0,00	3,55	3,69	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,19	0,0
6-feb	4:20	121	0	0	0,00	3,55	3,71	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,21	0,0
6-feb	4:30	123	0	0	0,00	3,55	3,73	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,23	0,0
6-feb	4:40	125	0	0	0,00	3,55	3,75	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,25	0,0
6-feb	4:50	128	0	0	0,00	3,55	3,78	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,28	0,0
6-feb	5:00	128	0	0	0,00	3,55	3,78	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,28	0,0
6-feb	5:10	125	0	0	0,00	3,55	3,75	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,25	0,0
6-feb	5:20	121	0	0	0,00	3,55	3,71	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,21	0,0
6-feb	5:30	117	0	0	0,00	3,55	3,67	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,17	0,0
6-feb	5:40	112	0	0	0,00	3,55	3,62	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,12	0,0
6-feb	5:50	106	0	0	0,00	3,55	3,56	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,06	0,0
6-feb	6:00	98	0	0	0,00	3,55	3,48	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,98	0,0
6-feb	6:10	90	0	0	0,00	3,55	3,40	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,90	0,0
6-feb	6:20	82	0	0	0,00	3,55	3,32	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,82	0,0
6-feb	6:30	75	0	0	0,00	3,55	3,25	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,75	0,0
6-feb	6:40	68	0	0	0,00	3,55	3,18	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,68	0,0
6-feb	6:50	59	0	0,0	0,00	3,55	3,09	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,59	0,0

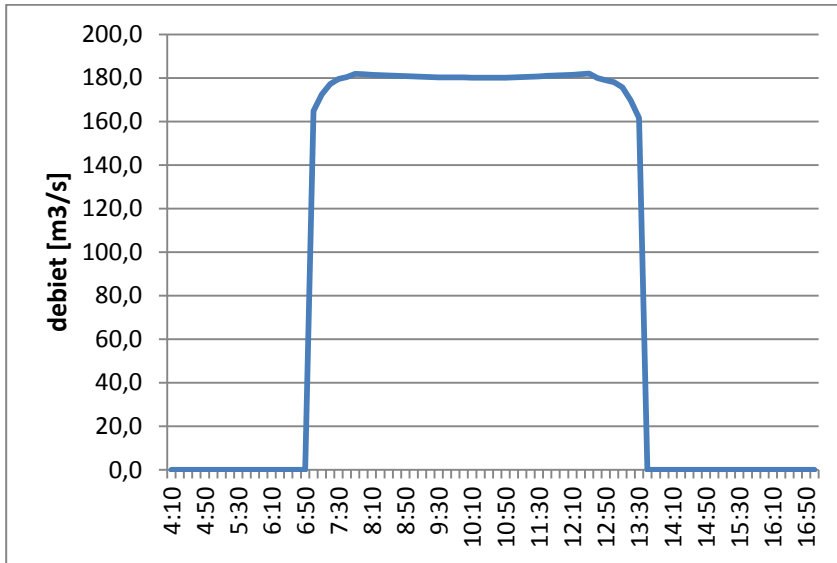
6-feb	7:00	49	6	0,2	0,06	3,55	2,99	ja	nee	0,02	3,05	3,05	2,49	164,8
6-feb	7:10	37	18	0,5	0,17	3,54	2,87	ja	nee	0,06	3,05	3,04	2,37	172,5
6-feb	7:20	26	29	0,8	0,28	3,54	2,76	ja	nee	0,10	3,04	3,04	2,26	177,1
6-feb	7:30	16	39	1,1	0,38	3,54	2,66	ja	nee	0,13	3,04	3,04	2,16	179,5
6-feb	7:40	6	49	1,4	0,48	3,54	2,56	ja	nee	0,16	3,04	3,04	2,06	180,4
6-feb	7:50	-5	60	1,7	0,58	3,53	2,45	ja	ja	0,20	3,04	3,03	1,95	181,9
6-feb	8:00	-17	72	2,0	0,70	3,53	2,33	ja	ja	0,24	3,03	3,03	1,83	181,7
6-feb	8:10	-29	84	2,4	0,82	3,53	2,21	ja	ja	0,28	3,03	3,03	1,71	181,4
6-feb	8:20	-41	96	2,7	0,93	3,52	2,09	ja	ja	0,32	3,03	3,02	1,59	181,3
6-feb	8:30	-51	106	3,0	1,03	3,52	1,99	ja	ja	0,35	3,03	3,02	1,49	181,1
6-feb	8:40	-60	115	3,3	1,12	3,52	1,90	ja	ja	0,38	3,02	3,02	1,40	181,0
6-feb	8:50	-67	122	3,5	1,19	3,52	1,83	ja	ja	0,40	3,02	3,02	1,33	180,9
6-feb	9:00	-78	133	3,8	1,29	3,51	1,72	ja	ja	0,44	3,02	3,01	1,22	180,7
6-feb	9:10	-93	148	4,2	1,44	3,51	1,57	ja	ja	0,49	3,02	3,01	1,07	180,6
6-feb	9:20	-110	165	4,7	1,60	3,50	1,40	ja	ja	0,54	3,02	3,00	0,90	180,4
6-feb	9:30	-123	178	5,0	1,73	3,50	1,27	ja	ja	0,59	3,02	3,00	0,77	180,3
6-feb	9:40	-131	186	5,3	1,81	3,50	1,19	ja	ja	0,61	3,02	3,00	0,69	180,2
6-feb	9:50	-137	192	5,4	1,87	3,50	1,13	ja	ja	0,63	3,02	3,00	0,63	180,2
6-feb	10:00	-142	197	5,6	1,91	3,49	1,08	ja	ja	0,65	3,02	2,99	0,58	180,2
6-feb	10:10	-149	204	5,8	1,98	3,49	1,01	ja	ja	0,67	3,02	2,99	0,51	180,1
6-feb	10:20	-154	209	5,9	2,03	3,49	0,96	ja	ja	0,69	3,02	2,99	0,46	180,1
6-feb	10:30	-157	212	6,0	2,06	3,49	0,93	ja	ja	0,70	3,01	2,99	0,43	180,1
6-feb	10:40	-152	207	5,9	2,01	3,49	0,98	ja	ja	0,68	3,02	2,99	0,48	180,1

6-feb	10:50	-143	198	5,6	1,92	3,49	1,07	ja	ja	0,65	3,02	2,99	0,57	180,2
6-feb	11:00	-130	185	5,2	1,80	3,50	1,20	ja	ja	0,61	3,02	3,00	0,70	180,2
6-feb	11:10	-116	171	4,8	1,66	3,50	1,34	ja	ja	0,56	3,02	3,00	0,84	180,3
6-feb	11:20	-98	153	4,3	1,49	3,51	1,52	ja	ja	0,51	3,02	3,01	1,02	180,5
6-feb	11:30	-80	135	3,8	1,31	3,51	1,70	ja	ja	0,45	3,02	3,01	1,20	180,7
6-feb	11:40	-62	117	3,3	1,14	3,52	1,88	ja	ja	0,39	3,02	3,02	1,38	180,9
6-feb	11:50	-49	104	2,9	1,01	3,52	2,01	ja	ja	0,34	3,03	3,02	1,51	181,1
6-feb	12:00	-40	95	2,7	0,92	3,52	2,10	ja	ja	0,31	3,03	3,02	1,60	181,3
6-feb	12:10	-30	85	2,4	0,83	3,53	2,20	ja	ja	0,28	3,03	3,03	1,70	181,4
6-feb	12:20	-15	70	2,0	0,68	3,53	2,35	ja	ja	0,23	3,03	3,03	1,85	181,7
6-feb	12:30	2	53	1,5	0,52	3,54	2,52	ja	ja	0,18	3,04	3,04	2,02	182,0
6-feb	12:40	13	42	1,2	0,41	3,54	2,63	ja	nee	0,14	3,04	3,04	2,13	179,9
6-feb	12:50	19	36	1,0	0,35	3,54	2,69	ja	nee	0,12	3,04	3,04	2,19	178,9
6-feb	13:00	23	32	0,9	0,31	3,54	2,73	ja	nee	0,11	3,04	3,04	2,23	178,0
6-feb	13:10	30	25	0,7	0,24	3,54	2,80	ja	nee	0,08	3,04	3,04	2,30	175,7
6-feb	13:20	42	13	0,4	0,13	3,55	2,92	ja	nee	0,04	3,05	3,05	2,42	169,7
6-feb	13:30	53	2	0,1	0,02	3,55	3,03	ja	nee	0,01	3,05	3,05	2,53	161,5
6-feb	13:40	59	0	0,0	0,00	3,55	3,09	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,59	0,0
6-feb	13:50	62	0	0,0	0,00	3,55	3,12	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,62	0,0
6-feb	14:00	65	0	0	0,00	3,55	3,15	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,65	0,0
6-feb	14:10	71	0	0	0,00	3,55	3,21	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,71	0,0
6-feb	14:20	78	0	0	0,00	3,55	3,28	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,78	0,0
6-feb	14:30	84	0	0	0,00	3,55	3,34	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,84	0,0

6-feb	14:40	86	0	0	0,00	3,55	3,36	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,86	0,0
6-feb	14:50	88	0	0	0,00	3,55	3,38	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,88	0,0
6-feb	15:00	91	0	0	0,00	3,55	3,41	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,91	0,0
6-feb	15:10	97	0	0	0,00	3,55	3,47	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	2,97	0,0
6-feb	15:20	102	0	0	0,00	3,55	3,52	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,02	0,0
6-feb	15:30	105	0	0	0,00	3,55	3,55	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,05	0,0
6-feb	15:40	106	0	0	0,00	3,55	3,56	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,06	0,0
6-feb	15:50	109	0	0	0,00	3,55	3,59	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,09	0,0
6-feb	16:00	111	0	0	0,00	3,55	3,61	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,11	0,0
6-feb	16:10	115	0	0	0,00	3,55	3,65	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,15	0,0
6-feb	16:20	117	0	0	0,00	3,55	3,67	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,17	0,0
6-feb	16:30	119	0	0	0,00	3,55	3,69	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,19	0,0
6-feb	16:40	119	0	0	0,00	3,55	3,69	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,19	0,0
6-feb	16:50	119	0	0	0,00	3,55	3,69	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,19	0,0
6-feb	17:00	119	0	0	0,00	3,55	3,69	ja	geen stroming	0,00	3,05	3,05	3,19	0,0

Tabel 5: uitkomsten

totale tijd spuien	6,7	uur
totaal volume	4,30	M m3 /getij
totaal volume	8,59	M m3 / dag
gemiddeld debiet	179,0	m3/s



Figuur 8: afvoercurve. De afvoer is maar voor 2*45 minuten onvolkomen en de rest van de tijd onafhankelijk van de waterstand op de Eems.

Bijlage 4

Verslagen ontwerp sessies Pier van Oterdum

LEGENDA

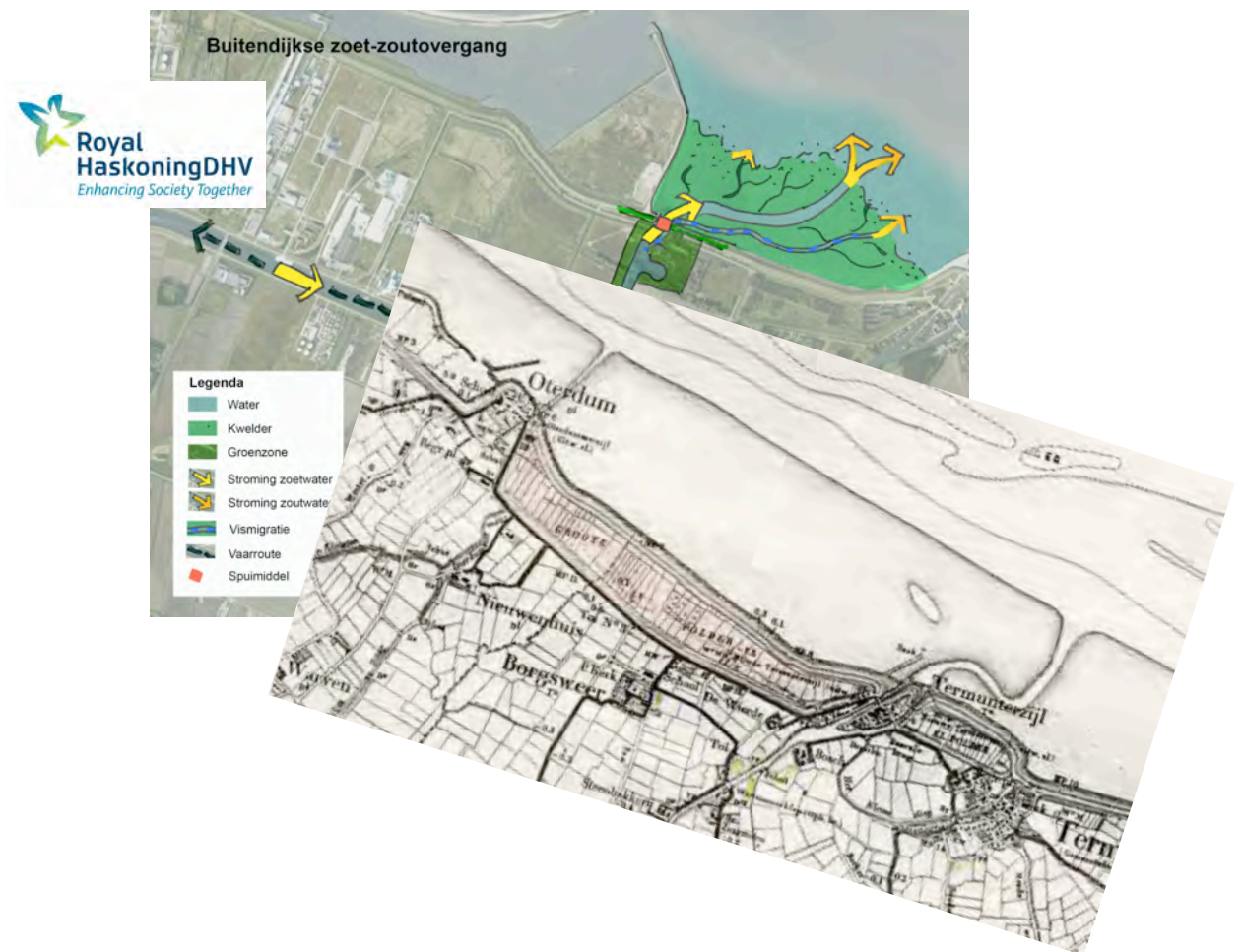
-  Water
-  Kwelder
-  Natuurlijk vriendelijke oevers/
plas-dras natuur
-  Opgaande beplanting/
Landschappelijke inpassing
-  Spuimiddel
-  Vispassage
-  Kade
-  Nieuw spoor
-  Fietspad
-  Wandelroute
-  Struinpad
-  Uitkijkpunt
-  Brug
-  Rijshoutendam
-  Mosselbank
-  Aanvoer slib
-  Natuurlijke inrichting,
nader te bepalen



Zestiende werkatelier Marconi

Nader preciseren opdracht zoet-zoutovergang Pier van Oterdum en lopende zaken

10 december 2013
09.30 – 12.30 RoyalhaskoningDHV, Groningen



Inhoud

Preciseren zoet-zoutovergang en voortgang Marconi	1
Opening	1
1 Verkenning van het gebied Oterdum - Borgsweer	1
Slib, water en zout.....	1
Locatiekeuze en baggerbezwaar	2
Tijdshorizon	2
Natuurdoelen zoet-zoutovergang	2
Ruimtelijke aspecten	3
2 Veldbezoek Richard Jorissen	4
3 Aanvraag Waddenfonds midden 2014.....	4
4 Delfzijl Noord.....	4
5 Schermdijk vs. Chemiedijk.....	4
6 Inzet richting Stuurgroep	5
Tenslotte	5
Bijlage 1 Lijst van deelnemers aan het werkatelier	5
Bijlage 2 Opmerkingen bij de schetskaarten.....	6
Bijlage 3 Bespreekpunten, pluspunten en zorgen (Post-its)	7

Agenda

- Opening*
- Verkenning Oterdum Borgsweer*
 - Veldbezoek Richard Jorissen*
 - Aanvraag Waddenfonds*
 - Delfzijl Noord*
 - Scher- en Chemiedijk*
 - Inzet richting Stuurgroep 17 december 2013*

Preciseren zoet-zoutovergang en voortgang Marconi

Het werkatelier is een aftrap voor het door *EcoShape* ontwerpen van een zoet-zoutovergang en een spui ter hoogte van de Pier van Oterdum. Hans Verhoogt geeft in zijn presentatie een korte toelichting op de locatie, de beschikbare gegevens en de voorgeschiedenis. In het Plan van Aanpak focust hij op de uitgangspunten en randvoorwaarden en op de verwachtingen over het ontwerp die bij de projectgroep Marconi leven. Aansluitend komen de lopende Marconi-zaken aan de orde.

Opening

- Arjen Bosch verwelkomt alle aanwezigen en verwelkomt Rob Reintsema die in het vervolg namens Het Groninger Landschap de Marconi werkateliers zal bijwonen. Alle namen en contactgegevens van de aanwezigen vermeld in Bijlage 1.
- Bij het verslag van het WA van 2 oktober zijn geen opmerkingen.

1 Verkenning van het gebied Oterdum - Borgsweer

Hans Verhoogt neemt ons in zijn presentatie mee naar de ruimtelijke visie op de maritieme zone van Delfzijl en naar de oorsprong van het baggerbezwaar in de haven. Zijn presentatie is als pdf te downloaden van de Marconi-website. Het onderzoek naar het spuiregime in Haringen laat zien dat 25 tot 50% van de slibneerslag wordt veroorzaakt door zoetwaterspui. In 2012 werd daarom alleen met eb gespuid en in dat jaar was het baggerbezwaar 10% minder dan het gemiddelde in ander jaren. In Delfzijl zal het verleggen van (een deel van) de spui naar een locatie buiten het Zeehavenkanaal het baggerbezwaar verkleinen. Met hoeveel is echter niet exact aan te geven.

Marije Schaafsma presenteert drie eerste schetsontwerpen:

- een buitendijkse zoet-zoutovergang met een binnendijkse biotoop;
- een binnendijkse zoet-zoutovergang met spui van zoet en inlaat van zout water;
- een tussenvariant met een (deels) verlegd tracé van de kering.

Na de toelichting op de schetsontwerp noteren en plaatsen de aanwezigen bij elk ontwerp de positieve en negatieve punten. Het overzicht van deze punten is weergegeven in Bijlage 2.

Slib, water en zout

In de haven van Delfzijl voeren drie boezemsystemen hun water af: de Duurswold-boezem, de Eemskanaal-Dollardboezem en de Fivelingo-boezem via het Damsterdiep. De door de waterschappen aangeleverde watervolumes uit 2011 en 2012 zijn bepaald op basis van pompuren, maar er is ook bij afgaand tijt geloosd. In het totaalbeeld lijkt het aandeel van het Eemskanaal wat te zijn overschat. Gezien de aanzienlijke volumeverschillen per jaar, is gevraagd hier ook de waterafvoergegevens van 2010 bij te betrekken.

- Spuistromen fluctueren door het jaar van 6 tot 40 m³/s. Bedenk dat een stroom van $\geq 6 \text{ m}^3/\text{sec}$ al te groot is voor vis; daar moet dus iets op bedacht worden.
- Probleem met een zoet-zoutovergang is dat de inlaat van zout water zoveel mogelijk voorkomen moet worden. Indringing van (een extra hoeveelheid) zout water is ongewenst, er komt al te veel zout binnen als gevolg van het schutten in de zeesluis.
- Ga ervan uit dat de Zeehavensluis in principe op de huidige locatie blijft liggen.
- In de zomer wordt het Eemskanaal met zoet water doorgespoeld om de oprukkende verzilting tegen te gaan. Doorspoelen gebeurt nu 's zomers al tweemaal per week met een volume van 0,5 miljoen m³, deels afkomstig uit het IJsselmeer. Als onderdeel van het Deltabesluit mag de hoeveelheid gebruikt zoet water uit het IJsselmeer niet toenemen; daar zal men in de toekomst eerder zuiniger mee moeten zijn.
- Mogelijk kan een bellenscherm effectief zijn om bij de sluis zoet en zout water op de overgang gescheiden te houden.
- Leidend is het zoutgehalte van het Eemskanaal bij het inlaatpunt voor de landbouw, ten noorden van Woltersum. Oostelijk van Woltersum, bij de Bloemhofbrug (Overschild), en westelijk bij de Slochtersluis (Lageland) wordt de saliniteit doorlopend gemonitord.

Locatiekeuze en baggerbezwaar

- Met het verleggen van de spui verander je de debietverdeling over de getijdegeulen. Verplaats je dan niet het baggerbezwaar en voeg je daarmee niet elders baggerbezwaar toe? De onderzoekers kijken voor een antwoord op deze vraag modelmatig naar de havens en in breder verband ook naar de Eems.
- De vraag rijst of de spuilocatie moet worden gekozen aan de oost-, of aan de westkant van de Pier van Oterdum. Dit vanwege een te graven geul en de eisen van Natura2000. Een spui aan de westkant is niet haalbaar, want levert extra baggerbezwaar in de haven en ook nautische problemen vanwege de dwarsstroom.
- Het havenslib is niet vervuild en mag je 'overall' lozen. Kies het zoekgebied ten oosten van de Pier van Oterdum.

Tijdshorizon

- Hanteer in het ontwerp de (concept) Hydraulische Randvoorwaarden 2011.
- Als je in de waterkering een kunstwerk bouwt, moet je kijken naar een periode van 100 jaar. Dus niet tot 2050 maar per 2100. Raadpleeg hierover RWS (via Rick Hoeksema) en sluit aan bij de actuele stand van de kennis.
- Maak ook een voorstel voor inrichting op de korte termijn, al dan niet met tijdelijke natuur.

Natuurdoelen zoet-zoutovergang

- Doelsoorten zijn de Driedoornige stekelbaars, Glasaal en Spiering. Die vis komt dus vooralsnog (vanwege de gescheiden boezems) enkel in het Eemskanaal-systeem.
- Een hoogwatervluchtplaats (HWVP) voor de vogels is in dit plan niet het hoofdoel, die vinden ze al bij de Punt van Reide. Op de Pier van Oterdum zelf zijn vijf windmolens gepland. Daar komt ook een nestelgelegenheid voor Sterns, inclusief een hek met stroom erop tegen predatoren.

Ruimtelijke aspecten

- Aan het eind van het Oosterhornkanaal zit een schutsluis voor de recreatievaart ('Rondje Groningen') en een spuiwerker voor afvoer naar Gemaal Rozema. Die bypass moet je instandhouden.
- Mogelijk komt er een spoorbrug aan het eind van het Oosterhornkanaal om het industriegebied te ontsluiten. Met de combinatie weg, kanaal, brug, spoor, spui en sluis wordt het een druk kruispunt.
- Er ligt een omzomingsplan voor het industriegebied; een reserveringszone in het bestemmingsplan. Bij verdere ontwikkeling van de industrie zijn mitigerende maatregelen noodzakelijk die je zou kunnen meenemen in het zoet-zout-ontwerp. Maar: 'Het zijn dure m², die moet GSP dan eerst afboeken'.
- In principe is de Grote polder aan de noordkant beschikbaar voor de zoet-zoutovergang.
- Betrek bij de planvorming in elk geval de inwoners van Borsgweer.
- Het hele Oosterhorngebied in het verlengde van de Pier van Oterdum is zoekgebied voor wind-energie.
- Houd rekening met de gasbuis die aanlandt in de Grote polder en de veiligheidscontour die daaromheen is gelegd. Het te graven (spui)kanaal moet ten westen daarvan komen. Reken bij het ontwerpen van het kanaal op een inrichtingszone met een breedte van minimaal 100 meter. Kijk bij de inrichting van het kanaal ook naar ruimtelijke inpassingsmogelijkheden en naar de beperkingen die voortvloeien uit het brakke milieu (bijvoorbeeld i.r.t. boomaanplant).
- In het MER veiligheidsrapport Oosterhorn zijn alle grote leidingen opgenomen die hier lopen.



Bij het zoekgebied voor de zoet-zoutovergang oostelijk van de Pier van Oterdum zijn veel partijen en belangen betrokken. De aanwezigen geven op post-it's aan wat hun verwachtingen zijn, wat hun zorgen zijn en wanneer de situatie tot tevredenheid stemt. De reacties zijn weergegeven in Bijlage 3.

Samenvattend

Samenvattend is er een voorkeur voor de buitendijkse oplossing, maar daarbij is wel binnendijks een goede zoet-zoutovergang nodig – en denk aan de landbouw.

- Welke maatregelen heeft het waterschap om de zoute kwel te begrenzen? Is doorspoelen het enige dat werkt?
- Kijk ook naar brakwaternatuur en vraag je af hoe je het spuiregime gaat hanteren. Zitten daar vrijheidsgraden in? Het waterschap wil geen water verkwisten, dus niet spuien maar waar mogelijk juist water vasthouden.
- De getijdenslag buitendijks is erg groot. Daardoor valt er buitendijks in de praktijk geen brakke zone te maken.

Volgende bijeenkomst is op dinsdag 18 februari. Voor Marconi start die om 9.00 uur, voor RHDHV om 10.00. Eindtijd tot 12.15 uur.

2 Veldbezoek Richard Jorissen

Het veldbezoek op 21 november was voor alle betrokkenen een succes. Het verslag van de dag gaat naar de Stuurgroep. Jorissen was onder de indruk van de integraliteit.

- Zorg dat je altijd werk op de plank hebt liggen voor het geval dat er wegens onderuitputting nog financiële middelen beschikbaar zijn.

3 Aanvraag Waddenfonds midden 2014

Tauw werkt de aanvraag uit. Breng de plannen ter informatie in de Stuurgroep, en bij wijze van herbevestiging van de door partijen toegezegde bijdragen. RWS, provincie en gemeente geven cofinanciering.

- Leg aan de Stuurgroep een financieel plaatje voor, en de globale planning: wat doe je wanneer.
- In oktober 2014 is uitsluitel van het Waddenfonds te verwachten.

4 Delfzijl Noord

Het bezoek van Jorissen inspireerde Noorderzijlvest: is er een project dat naar voren is te halen? Noorderzijlvest zoekt dat uit en komt daar januari 2014 op terug.

- Er zijn al schetsplaatjes van het eerste stuk dijk richting Eemshaven. De knik in de dijk bij Voolhok is de aansluiting bij Marconi.
- Het Groninger Landschap wil graag meedenken voor inrichting van het binnendijkse gebied.
- Betrek hier ook het provinciaal bouwheerschap bij. Laat ze kijken naar het hele investeringsprogramma Delfzijl voor eventuele ondersteuning.

5 Schermdijk vs. Chemiedijk

Ter tafel ligt de *Vergelijking van aanpassingen aan Chemiedijk en Schermdijk op basis van Hydraulische Randvoorwaarden 2011*. Een lastig stuk met een heldere conclusie. Onder HR 2006 was de Schermdijk voordelig ter ontlasting van de primaire kering, maar onder HR2011 is het voordeliger om de primaire kering te versterken. Er is geen aanleiding om de Schermdijk als project in de tijd naar voren te halen.

De Schermdijk heeft een functie voor de veiligheid die ook elders ook voorkomt (Harlingen en Lauwersoog). De noordelijke waterschappen werken aan een Project-overstijgende Verkenning (POV). De projectgroep onderschrijft de conclusie dat de Schermdijk daarin een vervolg kan krijgen.

De POV-groep gaat Marconi nog raadplegen. Praat ze goed bij over wat we hebben gedaan, wat er is besloten, en welke kansen er liggen.

Het informeren van de Stuurgroep over deze afweging is lastig. Beperk je tot de conclusie van het stuk en voeg de tekst die ertoe leidde bij als Bijlage. Ook GSP (bij monde van Monique van den Dungen) staat achter deze aanpak.

6 Inzet richting Stuurgroep

- Omdat zoet-zout bij Oterdum nog zo pril is, daarover niet uitwijden.
- De financiële borging is noodzakelijk, ga bij iedereen na waar hij/zij voor staat en hoe het financieel gedekt is.
- Meldt de voortgang Delfzijl Noord en dat dat onderdeel mogelijk in de tijd naar voren is te halen.

Tenslotte

Klaas Klaassens: Wanneer komt men praten met de provincie over de noodzakelijke NB-wet vergunning en de contacten met Duitsland?

- Arjen Bosch legt hierover opnieuw contact met Olaf Slakhorst en Luuk Boerma.

Bijlage 1 Lijst van deelnemers aan het werkatelier

Martin Baptist	IMARES Wageningen UR	martin.baptist@wur.nl
Ben Willems	Stagiair Van Hall / RHDHV	ben.willems@wur.nl
Marije Schaafsma	RHDHV	marije.schaafsma@rhdhv.com
Floris van der Ziel	RHDHV	floris.van.der.ziel@rhdhv.com
Arjen Bosch	De Laar	arjen.bosch@delaar.com
Jornand Veldman	Gemeente Delfzijl	jr.veldman@delfzijl.nl
Anton Bartelds	Waterschap Hunze en Aa's	a.bartelds@hunzeenaas.nl
Erik Jolink	Waterschap Hunze en Aa's	e.Jolink@hunzeenaas.nl
Anneke Rippen	IMARES Wageningen UR	anneke.rippen@wur.nl
Jeroen Bos	Gemeente Delfzijl	j.bos@delfzijl.nl
Klaas Klaassens	Provincie Groningen	k.r.klaassens@provinciegroningen.nl
Rob Reintsema	Groninger Landschap	r.reintsema@groningerlandschap.nl
Bart Grasmeijer	Arcadis	bart.grasmeijer@arcadis.nl
Hans Verhoogt	RHDHV	hans.verhoogt@rhdhv.com
Hans Punter	Tekst & vorm (verslag)	info@hanspunter.nl
<i>Verhinderd</i>		
Rick Hoeksema	Rijkswaterstaat	rik.hoeksema@rws.nl
Gerwin Zantingh	Waterschap Noorderzijlvest	g.n.zantingh@noorderzijlvest.nl
Monique van den Dungen	Groningen Seaports	m.vandendungen@groningen-seaports.com

Bijlage 2

Opmerkingen bij de schetskaarten in ■ (negatief punt) en ■ (positief punt)

Buitendijkse zoet-zoutovergang

- Te beperkte ruimte! Ga niet priegelen
- Wat is de ecologische ruimte binnendijks?
Wat kan de vis daar beleven?
- Aanleg van land in Natura2000-gebied. Ten koste van je waterbergingsoppervlak
- Lange termijn landbouwgebied beschouwen. Korte termijn op areaal waar nu redelijke consensus over is
- Voorkeur buitendijks
- Uitvoerbaar. Wel binnendijks ontwerpen
- Mogelijkheden voor slibvang
- Voorkeur buitendijks
- kwelderontwikkeling Marconi-breed; Schermdijk + hier
- Minder obstakels
- Kans: kwelder, zeegras. Niet teveel ingrepen
- - Natuurlijke zachte rand van het wad
- - Te bouwen met havensediment (pijpleiding leggen over Pier van Oterdum)
- - Geen zoutbezwaren binnendijks.
- Gebruik de kracht van de Stuurgroep Marconi
- Buitendijkse overgang mooi in lijn met kwelders langs Schermdijk
- Slibinvang



Binnendijkse zoet-zoutovergang

Tijdens spuien van zoet water

- Zoutprobleem
- Zoutindringing in boezem ongewenst
- Ruimte voor binnendijkse biotopen



Binnendijkse zoet-zoutovergang

Tijdens beperkt binnenlaten van zout water

- Wat betekent het voor de waterveiligheid?
- Zoutindringing: hoe te beheersen?
- Brak overgangsgebied: diverse gradiënten te verwezenlijken
- Plan helemaal intekenen



Verplaatsen zeewering

- Gasbuis!
- Kostbaar vanwege aanleg nieuwe dijk + onderhoud
- (on)mogelijk? Vanwege leidingstrook
- Pas op voor extreme kosten
- Hoge kosten omleggen dijk
- Dijk verlegging
- Financieel minst aantrekkelijk
- Verleggen primaire waterkering - kosten
- Ruimte beperkt en veel inpassingsuitdagingen



- Ruimte voor binnendijkse biotopen
- Slibinvang
- Meer kans op brak water dan bij buitendijkse variant
- Benut hele gebied!
- Oplossing die ook bijdraagt aan zoutindringing
- Integraal natuurontwerp binnen- + buitendijks
- Brak overgangsgebied is zeldzaam geworden natuur
- Mogelijkheden voor slibinvang

Bijlage 3

Bespreekpunten, pluspunten en zorgen (Post-its) Anoniem (komt op internet)

- - Zoutindringing zul je moeten beperken, ruimtebeslag is zorgelijk
- - Mooie natuurlijke zoet zout aantrekkelijk voor recreatie
- - Aanslibbing haven Delfzijl
- - Positief over natuurwinst in samenhang met Natura2000 want dit is afweging economie-ecologie.
- - Tevreden wanneer een integrale BwN-oplossing mogelijk is, met meerwaarde voor diverse functies en het kosten bespaart voor GSP
- - Zorgen over de vele gevestigde belangen en dus haalbaarheid (zoutindringing, industrie, gasleiding, bewoners, windmolens, etc.)
- (gemeente)
- - zorg voor integraliteit met andere projecten: E & E, Oosterhorn.
- - zorgen over integraliteit, inpassing in gebied, relatie met omgeving, financiën
- - Verwachting: integraal ontwerp, functioneel ontwerp draagt bij aan leefbaarheid
- - Tevreden: baggerbezwaar vermindert en dus minder slibblozingen in het Eems-Dollard estuarium, mooie zoet-zoutovergang t.b.v. flora en fauna
- - Zorgelijk: gasleiding

- - Denk om nautische aspecten Zeehavenkanaal
 - Denk om de veiligheidscontouren van de gasleiding die bij de Grote Polder aanlandt
 - Wat vinden de Duitsers ervan? Betrek die tijdig bij je plannen.
 - Wat zijn de randvoorwaarden vanuit Natura2000?
 - - Niet meer zout in Eemskanaal (liever minder dan nu!)
 - Nieuw te graven kanaal tussen Oosterhornkanaal en zeedijk minimaal ca. 100 m ruimte
 - Aanpassing spuisluis pas na 2030 aan de orde. Tot dan voldoet spui Gemaal Rozema.
 - - Verwachtingen: herstel zoet-zout voor trekvissen (Driedoornige stekelbaars, Spiering, Glasaal), uiteindelijk H1103 Fint weer terug?
 - Zorgen: industrie en vogels (vanuit habitatrichtlijn voldoende rust- en broedgebieden), beperkingen door gasaanlanding.
 - Tevreden wanneer er zich zeegrasvelden en schelpdierbanken kunnen ontwikkelen, bijdrage aan helder(der) water
 - - Meerwaarde is belangrijk om draagvlak te krijgen
 - Koppelkans MER Oosterhorn (compensatie in bufferzone Borgsweer)
 - Maatvoering goed in beeld houden, hergebruik materiaal (technisch) voor minimaal grondtransport
 - - Goed aandacht houden voor beperkingen van fysieke aard (leidingen, watergangen, zout indringen e.d.)
 - Kijk ook naar de bestaande groenstrook, ook naar de landbouwstrook tussen Oosterhorn en Borgsweer
 - Aandacht voor tijdelijke inrichting tot aan de verplaatsing van de spui
 - Opties voor experimenteerruimte voor zilte teelten in aangrenzend landbouwgebied. Dan kan zout en landbouw een plus opleveren
-



Zeventiende werkatelier Marconi
Juridische planning en Waddenfonds aanvraag,
voorkeursvariant zoet-zoutovergang Pier van Oterdum

18 februari 2013

09.30 – 12.15 Chopinlaan 12, 9722 KE Groningen



Inhoud

Voortgang Marconi en voorkeursvariant zoet-zoutovergang	1
Opening	1
1 Resultaten juridische planning Marconi.....	1
2 Aanvraag Waddenfonds	2
3 Kansen voor dijk Kwelderland	2
4 Inzet richting Stuurgroep 6 maart	3
5 Voorkeursvariant zoet-zoutnatuur en spui bij Pier van Oterdum	3
Opmerkingen bij de voorkeursvariant	4
Functioneel ontwerp spui en vismigratie	4
Modelstudie effecten nieuwe spui	5
Samenvattend.....	5
Conclusies en afspraken	6
 Bijlage 1 Lijst van deelnemers aan het werkatelier.....	 6

Agenda

Opening

- 1 Resultaten juridische planning Marconi*
- 2 Aanvraag Waddenfonds*
- 3 Kansen voor dijk Kwelderland*
- 4 Inzet richting Stuurgroep 6 maart*
- 5 Voorkeursvariant zoet-zoutnatuur en spui bij Pier van Oterdum*

Voortgang Marconi en voorkeursvariant zoet-zoutovergang

Bij de projectgroep Marconi stonden drie punten op de agenda die worden meegenomen naar de Stuurgroep: juridische planning, Waddenfondsaanvraag en dijk Kwelderland. Aansluitend vond de werksessie plaats over het ontwerp van een zoet-zoutovergang en spui bij de Pier van Oterdum.

Binnen de besproken eisen en randvoorwaarden van de vorige werksessie ontwierp *EcoShape* een voorkeursvariant voor een spui met vispassage. Verschillende uitwerkingsvarianten en de (tussen)resultaten van ondersteunend onderzoek zijn besproken. *EcoShape* verwerkt het commentaar in een definitief voorstel voor een basisvariant met enkele plussen.

Opening

- Arjen Bosch vermeldt dat Jannes Kamphuis invalt voor Monique van den Dungen en aansluit bij agendapunt 5. Gerwin Zantingh en Rick Hoeksema hebben zich afgemeld. Als provinciaal bouwmeester is Linda Noorman in het vervolg bij Marconi betrokken en vervangt ze Lucien Tinga. Alle deelnemers zijn vermeld in Bijlage 1.
- Bij het verslag van het werkatelier van 10 oktober zijn twee opmerkingen. Onderaan pagina 1 vervalt de passage: *'In het totaalbeeld lijkt het aandeel van het Eemskanaal wat te zijn overschat'* en bij punt 3 regel 1 moet in plaats van *'Tauw'* staan: *Bureau PAU; Planning, Advies, Uitvoering*.

1 Resultaten juridische planning Marconi

- Arjen Bosch licht de notitie toe over de eerste inzichten rond het planologisch-juridisch traject voor Marconi Buitendijks. De vaststelling van juristen bij RWS, provincie en gemeente luidt dat het huidige bestemmingsplan geen wijziging behoeft, en dus in principe een omgevingsverordening volstaat op basis van een goede passende beoordeling in het kader van de nb-wet. Onderdelen van Marconi op plaatsen waarvoor momenteel geen bestemmingsplan geldt, of waaraan in het bestemmingsplan uit 1991 goedkeuring is onthouden, kunnen mogelijk leiden tot een planrisico. Dat geldt voor delen van de Griesberg en voor de kweldergebieden van Marconi buitendijks. Om helderheid te krijgen over dit soort onzekerheden vindt op 31 maart een risicosessie plaats met alle betrokken bestuurders (Versnellingskamer).



- Aan het uitgereikte *Verslag juridische planning Marconi* d.d. 12 februari 2014 moet nog het onderdeel Beheerverordening nog worden toegevoegd.
- De Provincie Groningen is trekker van de Waddenfondsaanvraag en draagt ook bij aan de cofinanciering. Coördinatoren van de Marconi uitvoeringstrajecten zijn

Rick Hoeksema (Rijkswaterstaat) en Irene van Dorp (provinciaal teamcoördinator Natuur en Landschap). De provincie voert de procedures uit voor de 'groene' vergunningen; Rijkswaterstaat begeleidt de procedures voor de Griesberg.

- Linda Noorman biedt aan om als provinciaal bouwmeester mee te denken over de ruimtelijke kwaliteit. Dat aanbod wordt door alle aanwezigen in dank aanvaard.
- De planuitvoering bevindt zich momenteel op het door het Waddenfonds voor een aanvraag vereiste schetsniveau. Schakel een landschapsarchitect in zodra je de schetsen verder verdiept en verder uitwerkt, en zorg dat het plan ook ontwerp-kwaliteit krijgt. Hetzelfde geldt voor het ecologisch ontwerp van Marconi. Borg ook de kwaliteit bij de aannemer(s) door ze in een tijdig stadium te voeden met kennis over beoogde ruimtelijke kwaliteit en ecologie.
- De Stuurgroep wordt geïnformeerd over de conclusies van juridische analyse en de meest recente stand van kennis daaromtrent.

2 Aanvraag Waddenfonds

Bureau PAU werkt aan de concept-Waddenfonds-aanvraag. Daaraan dragen ook het Programma Rijke Waddenzee en Het Groninger Landschap mee.

- Op 13 maart bespreekt de werkgroep Waddenfonds-aanvraag het volgende concept. Het ontwerp Natuur zit er inmiddels goed in, maar Recreatie en toerisme vraagt nog wat meer uitwerking.
- De Waddenfonds-aanvraag staat op de agenda voor de Stuurgroep in juni, en moet dus in mei afgerond zijn.
- Het aspect Kennisontwikkeling zit in het onderdeel *Building with Nature*, die het voor 1/3 cofinanciert. Dit onderdeel is al afgestemd met Programma Rijke Waddenzee en het Waddenfonds en is onderdeel van de totale aanvraag.
- De Stuurgroep van 6 maart wordt geïnformeerd over de laatste stand van zaken.

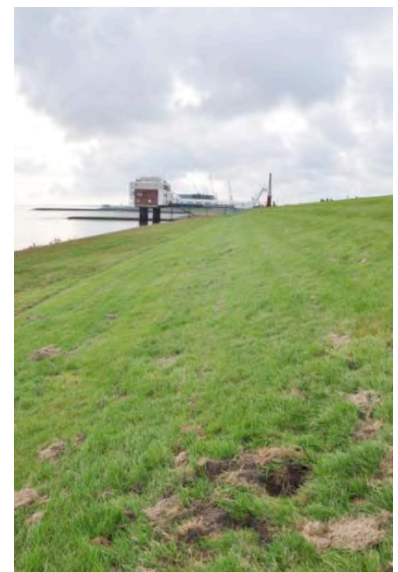


3 Kansen voor dijk Kwelderland

De geagendeerde toelichting van Gerwin Zantingh kon door afwezigheid niet doorgaan.

Het aanpakken van de dijk tussen Delfzijl en de Eemshaven heeft een hoge urgentie omdat de bekleding en de stabiliteit zijn afgekeurd. Vanuit het nHWBP heeft Richard Jorissen al aangegeven bereid te zijn de financiering naar voren te halen en daarmee vooruit te lopen op het resultaat van de Projectoverstijgende verkenning Waddenzeedijken.

- In verband met de discussie over de aardbevingen wil minister Kamp de dijkversterking naar voren halen en is hij bereid om de voorfinancieringskosten voor zijn rekening te nemen.
- Hoogste prioriteit heeft het uitwerken en opstellen van een Plan van Aanpak voor dit dijktracé. De gemeente is eigenaar van het hele stuk grond langs de dijk. Zorg ook hier voor land-



schapsarchitectonische inbreng, het Bouwheerschap is hiertoe bereid. Er ligt een uitgelezen kans om er een voorbeeldproject van te maken met een hoge ruimtelijke en natuurkwaliteit.

- Geef aan wat de huidige stand is rond het dijktracé bij Kwelderland: welke gedachten leven er, welke kansen liggen er, en dat wordt gewerkt aan een Plan van Aanpak.
- De gemeente attendeert op de volgende activiteiten van Groningen Seaports:
 - GSP maakt een overzicht van de mitigerende maatregelen op Oosterhorn. Geef daarin ook de onderlinge samenhang aan en de afstemming met de omgeving.
 - GSP werkt aan het vestigingsbeleid in Eemshaven en Oosterhorn (waar, criteria, ruimtelijke keuzen). In die planning van GSP staan de Pier van Oterdum en de Grote Polder nog ingepland als industriegebied. Met het oog op de geluidscontour bij Borgsweer ligt die functie evenwel niet voor de hand.

4 Inzet richting Stuurgroep 6 maart

- Geef in hoofdlijnen de voortgang van de Waddenfondsaanvraag aan en maak duidelijk dat de juridisch-planologische planning een hoofdpunt is.
- Geef aan dat er voldoende onderzoeksresultaten liggen om een passende beoordeling op te kunnen stellen. Breng dat punt ook in bij de risicobeoordeling.
- Geef de beoogde samenwerkingsverbanden en verantwoordelijkheden aan: gemeente doet de Waddenfondsaanvraag en is opdrachtgever, maar laat zich door de deskundigheid van RWS en provincie laten helpen in de uitvoering en/of begeleiding.
- De planning die weergeeft hoe de dijkversterking bij Kwelderland (Delfzijl Noord) past in het schema *Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport* (MIRT).
- Meld de voortgang in de ontwerpkeuze voor de zoet-zoutovergang en spui bij de Pier van Oterdum, met het oog op de daarvoor benodigde ruimtelijke reservering.



5 Voorkeursvariant zoet-zoutnatuur en spui bij Pier van Oterdum (tweede werksessie)

Hans Verhoogt geeft een korte samenvatting van de vorige werksessie en licht de gebruikte beoordelingsmatrix met randvoorwaarden toe. Hij beschrijft uitwerkingen van de voorkeursvariant: spui met vispassage, buitendijkse zoet-zoutovergang, binnendijkse brakwaterzone met vogeleiland en groenstrook langs het spuikanaal.

- De uitvoering van het geheel moet functioneel, toekomstbestendig en esthetisch verantwoord zijn. Voeg daarom aan de matrix ook het aspect Ruimtelijke kwaliteit toe.
- De reserveringszone voor leidingen die het Rijk

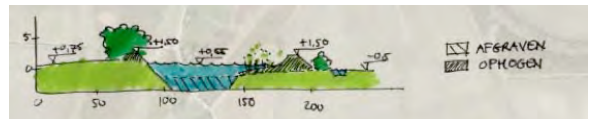


vraagt is 250 meter breed, de gemeente gaat uit van een afstand van 70 meter tot de leiding. Krijg daar helderheid in.

- Ga na of het werkgebied een mogelijke locatie is van niet-gesprongen explosieven (NGE's).
- Neem ook de Havenvisie 2030 van Groningen Seaports mee.

Opmerkingen bij de voorkeursvariant

- De focus in de opdracht aan *EcoShape* lag in het onderzoeken van mogelijkheden voor een spuikanaal met een zoet-zoutovergang, dat op termijn de huidige functie van de spui in de haven kan vervangen. Technisch-functioneel, met een inrichting door Building with Nature, en rekening houdend met de overige randvoorwaarden, functies en eisen.
- De rechthoek tegen de dijk is groene ruigte; de Grote Polder is nu natuur. Het is een oud gronddepot en staat bij GSP in de boeken als potentieel industriegebied. Mogelijk is bij dit gebied aansluiting te zoeken wegens mitigatie van de uitbreiding Oosterhorn. Zoek met dit plan rond de zoet-zoutovergang ook aansluiting bij de met en door de bewoners geschetste (grond)Wal van Borgsweer.
- De in het ontwerp geschetste zone is erg smal, dus kwetsbaar. Kijk naar de ecologische betekenis en mogelijkheden. Gezien het aangrenzende N2000 gebied is het geen plek om te bebossen. Welke aanvullende functie de aangrenzende agrarische gronden zouden kunnen hebben is nog niet duidelijk.
- Voor de visuele scheiding tussen Oosterhorn en Borgsweer wordt gedacht aan een grondwal met beplanting. Kies langs het spuikanaal een functionele 'harde' rand aan de hoge kant van het terrein (de GSP-kant), en een glooiende, losser vormgegeven oever aan de lager gelegen oostkant. Probeer daarbij te voorkomen dat je nu aan de oostkant bomen plant die je over twintig jaar – bij de inrichting van een brede variant van het spuikanaal – moet kappen.
- Wil de geplande zone ook ecologische waarde hebben, dan zou hij in plaats van 100 meter in de optimale variant, minimaal 150 meter breed moeten zijn. Linda Noorman levert een schets aan voor de lage kant van de wal.
- Binnen de gekozen voorkeursvariant moet een keuze gemaakt worden uit de hier besproken minimale of bredere uitwerkingen. Formuleer die, en breng ze in de Stuurgroep. Neem daarin ook de Grote Polder mee, eventueel in combinatie met een natuurfunctie van het landbouwgebied.
- Het op termijn te realiseren kunstwerk aan het eind van het Oosterhornkanaal – spoorbrug en openbare weg over twee gescheiden watergangen en een afwateringssloot – wordt complex en vraagt zowel ruimte als speciale aandacht.



Functioneel ontwerp spui en vismigratie

Floris van der Ziel licht het ontwerp voor de spui toe. Deze moet aan bepaalde eisen voldoen om vispasserbaar zijn, maar ook risicoloos en robuust. Omdat je spuit op vrij

verval, is er een goed tijdvenster voor vis (in) en water (uit). Voor de kwelder is een ophoging van de bodem noodzakelijk.

- Geef aan welke meerwaarde voor natuur deze oplossing heeft. Gebruik de meest recente stand van de kennis over vismigratie en vispassage.
- Het uitgangspunt van een maximaal spuibolume per dag van 2 miljoen m³/dag wordt nog kortgesloten met het waterschap. Dit volume bepaalt de dimensionering van de spui en het spuikanaal. Ga uit van vijf spuiokers van 5 meter breed.
- Met het oog op bodemdaling en zeespiegelstijging verwacht waterschap tot 2040 onder vrij verval te kunnen spuien. Daarna is wellicht een combinatie van spui en gemaal nodig.



Modelstudie effecten nieuwe spui

Bart Grasmeyer geeft de eerste resultaten van een modelstudie naar saliniteit, baggerbezwaar en stroming in het Zeehavenkanaal. Aan de precisering van het model wordt nog gewerkt.

- De nieuwe spui zou op termijn de huidige spui van het Eemskanaal in het Zeehavenkanaal moeten vervangen. Die kan dan worden omgebouwd tot recreatiesluis. De ernaast gelegen zeesluis blijft gewoon functioneren.
- Spuien spoelt de haven schoon, maar zuigt daarbij door de verschillen in soortelijke massa van zoet en zout water onderlangs zout water aan. Waar precies het evenwicht ligt tussen schoonspoelen en binnen trekken is nog niet bekend.
- Houd in gedachten dat een spui bij de Pier van Oterdum alleen het Zeehavenkanaal omleidt en geen invloed heeft op de Duurswold- en Fivelingoboezem die ook in het Zeehavenkanaal spuien.
- GSP blijft gewoon bij afgaand tij met de airset werken en stort buiten de periode van primaire productie.

Samenvattend

Met de gepresenteerde informatie hebben we indicaties van de effecten, een ontwerp en een goede indicatie van het ruimtebeslag. Het oogmerk van de studie was om na te gaan welke ruimtelijke reservering er nodig is als de spui pas over 20 tot 40 jaar wordt verlegd. Is de hier geboden oplossing de moeite waard?

- Check die vraag ook nog even bij Programma Rijke Waddenzee.
- Voor de te kiezen variant kun je puur functioneel kijken naar wat minimaal nodig is, of je kunt de variant in een breder kader zetten en zoeken naar andere functie combinaties bijvoorbeeld met recreatie. Voor *EcoShape* is de eerste vraag wat minimaal nodig is voor de spuifunctie en voor de natuurdoelen. Dat kan aanleiding zijn om in breder perspectief te kijken maar de ruimtelijke invulling van de omgeving. Als je kiest voor een breedte van minimaal 150 meter is de vraag welke functie de rest van de polder krijgt.
- Zet in je eindrapport eerst op een rij wat je minimaal nodig hebt en wat de randvoorwaarden en uitgangspunten zijn, voordat je de discussie heel breed trekt.
- Voor GSP past dit plan in de Groene Havenvisie en sluit het aan bij de met de bewoners besproken plannen voor de Wal van Borgsweer.

Conclusies en afspraken

- Hanteer de afschrijvingsperiode van de huidige spuisluis. Die eindigt ergens rond 2030. Behoud de aansluiting op gemaal Rozema.
- Combineer een nieuwe spui waar mogelijk met andere ontwikkelingen. Reserveer nu wel de ruimte, maar maak de Wal van Borgweer zodanig (ook de boombeplanting) dat op termijn het spuikanaal is in te passen.
- *EcoShape* werkt het besproken plan verder uit tot één basisvariant met enkele plussen en zet die in het eindrapport. Daarin worden ook de onderliggende overwegingen toegelicht. Maak een overzicht van de de kosten en de baten (met een ruime marge). *EcoShape* gaat ook na na of er voor het ontwerp voldoende draagvlak is bij het Programma Rijke Waddenzee en past in de totale Eems-Dollard-opgave.
- Iemand van *Building with nature* gaat mee naar het Programma Rijke Waddenzee voor het aftasten van het draagvlak en Jeroen Bos maakt daarvoor een afspraak.
- Afronding rond 15 april, zodat het eindplaatje met het verloop van de discussie mee kan naar de Stuurgroep.

Bijlage 1 Lijst van deelnemers aan het werkatelier

Martin Baptist	<i>EcoShape</i> / IMARES Wageningen UR
Jeroen Bos	Gemeente Delfzijl
Arjen Bosch	De Laar
Bart Grasmeijer	Arcadis
Erik Jolink	Waterschap Hunze en Aa's
Jannes Kamphuis	Groningen Seaports (vanaf Pier van Oterdum)
Klaas Klaassens	Provincie Groningen
Linda Noorman	Provinciaal bouwmeester provincie Groningen
Rob Reintsema	Groninger Landschap
Anneke Rippen	<i>EcoShape</i> /RHDHV
Marije Schaafsma	<i>EcoShape</i> /RHDHV
Jornand Veldman	Gemeente Delfzijl
Hans Verhoogt	<i>EcoShape</i> /RHDHV
Floris van der Ziel	<i>EcoShape</i> /RHDHV
Hans Punter	Tekst & vorm (verslag)

Verhinderd

Monique van den Dungen	Groningen Seaports
Rick Hoeksema	Rijkswaterstaat
Gerwin Zantingh	Waterschap Noorderzijlvest

Bijlage 5

Modelstudie invloed verplaatsen spui Oude
Zeesluis naar Pier van Oterdum op
waterbeweging Delfzijl

**INVLOED VERPLAATSEN SPUI OUDE ZEESLUIS
NAAR PIER VAN OTERDUM OP
WATERBEWEGING DELFZIJL**

ECOSHAPE

26 mei 2014

077661880:0.9 - Concept, vertrouwelijk

C03041.003142.0100



Inhoud

1	Inleiding	2
1.1	Achtergrond en kader	2
1.2	Doel van deze studie	2
1.3	Studiegebied	2
2	Methode	4
2.1	Semi-empirisch model (SedBasin).....	4
2.1.1	Inleiding	4
2.1.2	Modelopzet.....	4
2.2	Procesgebaseerd numeriek model (Delft3D)	5
2.2.1	Inleiding	5
2.2.2	Roosterdimensies en -resolutie	5
2.2.3	Bodemhoogte.....	7
2.2.4	Wind en luchtdruk.....	7
2.2.5	Zoetwaterdebieten	7
2.2.6	Modelvalidatie	9
3	Resultaten	13
3.1	Inleiding.....	13
3.2	Resultaten semi-empirische model	13
3.3	Resultaten proces-gebaseerd model.....	15
3.3.1	Invloed op debiet door havenmond en Monding van de Dollard	15
3.3.2	Invloed op stromingspatroon en saliniteit.....	16
3.3.3	Invloed op advectief slibtransport (onderhoudsbaggerwerk).....	20
4	Conclusies en aanbevelingen	23
	Referenties	24

1 Inleiding

1.1 ACHTERGROND EN KADER

De gemeente Delfzijl heeft in haar visie Maritieme Zone Delfzijl de ambitie uitgesproken om het stadscentrum te vitaliseren en het maritieme karakter van Delfzijl te versterken. Door een andere inrichting wil Delfzijl de beleving van havens, waddennatuur, industrie en waterstaatswerken aantrekkelijker maken. Dit alles achter een veilige waterkering die géén barrière met de buitendijkse gebieden vormt maar er juist een verbinding mee legt. De gemeente Delfzijl en haar partners in het project MARCONI (Maritieme Concepten in Beeld) zien dit als een belangrijke strategie om de gevolgen van bevolkingskrimp, ontgroening en vergrijzing het hoofd te bieden. De opgave voor het opvangen van de krimp wil de gemeente Delfzijl integraal oppakken met andere opgaven die in dit gebied liggen. Deze opgaven hebben vooral betrekking op zeespiegelstijging en de gevolgen voor kustverdediging en waterafvoer via gemalen en spuicapaciteit, de ontwikkeling van het Chemiepark, de ontwikkeling van recreatieve voorzieningen en ecologisch herstel van het Eems-Dollard estuarium.

1.2 DOEL VAN DEZE STUDIE

De Eems-Dollard is een van de laatste open estuaria van Europa en heeft te kampen met een steeds verdere achteruitgang in de ecologie als gevolg van veranderingen in de slibhuishouding en morfodynamiek. De gemeente Delfzijl en haar partners hebben daarom aan het consortium Ecoshape de vraag gesteld om kansrijke inrichtingsvarianten voor de kustverdediging te ontwikkelen die zorgen voor voldoende kustveiligheid en daarbij de ambities t.a.v. de stedelijke ontwikkeling van Delfzijl mogelijk maken en tevens bijdragen aan de ambities t.a.v. ecologie.

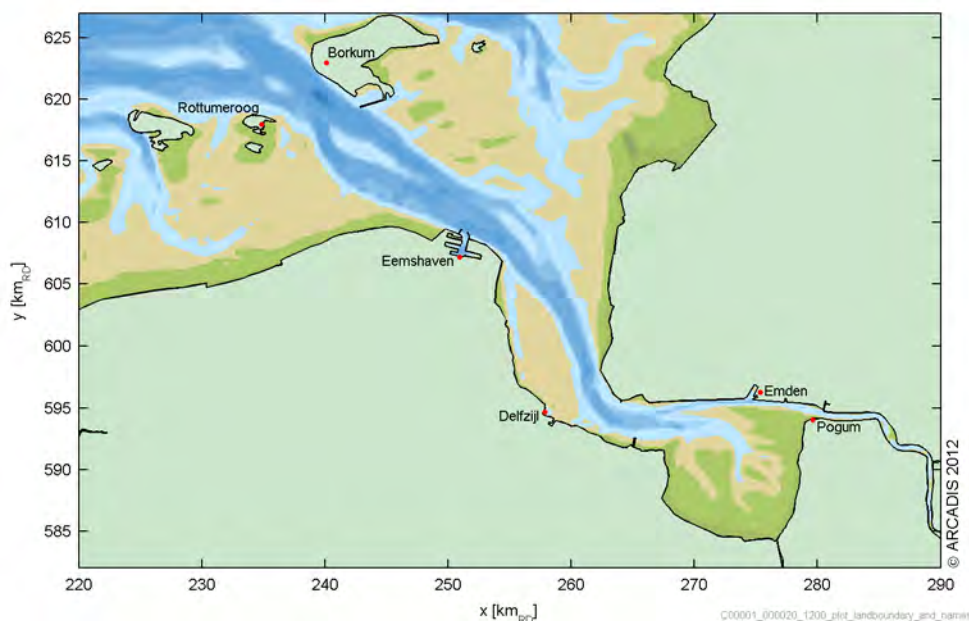
Het doel van voorliggende studie is om met behulp van numerieke modelberekeningen het effect in beeld te brengen van het verplaatsen van het spui in de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum.

1.3 STUDIEGEBIED

Delfzijl is een havenstad en een gemeente in het noordoosten van de Nederlandse provincie Groningen. De naam "Delfzijl" betekent zijk (= sluis) in de Delf (= de oude naam van het Damsterdiep). Delfzijl ontstond in de dertiende eeuw toen er een sluis gebouwd werd in de Delf. Hoewel al langere tijd sprake was van bewoning van het gebied waar het huidige Delfzijl ligt, wordt de naam Delfzijl voor het eerst genoemd in een oorkonde van 19 juni 1303.

Oorspronkelijk lagen er drie zijlen (sluizen) in de Delf. Deze werden Slochter-, Scharmer- en Dorpsterzijl genaamd. Men spreekt dus ook wel van "de drie Delfzijlen". Bij deze sluizen ontstond al snel bewoning

toen er een sluiswachter aangesteld werd. Dit was het begin van het ontstaan van het huidige Delfzijl. De drie sluizen vielen onder het Generale Zijlvest der Drie Delfzijlen.



Figuur 1 Het Eems-Dollard estuarium

Delfzijl ligt aan het Eems-Dollard estuarium in de Waddenzee (Figuur 1). Het Eems-Dollard estuarium beslaat het gebied tussen de riviermonding van de Eems nabij Pogum en de uitmonding van het estuarium in de Noordzee. Het gebied tot één zeemijl is 482 km² groot, waarvan circa 100 km² Dollard. De Rijksgrens met Duitsland in het Eems-Dollard estuarium is omstreden. In het Eems-Dollard verdrag zijn afspraken inzake het natuur- en waterbeheer vastgelegd. Dit beheer wordt gezamenlijk door Nederland en Duitsland uitgevoerd.

Via het zeegat tussen Rottumeroog en Borkum staat de Eems in verbinding met de Noordzee. Door dit zeegat vindt vulling en lediging plaats van het daarachter gelegen kombergingsgebied. Door de getijstromen en golven worden door het zeegat voortdurend grote hoeveelheden sediment heen en weer getransporteerd. In het gebied zelf zorgen wind, getij en golven voor een dynamisch stelsel van geulen en prielen met daartussen zandplaten en slibbanken. Grote delen van de Dollard vallen bij laag water droog. Langs de kust komen kwelders voor. Het estuarium is langgerekt. Zoet water uit de Eems en de Westerwoldse Aa mengt er zich met zout zeewater. Hierdoor is er nog een geleidelijke zoet-zout gradiënt aanwezig. Langs de vaste landskust en op het eiland Borkum beschermen dijken het achterliggende land tegen overstromingen.

Hartsuiker et al. (2007) geven een uitgebreide beschrijving van de hydromorfologische ontwikkelingen van het Eems-Dollard estuarium. Gerritsen (1952) geeft een historische beschrijving van de morfologische ontwikkeling van het estuarium van 1812 t/m 1949. Cleveringa (2008) beschrijft de ontwikkeling van het sedimentvolume in het estuarium en geeft een overzicht van de beschikbare kennis en gegevens.

2 Methode

De effecten van het verplaatsen van het spui van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum is berekend met behulp van twee soorten modellen. Het eerste is een semi-empirische model waarmee de sedimentatie in de haven kan worden berekende en het tweede een gedetailleerd procesgebaseerd Delft3D model van het Eems-Dollard estuarium met nadere detaillering nabij de kust van Delfzijl.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de varianten verwijzen we naar Ecoshape (2014). Dit hoofdstuk beschrijft de opzet van de modellen waarmee de varianten zijn doorgerekend en de validatie van de modellen. Het volgende hoofdstuk beschrijft de resultaten.

2.1 SEMI-EMPIRISCH MODEL (SEDBASIN)

2.1.1 INLEIDING

Sedimentatie in het havenbasin wordt veroorzaakt doordat sedimenthoudend water de haven in- en uitstroomt en de stroomsnelheden in de haven betrekkelijk laag zijn waardoor het sediment daar kan bezinken. De wateruitwisseling in de haven wordt bepaald door getij, wervels in de haventoeegang en dichtheidsstroming onder andere door spuien of pompen. De sedimentatie is naast de wateruitwisseling afhankelijk van de concentratie zwevend stof en de dichtheidsvariatie aan de buitenzijde van de haven.

2.1.2 MODELOPZET

SEDBASIN is een semi-empirisch model op basis van formuleringen zoals gepresenteerd door Eysink (1988). Een vergelijkbare benadering wordt gehanteerd door Van Rijn (2005). Semi-empirisch wil zeggen dat het voor een deel is gebaseerd theorie en wiskundige wetten en voor een ander deel op experimentele resultaten. In het SEDBASIN-model wordt de sedimentatie bepaald door onderstaande vergelijking:

$$\Delta T_s = p T_s / \rho_d$$

Hierin is T_s de sedimentaanvoer per getij (kg/getij), p de sedimentatie factor en ρ_d de droge dichtheid van het sediment (kg/m³).

De factor p bepaalt de hoeveelheid sediment dat zich in de haven afzet. Deze factor is afhankelijk van verhouding tussen waterdiepte en effectieve valsnelheid h/w_{eff} als een maat voor de tijd die nodig is om te vallen, en de tijd die beschikbaar is om te vallen, de zogenaamde retentietijd T_r . Deze factor p kan in het model als volgt worden berekend:

$$p = 1 - e^{-w_{eff}T_r}$$

De sedimentaanvoer wordt bepaald door het uitwisselingsvolume V_e en de getijgemiddelde sedimentconcentratie \bar{c}_{in} daarin:

$$T_s = V_e \bar{c}_{in}$$

De waarde van \bar{c}_{in} kan in het algemeen goed uit metingen worden vastgesteld. De factor p is over het algemeen moeilijk in te schatten zonder meetgegevens.

Belangrijke invloedsfactoren op de uitkomsten van het model zijn de breedte en diepte van de haveningang, de sedimentconcentratie voor de haveningang, de dichtheidsvariatie voor de haveningang, het totale volume van de haven, en het spui- en maaldebiet.

In Tabel 1 zijn de hier gebruikte parametersinstellingen weergegeven. De waarde van de vrije modelparameters is afgeregeld op het huidige onderhoudsbagervolume.

Parameter	Waarde
Lengte haven	5500 m
Breedte haven	300 m
Diepte haven	10 m
Breedte havenmond	300 m
Getijslag	2,99 m
Stroomsnelheid langs haventoeegang	0,75 m/s
Saliniteit	20 psu
Dichtheidsverschil	5-10 kg/m ³
Concentratie slib buiten de haven	70 mg/l (50-90 mg/l)
Droge dichtheid slib	250 kg/m ³
p factor	0,50

Tabel 1. Parameterinstellingen voor berekening van sedimentatie in het havenbasin

2.2 PROCESGEBASEERD NUMERIEK MODEL (DELFT3D)

2.2.1 INLEIDING

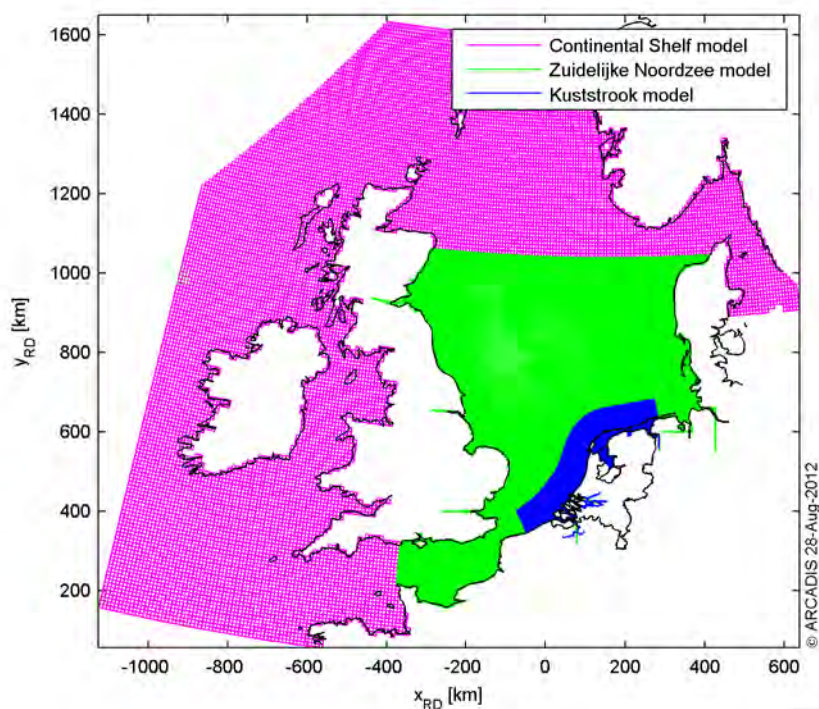
Om de effecten van ingrepen aan de kust van Delfzijl op de water- en sedimentbeweging te bepalen, maken we gebruik van een numeriek model. Voor de MER verruiming vaarweg Eemshaven en de MER uitbreiding en verdieping Eemshaven heeft ARCADIS-Alkyon reeds een Delft3D-waterbewegingsmodel van het gehele Eems-estuarium ontwikkeld (Hartsuiker et al., 2007). Voor het doel van het Marconi-project is een detailmodel van de haven van Delfzijl opgezet dat door middel van domeindecompositie wordt aangestuurd door het Eems-Dollard-model.

2.2.2 ROOSTERDIMENSIES EN -RESOLUTIE

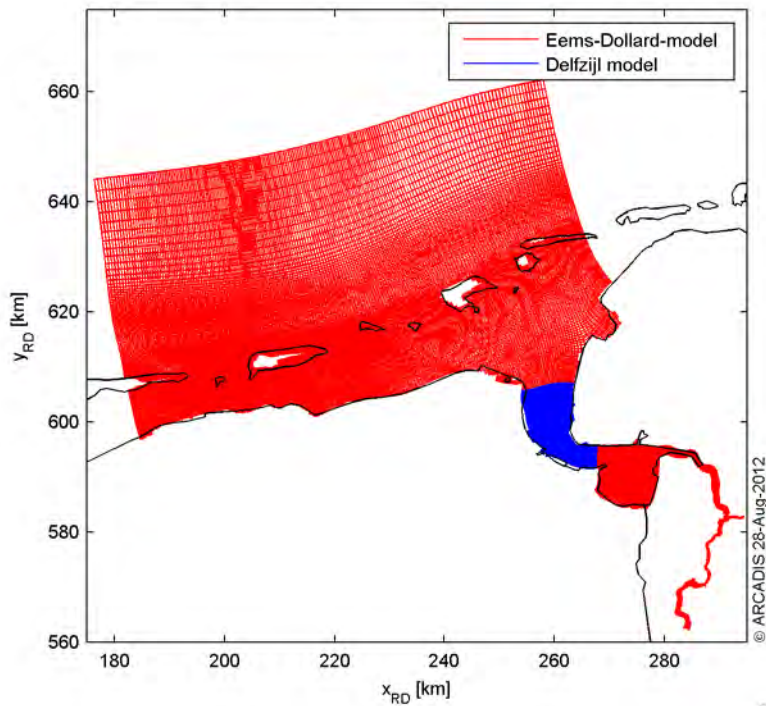
Het Eems-Dollard-model wordt aangedreven door de modellentrein "Van oceaan tot Nederlandse binnenwateren". Figuur 2 toont de roosters van deze modellentrein. Figuur 3 toont het modelrooster van

het Eems-Dollard-model dat zich in west-oost-richting uitstrekt van Ameland tot het Duitse Waddeneiland Juist en in noord-zuid-richting van 30 km ten noorden van Borkum tot Papenburg. Het hierin via domeindecompositie geneste rooster van het Delfzijlmodel strekt van de noordkant van zandplaat Hond-Paap tot de mond van de Dollard.

Het Eems-Dollard-model omvat horizontaal 188x320 rekencellen en verticaal 8 rekenlagen. De celgrootte varieert van ongeveer 1700x600 m in het meest zeewaartse deel tot ongeveer 250x150 m in de monding van de Dollard. Het Delfzijlmodel is een factor 3 fijner dan het Eems-Dollard-model. Het omvat horizontaal 86x187 rekencellen en verticaal 8 rekenlagen. Het heeft een celgrootte van ongeveer 115x90m ter hoogte van de haven van Delfzijl.



Figuur 2 Modellentrein van oceaan tot Nederlandse binnenwateren: Rooster van het CSM, ZuNo en Kuststrook model



Figuur 3 Roosters van Eems-Dollard-model en Delfzijl-model.

2.2.3 BODEMHOOGTE

Voor de schematisatie van de bodemhoogte zijn de volgende gegevens toegepast:

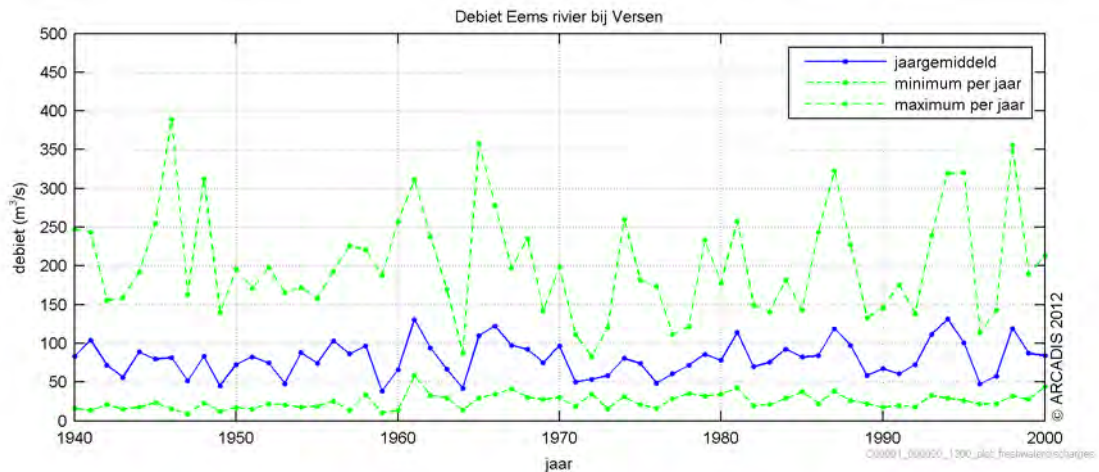
- Bodemhoogtemetingen haven Delfzijl beschikbaar gesteld door Groningen Seaports. Datum van opname: 6 en 7 augustus 2012. Bestandsnaam: delfzijl_002.pts
- Vaklodgingen oostelijk deel van de Waddenzee. Datum opname: 2005-2008. Bestandsnaam: OostWad200508.xyz

2.2.4 WIND EN LUCHTDRIJK

Naast het getij wordt de waterbeweging in het Eems-Dollard estuarium beïnvloed door wind en luchtdruk. Deze forceringen worden in het model opgelegd door middel van in tijd en ruimte variërende wind- en drukgegevens afkomstig van de MATROOS database.

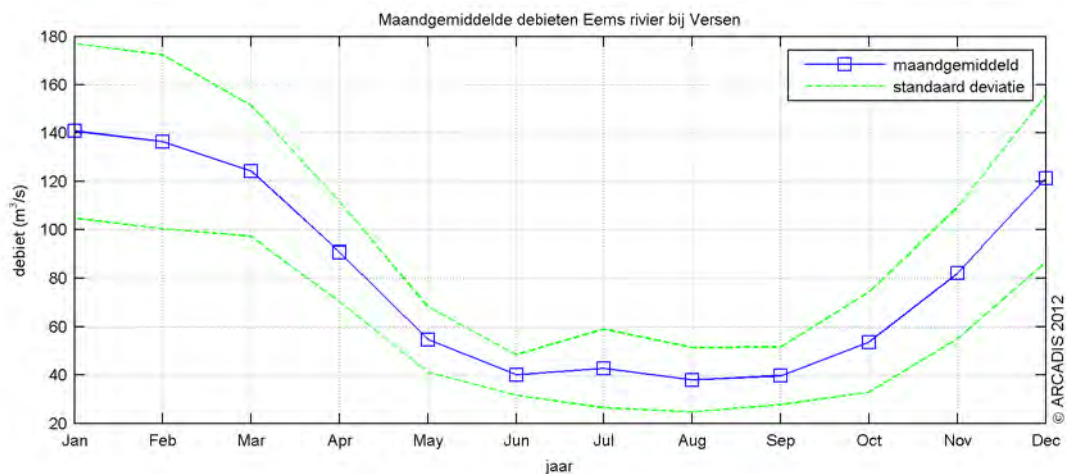
2.2.5 ZOETWATERDEBIETEN

De Eems en de Westerwoldse Aa zijn de belangrijkste bronnen van zoetwatertoevoer in het Eems-Dollard estuarium. Daarnaast heeft het zoetwaterdebiet uit het Eemskanaal bij Delfzijl een lokale invloed op de zoutconcentratie. In onderstaande grafiek geven we een indruk van de debieten die in het model zijn opgenomen.



Figuur 4 Variatie in de tijd van de jaargemiddelde debieten in de Eems rivier bij station Versen

Figuur 4 toont de variatie in de tijd van de jaargemiddelde debieten in de Eems rivier bij station Versen tussen 1940 en 2000. Het jaargemiddelde varieert tussen de 38 en 131 m³/s met een gemiddelde van 80 m³/s. Het maximum per jaar varieert tussen de 83 en 389 m³/s en het minimum tussen de 9 en 58 m³/s. Er bestaat geen statistisch significant toenemende of afnemende trend in de jaargemiddelde debieten van de Eems rivier.



Figuur 5 Lange termijn maandgemiddelde debieten in de Eems rivier bij station Versen

Figuur 5 toont de maandgemiddelde debieten in de Eems rivier bij station Versen. Deze variëren van 141 m³/s in januari tot 38 m³/s in augustus.

De jaargemiddelde afvoer van de Westerwoldse Aa bedraagt ongeveer 10 m³/s en van het Eemskanaal ongeveer 8 m³/s.

De Oude Zeesluis

Via de Oude Zeesluis in Delfzijl wordt het water uit de Eems-Dollardboezem ten westen van Zuidbroek op de Eems gespuid. Via o.a. de Drentsche Aa, de Hunze, het Zuidlaardermeer, het Winschoterdiep en het Eemskanaal stroomt het water naar Delfzijl. Indien het tij gunstig is kan dit water, door het openen van de sluis, gespuid worden de Eems in. Bij voldoende verval wordt een gemiddelde van 80 m³/s bereikt. Het streefpeil is NAP + 0,57 m.

Boezemgemaal De Drie Delfzijlen

Via het boezemgemaal De Drie Delfzijlen wordt overtollig water vanuit de achterliggende Fivelingo-boezem de Zeehaven in gespuid. Het boezemgebied Fivelingo is 16.200 ha groot. Voor het aanvoerkanal, het Damsterdiep, geldt een streefpeil van NAP -1,33 m. In het vaarseizoen wordt voor de recreatievaart de waterstand met ongeveer 10 cm verhoogd.

Overtollig boezemwater wordt zo veel mogelijk onder vrij verval geloosd via de spuikokers. Dit kan alleen als de waterstand op de Eems voldoende laag is. Als de waterstand op de Eems te hoog is dan worden één of meer van de drie schroefpompen van gemaal De Drie Delfzijlen aan gezet.

Het gemaal heeft een capaciteit van 30 m³/s. Het gemaal is genoemd naar het oude Groninger waterschap het "Generale Zijlvest van de Drie Delfzijlen". Dit oude waterschap beheerde de drie oorspronkelijke uitwaterende sluisen (= zijlen), namelijk het Dorpsterzijl, het Slochterzijl en het Scharmerzijl.

Naam	X [m RD]	Y [m RD]	Debiet [m ³ /s]
AkzoNobel koelwater	259320	593963	4,1667
Aldel proceswater	261261	593360	0,0065
Aldel slootwater	261032	593452	0,0046
BEC	261715	593193	1,9000
Delesto 2	259700	594185	10,200
Lubrizol	260066	593791	0,0111
North Water	261050	593427	0,0472
PPG Chemicals	262060	593050	0,4400
Teijin Aramid	259898	593809	0,0108
Zeolyst	261733	593195	0,0181

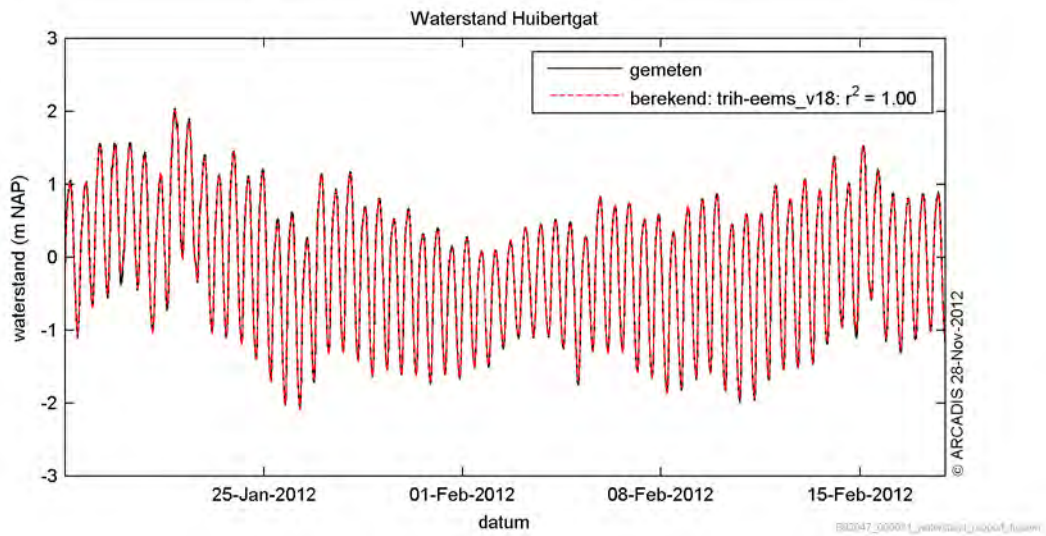
Tabel 2. Overige debieten haven Delfzijl

2.2.6 MODELVALIDATIE

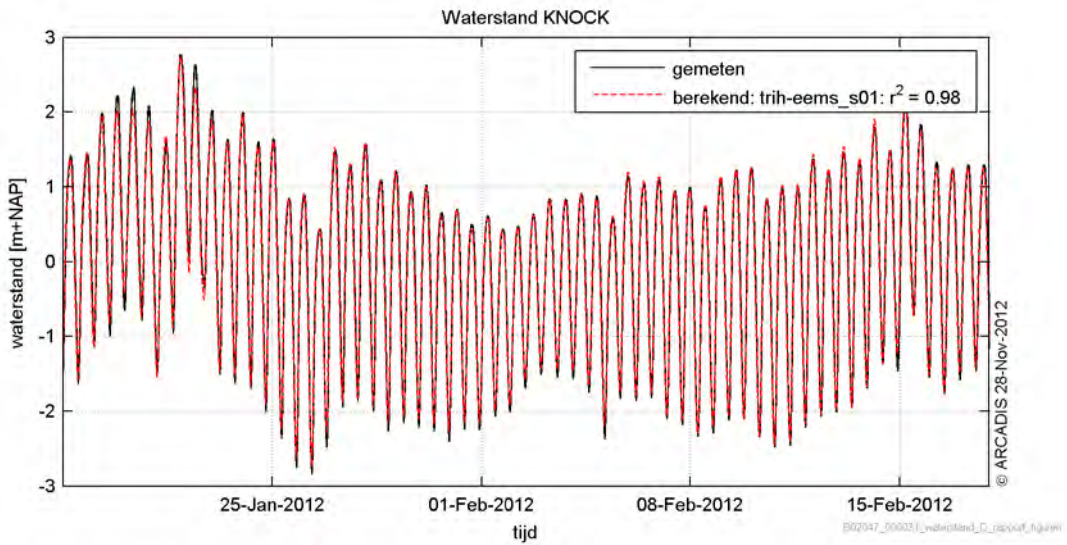
Hartsuiker et al. (2007) beschrijven de kalibratie van het Eems-Dollard model. De geactualiseerde schematisatie van dit model hebben we gevalideerd met behulp van recente waterstands- en snelheidsmetingen. Figuur 6 toont de locaties van de waterstandsstations. Figuur 7 toont ter illustratie van de kwaliteit van het model een vergelijking tussen gemeten en berekende waterstanden bij station Huibertgat. Figuur 8 toont die vergelijking voor station Knock. De overeenkomst tussen metingen en berekeningen is goed.



Figuur 6. Locaties meetstations



Figuur 7. Gemeten en berekende waterstand bij station Huibergat.



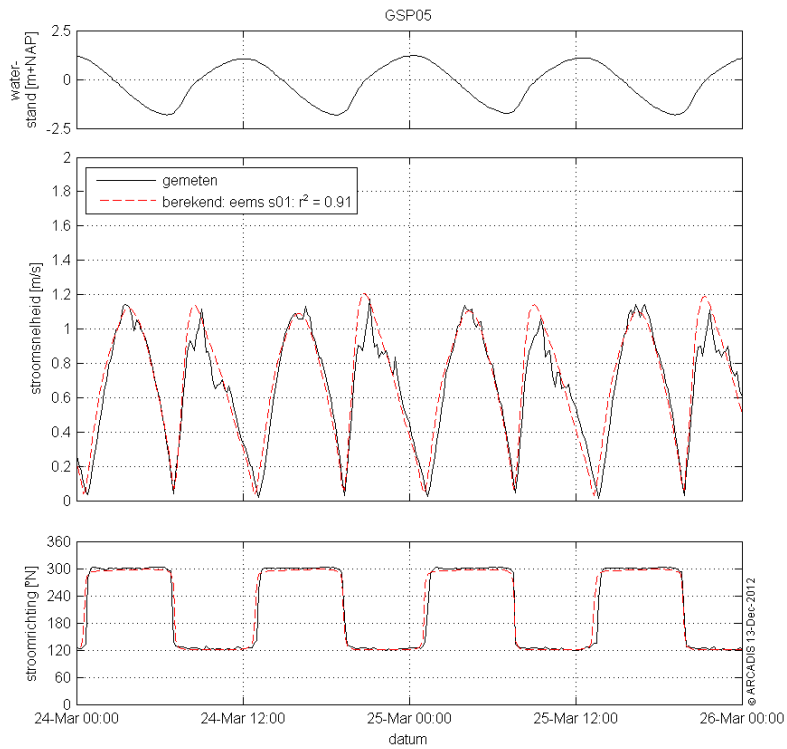
Figuur 8. Gemeten en berekende waterstand bij station Knock.

Naast de validatie op waterstanden hebben we een vergelijking gemaakt tussen gemeten en berekende snelheden. AquaVision heeft ten behoeve van de evaluatie van de MER verruiming vaarweg Eemshaven onder andere metingen uitgevoerd op 2 vaste locaties. Figuur 9 toont deze locaties. Voor een meer gedetailleerde beschrijving verwijzen we naar AquaVision (2012a, 2012b en 2012c).

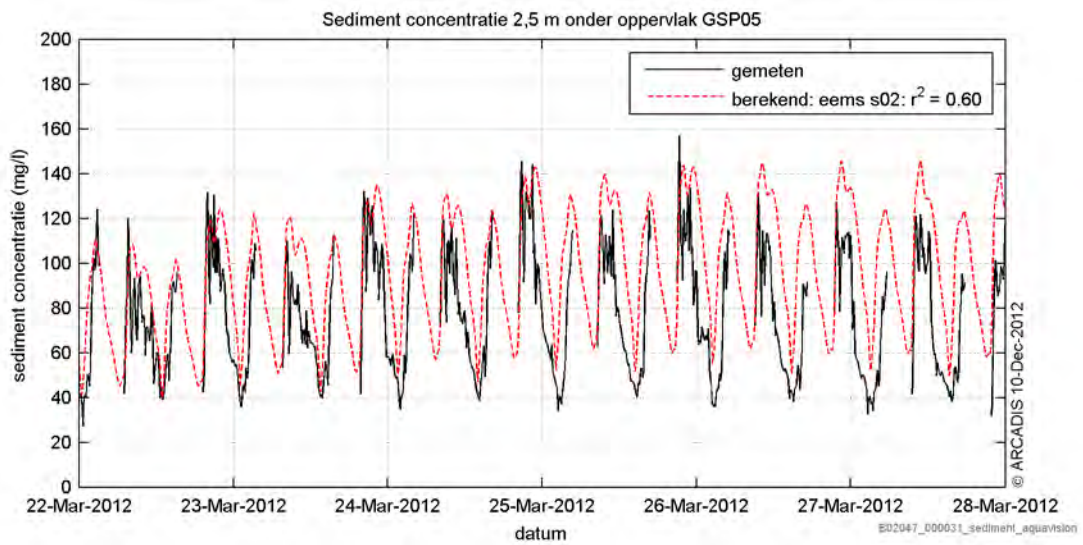


Figuur 9. Meetlocaties AquaVision meetframes

Figuur 10 toont de gemeten en berekende snelheden op locatie GSP5. De overeenkomst tussen metingen en berekeningen is ook voor de snelheden goed. Figuur 11 toont de gemeten en berekende sedimentconcentratie. Ook hier is de overeenkomst goed.



Figuur 10 Gemeten en berekende dieptegemiddelde stroomsnelheden en stroomrichting.



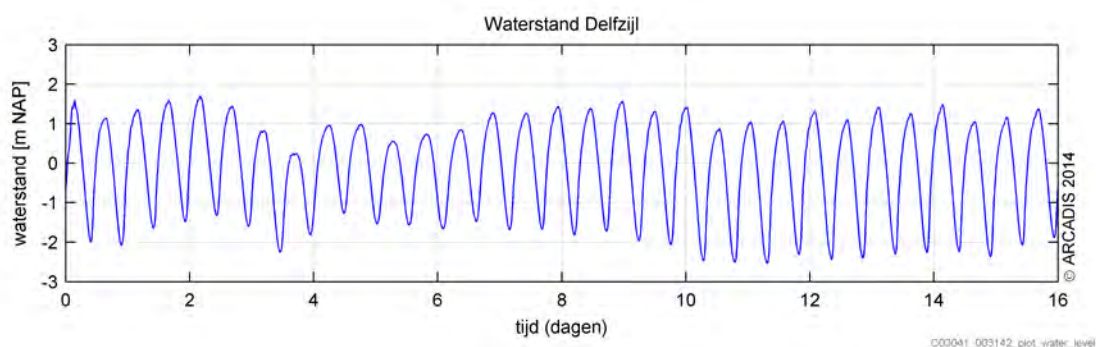
Figuur 11. Gemeten en berekende sedimentconcentratie op 2,5 m onder het wateroppervlak.

3 Resultaten

3.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk presenteert de berekeningsresultaten. Met het semi-empirische SEDBASIN model zijn berekeningen gemaakt voor verschillende waarden van het spuidebiet en het dichtheidsverschil en de slibconcentratie buiten de haven. Op deze manier ontstaat een beeld van de gevoeligheid van de uitkomsten voor variatie van deze parameters. Tabel 1 toont de parameterinstellingen.

Met het Delft3D model zijn er simulaties gemaakt voor een volledige springtij-doodtij cyclus in de periode 9 t/m 25 februari 2011 (figuur 12). Allereerst wordt een indruk gegeven van de waterbeweging in de bestaande situatie. De paragrafen daarna illustreren en beschrijven het berekende effect van het verplaatsen van het spui op de waterbeweging.



Figuur 12. Tijdsree van waterstand bij Delfzijl voor berekende periode.

3.2 RESULTATEN SEMI-EMPIRISCHE MODEL

Sedimentatie in het havenbasin wordt veroorzaakt doordat sedimenthoudend water de haven in- en uitstroomt en de stroomsnelheden in de haven betrekkelijk laag zijn waardoor het sediment daar kan bezinken. De wateruitwisseling in de haven wordt bepaald door getij, wervels in de haventoeegang en dichtheidsstroming door onder anderen spuien of pompen. De sedimentatie is naast de wateruitwisseling afhankelijk van de concentratie zwevend stof en de dichtheidsvariatie aan de buitenzijde van de haven.

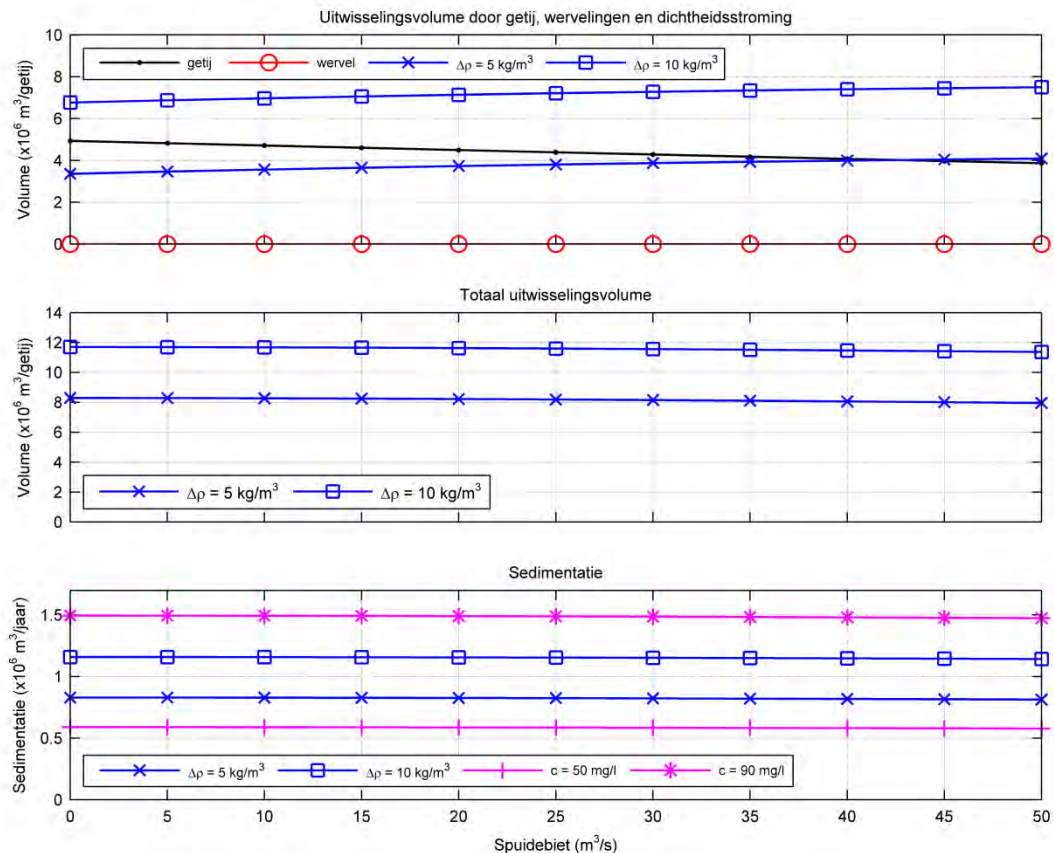
Figuur 13 toont in het bovenste paneel het berekende uitwisselingsvolume door getij (zwarte lijn), door werveling (rode lijn) en door dichtheidsstroming uitgaande van twee dichtheidsverschillen (blauwe lijnen), als functie van het spuidebiet. Uit deze figuur blijkt dat de uitwisseling door getij ongeveer 5×10^6 m³/getij bedraagt. Dit neemt af met toenemend spuidebiet. Het getij wordt als het ware weggedrukt door het spuien. De uitwisseling door dichtheidsverschillen neemt toe met toenemend spuidebiet. Het samenspel van de lage dichtheid van het zoete spuiwater en de hogere dichtheid van het zoute zeewater

zorgt voor een dichtheidsstroming die toeneemt met het spuidebiet. Deze toename is ongeveer even groot als de afname van het uitwisselingsvolume door getij met toenemend spuidebiet. De uitwisseling door dichtheidsstroming wordt ook groter wanneer het dichtheidsverschil op zichzelf groter is. De uitwisseling door wervelingen in het haventoeegang is verwaarloosbaar klein volgende de SEDBASIN-berekeningen.

Het middelste paneel van figuur 13 toont het resulterende totale uitwisselingsvolume bij toenemend spuidebiet berekend met SEDBASIN. Door de afname van het uitwisselingsvolume door getij en de vrijwel even grote toename van dat door dichtheidsstroming, blijft het totale uitwisselingsvolume min of meer constant met toenemend spuidebiet. In werkelijkheid zal het dichtheidsverschil ook enigszins toenemen met toenemend spuidebiet. Dit wordt niet berekend in SEDBASIN. Daarom worden lijnen getoond voor een dichtheidsverschil van 5 kg/m^3 en 10 kg/m^3 .

Het onderste paneel figuur 13 toont de berekende sedimentatie bij toenemend spuidebiet voor twee dichtheidsverschillen en voor twee concentraties buiten de haven. Uitgaande van een constant dichtheidsverschil en een constante concentratie buiten de haven blijft de sedimentatie ook ongeveer constant met toenemend spuidebiet. Hierin is echter de aanpassing van het dichtheidsverschil niet meegenomen. In werkelijkheid zal het dichtheidsverschil enigszins toenemen en daardoor ook de sedimentatie toenemen met toenemend spuidebiet.

Meer inzicht in de effecten van het spui op het stromingspatroon en de dichtheidsverschillen wordt in de volgende paragrafen gegeven.



003041_003142_sedbasin

Figuur 13. Uitwisselingsvolume door getij, wervelingen en dichtheidsstroming (boven), totaal uitwisselingsvolume (midden) en sedimentatie in de haven per jaar (onder), berekend met het semi-empirisch SEDBASIN model.

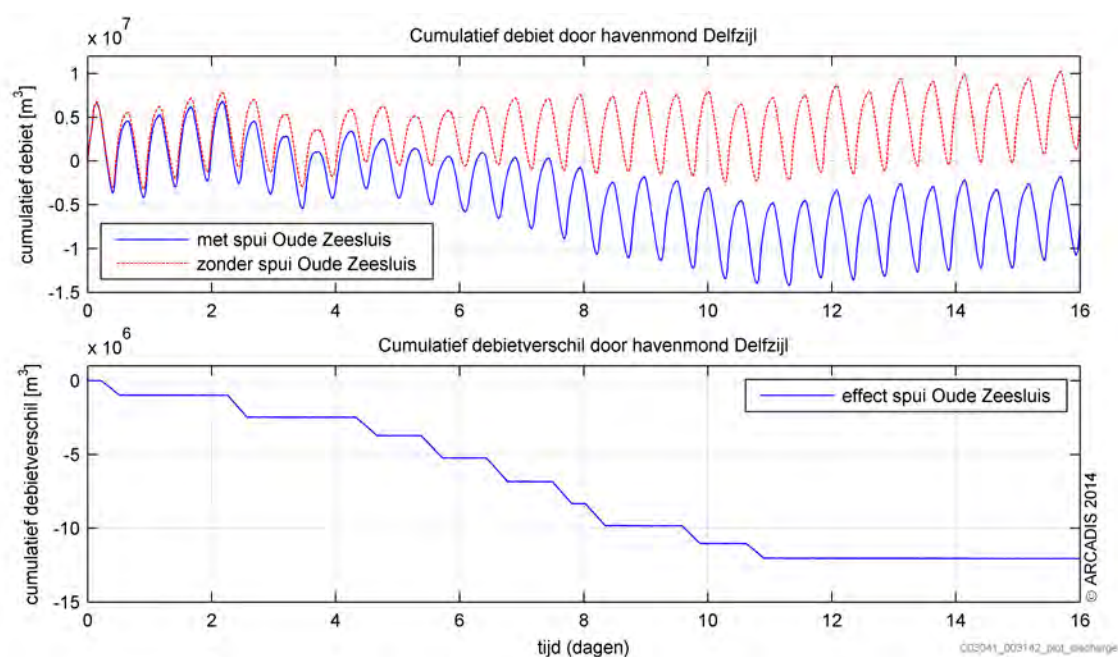
3.3 RESULTATEN PROCES-GEBASEERD MODEL

3.3.1 INVLOED OP DEBIET DOOR HAVENMOND EN MONDING VAN DE DOLLARD

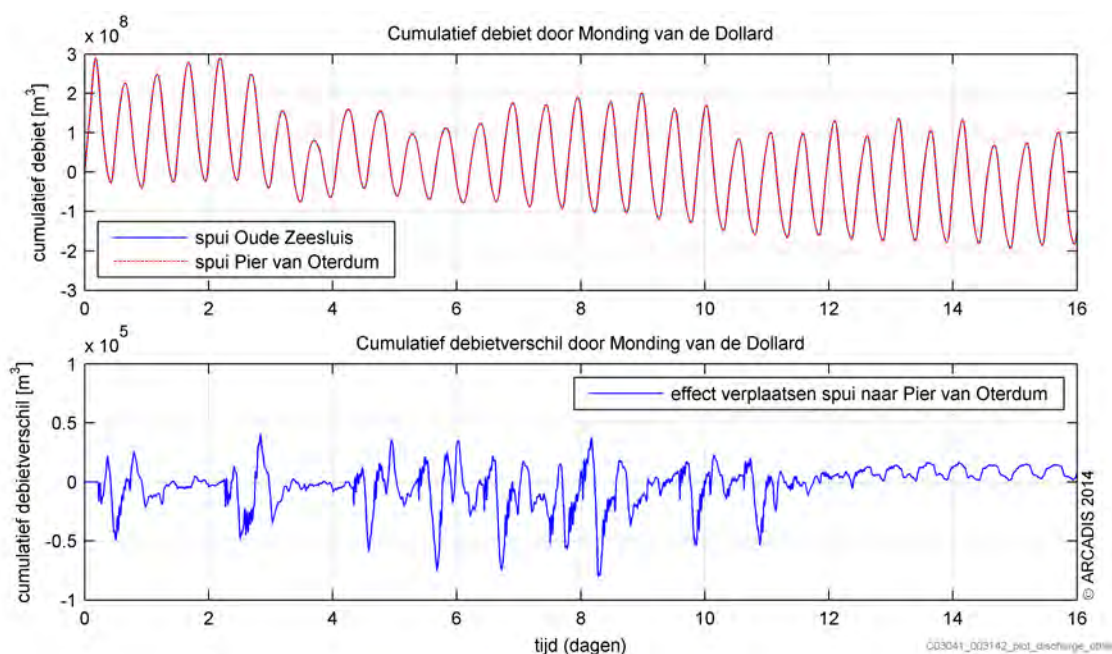
Figuur 14 toont in het bovenste paneel het cumulatief debiet door de havenmond met en zonder spuien door de Oude Zeesluis. In beide tijdseries is de tweemaal daagse getijbeweging duidelijk te herkennen. De lijn met spui door de Oude Zeesluis komt in de tijd steeds verder onder die zonder spui te liggen omdat er met spui netto meer water naar buiten gaat (negatief is naar buiten).

Het onderste paneel van figuur 14 toont het effect van het spuien door de Oude Zeesluis op het cumulatief debiet door de havenmond. Hierin is te zien dat er van dag 0 t/m 10 telkens 0,75 tot 1,6 miljoen m³ wordt gespuid. Het spuien gebeurt niet met een regelmatig patroon. Soms wordt er een dag niet gespuid, soms één keer per dag en op andere dagen twee keer per dag. Van dag 11 tot 16 wordt er niet gespuid.

Figuur 15 toont dezelfde parameters als de vorige figuur maar dan voor de Monding van de Dollard. Ook hier is in het bovenste paneel weer duidelijk de tweemaal daagse getijbeweging te zien. De invloed van het verplaatsen van het spui van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum is door de zeer kleine verschillen op de debieten door de Monding van de Dollard in het bovenste paneel niet te zien. Er gaat orde 200 miljoen m³ per getij heen en weer door de Monding van de Dollard terwijl er orde 1 miljoen m³ wordt gespuid door de Oude Zeesluis of bij de Pier van Oterdum. Een verplaatsing van die betrekkelijk geringe hoeveelheid zal daarom een zeer klein effect hebben op de grote debieten door de Monding van de Dollard. Het onderste paneel toont het effect van het verplaatsen van het spui op zichzelf (let op verschil in schaal van de assen). Duidelijk is dat het effect van het verplaatsen van het spui op de debieten in de Monding van de Dollard inderdaad verwaarloosbaar klein is. Dit zal niet leidt tot veranderingen in het grootschalige stromingspatroon.



Figuur 14. Cumulatief debiet door de havenmond met en zonder spuien door de Oude Zeesluis (boven) en het effect van het spuien door de Oude Zeesluis op het cumulatief debiet door de havenmond (onder).



Figuur 15. Cumulatief debiet door de Monding van de Dollard met spuien door de Oude Zeesluis en met spuien bij de Pier van Oterdum (boven) en het effect verplaatsen van spui van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum op het cumulatief debiet door de Monding van de Dollard (onder).

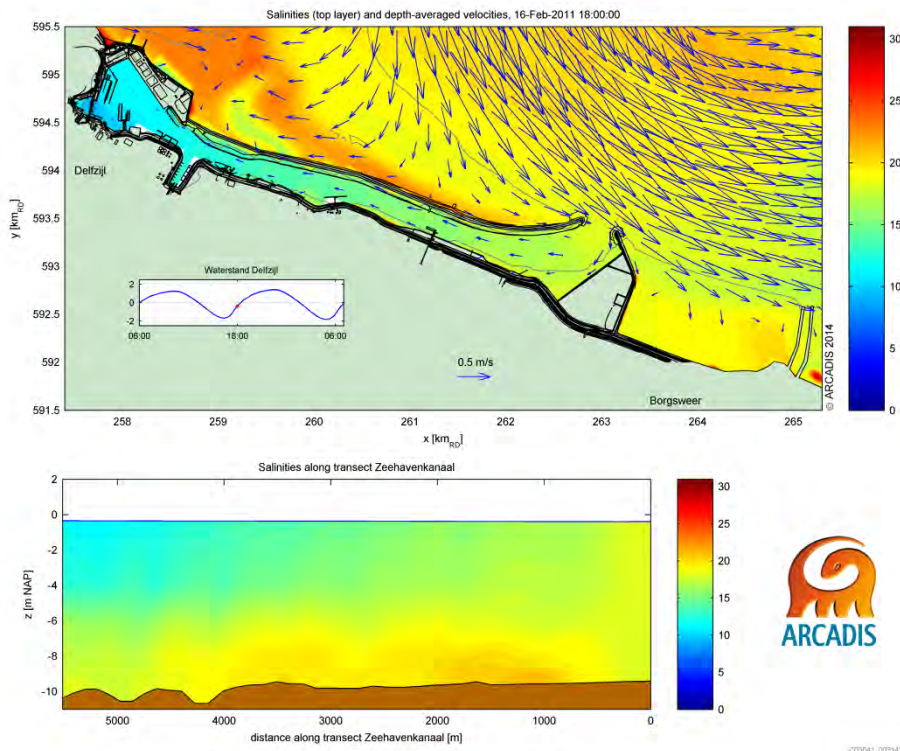
3.3.2 INVLOED OP STROMINGSPATROON EN SALINITEIT

Huidige situatie met spui Oude Zeesluis

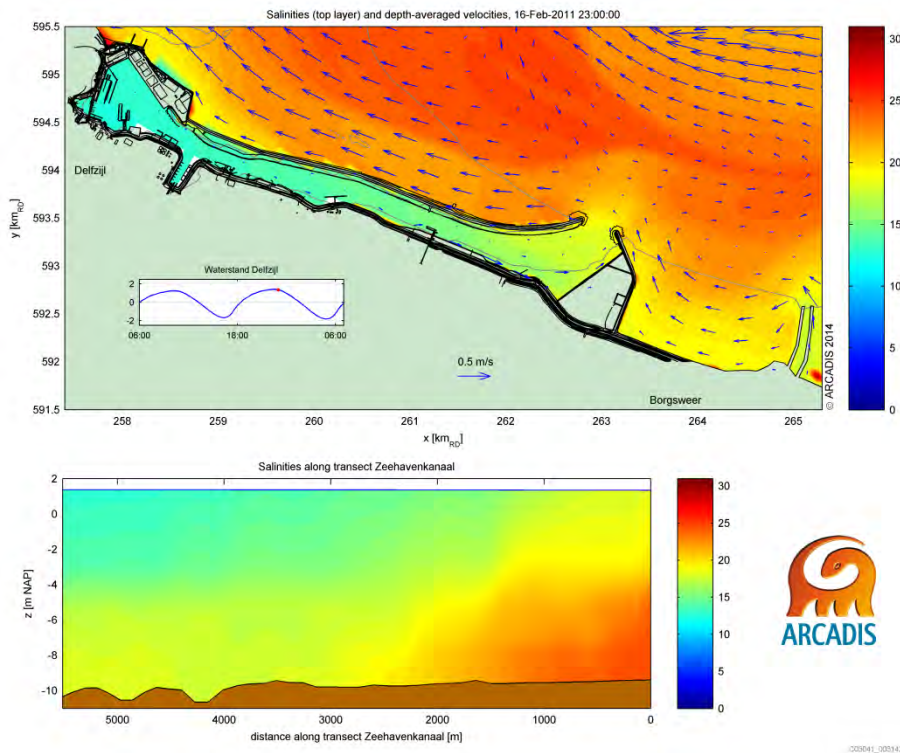
Figuur 16 toont een voorbeeld van de berekende saliniteit en snelheid tijdens vloed (dag 7 van simulatie) in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder) voor de huidige situatie met het spui in de Oude Zeesluis (zie figuur 14 voor cumulatief spuidebiet). De figuur toont de situatie onmiddellijk na het spuien van 1,6 miljoen m³ door de Oude Zeesluis. Het water in de haven is hierdoor in het bovenste deel van de waterkolom met 10-15 psu betrekkelijk zoet en de saliniteit neemt naar buiten toe geleidelijk toe tot 15-20 psu. In het onderste paneel van figuur 16 is een verticale gelaagdheid te zien met betrekkelijk zoet water aan de bovenkant en zouter water dichtbij de bodem. Deze gelaagdheid is het sterkst binnen in de haven en neemt af richting de havenmond.

Figuur 17 toont dezelfde parameters als figuur 16 maar dan tijdens hoog water (aan het einde van dag 7 van de simulatie). Het water in het zeehavenkanaal is dichtbij het wateroppervlak nog betrekkelijk zoet terwijl er in de vloedperiode met name dichtbij de bodem zout water naar binnen is gestroomd. Deze zouttong is in het onderste paneel duidelijk zichtbaar.

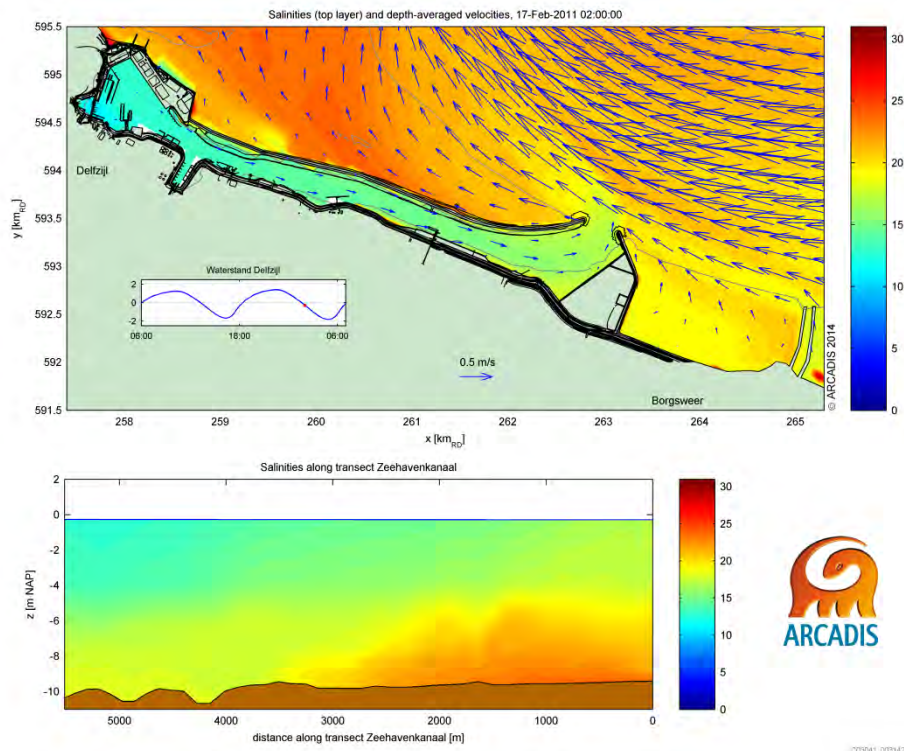
Figuur 18 toont dezelfde parameters als figuur 16 en figuur 17 maar dan tijdens eb aan het begin van dag 8 van de simulatie. Vlak voor deze momentopname is het spui bij de Oude Zeesluis weer geopend. Het zout heeft zich verder verdeeld langs het zeehavenkanaal en het betrekkelijk zoete water stroomt aan de bovenzijde naar buiten.



Figuur 16. Voorbeeld van berekende saliniteit en snelheid tijdens vloed in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder).



Figuur 17. Voorbeeld van berekende saliniteit en snelheid tijdens hoogwater in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder).



Figuur 18. Voorbeeld van berekende saliniteit en snelheid tijdens eb in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder).

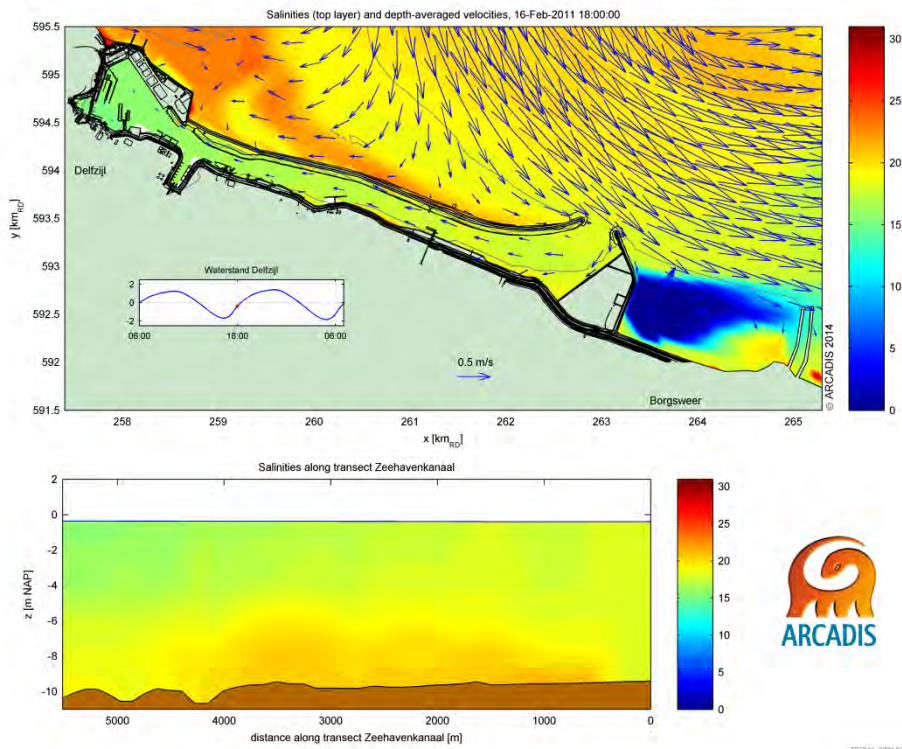
Spui verplaatst van Oude Zeesluis naar Pier van Oterdum

Figuur 19 toont een voorbeeld van de berekende saliniteit en snelheid tijdens vloed (dag 7 van simulatie) in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder) voor de situatie waarbij het spui van de Oude Zeesluis is verplaatst naar de Pier van Oterdum. Het spuiregime is wel gelijk gehouden (zie figuur 14 voor cumulatief spuidebiet). De figuur toont de situatie onmiddellijk na het spuien van 1,6 miljoen m³ bij de Pier van Oterdum.

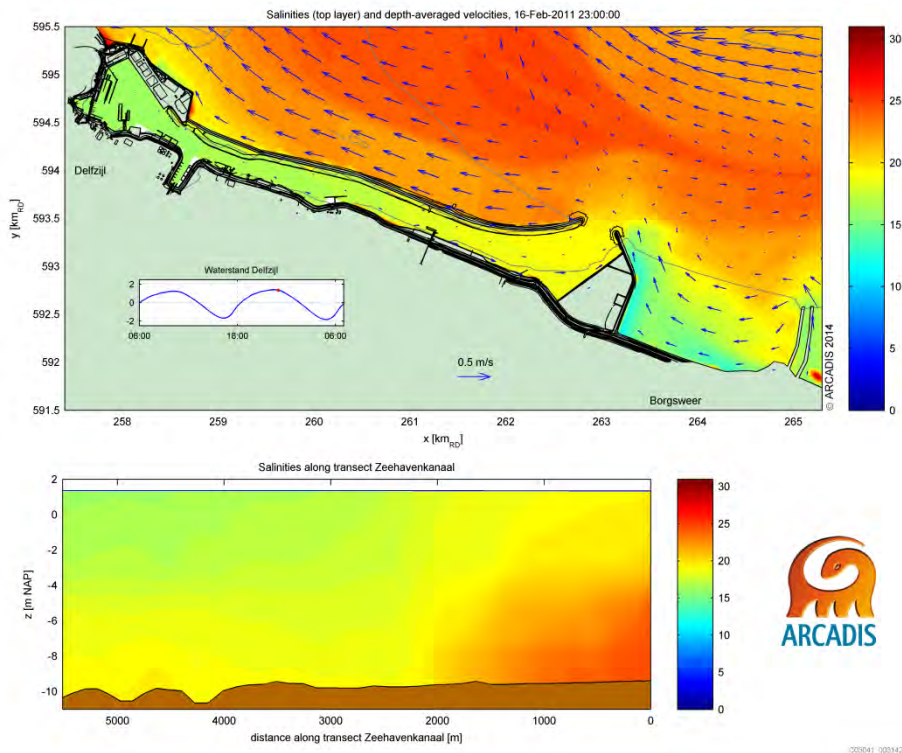
Door verplaatsing van het spui is het water in de haven duidelijk minder zoet dan wanneer er door de Oude Zeesluis wordt gespuid (vergelijk figuur 19 met figuur 16). Ook de verticale gelaagdheid in de haven is minder sterk, hoewel nog steeds aanwezig door onder andere het spuien van zoet water door gemaal Duurswold en de Drie Delfzijlen. Het effect van het spuien van zoet water bij de Pier van Oterdum is duidelijk zichtbaar langs de kust ter hoogte van Borgsweer. Door de geringe diepte en de betrekkelijk kleine uitwisseling met de geul Gaatje Bocht blijft het zoete water in eerste instantie even hangen tussen de Pier van Oterdum en Termunterzijl.

Figuur 20 toont dezelfde parameters als de vorige figuur maar dan tijdens hoog water (aan het einde van dag 7 van de simulatie). Ook hier is te zien dat de haven minder zoet is door verplaatsing van het spui. Het zoete spuiwater heeft zich ter hoogte van Borgsweer inmiddels voor het grootste deel gemengd met het zoute zeeewater.

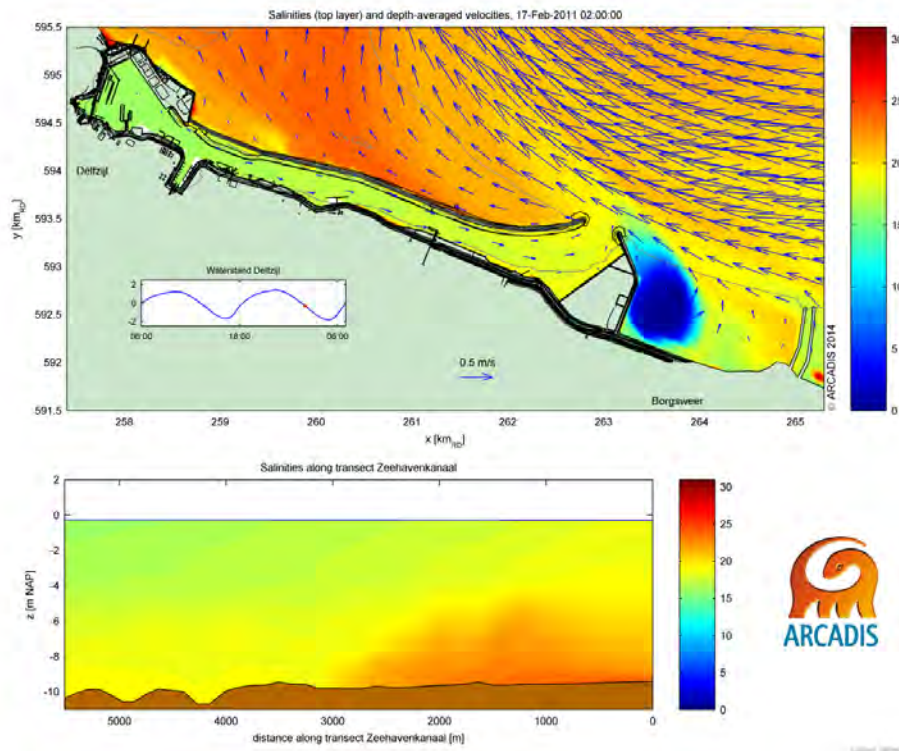
Figuur 18 toont dezelfde parameters als de vorige figuren maar dan tijdens eb aan het begin van dag 8 van de simulatie. Vlak voor deze momentopname is het spui bij de Pier van Oterdum weer geopend en er ontwikkeld zich een zoetwaterpluim die met de eb naar buiten stroomt.



Figuur 19. Voorbeeld van berekende saliniteit en snelheid tijdens vloed in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder) voor de situatie waarbij het spui is verplaatst van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum



Figuur 20. Voorbeeld van berekende saliniteit en snelheid tijdens hoogwater in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder) voor de situatie waarbij het spui is verplaatst van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum



Figuur 21. Voorbeeld van berekende saliniteit en snelheid tijdens eb in bovenaanzicht (boven) en zijaanzicht langs het zeehavenkanaal (onder) voor de situatie waarbij het spui is verplaatst van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum

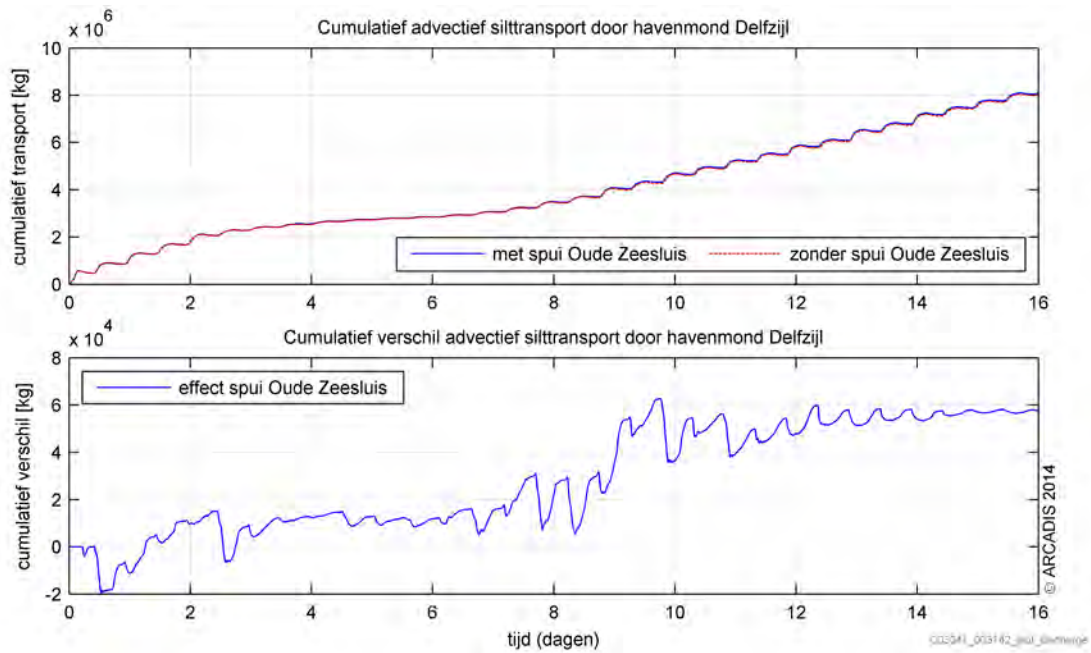
3.3.3 INVLOED OP ADVECTIEF SLIBTRANSPORT (ONDERHOUDSBAGGERWERK)

Figuur 22 toont het cumulatief slibtransport door de havenmond met en zonder spuien door de Oude Zeesluis (boven) en het effect van het spuien door de Oude Zeesluis op het cumulatief slibtransport door de havenmond (onder). Door het getij wordt het slib stapsgewijs de haven in getransporteerd. Tijdens springtij zijn de stappen groter dan tijdens doottij. Aan het einde van de simulatie van 16 dagen is er in totaal ongeveer 8 miljoen kg slib de haven in getransporteerd.

De omrekening naar volumes is afhankelijk van de dichtheid van het slib. Wanneer we uitgaan van een dichtheid van 250 kg/m^3 (licht geconsolideerd) dan resulteert dit in een volume van 32.000 m^3 . De hier gesimuleerde periode is niet representatief voor een jaar maar om toch een globale indruk te krijgen van de hoeveelheden kunnen we dit omrekenen naar een jaarvolume door te delen door 16 en daarna te vermenigvuldigen met 365. We komen dan op $730.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$ in situ. Wanneer we een factor van 1,6 hanteren voor de omrekening van in situ naar beun dan komen we op ongeveer $1,2 \text{ miljoen m}^3/\text{jaar}$. Dit ligt dichtbij het gemiddelde onderhoudsbaggerwerk bij Delfzijl in de afgelopen tien jaar (figuur 24).

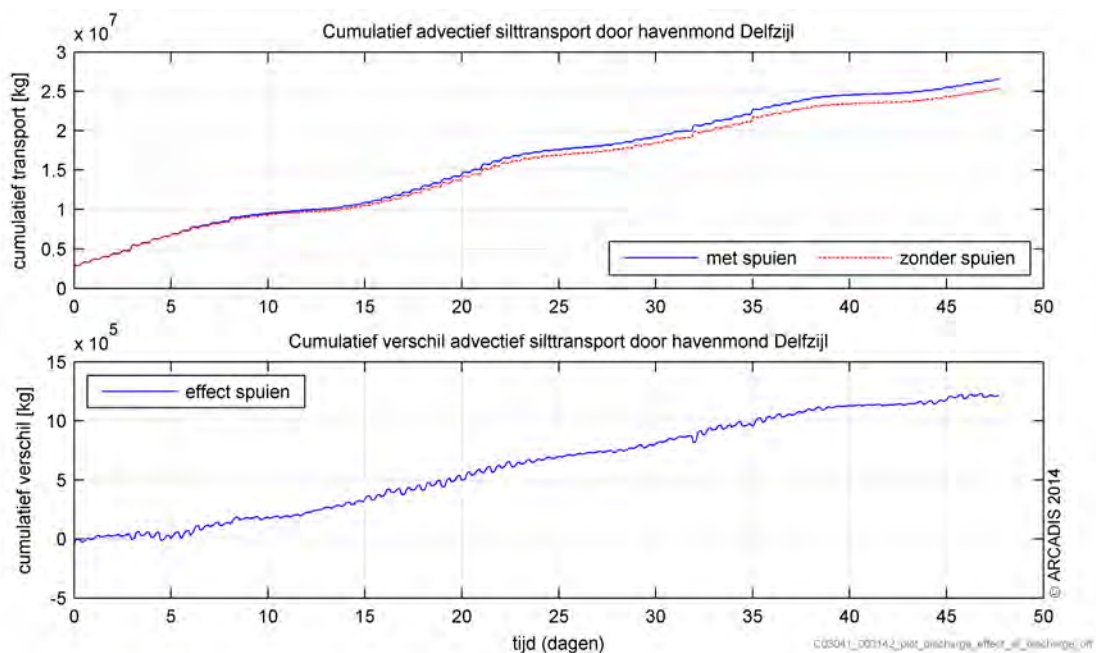
Het onderste paneel van figuur 22 laat het effect van het spuien door de Oude Zeesluis op het slibtransport door de havenmond zien. In de hier uitgevoerde simulaties is er door het spuien na 16 dagen zo'n 57.430 kg slib extra de haven in getransporteerd. Uitgaande van de dichtheid van 250 kg/m^3 resulteert dit in een volume van 230 m^3 na 16 dagen. Vertalen we dit naar een heel jaar dan zou dit neerkomen op ongeveer 5.200 m^3 in situ. Wanneer we een factor van 1,6 hanteren voor de omrekening van in situ naar beun dan komen we op ongeveer $8.300 \text{ m}^3/\text{jaar}$ extra onderhoudsbaggerwerk als gevolg van het spuien door de Oude Zeesluis. Dit is minder dan 1% van het totale volume.

Om een indruk te krijgen van de bandbreedte in vermindering van het baggerbezwaar is ook een berekening gemaakt voor een langere periode (48 dagen) waarbij alle spuien uit de haven van Delfzijl uit het model zijn verwijderd, behalve de industriële debieten zoals vermeld in tabel 2.

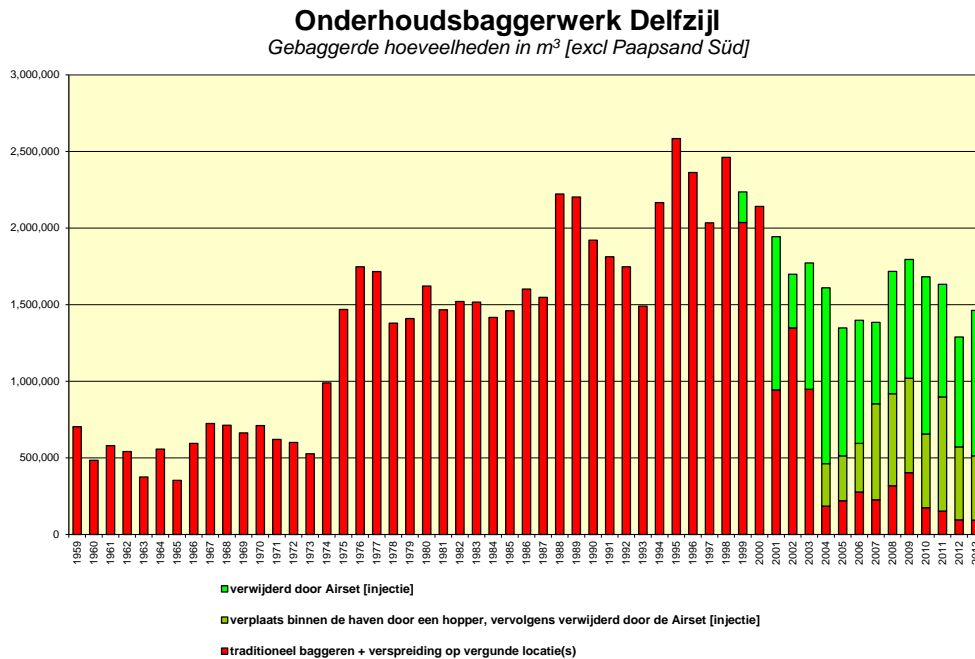


Figuur 22. Cumulatief silttransport door de havenmond met en zonder spuien door de Oude Zeesluis (boven) en het effect van het spuien door de Oude Zeesluis op het cumulatief silttransport door de havenmond (onder)

Figuur 23 toont het cumulatief silttransport door de havenmond met en zonder spuien (boven) en het effect van het spuien op het cumulatief silttransport door de havenmond (onder). In deze langere berekening met en zonder alle spuien is het effect van alle spuien ruim 5% van het totale baggervolume.



Figuur 23. Cumulatief silttransport door de havenmond met en zonder alle spuien (boven) en het effect van het spuien op het cumulatief silttransport door de havenmond (onder)



Figuur 24. Onderhoudsbaggerwerk in de haven van Delfzijl van 1999 t/m 2013. De getoonde hoeveelheden zijn beunvolumes in m³. Bron: Groningen Seaports.

De hier gepresenteerde simulaties zijn uitgevoerd voor een situatie met betrekkelijk hoge spuidebieten maar, daarmee verband houdend, ook een betrekkelijk hoge afvoer van de Eems-rivier (figuur 5). Hierdoor is de saliniteit bij Delfzijl betrekkelijk laag en het dichtheidsverschil betrekkelijk klein vergeleken met bijvoorbeeld de zomerperiode. In de zomer zijn de spuidebieten echter weer beduidend kleiner. Voor een volledig beeld van het effect van het spuien op de jaarlijkse aanslibbing in de haven is deze seizoensvariatie van belang.

Op basis van de hier uitgevoerd berekeningen schatten we de invloed van spuien op het onderhoudsbaggerwerk in de haven van Delfzijl op minder dan 10%.

4

Conclusies en aanbevelingen

Het doel van voorliggende studie is om met behulp van numerieke modelberekeningen het effect in beeld te brengen van het verplaatsen van het spui in de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum. De effecten zijn berekend met behulp van een semi-empirisch model en met behulp van een gedetailleerd Delft3D model van het Eems-Dollard estuarium met nadere detaillering nabij de kust van Delfzijl.

De conclusies van de resultaten uit de simulaties zijn hieronder puntsgewijs samengevat:

- Verplaatsing van het spui van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum heeft een lokale invloed op de waterbeweging, de saliniteit en het slibtransport in en rond de haven van Delfzijl. Het effect op de grootschalige debietverdeling in het Eems-Dollard estuarium is verwaarloosbaar klein.
- Door verplaatsing van het spui is het water in de haven duidelijk minder zoet dan wanneer er door de Oude Zeesluis wordt gespuid.
- De verticale gelaagdheid in de haven is minder sterk door verplaatsing van het spui, hoewel nog steeds aanwezig door onder andere het spuien van zoet water door gemaal Duurswold en de Drie Delfzijlen.
- Tijdens het spuien van zoet water bij de Pier van Oterdum ontwikkelt zich een zoetwaterpluim langs de kust ter hoogte van Borgsweer. Door de geringe diepte en de betrekkelijk kleine uitwisseling met de geul Gaatje Bocht blijft het zoete water tijdens vloed even hangen tussen de Pier van Oterdum en Termunterzijl.
- Tijdens hoogwater vermengt het zoete spuiwater ter hoogte van Borgsweer zich voor het grootste deel met het zoute zeewater.
- De indicatieve berekeningen die zijn uitgevoerd in deze studie laten zien dat verplaatsing van het spui van de Oude Zeesluis naar de Pier van Oterdum tot een betrekkelijk geringe (<10%) afname leidt van het onderhoudsbaggerwerk in de haven van Delfzijl.
- Verplaatsing van het spui naar de Pier van Oterdum zal door de hogere stroomsnelheden niet leiden tot extra aanslibbing op de nieuwe spuilocatie.

De hier gepresenteerde simulaties zijn uitgevoerd voor een situatie met betrekkelijk hoge spuidebieten en, daarmee verband houdend, een betrekkelijk hoge afvoer van de Eems-rivier. Hierdoor is de saliniteit bij Delfzijl betrekkelijk laag en het dichtheidsverschil betrekkelijk klein vergeleken met bijvoorbeeld de zomerperiode. In de zomer is de saliniteit hoger en zijn de spuidebieten beduidend kleiner. Voor een volledig beeld van het effect van het spuien op de jaarlijkse aanslibbing in de haven is ook deze seizoensvariatie van belang. We bevelen daarom aan deze seizoensvariatie van het onderhoudsbaggerwerk en het effect van spuien met aanvullende modelsimulaties in beeld te brengen.

In deze studie is uitgegaan van een buitendijkse zoet-zout-overgang bij de Pier van Oterdum zonder zoutindringing landinwaarts richting het Oosterhornkanaal. Voor het beschouwen van de effecten van een eventuele binnendijkse zoet-zout-overgang bevelen we aan om simulaties uit te voeren met het bestaande 1D Sobek model.

Referenties

- Eysink, W.D., 1988. Sedimentation in harbour basins. Small density differences may cause serious effects, in: International Harbour Congres 1988. Publication No. 417, Delft Hydraulics. pp. 1–13.
- Van Rijn, L.C., 2005. Principles of sedimentation and erosion engineering in rivers, estuaries and coastal seas. Aqua Publications, The Netherlands.

Colofon

INVLOED VERPLAATSEN SPUI OUDE ZEESLUIS NAAR PIER VAN OTERDUM OP WATERBEWEGING DELFZIJL

OPDRACHTGEVER:

Ecoshape

STATUS:

Concept, vertrouwelijk

AUTEUR:

dr.ir. B.T. Grasmeijer

GECONTROLEERD DOOR:

dr. N. Geleynse

VRIJGEGEVEN DOOR:

26 mei 2014
077661880:0.9

ARCADIS NEDERLAND BV
Hanzelaan 286
Postbus 137
8000 AC Zwolle
Tel +31 38 7777 700
Fax +31 38 7777 710
www.arcadis.nl
Handelsregister 09036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden veelevoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.

Bijlage 6

Onderbouwing kostencalculatie nieuwe
spuilocatie en zoet-zout natuur nabij Pier
van Oterdum

Samenvatting SSK							
Kostengroepen Kostencategorieën	Directe kosten			Indirecte kosten	Voorziene kosten	Risicoreservering	Totaal
	Benoemd	Nader te detailleren					
Investeringskosten (indeling naar categorie):							
#NAME?	€ 4.868.268	€ 973.654	€ 1.441.506	€ 7.283.427	€ 1.092.514	€ 8.375.941	
#NAME?	€ 10.349.382	€ 2.069.876	€ 3.064.477	€ 15.483.736	€ 2.322.560	€ 17.806.296	
#NAME?	€ 1.357.908	€ 271.582	€ 402.080	€ 2.031.570	€ 304.735	€ 2.336.305	
#NAME?	€ 331.000	€ 66.200	€ 98.010	€ 495.210	€ 74.281	€ 569.491	
#NAME?	€ 727.750	€ 145.550	€ 215.489	€ 1.088.789	€ 163.318	€ 1.252.107	
Bouwkosten	€ 17.634.308	€ 3.526.862	€ 5.221.561	€ 26.382.730	€ 3.957.410	€ 30.340.140	
Vastgoedkosten	€ 1.080.000	€ 108.000	€ -	€ 1.188.000	€ 23.760	€ 1.211.760	
Engineeringkosten	€ 6.331.855	€ -	€ -	€ 6.331.855	€ 126.637	€ 6.458.492	
Overige bijkomende kosten	€ 2.740.618	€ -	€ -	€ 2.740.618	€ 54.812	€ 2.795.431	
Subtotaal investeringskosten	€ 27.786.782	€ 3.634.862	€ 5.221.561	€ 36.643.204	€ 4.162.619	€ 40.805.823	
Objectoversijgende risico's					€ 4.080.582	€ 4.080.582	
Investeringskosten deterministisch	€ 27.786.782	€ 3.634.862	€ 5.221.561	€ 36.643.204	€ 8.243.201	€ 44.886.405	
Scheefte					€ -	€ -	
Investeringskosten exclusief BTW				€ 36.643.204	€ 8.243.201	€ 44.886.405	
BTW				€ 7.334.785	€ 1.687.117	€ 9.021.903	
Investeringskosten inclusief BTW				€ 43.977.989	€ 9.930.319	€ 53.908.308	
<i>Bandbreedte : met 70% zekerheid liggen de investeringskosten inclusief BTW tussen</i>				€ 26.954.154	en	€ 80.862.462	
<i>Variatiecoëfficiënt</i>							
Levensduurkosten:							
Subtotaal levensduurkosten	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
Objectoversijgende risico's					€ -	€ -	
Levensduurkosten deterministisch	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
Scheefte					€ -	€ -	
Levensduurkosten exclusief BTW				€ -	€ -	€ -	
BTW				€ -	€ -	€ -	
Levensduurkosten inclusief BTW				€ -	€ -	€ -	
<i>Bandbreedte : met 70% zekerheid liggen de levensduurkosten inclusief BTW tussen</i>				€ -	en	€ -	
<i>Variatiecoëfficiënt</i>							
Projectkosten inclusief BTW				€ 43.977.989	€ 9.930.319	€ 53.908.308	
Budgetvaststelling investeringskosten:							
Investeringskosten inclusief BTW				€ 43.977.989	€ 9.930.319	€ 53.908.308	
Organisatiegebonden kosten		0%	€ 53.908.308	€ -	€ -	€ -	
Onzekerheidsreserve (in te vullen door financier)				€ -	€ -	€ -	
Reservering scope wijzigingen (in te vullen door financier)				€ -	€ -	€ -	
Aan te houden risicoreservering en totaal budget investeringskosten				€ 43.977.989	€ 9.930.319	€ 53.908.308	
Budgetvaststelling levensduurkosten:							
Levensduurkosten inclusief BTW				€ -	€ -	€ -	
Organisatiegebonden kosten		0%	€ -	€ -	€ -	€ -	
Onzekerheidsreserve (in te vullen door financier)				€ -	€ -	€ -	
Reservering scope wijzigingen (in te vullen door financier)				€ -	€ -	€ -	
Aan te houden risicoreservering en totaal budget levensduurkosten				€ -	€ -	€ -	

Deelraming Spuikanaal						Versie 3.05 (17 maart 2013)	
Deelraming aan						Totaal	BTW
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			%
Investeringskosten:							
1	Spuikanaal	-		€	-	€	21,00%
1,01	Geschikt maken van de ondergrond	205.900,00	m2	€	0,60	€	21,00%
1,02	Opnemen bovenlaag/bovenlaag	61.770,00	m3	€	3,30	€	21,00%
1,03	Graven nieuwe watergang of geul	337.125,00	m3	€	7,80	€	21,00%
1,04	Op/aanvullen waterbodemp met klei	54.591,21	m3	€	16,20	€	21,00%
1,05	Aanbrengen dijken / kades van klei	35.709,88	m3	€	16,80	€	21,00%
1,06	Aanbrengen bovenlaag "naast" watergang	29.580,00	m3	€	3,60	€	21,00%
1,07	Inzaaien bermen watergang en/of de plaats van de oude watergang	98.600,00	m2	€	0,70	€	21,00%
1,08	Inrichting natuur vriendelijke oever	1.450,00	m	€	70,00	€	21,00%
1,09	Kruising watergangen / stuw	1,00	st	€	150.000,00	€	21,00%
		-		€	-	€	21,00%
		-		€	-	€	21,00%
		-		€	-	€	21,00%
00-BDBK	Benoemde directe bouwkosten				€	4.868.268	21,00%
00-NTDBK	Nader te detailleren bouwkosten (%)	20,00%	%	€	4.868.268	€	973.654
00-DBK	Directe bouwkosten				€	5.841.921	21,00%
	Eenmalige kosten						
	Eenmalige kosten (%)	2,00%	%	€	5.841.921	€	116.838
00-IBKEK99							
00-IBKEK	Totaal eenmalige kosten				€	116.838	21,00%
00-IBKABK	Algemene bouwplaatskosten (%)	2,00%	%	€	5.841.921	€	116.838
	Post benoemde indirecte bouwkosten	-	ehd	€	-	€	21,00%
00-IBKUK	Uitvoeringskosten (%)	7,00%	%	€	5.841.921	€	408.934
	Post benoemde indirecte bouwkosten	-	ehd	€	-	€	21,00%
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	8,00%	%	€	6.484.532	€	518.763
00-IBKAK2	Algemene kosten	-	ehd	€	-	€	21,00%
00-IBKW1	Winst (%)	2,00%	%	€	7.003.295	€	140.066
00-IBKW2	Winst	-	ehd	€	-	€	21,00%
00-IBKR1	Risico (%)	2,00%	%	€	7.003.295	€	140.066
00-IBKR2	Risico	-	ehd	€	-	€	21,00%
00-IBKB1	Bijdrage RAW (%)	0,00%	%	€	7.283.427	€	-
00-IBKB2	Bijdrage FCO (%)	0,00%	%	€	7.283.427	€	-
	Post benoemde indirecte bouwkosten	-	ehd	€	-	€	21,00%
00-IBKS1	Stelpost(en)	-	euro	€	-	€	21,00%
00-IBKS2	Stelpost(en)	-	euro	€	-	€	21,00%
00-IBK	Indirecte bouwkosten	24,68%	t.o.v. directe bouwkosten		€	1.441.506	21,00%
00-VBK	Voorziena bouwkosten				€	7.283.427	21,00%
00-NBORBK	Niet benoemd objectrisico bouwkosten (%)	15,00%	%	€	7.283.427	€	1.092.514
00-RBK	Risico's bouwkosten	15,00%	t.o.v. voorziena bouwkosten		€	1.092.514	21,00%
00-BK	Bouwkosten Deelraming Spuikanaal				€	8.375.941	21,00%
		-		€	-	€	0,00%
	grondverwerving - bebouwd perceel	-	m2	€	-	€	0,00%
	grondverwerving - agrarisch	144.000,00	m2	€	7,50	€	1.080.000
	grondverwerving - tuinbouw	-	m2	€	-	€	0,00%
	aankoop, sloop woningen / opstallen	-	euro	€	-	€	0,00%
		-		€	-	€	0,00%
		-		€	-	€	0,00%
00-BDVK	Benoemde directe vastgoedkosten				€	1.080.000	0,00%
00-NTDVK	Nader te detailleren vastgoedkosten (%)	10,00%	%	€	1.080.000	€	108.000
00-DVK	Directe vastgoedkosten				€	1.188.000	0,00%
00-IVK010	Notaris- en kadasterkosten	1,00	dossier	€	-	€	21,00%
00-IVK015	Taxatiekosten van taxateurs en/of adviseurs	1,00	dossier	€	-	€	21,00%
00-IVK020	Kosten gerechtelijke onteigeningsprocedure (advocaat- en rechtbankkosten)	-	zaak	€	-	€	0,00%
00-IVK025	Bijdrage kosten deskundige bijstand rechthebbende (%)	0,00%	%	€	1.188.000	€	-
00-IVK030	Kosten planschade en/of nadeelcompensatie (%)	0,00%	%	€	1.188.000	€	-
00-IVK035	Overdrachtsbelasting bij verandering juridisch of economisch eigenaar (%)	0,00%	%	€	1.188.000	€	-
00-IVK	Indirecte vastgoedkosten	0,00%	t.o.v. directe vastgoedkosten		€	-	0,00%
00-VVK	Voorziena vastgoedkosten				€	1.188.000	0,00%
00-NBORVK	Niet benoemd objectrisico vastgoedkosten (%)	2,00%	%	€	1.188.000	€	23.760
00-RVK	Risico's vastgoedkosten	2,00%	t.o.v. voorziena vastgoedkosten		€	23.760	0,00%
00-VK	Vastgoedkosten Deelraming Spuikanaal				€	1.211.760	0,00%
00-DEK010	Ontwerpkosten aannemer na gunning (%)	2,00%	%	€	7.283.427	€	145.669
00-DEK015	Managementkosten aannemer na gunning (%)	5,00%	%	€	7.283.427	€	364.171
00-DEK020	Vergoeding tenderkosten 'verliezende' inschrijvers door opdrachtgever (%)	1,00%	%	€	7.283.427	€	72.834
00-DEK025	Engineeringskosten opdrachtgever na gunning (%)	5,00%	%	€	7.283.427	€	364.171
00-DEK030	Onderzoek- & ontwerpkosten opdrachtgever voor gunning (%)	3,00%	%	€	7.283.427	€	218.503
00-DEK035	Engineeringskosten opdrachtgever voor gunning (%)	3,00%	%	€	7.283.427	€	218.503
00-DEK036	Engineeringskosten opdrachtgever Verkenning- en Planuitwerkingsfase	5,00%	%	€	7.283.427	€	364.171
	Post benoemde directe engineeringkosten	-	ehd	€	-	€	21,00%
00-BDEK	Benoemde directe engineeringkosten				€	1.748.022	21,00%
00-VEK	Voorziena engineeringkosten				€	1.748.022	21,00%
00-NBOREK	Niet benoemd objectrisico engineeringkosten (%)	2,00%	%	€	1.748.022	€	34.960
00-REK	Risico's engineeringkosten	2,00%	t.o.v. voorz. engineeringkosten		€	34.960	21,00%
00-EK	Engineeringkosten Deelraming Spuikanaal				€	1.782.983	21,00%
00-DOBK010	Leges & heffingen voortvloeiend uit vergunningaanvragen opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€	7.283.427	€	72.834
00-DOBK015	Verzekeringspremies (CAR, ontwerp, aansprakelijkheid, e.d) opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€	7.283.427	€	72.834
00-DOBK020	Kosten kabels & leidingen niet via contract (%)	0,00%	%	€	7.283.427	€	-
00-DOBK025	Communicatiekosten niet via contract (%)	1,00%	%	€	7.283.427	€	72.834
00-DOBK030	Compenserende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€	7.283.427	€	145.669
00-DOBK035	Mitigerende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€	7.283.427	€	145.669
00-DOBK040	Ruimen niet gesprongen explosieven niet via contract (%)	0,00%	%	€	7.283.427	€	-
00-DOBK045	Archeologische opgravingen niet via contract (%)	0,00%	%	€	7.283.427	€	-
00-DOBK050	Planschade (%)	1,00%	%	€	7.283.427	€	72.834
	Procentuele post benoemde directe overige bijkomende kosten (%)	0,00%	%	€	7.283.427	€	-
	verleggen kabels en leidingen (zinker)	200,00	m	€	1,500	€	300.000
	Post benoemde directe overige bijkomende kosten	-	ehd	€	-	€	21,00%
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten				€	882.674	17,53%
00-VOBK	Voorziena overige bijkomende kosten				€	882.674	17,53%
00-NBOROBK	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten (%)	2,00%	%	€	882.674	€	17.653
00-ROBK	Risico's overige bijkomende kosten	2,00%	t.o.v. voorz. overige bijk. kosten		€	17.653	17,53%
00-OBK	Overige bijkomende kosten Deelraming Spuikanaal				€	900.328	17,53%
00-INV	Investeringskosten Deelraming Spuikanaal				€	12.271.011	18,67%
	Investeringskosten Deelraming Spuikanaal (contante waarde)				€	-	

	Post benoemde directe engineeringkosten	-	ehd	€	-	€	-	21,00%
00-BDEK	Benoemde directe engineeringkosten					€	1.748.022	21,00%
00-VEK	Voorziene engineeringkosten					€	1.748.022	21,00%
00-NBOREK	Niet benoemd objectrisico engineeringkosten (%)	2,00%	%	€	1.748.022	€	34.960	21,00%
00-REK	Risico's engineeringkosten	2,00%	t.o.v. voorz. engineeringkosten			€	34.960	21,00%
00-EK	Engineeringkosten Deelraming Spuikanaal					€	1.782.983	21,00%
00-DOBK010	Leges & heffingen voortvloeiend uit vergunningaanvragen opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€	7.283.427	€	72.834	0,00%
00-DOBK015	Verzekeringspremies (CAR, ontwerp, aanspelijkheid, e.d) opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€	7.283.427	€	72.834	0,00%
00-DOBK020	Kosten kabels & leidingen niet via contract (%)	0,00%	%	€	7.283.427	€	-	21,00%
00-DOBK025	Communicatiekosten niet via contract (%)	1,00%	%	€	7.283.427	€	72.834	21,00%
00-DOBK030	Compenserende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€	7.283.427	€	145.669	21,00%
00-DOBK035	Mitigerende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€	7.283.427	€	145.669	21,00%
00-DOBK040	Ruimen niet gesprongen explosieven niet via contract (%)	0,00%	%	€	7.283.427	€	-	21,00%
00-DOBK045	Archeologische opgravingen niet via contract (%)	0,00%	%	€	7.283.427	€	-	21,00%
00-DOBK050	Planschade (%)	1,00%	%	€	7.283.427	€	72.834	21,00%
	Procentuele post benoemde directe overige bijkomende kosten (%)	0,00%	%	€	7.283.427	€	-	21,00%
	verleggen kabels en leidingen (zinker)	200,00	m	€	1.500	€	300.000	21,00%
	Post benoemde directe overige bijkomende kosten	-	ehd	€	-	€	-	21,00%
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten					€	882.674	17,53%
00-VOBK	Voorziene overige bijkomende kosten					€	882.674	17,53%
00-NBOROBK	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten (%)	2,00%	%	€	882.674	€	17.653	17,53%
00-ROBK	Risico's overige bijkomende kosten	2,00%	t.o.v. voorz. overige bijk. kosten			€	17.653	17,53%
00-OBK	Overige bijkomende kosten Deelraming Spuikanaal					€	900.328	17,53%
00-INV	Investeringskosten Deelraming Spuikanaal					€	12.271.011	18,67%
	Investeringskosten Deelraming Spuikanaal (contante waarde)					€	-	-

Deelraming Spuimiddel						Versie 3.05 (17 maart 2013)			
Deelraming aan						Totaal	BTW		
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			%		
Investeringskosten:						Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	
2	Spuimiddel	-		€	-	€	-	21,00%	
2,01	aanbrengen en verwijderen tijdelijke dijk	145.828,13	m3	€	14,50	€	2.114.508	21,00%	
2,02	opbreken en aanbrengen wegverhardingen	1.650,00	m2	€	53,00	€	87.450	21,00%	
2,03	grondwerk bestaande dijk	37.308,75	m3	€	8,50	€	317.124	21,00%	
2,04	aanbrengen geul	30.000,00	m3	€	5,20	€	156.000	21,00%	
2,05	aanbrengen damwand kwelchermeren	5.910,00	m2	€	230,00	€	1.359.300	21,00%	
2,06	aanbrengen betonconstructie spuisluis	1,00	euro	€	4.000.000,00	€	4.000.000	21,00%	
2,07	aanbrengen afsluitmiddelen incl. elektromechanische installaties	10,00	st	€	182.500,00	€	1.825.000	21,00%	
2,08	aanbrengen bodembescherming	6.500,00	m2	€	60,00	€	390.000	21,00%	
2,09	aanbrengen stortstenen dam	100,00	m	€	1.000,00	€	100.000	21,00%	
		-		€	-	€	-	21,00%	
		-		€	-	€	-	21,00%	
00-BDBK	Benoemde directe bouwkosten					€	10.349.382	21,00%	
00-NTDBK	Nader te detailleren bouwkosten (%)	20,00%	%	€	10.349.382	€	2.069.876	21,00%	
00-DBK	Directe bouwkosten					€	12.419.259	21,00%	
	Eenmalige kosten					€			
00-IBKEK99	Eenmalige kosten (%)	2,00%	%	€	12.419.259	€	248.385	21,00%	
00-IBKEK	Totaal eenmalige kosten					€	248.385		
00-IBKABK	Algemene bouwplaatskosten (%)	2,00%	%	€	12.419.259	€	248.385	21,00%	
	Post benoemde indirecte bouwkosten	-	ehd	€	-	€	-	21,00%	
00-IBKUK	Uitvoeringskosten (%)	7,00%	%	€	12.419.259	€	869.348	21,00%	
	Post benoemde indirecte bouwkosten	-	ehd	€	-	€	-	21,00%	
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	8,00%	%	€	13.785.377	€	1.102.830	21,00%	
00-IBKAK2	Algemene kosten	-	ehd	€	-	€	-	21,00%	
00-IBKW1	Winst (%)	2,00%	%	€	14.888.207	€	297.764	21,00%	
00-IBKW2	Winst	-	ehd	€	-	€	-	21,00%	
00-IBKR1	Risico (%)	2,00%	%	€	14.888.207	€	297.764	21,00%	
00-IBKR2	Risico	-	ehd	€	-	€	-	21,00%	
00-IBKB1	Bijdrage RAW (%)	0,00%	%	€	15.483.736	€	-	0,00%	
00-IBKB2	Bijdrage FCO (%)	0,00%	%	€	15.483.736	€	-	0,00%	
	Post benoemde indirecte bouwkosten	-	ehd	€	-	€	-	21,00%	
00-IBKS1	Stelpost(en)	-	euro	€	-	€	-	21,00%	
00-IBKS2	Stelpost(en)	-	euro	€	-	€	-	21,00%	
00-IBK	Indirecte bouwkosten	24,68%	t.o.v. directe bouwkosten			€	3.064.477	21,00%	
00-VBK	Voorziene bouwkosten					€	15.483.736	21,00%	
00-NBORBK	Niet benoemd objectrisico bouwkosten (%)	15,00%	%	€	15.483.736	€	2.322.560	21,00%	
00-RBK	Risico's bouwkosten	15,00%	t.o.v. voorziene bouwkosten			€	2.322.560	21,00%	
00-BK	Bouwkosten Deelraming Spuimiddel					€	17.806.296	21,00%	
	grondverwerving - bebouwd perceel	-	m2	€	-	€	-	0,00%	
	grondverwerving - agrarisch	-	m2	€	-	€	-	0,00%	
	grondverwerving - tuinbouw	-	m2	€	-	€	-	0,00%	
	aankoop, sloop woningen / opstallen	-	euro	€	-	€	-	0,00%	
		-		€	-	€	-	0,00%	
		-		€	-	€	-	0,00%	
00-BDVK	Benoemde directe vastgoedkosten					€			
00-NTDVK	Nader te detailleren vastgoedkosten (%)	10,00%	%	€	-	€	-	0,00%	
00-DVK	Directe vastgoedkosten					€			
00-IVK010	Notaris- en kadastrkosten	1,00	dossier	€	-	€	-	21,00%	
00-IVK015	Taxatiekosten van taxateurs en/of adviseurs	1,00	dossier	€	-	€	-	21,00%	
00-IVK020	Kosten gerechtelijke onteigeningsprocedure (advocaat- en rechtbankkosten)	-	zaak	€	-	€	-	0,00%	
00-IVK025	Bijdrage kosten deskundige bijstand rechthebbende (%)	0,00%	%	€	-	€	-	0,00%	
00-IVK030	Kosten planschade en/of nadeelcompensatie (%)	0,00%	%	€	-	€	-	0,00%	
00-IVK035	Overdrachtsbelasting bij verandering juridisch of economisch eigenaar (%)	0,00%	%	€	-	€	-	0,00%	
00-IVK	Indirecte vastgoedkosten					€			
						€		0,00%	
00-VVK	Voorziene vastgoedkosten					€		0,00%	
00-NBORVK	Niet benoemd objectrisico vastgoedkosten (%)	2,00%	%	€	-	€	-	0,00%	
00-RVK	Risico's vastgoedkosten					€		0,00%	
						€		0,00%	
00-VK	Vastgoedkosten Deelraming Spuimiddel					€		0,00%	
00-DEK010	Ontwerpkosten aannemer na gunning (%)	2,00%	%	€	15.483.736	€	309.675	21,00%	
00-DEK015	Managementkosten aannemer na gunning (%)	5,00%	%	€	15.483.736	€	774.187	21,00%	
00-DEK020	Vergoeding tenderkosten 'verliezende' inschrijvers door opdrachtgever (%)	1,00%	%	€	15.483.736	€	154.837	21,00%	
00-DEK025	Engineeringskosten opdrachtgever na gunning (%)	5,00%	%	€	15.483.736	€	774.187	21,00%	
00-DEK030	Onderzoek- & ontwerpkosten opdrachtgever voor gunning (%)	3,00%	%	€	15.483.736	€	464.512	21,00%	
00-DEK035	Engineeringskosten opdrachtgever voor gunning (%)	3,00%	%	€	15.483.736	€	464.512	21,00%	
00-DEK036	Engineeringskosten opdrachtgever Verkenning- en Planuitwerkingsfase	5,00%	%	€	15.483.736	€	774.187	21,00%	
	Post benoemde directe engineeringkosten	-	ehd	€	-	€	-	21,00%	
00-BDEK	Benoemde directe engineeringkosten					€	3.716.097	21,00%	
00-VEK	Voorziene engineeringkosten					€	3.716.097	21,00%	
00-NBOREK	Niet benoemd objectrisico engineeringkosten (%)	2,00%	%	€	3.716.097	€	74.322	21,00%	
00-REK	Risico's engineeringkosten	2,00%	t.o.v. voorz. engineeringkosten			€	74.322	21,00%	
00-EK	Engineeringkosten Deelraming Spuimiddel					€	3.790.418	21,00%	
00-DOBK010	Leges & heffingen voortvloeiend uit vergunningaanvragen opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€	15.483.736	€	154.837	0,00%	
00-DOBK015	Verzekeringspremies (CAR, ontwerp, aansprakelijkheid, e.d) opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€	15.483.736	€	154.837	0,00%	
00-DOBK020	Kosten kabels & leidingen niet via contract (%)	0,00%	%	€	15.483.736	€	-	21,00%	
00-DOBK025	Communicatiekosten niet via contract (%)	1,00%	%	€	15.483.736	€	154.837	21,00%	
00-DOBK030	Compenserende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€	15.483.736	€	309.675	21,00%	
00-DOBK035	Mitigerende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€	15.483.736	€	309.675	21,00%	
00-DOBK040	Ruimen niet gesprongen explosieven niet via contract (%)	0,00%	%	€	15.483.736	€	-	21,00%	
00-DOBK045	Archeologische opgravingen niet via contract (%)	0,00%	%	€	15.483.736	€	-	21,00%	
00-DOBK050	Planschade (%)	1,00%	%	€	15.483.736	€	154.837	21,00%	
	Procentuele post benoemde directe overige bijkomende kosten (%)	0,00%	%	€	15.483.736	€	-	21,00%	
	verleggen kabels en leidingen	200,00	m	€	1.500	€	300.000	21,00%	
	Post benoemde directe overige bijkomende kosten	-	ehd	€	-	€	-	21,00%	
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten					€	1.538.699	16,77%	
00-VOBK	Voorziene overige bijkomende kosten					€	1.538.699	16,77%	
00-NBOROBK	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten (%)	2,00%	%	€	1.538.699	€	30.774	16,77%	
00-ROBK	Risico's overige bijkomende kosten	2,00%	t.o.v. voorz. overige bijk. kosten			€	30.774	16,77%	
00-OBK	Overige bijkomende kosten Deelraming Spuimiddel					€	1.569.473	16,77%	
00-INV	Investeringskosten Deelraming Spuimiddel					€	23.166.187	20,71%	
	Investeringskosten Deelraming Spuimiddel (contante waarde)					€	-		

00-BDEK	Benoemde directe engineeringkosten				€	3.716.097		21,00%
00-VEK	Voorziene engineeringkosten				€	3.716.097		21,00%
00-NBOREK	Niet benoemd objectrisico engineeringkosten (%)	2,00%	%	€	3.716.097	€	74.322	21,00%
00-REK	Risico's engineeringkosten	2,00%	t.o.v. voorz. engineeringkosten			€	74.322	21,00%
00-EK	Engineeringkosten Deelraming Spuimiddel					€	3.790.418	21,00%
00-DOBK010	Leges & heffingen voortmoeiend uit vergunningaanvragen opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€	15.483.736	€	154.837	0,00%
00-DOBK015	Verzekeringspremies (CAR, ontwerp, aanspelijkheid, e.d) opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€	15.483.736	€	154.837	0,00%
00-DOBK020	Kosten kabels & leidingen niet via contract (%)	0,00%	%	€	15.483.736	€	-	21,00%
00-DOBK025	Communicatiekosten niet via contract (%)	1,00%	%	€	15.483.736	€	154.837	21,00%
00-DOBK030	Compenserende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€	15.483.736	€	309.675	21,00%
00-DOBK035	Mitigerende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€	15.483.736	€	309.675	21,00%
00-DOBK040	Ruimen niet gesprongen explosieven niet via contract (%)	0,00%	%	€	15.483.736	€	-	21,00%
00-DOBK045	Archeologische opgravingen niet via contract (%)	0,00%	%	€	15.483.736	€	-	21,00%
00-DOBK050	Planschade (%)	1,00%	%	€	15.483.736	€	154.837	21,00%
	Procentuele post benoemde directe overige bijkomende kosten (%)	0,00%	%	€	15.483.736	€	-	21,00%
	verleggen kabels en leidingen	200,00	m	€	1.500	€	300.000	21,00%
	Post benoemde directe overige bijkomende kosten	-	ehd	€	-	€	-	21,00%
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten					€	1.538.699	16,77%
00-VOBK	Voorziene overige bijkomende kosten					€	1.538.699	16,77%
00-NBOROBK	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten (%)	2,00%	%	€	1.538.699	€	30.774	16,77%
00-ROBK	Risico's overige bijkomende kosten	2,00%	t.o.v. voorz. overige bijk. kosten			€	30.774	16,77%
00-OBK	Overige bijkomende kosten Deelraming Spuimiddel					€	1.569.473	16,77%
00-INV	Investeringskosten Deelraming Spuimiddel					€	23.166.187	20,71%
	Investeringskosten Deelraming Spuimiddel (contante waarde)					€	-	

Deelraming Vispassage						Versie 3.05 (17 maart 2013)	
Deelraming aan						Totaal	BTW
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			%
Investeringskosten:		Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			
3	Vispassage	-	-	€	-	€	21,00%
3,01	grondwerk bestaande dijk	12.436,25	m3	€	8,50	€	105.708
3,02	aanbrengen geul	7.500,00	m3	€	5,20	€	39.000
3,03	aanbrengen damwand kwelshielden	2.330,00	m2	€	230,00	€	535.900
3,04	aanbrengen betonconstructie spuisluis	1,00	euro	€	497.000,00	€	497.000
3,05	aanbrengen afsluitmiddelen incl. elektromechanische installaties	2,00	st	€	28.900,00	€	57.800
3,06	aanbrengen bodembescherming	1.750,00	m2	€	70,00	€	122.500
		-	-	€	-	€	-
		-	-	€	-	€	-
00-BDBK	Benoemde directe bouwkosten			€		€	1.357.908
00-NTDBK	Nader te detailleren bouwkosten (%)	20,00%	%	€	1.357.908	€	271.582
00-DBK	Directe bouwkosten			€		€	1.629.490
	Enmalige kosten	-	euro	€	-	€	-
00-IBKEK99	Enmalige kosten (%)	2,00%	%	€	1.629.490	€	32.590
00-IBKEK	Totaal eenmalige kosten			€		€	32.590
00-IBKABK	Algemene bouwplaatskosten (%)	2,00%	%	€	1.629.490	€	32.590
	Post benoemde indirecte bouwkosten	-	ehd	€	-	€	-
00-IBKUK	Uitvoeringskosten (%)	7,00%	%	€	1.629.490	€	114.064
	Post benoemde indirecte bouwkosten	-	ehd	€	-	€	-
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	8,00%	%	€	1.808.734	€	144.699
00-IBKAK2	Algemene kosten	-	ehd	€	-	€	-
00-IBKW1	Winst (%)	2,00%	%	€	1.953.432	€	39.069
00-IBKW2	Winst	-	ehd	€	-	€	-
00-IBKR1	Risico (%)	2,00%	%	€	1.953.432	€	39.069
00-IBKR2	Risico	-	ehd	€	-	€	-
00-IBKB1	Bijdrage RAW (%)	0,00%	%	€	2.031.570	€	-
00-IBKB2	Bijdrage FCO (%)	0,00%	%	€	2.031.570	€	-
	Post benoemde indirecte bouwkosten	-	ehd	€	-	€	-
00-IBKS1	Stelpost(en)	-	euro	€	-	€	-
00-IBKS2	Stelpost(en)	-	euro	€	-	€	-
00-IBK	Indirecte bouwkosten	24,68%	t.o.v. directe bouwkosten	€		€	402.080
00-VBK	Voorziene bouwkosten			€		€	2.031.570
00-NBORBK	Niet benoemd objectrisico bouwkosten (%)	15,00%	%	€	2.031.570	€	304.735
00-RBK	Risico's bouwkosten	15,00%	t.o.v. voorziene bouwkosten	€		€	304.735
00-BK	Bouwkosten Deelraming Vispassage			€		€	2.336.305
	grondvererving - bebouwd perceel	-	m2	€	-	€	-
	grondvererving - agrarisch	-	m2	€	-	€	-
	grondvererving - tuinbouw	-	m2	€	-	€	-
	aankoop, sloop woningen / opstallen	-	euro	€	-	€	-
		-	-	€	-	€	-
		-	-	€	-	€	-
00-BDVK	Benoemde directe vastgoedkosten			€		€	-
00-NTDVK	Nader te detailleren vastgoedkosten (%)	10,00%	%	€	-	€	-
00-DVK	Directe vastgoedkosten			€		€	-
00-IVK010	Notaris- en kadasterkosten	1,00	dossier	€	-	€	-
00-IVK015	Taxatiekosten van taxateurs en/of adviseurs	1,00	dossier	€	-	€	-
00-IVK020	Kosten gerechtelijke onteigeningsprocedure (advocaat- en rechtbankkosten)	-	zaak	€	-	€	-
00-IVK025	Bijdrage kosten deskundige bijstand rechthebbende (%)	0,00%	%	€	-	€	-
00-IVK030	Kosten planschade en/of nadeelcompensatie (%)	0,00%	%	€	-	€	-
00-IVK035	Overdrachtsbelasting bij verandering juridisch of economisch eigenaar (%)	0,00%	%	€	-	€	-
00-IVK	Indirecte vastgoedkosten			€		€	-
00-VVK	Voorziene vastgoedkosten			€		€	-
00-NBORVK	Niet benoemd objectrisico vastgoedkosten (%)	2,00%	%	€	-	€	-
00-RVK	Risico's vastgoedkosten			€		€	-
00-VK	Vastgoedkosten Deelraming Vispassage			€		€	-
00-DEK010	Ontwerpkosten aannemer na gunning (%)	2,00%	%	€	2.031.570	€	40.631
00-DEK015	Managementkosten aannemer na gunning (%)	5,00%	%	€	2.031.570	€	101.578
00-DEK020	Vergoeding tenderkosten 'verliezende' inschrijvers door opdrachtgever (%)	1,00%	%	€	2.031.570	€	20.316
00-DEK025	Engineeringkosten opdrachtgever na gunning (%)	5,00%	%	€	2.031.570	€	101.578
00-DEK030	Onderzoek- & ontwerpkosten opdrachtgever voor gunning (%)	3,00%	%	€	2.031.570	€	60.947
00-DEK035	Engineeringkosten opdrachtgever voor gunning (%)	3,00%	%	€	2.031.570	€	60.947
00-DEK036	Engineeringkosten opdrachtgever Verkenning- en Planuitwerkingsfase	5,00%	%	€	2.031.570	€	101.578
	Post benoemde directe engineeringkosten	-	ehd	€	-	€	-
00-BDEK	Benoemde directe engineeringkosten			€		€	487.577
00-VEK	Voorziene engineeringkosten			€		€	487.577
00-NBOREK	Niet benoemd objectrisico engineeringkosten (%)	2,00%	%	€	487.577	€	9.752
00-REK	Risico's engineeringkosten	2,00%	t.o.v. voorz. engineeringkosten	€		€	9.752
00-EK	Engineeringkosten Deelraming Vispassage			€		€	497.328
00-DOBK010	Leges & heffingen voortvloeiend uit vergunningaanvragen opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€	2.031.570	€	20.316
00-DOBK015	Verzekeringspremies (CAR, ontwerp, aansprakelijkheid, e.d) opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€	2.031.570	€	20.316
00-DOBK020	Kosten kabels & leidingen niet via contract (%)	0,00%	%	€	2.031.570	€	-
00-DOBK025	Communicatiekosten niet via contract (%)	1,00%	%	€	2.031.570	€	20.316
00-DOBK030	Compenserende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€	2.031.570	€	40.631
00-DOBK035	Mitigerende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€	2.031.570	€	40.631
00-DOBK040	Ruimen niet gesprongen explosieven niet via contract (%)	0,00%	%	€	2.031.570	€	-
00-DOBK045	Archeologische opgravingen niet via contract (%)	0,00%	%	€	2.031.570	€	-
00-DOBK050	Planschade (%)	1,00%	%	€	2.031.570	€	20.316
	Procentuele post benoemde directe overige bijkomende kosten (%)	0,00%	%	€	2.031.570	€	-
	Post benoemde directe overige bijkomende kosten	-	ehd	€	-	€	-
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten			€		€	162.526
00-VOBK	Voorziene overige bijkomende kosten			€		€	162.526
00-NBOROBK	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten (%)	2,00%	%	€	162.526	€	3.251
00-ROBK	Risico's overige bijkomende kosten	2,00%	t.o.v. voorz. overige bijk. kosten	€		€	3.251
00-OBK	Overige bijkomende kosten Deelraming Vispassage			€		€	165.776
00-INV	Investeringskosten Deelraming Vispassage			€		€	2.999.409
	Investeringskosten Deelraming Vispassage (contante waarde)			€		€	-

00-REK	Risico's engineeringkosten			2,00%	t.o.v. voorz. engineeringkosten	€	9.752		21,00%
00-EK	Engineeringkosten Deelraming Vispassage					€	497.328		21,00%
00-DOBK010	Leges & heffingen voortmoeiend uit vergunningaanvragen opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€	2.031.570	€	20.316		0,00%
00-DOBK015	Verzekeringspremies (CAR, ontwerp, aansprakelijkheid, e.d) opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€	2.031.570	€	20.316		0,00%
00-DOBK020	Kosten kabels & leidingen niet via contract (%)	0,00%	%	€	2.031.570	€	-		21,00%
00-DOBK025	Communicatiekosten niet via contract (%)	1,00%	%	€	2.031.570	€	20.316		21,00%
00-DOBK030	Compenserende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€	2.031.570	€	40.631		21,00%
00-DOBK035	Mitigerende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€	2.031.570	€	40.631		21,00%
00-DOBK040	Ruimen niet gesprongen explosieven niet via contract (%)	0,00%	%	€	2.031.570	€	-		21,00%
00-DOBK045	Archeologische opgravingen niet via contract (%)	0,00%	%	€	2.031.570	€	-		21,00%
00-DOBK050	Planschade (%)	1,00%	%	€	2.031.570	€	20.316		21,00%
	Procentuele post benoemde directe overige bijkomende kosten (%)	0,00%	%	€	2.031.570	€	-		21,00%
	Post benoemde directe overige bijkomende kosten	-	ehd	€	-	€	-		21,00%
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten					€	162.526		15,75%
00-VOBK	Voorziene overige bijkomende kosten					€	162.526		15,75%
00-NBOROBK	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten (%)	2,00%	%	€	162.526	€	3.251		15,75%
00-ROBK	Risico's overige bijkomende kosten			2,00%	t.o.v. voorz. overige bijk. kosten	€	3.251		15,75%
00-OBK	Overige bijkomende kosten Deelraming Vispassage					€	165.776		15,75%
00-INV	Investeringskosten Deelraming Vispassage					€	2.999.409		20,71%
	Investeringskosten Deelraming Vispassage (contante waarde)					€	-		

Deelraming Meertje						Versie 3.05 (17 maart 2013)	
Deelraming aan						Totaal	BTW
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			%
Investeringskosten:		Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			
4	Meertje	-		€ -	€ -	-	21,00%
4,01	grond ontgraven en verwerken in meertje	20.400,00	m3	€ 10,00	€ 204.000	204.000	21,00%
4,02	aanbrengen afsluitmiddel tussen meertje en spuikanaal	1,00	st	€ 127.000,00	€ 127.000	127.000	21,00%
		-		€ -	€ -	-	21,00%
		-		€ -	€ -	-	21,00%
		-		€ -	€ -	-	21,00%
		-		€ -	€ -	-	21,00%
		-		€ -	€ -	-	21,00%
		-		€ -	€ -	-	21,00%
		-		€ -	€ -	-	21,00%
00-BDBK	Benoemde directe bouwkosten				€ 331.000	€ 331.000	21,00%
00-NTDBK	Nader te detailleren bouwkosten (%)	20,00%	%	€ 331.000	€ 66.200	66.200	21,00%
00-DBK	Directe bouwkosten				€ 397.200	€ 397.200	21,00%
	Enmalige kosten				€ -	€ -	21,00%
00-IBKEK99	Enmalige kosten (%)	2,00%	%	€ 397.200	€ 7.944	7.944	21,00%
00-IBKEK	Totaal enmalige kosten				€ 7.944	€ 7.944	21,00%
00-IBKABK	Algemene bouwplaatskosten (%)	2,00%	%	€ 397.200	€ 7.944	7.944	21,00%
	Post benoemde indirecte bouwkosten				€ -	€ -	21,00%
00-IBKUK	Uitvoeringskosten (%)	7,00%	%	€ 397.200	€ 27.804	27.804	21,00%
	Post benoemde indirecte bouwkosten				€ -	€ -	21,00%
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	8,00%	%	€ 440.892	€ 35.271	35.271	21,00%
00-IBKAK2	Algemene kosten	-	ehd	€ -	€ -	-	21,00%
00-IBKW1	Winst (%)	2,00%	%	€ 476.163	€ 9.523	9.523	21,00%
00-IBKW2	Winst	-	ehd	€ -	€ -	-	21,00%
00-IBKR1	Risico (%)	2,00%	%	€ 476.163	€ 9.523	9.523	21,00%
00-IBKR2	Risico	-	ehd	€ -	€ -	-	21,00%
00-IBKB1	Bijdrage RAW (%)	0,00%	%	€ 495.210	€ -	-	0,00%
00-IBKB2	Bijdrage FCO (%)	0,00%	%	€ 495.210	€ -	-	0,00%
	Post benoemde indirecte bouwkosten				€ -	€ -	21,00%
00-IBKS1	Stelpost(en)	-	euro	€ -	€ -	-	21,00%
00-IBKS2	Stelpost(en)	-	euro	€ -	€ -	-	21,00%
00-IBK	Indirecte bouwkosten	24,68%	t.o.v. directe bouwkosten		€ 98.010	€ 98.010	21,00%
00-VBK	Voorziede bouwkosten				€ 495.210	€ 495.210	21,00%
00-NBORBK	Niet benoemd objectrisico bouwkosten (%)	15,00%	%	€ 495.210	€ 74.281	74.281	21,00%
00-RBK	Risico's bouwkosten	15,00%	t.o.v. voorziede bouwkosten		€ 74.281	€ 74.281	21,00%
00-BK	Bouwkosten Deelraming Meertje				€ 569.491	€ 569.491	21,00%
		-		€ -	€ -	-	0,00%
	grondverwerving - bebouwd perceel	-	m2	€ -	€ -	-	0,00%
	grondverwerving - agrarisch	-	m2	€ -	€ -	-	0,00%
	grondverwerving - tuinbouw	-	m2	€ -	€ -	-	0,00%
	aankoop, sloop woningen / opstallen	-	euro	€ -	€ -	-	0,00%
		-		€ -	€ -	-	0,00%
		-		€ -	€ -	-	0,00%
00-BDVK	Benoemde directe vastgoedkosten				€ -	€ -	0,00%
00-NTDVK	Nader te detailleren vastgoedkosten (%)	10,00%	%	€ -	€ -	-	0,00%
00-DVK	Directe vastgoedkosten				€ -	€ -	0,00%
00-IVK010	Notaris- en kadasterkosten	1,00	dossier	€ -	€ -	-	21,00%
00-IVK015	Taxatiekosten van taxateurs en/of adviseurs	1,00	dossier	€ -	€ -	-	21,00%
00-IVK020	Kosten gerechtelijke onteigeningsprocedure (advocaat- en rechtbankkosten)	-	zaak	€ -	€ -	-	0,00%
00-IVK025	Bijdrage kosten deskundige bijstand rechthebbende (%)	0,00%	%	€ -	€ -	-	0,00%
00-IVK030	Kosten planschade en/of naadeelcompensatie (%)	0,00%	%	€ -	€ -	-	0,00%
00-IVK035	Overdrachtsbelasting bij verandering juridisch of economisch eigenaar (%)	0,00%	%	€ -	€ -	-	0,00%
00-IVK	Indirecte vastgoedkosten				€ -	€ -	0,00%
00-VVK	Voorziede vastgoedkosten				€ -	€ -	0,00%
00-NBORVK	Niet benoemd objectrisico vastgoedkosten (%)	2,00%	%	€ -	€ -	-	0,00%
00-RVK	Risico's vastgoedkosten				€ -	€ -	0,00%
00-VK	Vastgoedkosten Deelraming Meertje				€ -	€ -	0,00%
00-DEK010	Ontwerpkosten aannemer na gunning (%)	2,00%	%	€ 495.210	€ 9.904	9.904	21,00%
00-DEK015	Managementkosten aannemer na gunning (%)	5,00%	%	€ 495.210	€ 24.760	24.760	21,00%
00-DEK020	Vergoeding tenderkosten 'verliezende' inschrijvers door opdrachtgever (%)	1,00%	%	€ 495.210	€ 4.952	4.952	21,00%
00-DEK025	Engineeringkosten opdrachtgever na gunning (%)	5,00%	%	€ 495.210	€ 24.760	24.760	21,00%
00-DEK030	Onderzoek- & ontwerpkosten opdrachtgever voor gunning (%)	3,00%	%	€ 495.210	€ 14.856	14.856	21,00%
00-DEK035	Engineeringkosten opdrachtgever voor gunning (%)	3,00%	%	€ 495.210	€ 14.856	14.856	21,00%
00-DEK036	Engineeringkosten opdrachtgever Verkenning- en Planuitwerkingsfase	5,00%	%	€ 495.210	€ 24.760	24.760	21,00%
	Post benoemde directe engineeringkosten				€ -	€ -	21,00%
00-BDEK	Benoemde directe engineeringkosten				€ 118.850	€ 118.850	21,00%
00-VEK	Voorziede engineeringkosten				€ 118.850	€ 118.850	21,00%
00-NBORK	Niet benoemd objectrisico engineeringkosten (%)	2,00%	%	€ 118.850	€ 2.377	2.377	21,00%
00-REK	Risico's engineeringkosten	2,00%	t.o.v. voorz. engineeringkosten		€ 2.377	€ 2.377	21,00%
00-EK	Engineeringkosten Deelraming Meertje				€ 121.227	€ 121.227	21,00%
00-DOBK010	Leges & heffingen voortvloeiend uit vergunningaanvragen opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€ 495.210	€ 4.952	4.952	0,00%
00-DOBK015	Verzekeringspremies (CAR, ontwerp, aansprakelijkheid, e.d) opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€ 495.210	€ 4.952	4.952	0,00%
00-DOBK020	Kosten kabels & leidingen niet via contract (%)	0,00%	%	€ 495.210	€ -	-	21,00%
00-DOBK025	Communicatiekosten niet via contract (%)	1,00%	%	€ 495.210	€ 4.952	4.952	21,00%
00-DOBK030	Compenserende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€ 495.210	€ 9.904	9.904	21,00%
00-DOBK035	Mitigerende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€ 495.210	€ 9.904	9.904	21,00%
00-DOBK040	Ruimen niet gesprongen explosieven niet via contract (%)	0,00%	%	€ 495.210	€ -	-	21,00%
00-DOBK045	Archeologische opgravingen niet via contract (%)	0,00%	%	€ 495.210	€ -	-	21,00%
00-DOBK050	Planschade (%)	1,00%	%	€ 495.210	€ 4.952	4.952	21,00%
	Procentuele post benoemde directe overige bijkomende kosten (%)	0,00%	%	€ 495.210	€ -	-	21,00%
	Post benoemde directe overige bijkomende kosten				€ -	€ -	21,00%
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten				€ 39.617	€ 39.617	15,75%
00-VOBK	Voorziede overige bijkomende kosten				€ 39.617	€ 39.617	15,75%
00-NBOROBK	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten (%)	2,00%	%	€ 39.617	€ 792	792	15,75%
00-ROBK	Risico's overige bijkomende kosten	2,00%	t.o.v. voorz. overige bijk. kosten		€ 792	€ 792	15,75%
00-OBK	Overige bijkomende kosten Deelraming Meertje				€ 40.409	€ 40.409	15,75%
00-INV	Investeringskosten Deelraming Meertje				€ 731.128	€ 731.128	20,71%
	Investeringskosten Deelraming Meertje (contante waarde)				€ -	€ -	-
00-DOBK010	Leges & heffingen voortvloeiend uit vergunningaanvragen opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€ 495.210	€ 4.952	4.952	0,00%
00-DOBK015	Verzekeringspremies (CAR, ontwerp, aansprakelijkheid, e.d) opdrachtnemer (%)	1,00%	%	€ 495.210	€ 4.952	4.952	0,00%
00-DOBK020	Kosten kabels & leidingen niet via contract (%)	0,00%	%	€ 495.210	€ -	-	21,00%
00-DOBK025	Communicatiekosten niet via contract (%)	1,00%	%	€ 495.210	€ 4.952	4.952	21,00%
00-DOBK030	Compenserende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€ 495.210	€ 9.904	9.904	21,00%
00-DOBK035	Mitigerende maatregelen niet via contract (%)	2,00%	%	€ 495.210	€ 9.904	9.904	21,00%
00-DOBK040	Ruimen niet gesprongen explosieven niet via contract (%)	0,00%	%	€ 495.210	€ -	-	21,00%
00-DOBK045	Archeologische opgravingen niet via contract (%)	0,00%	%	€ 495.210	€ -	-	21,00%
00-DOBK050	Planschade (%)	1,00%	%	€ 495.210	€ 4.952	4.952	21,00%
	Procentuele post benoemde directe overige bijkomende kosten (%)	0,00%	%	€ 495.210	€ -	-	21,00%
	Post benoemde directe overige bijkomende kosten				€ -	€ -	21,00%
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten				€ 39.617	€ 39.617	15,75%
00-VOBK	Voorziede overige bijkomende kosten				€ 39.617	€ 39.617	15,75%
00-NBOROBK	Niet benoemd objectrisico overige bijkomende kosten (%)	2,00%	%	€ 39.617	€ 792	792	15,75%
00-ROBK	Risico's overige bijkomende kosten	2,00%	t.o.v. voorz. overige bijk. kosten		€ 792	€ 792	15,75%
00-OBK	Overige bijkomende kosten Deelraming Meertje				€ 40.409	€ 40.409	15,75%
00-INV	Investeringskosten Deelraming Meertje				€ 731.128	€ 731.128	20,71%
	Investeringskosten Deelraming Meertje (contante waarde)				€ -	€ -	-

Bijlage 7

Vismigratie Pier van Oterdum

Vismigratie Pier van Oterdum

1 Vismigratie

Onder de migratie van vis wordt verstaan dat vissen zich verplaatsen tussen paaigronden en foerageer of opgroei gebieden. Vismigratie kan volledig op het zoete water plaatsvinden of tussen zoet en zout water. In beide situaties spelen een heleboel factoren mee zoals seizoen, dag nacht, watertemperatuur, getij (zoet zout overgang) etc. Daarnaast zijn er vissen die tegen de stroom in zwemmen en vissen die met de stroom mee zwemmen. Een vrije route richting de plaats van bestemming wordt in veel situaties onderbroken door knooppunten op de route (gemalen, waterkrachtcentrales, schutsluizen, spuisluisen, etc). In veel gevallen kan een knooppunt ook daadwerkelijk een knelpunt worden. Vissen kunnen worden opgehouden tijdens hun migratie of zelfs volledig geblokkeerd en zelfs gedood door de barrières. Plannen voor een nieuw te bouwen spuicomplex bij de Pier van Oterdum biedt nieuwe mogelijkheden voor vis om richting het zoete water te trekken (of andersom). Noodzakelijk hierbij is dat een vismigratie voorziening aansluit bij natuurlijk gedrag van vissen. Deze beknopte kennis bijlage gaat in op het gedrag van vis bij zoet zout overgangen. De kennis is veelal geput uit het document wat IMARES heeft opgesteld voor de vismigratierivier bij de Afsluitdijk (Winter et al. 2014).

1.1 Vissen in een natuurlijk estuarium

De Pier van Oterdum is aangesloten bij de Eems Dollard. De Eems Dollard is binnen de KRW toegekend als een overgangswater. Dat betekent dat de Eems Dollard de verbinding is tussen zoet en zout water en derhalve voor veel diadrome vissoorten wordt gebruikt om te migreren. Voor de KRW is een lijst van vissoorten samengesteld die een estuarium passeren, gebruiken als leefgebied, gebruiken om er op te groeien of er als seizoensgast gebruik van maken (*Tabel 1*). Een nieuwe spuilocatie bij de Pier van Oterdum kan met name voor diadrome vis een nieuwe vismigratie mogelijkheid bieden om paai en of opgroei gebieden te bereiken. Dit kunnen vissen die vanuit de zoete polders, kanalen of beeksystemen richting de Eems Dollard willen of juist andersom vanuit het zoute naar het zoete water.

Tabel 1 Referentie van de soortnamenstelling van vissoorten in een natuurlijk estuarium zoals deze is vastgesteld voor de Kaderrichtlijn Water (Jager and Kranenbarg 2008).

diadroom	estuariën resident	Marijn juveniel	Marijn seizoensgast
Steur – <i>Acipenser sturio</i> [‡]	Harnasman – <i>Agonus cataphractus</i>	Haring – <i>Clupea harengus</i>	Geep – <i>Belone belone</i>
Eft – <i>Alosa alosa</i>	Zandspiering – <i>Ammodytes tobianus</i>	Zeebaars – <i>Dicentrarchus labrax</i>	Pijlstaartrog – <i>Dasyatis pastinaca</i>
Fint – <i>Alosa fallax</i>	Glasgrondel – <i>Aphia miuta</i>	Kabeljauw – <i>Gadus morhua</i>	Snotolf – <i>Cyclopterus lumpus</i>
Paling – <i>Anguilla anguilla</i>	Slakdolf – <i>Liparis liparis</i>	Schar – <i>Limanda limanda</i>	Ansjovis – <i>Engraulis encrasicolus</i>
Driedoornige stekelbaars – <i>Gasterosteus aculeatus</i>	Zeedonderpad – <i>Myoxocephalus scorpius</i>	Wijting – <i>Merlangius merlangus</i>	Sprot – <i>Sprattus sprattus</i>
Rivierprik – <i>Lampetra fluviatilis</i>	Botervis – <i>Pholis gunnellus</i>	Schol – <i>Pleuronectes platessa</i>	Diklipharder – <i>Chelon labrosus</i> [*]
Spiering – <i>Osmerus eperlanus</i>	Bot – <i>Platichthys flesus</i> [†]	Tarbot – <i>Scophthalmus maximus</i>	
Zeeprik – <i>Petromyzon marinus</i>	Brakwatergrondel – <i>Pomatoschistus microps</i>	Griet – <i>Scophthalmus rhombus</i>	
Zalm – <i>Salmo salar</i>	Dikkopje – <i>Pomatoschistus minutus</i>	Tong – <i>Solea solea</i>	
Zeeforel – <i>Salmo trutta</i>	Grote zeenaald – <i>Syngnathus acus</i>	Rode poon – <i>Trigla lucerna</i>	
Houting – <i>Coregonus oxyrinchus</i> [*]	Kleine zeenaald – <i>Syngnathus rostellatus</i>		
	Puitaal – <i>Zoarces viviparus</i>		

‡ De steur is in de jaren 50 van de vorige eeuw in Nederland uitgestorven. Hij kwam oorspronkelijk voor in de Rijn.

*Houting staat in (Kranenbarg 2004) geplaatst onder estuariën residente soorten. In (Jager and Kranenbarg 2008) is deze soort geplaatst onder de diadrome vis.

• Diklipharder is niet meegenomen in de referentiestatus van de KRW voor estuaria.

† Bot is een soort die zowel in een estuarium als op het zoete water kan opgroeien. Hij wordt ook gezien als een diadrome vis.

1.2 Verwachte vissoorten voor de Pier van Oterdum

Uit monitoringsgegevens (Wintermans 1997, Zweep 2003, Wintermans et al. 2004, Winter and Griffioen 2007) en telemetrie experimenten (Winter et al. 2013) is de verwachting dat de volgende diadrome vissoorten zich zullen aandienen bij een nieuw te bouwen spuicomplex: driedoornige stekelbaars *Gasterosteus aculeatus*, glasaal *Anguilla anguilla*, spiering *Osmerus eperlanus*, juveniele bot *Platichthys flesus* en rivierprik *Lampetra fluviatilis*. Ook fint *Alosa fallax* kan worden aangetrokken door een zoete lokstroom gecreëerd door het spuiwater. In de Eems werden in augustus 1999 in het midden van de rivier jonge finten van circa 10 cm aangetroffen (Kleef and Jager 2002). Of er daadwerkelijk in Nederland gepaaid wordt is nog steeds de vraag. Wat wel duidelijk is, is dat geschikt paai habitat, zoutwatergetijdegebied met zand of grind, veelal ontbreekt. Er zijn in Nederland momenteel nauwelijks voor de voortplanting van de fint geschikte en toegankelijke estuaria en zoetwatergetijdegebieden. De spuicomplex bij de Pier van Oterdum zal hier geen verandering in aanbrengen voor de fint. Dat vissen een zoet zout overgang willen passeren hoeft niet altijd te betekenen dat ze er ook baat bij hebben gezien de beperkte mogelijkheden in het achterland wat betreft opgroei en of paaigronden. Zo worden er bijvoorbeeld in het IJsselmeer veel jonge haring (blik) waargenomen en voor de spuideuren, aangetrokken door het zoet water, terwijl het lot van deze vissen onzeker is eenmaal in het zoete water (ongepubliceerde resultaten IMARES).

1.2.1 Bot - *Platichthys flesus*

Bot is een katadrome vissoort waarvan de paaigebieden op open zee liggen (Morais et al. 2011). In de winter trekken de volwassen dieren naar diepere delen van de zee. 's Zomers gebruiken volwassen botten estuaria als voedselgebied. In het voorjaar en voorzomer trekken jonge botlarven stroomopwaarts de estuariene gebieden en rivieren op middels selectief getijdetransport en zijn hierbij afhankelijk van waterstromen (Bos 1999, Jager and Mulder 1999, Jager 2001). Ze kunnen dan in gebieden worden gevonden waar het water een laag zout gehalte heeft (Bos and Thiel 2006). Botten die voorkomen bij harde zoet-zout overgangen lijken erg kwetsbaar voor een slechte waterkwaliteit (Vethaak 2013). Wat betreft predatie hebben botten een beperkte ontsnappingskans door een lage zwemcapaciteit, maar zijn zij door hun goede schutkleur beschermd tegen predatie (Trancart et al. 2012). De migratiemogelijkheid van zout naar zoet is geen vereiste voor bot omdat opgroei ook in de Waddenzee kan plaatsvinden, maar migratie vergroot hun opgroeiareaal flink en kan daarmee de totale populatieomvang doen toenemen. De bot, die in euryhaline zone van het estuarium gevonden kan worden, is de enige platvis van West-Europa die tot diep in het zoete water gevonden kan worden (Vethaak 2013), zolang er maar geen barrièrebarrière op de route liggen. Historisch zijn botten tot honderden kilometers landinwaarts in de Duitse Rijn waargenomen. De meeste Nederlandse botten komen voor in ondiepe kustwateren en estuaria zoals de Eems Dollard en de Westerschelde. Ook in grotere brakwatermeren en zoetwatermeren zoals het IJsselmeer en het Lauwersmeers, Zuidlaardermeer, Dampsterdiep en het Eemskanaal, worden ze gevonden (Overzee van et al. 2011, Griffioen and Kuijs 2013, Brouwer et al. 2008). Een deel van de botten uit het kustwater trekt de rivieren op, de rest van de botten groeit op in kustwateren en estuaria. In het zoete water blijven de botten hooguit enkele jaren om weer naar zee te trekken om te paaieren. Daarna gaan deze botten niet meer terug naar het zoete water. De migratie van zoet-zout is vanuit een populatieperspectief niet essentieel voor de overleving van de soort in vergelijking met soorten die voor hun voortplanting volledig afhankelijk zijn van een goede migratie tussen zoet en zout.

1.2.2 Driedoornige stekelbaars - *Gasterosteus aculeatus*

Driedoornige stekelbaars is een zeer flexibele soort die zich zowel in zout, brak, als zoet water kan voortplanten en zowel resident (morfotype: leiurus) als anadroom (morphotype: trachurus) kan zijn. Hoe de huidige verdeling tussen de populaties met verschillende migratie strategieën is, is onbekend, al is het zeker dat de migrerende anadrome variant veel minder talrijk is geworden door barrières tussen het zoete en het zoute water. Driedoornige stekelbaars is door zijn kleine lichaamslengte een goede prooi voor visetende vogels zoals lepelaars, sterns, meeuwen, reigers, zaagbek etc. Maar ook piscivore vissen zoals snoek, baars en wellicht ook zout water vissen in de Waddenzee en de Eems Dollard zoals zeebaars, prederen op de stekelbaars. Stekelbaars heeft migrerende en niet migrerende sub-populaties. Voor de migrerende sub-populaties is migratie tussen zoet en zout van belang, voor de niet migrerende sub-populaties zijn zoet-zout overgangen niet van belang. Er zijn meldingen van grote aantallen stekelbaars bij polder Breebaart en gemaal Rozema (Termunterzijl) die richting het zoete water willen trekken (Brouwer et al. 2008). Driedoornige stekelbaars wordt waargenomen diep in het beheersgebied, maar het Eemskanaal biedt beperkte tot nauwelijks mogelijkheid om te paaieren (pers. comm Peter Paul

Schollema, Hunze en Aa's). Het is onbekend of dit de zoetwater residente vorm of de anadrome vorm betreft (Brouwer et al. 2008).

1.2.3 Europese aal - *Anguilla anguilla*

De Europese aal is een katadrome soort die vanuit zee het zoete water opzoekt om op te groeien. Aal plant zich waarschijnlijk voort in de Sargassozeë en de larven driften met de stroming mee naar het Europese continent. Bij de kust vindt metamorfose tot glasaal plaats. Glasalen trekken het zoete water binnen om op te groeien. Na het verblijf in het zoete water veranderen de morfologische kenmerken van de alen wederom (schieraal). Schieralen trekken weer naar zee om zich voort te planten. De aalpopulatie kent een sterke afname gedurende de afgelopen decennia (Dekker 2004). Zo is de huidige intrek van glasaal slechts 1-5% van de intrek in de jaren 60-70 (Graaf and Bierman 2010). Verschillende factoren zijn mogelijk verantwoordelijk voor deze sterke afname zoals vervuiling, visserij, klimaatverandering, exotische parasieten en bouwwerken (Feunteun 2002, Wirth and Bernatchez 2003, Dekker 2004), maar het relatieve aandeel van elk van deze factoren is onbekend. Bouwwerken (of ook wel kunstwerken genoemd), zoals dammen, stuwen, waterkrachtcentrales, gemalen en sluizen kunnen fysieke barrières vormen tijdens de migratie of kunnen bijdrage aan een verhoogde sterfte. Het belang van de migratie tussen zoet en zout water voor aal is groot. Er zijn ook opgroeiende alen bekend in zout (brak) water, zogenaamde 'buitenaal'. Dit geeft aan dat voor een deel van de alen de migratie naar zoet water niet noodzakelijk is. De bijdrage van het deel van de populatie dat in het zoute water opgroeit is onbekend, maar er wordt aangenomen dat dit relatief klein is en dat het grootste deel van de populatie afhankelijk is van intrek in zoete wateren.

1.2.4 Rivierprik - *Lampetra fluviatilis*

Rivierprik is taxonomisch gezien geen vissoort, maar behoort tot de orde der rondbekken (Agnatha). Rivierprik wordt vaak meegenomen in beschouwingen over vis, mede vanwege hun anadrome levenscyclus en visachtige voorkomen. Volwassen rivierprikken trekken na enkele jaren op zee de rivieren op, naar hoger stroomopwaarts gelegen paaigebieden. Omdat de rivierprik een migratie piek kent in december en mogelijk januari blijft deze vaak onderbelicht in fuikenmonitoring of vangsten omdat de fuiken vaak voor ijsvorming worden verwijderd. Van de beoogde diadrome vissoorten (bot, glasaal, driedoornige stekelbaars, spiering en rivierprik) is rivierprik de enige soort die sterke eisen stelt aan zowel een paai als een opgroei habitat. Volwassen prikken zwemmen tot diep het beekstelsel van de Hunze op, op zoek naar grindbedden of locaties met stenen waar zij hun eitjes afzetten. De blinde larven van de rivierprik blijven 3-4 jaar in het zachte sediment (zand /slib) zitten totdat ze metamorfoserend en richting zee trekken. De larven scheiden een feromoon af die de volwassen prikken richting een geschikte locatie leidt. Het is onbekend of volwassen prikken al op grotere afstand deze feromonen ruiken, bijvoorbeeld meegebracht door het spuiwater, of dat zij in eerste instantie zich bijvoorbeeld oriënteren op een zoet-zout gradiënt. Eén van de weinige bekende paaiplekken in Nederland is het Gasterense Diep in de Drentsche Aa. Deze is voor de rivierprik te bereiken via het Eemskanaal die via het Noordwillemskanaal het beekstelsel in de Drentsche Aa verbindt. Welke route rivierprik gebruikt om naar binnen te zwemmen is vooralsnog onbekend (Winter et al. 2013). Dit kan zowel via de spuisluizen als via de schutsluizen van Delfzijl. Beide bieden toegang tot het Eemskanaal.

1.2.5 Spiering - *Osmerus eperlanus*

Spiering kan verschillende 'life-history' strategieën vertonen. De trekkende variant (anadroom) die tot 25 cm groot kan worden, was in de Zuiderzee voor de afdamming met de Afsluitdijk zeer talrijk (De Groot 1991). Sinds de afsluiting op het IJsselmeer komt de soort ook voor als zoetwaterstandvis die kleiner blijft en al na een jaar paairijp is. In Lauwersmeer wordt de spiering waargenomen evenals in het Zuidlaardermeer (mogelijk zoetwater spiering) en het Dampsterdiep (Brouwer et al. 2008). Voor de trekkende variant is de migratie tussen zoet en zout water van groot belang, voor de zoetwaterstandvis van geen belang. Spiering is een soort die op zoetwater paait waarbij hij sterkere eisen stelt aan paai habitat. In het gebied van waterschap Hunze en Aa's worden volwassen spiering in het zoete water waargenomen, al is het aantal waarnemingen in Oost Groningen zeldzaam (Brouwer et al. 2008). Aangenomen wordt dat paaiplekken voor spiering beperkt of zelfs afwezig zijn en dat anadrome spiering geen winst heeft bij het passeren van de zoet-zout overgangen in het beheersgebied. Toch worden er soms 0+ spiering waargenomen en heeft er blijkbaar paai plaatsgevonden, waardoor spiering ook een soort is die gebruik kan maken van het beheersgebied voor de paai (pers. comm Peter Paul Schollema).

De functie van een passeerbare zoet zout overgang is niet voor alle vissen even sterk van belang (Tabel 2). Bot (larve) is maar deels afhankelijk van het passeren van een zoet zout overgang, voor anadrome driedoornige stekelbaars is de afhankelijkheid groot, evenals voor anadrome spiering en rivierprik. Glasaal is ook afhankelijk van het passeren van een zoet zout overgang, hoewel er ook een zogenoemde 'buitenaal' bestaat die op het zoute water leeft. Deze is echter vrijwel verdwenen in de Waddenzee (pers. comm. gebr. van Malsen, beroepsvissers).

Tabel 2 Vissoorten en afhankelijkheid en vermogen van het passeren van een zoet zout overgang. (uit: Winter et al. 2014)

Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	Afhankelijk van passage zoet zout overgang
bot	<i>Platichthys flesus</i>	Deels: Bot is een soort die zowel op zoet als in zout water kan opgroeien. Bot is derhalve niet direct een soort die afhankelijk is van een passage van zoet zout overgangen, omdat deze ook in een estuaria of op het zoute water kan opgroeien.
driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Ja: De anadrome stekelbaars probeert het zoete water binnen te trekken langs de hele kust waar ze op het zoete water paaien. De anadrome variant is derhalve sterk afhankelijk van het passeren van een zoet zout overgang.
europese aal (glasaal)	<i>Anguilla anguilla</i>	Ja / deels: Aal is wijdverspreid in Nederland en bezet diverse habitats. In het verleden was er ook een zogenoemde 'buitenaal' bekend die volledig op het zoute water opgroeide. Deze is nagenoeg verdwenen. Zo komen er op de Waddenzee nauwelijks buitenalen meer voor (per. comm. gebr van Malsen, beroepsvissers). Aal kan dus theoretisch op het zoute water opgroeien, maar dit wordt als suboptimaal habitat gezien. Vandaar dan aal grotendeels wel afhankelijk is van het passeren van zoet zout overgangen.
rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Ja: Rivierprik is sterk afhankelijk voor het passeren van een zoet zout overgang. Hij paait en groeit op in het zoete water.
spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	Ja: Anadrome spiering is afhankelijk van het passeren van een zoet zout overgang. Hij paait op het zoete water. Er zijn ook spieringen die volledig op zoet kunnen leven (zoet water resident).

2 Enkele factoren voor vismigratie bij barrières

Bij de Pier van Oterdum zal een spuisluis de verbinding tussen zoet en zoutwater worden. Spuisluizen lozen onder vrij verval zoet water. De lozing van zoet water zal in de meeste gevallen starten bij een klein verschil tussen het zoete waterpeil en het zoute waterpeil bij afgaand tij, waarbij het peil aan de zoute kant lager is. De deuren zullen sluiten bij opkomen tij op het moment dat het waterpeil aan de zoute kant lager is dan aan de zoete kant. De stroomsnelheid van het water wordt naarmate het waterpeil lager wordt, almaar groter en de waterstroom zal altijd richting het zoute water zijn om te voorkomen dat er zoutindringing plaatsvindt. Bij het open zetten van de schuiven ontstaat er een mogelijkheid voor vis om naar binnen te trekken of juist naar buiten. Naast migratie voor diadrome vis zullen er ook (zoetwater) vissen zijn die, al dan niet, passief 'uitgespoeld' worden (Witteveen+Bos 2008, 2009a, b, Griffioen et al. 2012). Dit zijn zoetwatervissen die 'verloren' zijn in het zoute of brakke water (denk aan blankvoorn of brasem). De factoren die in de volgende alinea's worden besproken zijn een paar belangrijke factoren bij de passage van zoet zout overgangen en betreffen: zwemcapaciteit, passeervermogen, timing, acclimatisatie en predatie.

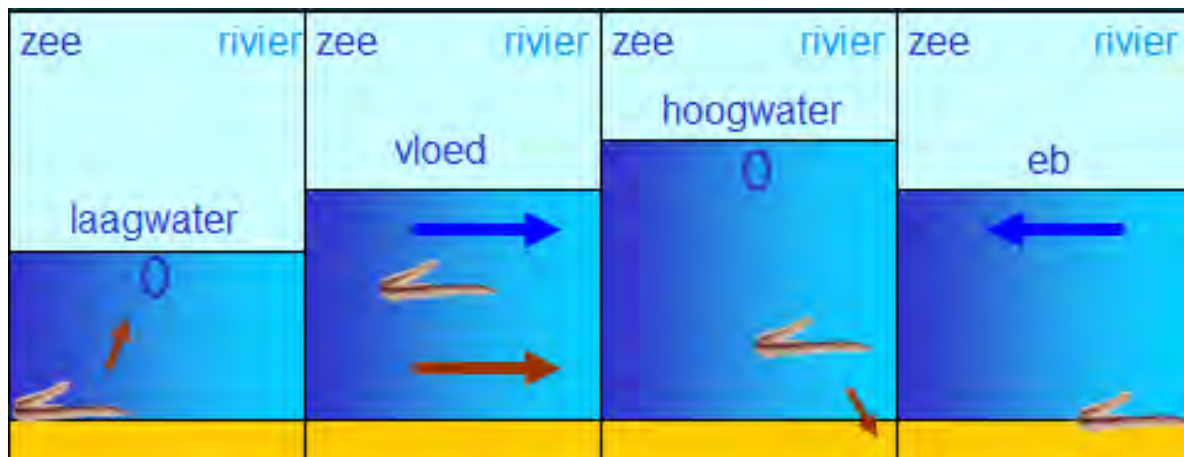
2.1 zwemcapaciteit en passeervermogen diadrome vis

2.1.1 selectief getijden transport

Bij zoet zout overgangen speelt het getij een grote rol in de migratie van de vis. Het getij zorgt er namelijk voor dat vissen al dan niet met de stroom mee of tegen de stroom in moeten zwemmen om richting het zoete water te migreren. Het is afhankelijk van de soort en het levensstadium in hoeverre zij hier afhankelijk van zijn. Over het algemeen worden er zogenaamde herhaalde zwembewegingen op het horizontale als het verticale vlak waargenomen bij zowel grote als kleine vissen.

Selectief getijdetransport is de verplaatsing van de vis door slim gebruik te maken van het getij. Een getijcyclus kent een afgaand tij (eb) en een opkomend tij (vloed). Wanneer je als vis je richting het zoete water wilt verplaatsen is het zeer efficiënt om gebruik te maken van het opkomende tij (Figuur 1). Dit zijn de perioden waar de waterstroom richting het zoete water is gericht. Tijdens afgaand tij (eb) is het zaak om de positie vast te houden. Het gebruik van selectief getijdetransport uit zich in de verticale verplaatsing van vis tijdens de getijdencyclus. Bij eb zullen de vissen laag in de waterkolom zijn of zelfs ingegraven in de bodem en bij vloed zullen vissen juist de stroming van het water hoger in de waterkolom opzoeken. Ook grotere, sterkere, zwemmers maken gebruik van selectief getijdetransport, maar zullen hier in de regel niet afhankelijk van zijn doordat zij een grotere zwemcapaciteit hebben. Onder deze vissen worden ook soorten verstaan die 'positie houden' in de waterkolom, onafhankelijk of zij zich verticaal verplaatsen, tijdens eb. Vaak wordt bij dit gedrag, juist bij de grotere zwemmers, het belang van deze vorm van selectief getijdetransport gekoppeld aan acclimatisatie, het oriënteren via andere prikkels of het wachten op juiste migratiemomenten. Bij deze prikkels is het niet eenduidig waarom vissen zich volgens de getijdencyclus of afhankelijk van de getijdencyclus bewegen.

Met name juveniele katadrome soorten (botlarve en glasaal) en kleinere anadrome soorten (spiering en stekelbaars) kunnen hun voordeel doen met selectief getijden transport om energie te besparen wanneer zij tegen de stroom in het zoete water moeten bereiken om op te groeien. Maar ook grotere, relatief sterkere zwemmers zoals zalm en fintachtigen, maken hiervan gebruik door met het getij in een estuarium stroomopwaarts te bewegen (Dodson et al. 1972, Stasko 1975, Potter 1988, Moser & Ross 1994). Bij afgaand tij proberen zij positie te houden door zich in te graven in de bodem (bijvoorbeeld bot), dicht bij de bodem te blijven of stationair te zwemmen in de stroom en bij opkomend tij juist de waterkolom in te zwemmen en gebruik te maken van de stroming van het water. Op deze manier besparen ze energie en worden ze niet weggespoeld door het afgaand tij. Voor glasaal en bot kan het gebruik maken van het getij uitkomst bieden om het zoete water te bereiken (Creutzberg 1961, Bos 1999, Jager 1999, Trancart et al. 2012).



Figuur 1. Een grafische voorstelling van selectief getijdetransport. Tijdens afgaand tijd drukt vis zich tegen de bodem om positie te houden en tijdens opkomend tij wordt de waterkolom opgezocht om energetisch efficiënt gebruik te maken van de waterstroom (uit: Winter et al. 2014)

2.1.2 actieve migratie

Selectief getijden transport kan een (gedeeltelijke) passieve vorm van migratie zijn. Uiteraard kunnen vissen zich ook actief verplaatsen. Wanneer er gestart wordt met spuien zal het water 'op gang' moeten komen maar kan al snel oplopen tot enkele meters per seconde (Kolvoort and Butijn 1990) en zal afnemen naarmate het peilverschil tussen zoet en zout kleiner wordt. Vissen die stroomopwaarts willen migreren moeten deze stroomsnelheid overwinnen. Hierbij moeten ze over meerdere korte afstanden kunnen sprinten of over langere afstand voldoende snelheid maken om tegen de stroom in de barrière te passeren. Een migratie kans voor de intrek van vis bij spuiclusen vindt daarom voornamelijk plaats aan het begin en het einde van de spuicyclus, wanneer de stroomsnelheden lager zijn (Witteveen+Bos 2009a).

Het passeervermogen van vissen bij obstructies bij tegengestelde stroomrichting zal afhangen van de zwemcapaciteit van de betreffende vissoort. Hierbij wordt gekeken naar absolute capaciteit van de vis die afhankelijk is van bijvoorbeeld watertemperatuur en lichaamsgrootte en van diverse andere factoren en is derhalve lastig te modelleren. Voor enkele diadrome vis is in Winter et al. (2014) de minimale, maximale en gemiddelde sprintcapaciteit bepaald met het programma 'sprintfish' ontwikkeld door Winter en Visser (2007) (Tabel 3). Hierbij is op basis van een review van sprintcapaciteit en generieke formules een model opgesteld zoals beschreven in (Winter and Van Densen 2001). Sprintsnelheden, welke slechts enkele seconden (5-15sec.) kunnen worden volgehouden (Videler & Wardle 1991, Videler 1993, Blake 1993), zijn echter zeer afhankelijk van temperatuur en de lengte van de vis andere factoren. Over het algemeen zijn kleinere vissen erbij gebaat een variatie aan stroomsnelheden te hebben gecreëerd door een natuurlijk substraat in een vispassage. In werkelijkheid kunnen turbulentie, fysieke conditie van de vis, een tegenstroom en andere factoren invloed hebben op deze berekende sprintcapaciteit. Naast sprint capaciteit is de snelheid die langere tijd kan worden volgehouden ('prolonged' snelzwemmen of 'sustained' kruissnelheid) van belang voor het passeren van langere afstanden met hogere stroomsnelheden.

Prikken vallen onder de categorie matig sterke zwemmers. Prikken kunnen in de praktijk wel langere trajecten met relatief grotere stroomsnelheden aan door gebruik te maken van hun zuigcapaciteit aan substraat en zo sprongsgewijs te passeren. Doordat ze geen borstvinnen bezitten hebben ze mogelijk wel meer last van turbulentie in het water. De soorten bot, stekelbaars en glasaal zijn geclassificeerd onder de zwakke zwemmers voornamelijk door hun grootte (Tabel 4). Stekelbaars is overigens wel goed in staat om tegen de stroom in te zwemmen, maar door hun beperkte grootte toch een zwakke zwemmer. Spiering is geclassificeerd onder de matige zwakke zwemmers, omdat deze goed in staat is om actief te zwemmen. Daarnaast is spiering, naast rivierprik, ook groter dan de andere soorten.

Tabel 3 Vissoorten met schatting van sprintcapaciteiten die 5 – 15 sec worden volgehouden (uit: Winter et al. 2014)

Nederlandse naam	wetenschappelijke naam	maand	gegevens voor formule (Winter en Densen 2001)			temperatuur intrek periode (°C)			lengte intrek periode (cm)			berekende sprintcapaciteit (m/s)			
			S	Fxy	x	y	min	max	gem	min	max	gem	min	max	gem
bot	<i>Platichthys flesus</i>	4-6	0.5	20	8	15	6	21	12.7	3	4	4	0.2	0.6	0.3
driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	3-4	0.5	25	9	15	1.5	11.5	6.8	4	9	7	0.2	0.9	0.5
europese aal	<i>Anguilla anguilla</i>	3-5	0.5	15	7	15	1.5	20	8.8	7	8	8	0.2	0.8	0.4
rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>	12	0.5	15	7	15	1.6	6	3.8	33	42	38	0.7	1.0	0.8
spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	3-4	0.7	20	8	15	1.5	11.5	6.8	15	25	20	0.7	2.2	1.3

Tabel 4 Tabel met vissoorten hun zwemvermogen en bijbehorende motivatie. (uit: Winter et al. 2014)

Nederlandse naam	categorie	motivatie
Bot (larve)	zwak	Bot is tijdens de intrek in een juveniel stadium die sterk afhankelijk is van stroming en het getij.
driedoornige stekelbaars	zwak	Stekelbaars is door zijn kleine lengte ingedeeld in de zwakke zwemmers, maar hij is wel in staat actief te zwemmen tegen stroming in (Wintermans 1997, Wintermans 2004)
aal	zwak	Glasaal lijkt grotendeels afhankelijk van selectief getijdetransport. Aan het einde van de migratieperiode kunnen zij overschakelen naar alleen actief zwemmen
rivierprik	matig/sterk	Het feit dat prikken geen borstvinnen hebben maakt hen gevoeliger voor turbulentie, echter is hun overall passeervermogen afhankelijk in hoeverre zij gebruik kunnen maken van substraat om met hun zuigbek toch efficiënt om barrières te passeren en barrières met stroomsnelheden van 1-2 m/s kunnen passeren (Russon and Kemp 2011)
spiering	zwak/matig	Spiering is, samen met driedoornige stekelbaars, glasaal en bot een relatief kleine vis ten opzichte van de andere soorten waardoor het een zwakke zwemmer is. Toch is deze soort goed in staat actief te zwemmen.

2.2 Timing van intrek

De timing van de intrek van vissen kan worden onderscheiden in timing door het jaar in termen van **lente**, **zomer**, **herfst** en **winter**, maar ook gedurende de dag. Het **dag** en **nachtritme** is sterk afhankelijk van de mate van lokale omstandigheden. In hydraulisch complexe locaties met grotere predatierisico's vertonen trekvisseren een meer uitgesproken dag-nacht ritme dan in hydraulisch eenvoudige natuurlijke omstandigheden (Keefer et al. 2013). Dit is bijvoorbeeld onderzocht bij Noord-Amerikaanse fintachtigen, prikken en salmoniden. De doelsoorten migreren voornamelijk in de nacht. Eventuele vispassage mogelijkheden moeten zijn afgestemd op deze perioden van het jaar (Tabel 5).

Tabel 5 Timing van intrek voor de doelsoorten. Periode van het jaar en dag nacht. (uit: Winter et al. 2014)

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Stadium	Periode van het jaar												dag/nacht voorkeur
			winter			lente			zomer			herfst			
			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Bot	<i>Platichthys flesus</i>	Juveniel													○ (●)
Driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Adult													●
Europese aal	<i>Anguilla anguilla</i>	Juveniel													●
Rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Adult													(○) ●
Spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	Adult													●

* ○ : migratieactiviteit vooral overdag (daglicht), ● : migratie activiteit vooral 's nachts (donker)

2.3 Het belang voor acclimatisatie

In de literatuur zijn, voor zover ons bekend, geen aanwijzingen hoelang en of wat voor habitat vissen nodig hebben om de omschakeling van zout naar zoet te nemen (Winter et al. 2014). Alle diadrome vissen beschikken over eigenschappen om zich aan te passen, maar hoeveel tijd en ruimte ze daar voor nodig hebben? Dat is onbekend. Wel zijn er observaties van stekelbaars en experimenten met glasaal die de snelle overgang bij het overzetten goed kunnen maken (pers. comm. G. Wintermans). Er zijn geen gegevens bekend hoe deze vissen op de lange termijn de snelle overschakeling al dan niet overleven. Glasaal lijkt de snelle overgang goed te maken (Wilson et al. 2004), terwijl noord Amerikaanse fintachtigen bijvoorbeeld sterkte vertoonde bij het overzetten (Legget & Oboyle 1976). Het lijkt erop dat een soort als stekelbaars via hormonale regulatie en het gevolg dat stekelbaars tolerant wordt voor zoet water een trigger is om te migreren. Hiermee zouden zij relatief snel en al voorbereid een zoete omgeving aan kunnen, hetgeen ook bevestigd wordt in veel vispassage evaluaties (Bult & Dekker 2007). Het is onbekend of een snelle onnatuurlijke zout-zoetovergang problematisch is voor vis. Op veel locaties in Nederland ontbreekt een natuurlijke zoet zout overgang en is meestal een harde barrière tussen zoet en zout water. De vraag blijft of vissen fysiologisch afhankelijk zijn van een geleidelijke zoet zout overgang. Omdat zoet zout overgangen vaak gepaard gaan met knelpunten ontstaan er concentraties vis met een verhoogde kans op predatie. Vissen zijn er alleen om die reden bij gebaat een zoet zout overgang relatief snel weer te verlaten.

2.4 Predatie risico

Voor en tijdens de passage van kunstwerken zijn de vissen kwetsbaar voor predatie (Dekker and vanWilligen 1997, 2000, Baumgartner 2006, Winter 2009). Jagende vogels, zoals aalscholvers, vormen een bedreiging voor de aanwezige vis zeker als deze in grote concentraties voorkomen. Deze concentraties kunnen zich vormen doordat er ophoping ontstaat als gevolg van het niet kunnen passeren van een barrière. Visetende vogels zijn te verdelen in drie categorieën: duikende viseters, 'vliegende' of vanuit de lucht stootduikende viseters en oevergebonden viseters. Vogels gebruiken afhankelijk van de soort maar een gedeelte van de waterkolom. De fuut en de aalscholver zijn de enige twee vogelsoorten die een groot gedeelte tot de hele waterkolom gebruiken. Beide vogels kunnen jaarrond aanwezig zijn aanwezig. Habitat zoals stenen (stortsteen) kan bescherming bieden tegen jagende vogels en vissen.

Duikende vogels die de hele waterkolom gebruiken (aalscholvers en futen) vormen een risico tot predatie. De diepte van de geulen kan bepalend zijn om te ontsnappen aan stootduikende en duikende vogels die niet te hele waterkolom gebruiken om te jagen. Ook stortsteen waartussen vis kan schuilen helpt mogelijk om het predatie risico te verlagen. Ook moet voorkomen worden dat vissen zich in grote concentraties ophouden. Immers concentraties van vis geeft een verhoogd risico op predatie door vogels, maar ook door roofvis. Voldoende effectieve migratie mogelijkheden voorkomt dat er grote concentraties ontstaan.

Tabel 6 Vogelsoorten die jagen op vis. De tabel geeft een overzicht van de belangrijkste soorten met de benutting van de waterkolom op zoek naar prooivissen (uit Winter et al. 2014)

<i>Duikende viseters</i>		<i>Stootduikende viseters</i>		<i>Oevergebonden</i>	
<i>Fuut</i>	<i>Hele waterkolom</i>	<i>Visdief</i>	<i>Top laag van het water</i>	<i>Reigers</i>	<i>Oever</i>
<i>Aalscholver</i>	<i>Hele waterkolom</i>	<i>Kokmeeuwen</i>	<i>Top laag van het water</i>	<i>Lepelaars</i>	<i>oever</i>
<i>Grote zaagbek</i>	<i>Bovenste waterlagen</i>	<i>Zwarte stern</i>	<i>Top laag van het water</i>		
<i>Middelste zaagbek</i>	<i>Bovenste waterlagen</i>	<i>Dwergmeeuw</i>	<i>Top laag van het water</i>		
<i>nonnetje</i>	<i>Bovenste waterlagen</i>				

3 Conclusie

Een nieuw spuicomplex bij de Pier van Oterdum biedt mogelijkheden voor vis om naar binnen te trekken, mits deze aansluit bij het natuurlijk gedrag van de vissen. Voornamelijk voor de kleine soorten, maar waarschijnlijk ook voor rivierprikken (pers. comm. M. Lucas) moeten er migratie mogelijkheden worden geboden met opkomend tij zodat zij met het getij mee richting het zoete water kunnen verplaatsen. Dat betekent dat dit veelal buiten het spuien om zal zijn of aan het einde van de spuicyclus. De kansen voor migratie tijdens het spuien zijn voor deze relatief zwakke zwemmers beperkt. Alleen rivierprikken en mogelijk ook grotere spiering zijn ten opzichte van de andere soorten beter in staat om tegen de stroom in het zoete water te bereiken. Onbekend is hoe zij gebruik maken van eventuele migratie mogelijkheden tijdens het spuien.

Het zoete spuiwater vanuit de spuisluisen creëert een zoete lokstroom die vissen kunnen oppikken en kan helpen in de oriëntatie richting de boezem. De afstand en reikwijdte waarop deze stroom te detecteren is zal afhangen van het gespuide volume en de waterstromen in het zoute water. Om het spuicomplex te gebruiken als migratie voorziening van vis is het raadzaam om deze zoete lokstroom aan te laten sluiten bij grotere stroomgeulen in de Eems Dollard, de lokstroom kan op deze manier goed worden 'opgepikt' door vis. Voorkomen moet worden dat de vissen voor een dichte deur komen te 'staan' en grote concentraties vormen met een verhoogd predatie risico door vogels of roofvis.

4 Referenties

- Baumgartner, L. J. 2006. Population estimation methods to quantify temporal variation in fish accumulations downstream of a weir. *Fisheries Management and Ecology* 13:355-364.
- Bos AR (1999) Tidal transport of flounder larvae (*Pleuronectes flesus*) in the Elbe River, Germany. *Arch Fish Mar Res* 47:47-60
- Bos AR, Thiel R (2006) Influence of salinity on the migration of postlarval and juvenile flounder *Pleuronectes flesus* L. in a gradient experiment. *Journal of Fish Biology* 68:1411-1420
- Brouwer, T. B. Crombaghs, A. Dijkstra, A.J. Scheper, P.P. Schollema. 2008. *Vissenatlas Groningen en Drenthe*, uitgeverij Profiel, Bedum
- Blake RW (1983) *Fish locomotion*. London: Cambridge University Press, 208 pp.
- Bult TP, Dekker W (2007) Experimental field study on the migratory behaviour of glass eels (*Anguilla anguilla*) at the interface of fresh and salt water. *Ices Journal of Marine Science* 64: 1396-1401
- Creutzberg F (1961) On the orientation of migrating elvers (*Anguilla vulgaris* turt.) in a tidal area. *Netherlands Journal of Sea Research* 1:257-338
- Dekker, W. and J. vanWilligen. 1997. Hoeveel glasaal trekt het IJsselmeer in? - verslag van een merkproef met glasaal te Den Oever in 1997 - RIVO rapport nr C062/97.
- Dekker, W. and J. VanWilligen. 2000. De glasaal heeft het tij niet meer mee! - RIVO rapport nr C055/00.
- Dekker W (2004) What caused the decline of the Lake IJsselmeer eel stock after 1960? *ICES Journal of Marine Science*, 61, 394-404.
- Dodson JJ, Jones RA, Leggett WC (1972) BEHAVIOR OF ADULT AMERICAN SHAD (*ALOSA-SAPIDISSIMA*) DURING MIGRATION FROM SALT TO FRESH WATER AS OBSERVED BY ULTRASONIC TRACKING TECHNIQUES. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 29:1445
- Feunteun E (2002) Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): an impossible bargain. *Ecological Engineering* 18, 575-591.
- Gaudron SM, Lucas MC (2006) First evidence of attraction of adult river lamprey in the migratory phase to larval odour. *Journal of Fish Biology* 68:640-644
- Griffioen, A. B., O. A. Keeken, D. Burggraaf, and H. V. Winter. 2012. *Nulmeting visbeheer Houtribdijk spui: DIDSON metingen - IMARES rapport nr C161/12.*
- Griffioen AB, Kuijs E (2013a) Een eerste monitoring voor een index voor schieraal in Nederland 2012 - IMARES rapport nr. C139/13.
- Jager Z (1998) Accumulation of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems estuary, Wadden Sea). *Journal of Sea Research* 40:43-57
- Jager Z (1999) Selective tidal stream transport of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems estuary). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 49:347-362
- Jager Z, Mulder HPJ (1999) Transport velocity of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems estuary). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 49:327-346
- Jager, Z. and J. Kranenborg. 2008. *Maatlat vissen in estuaria KRW watertype O2*. Ravn & RWS waterdienst.
- Jager Z (2001) Transport and retention of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard nursery (Ems estuary). *Journal of Sea Research* 45:153-171
- Keefer, M. L., C. C. Caudill, C. A. Peery, and M. L. Moser. 2013. Context-dependent diel behavior of upstream-migrating anadromous fishes. *Environmental Biology of Fishes* 96:691-700.
- Kleef, H. L. and Z. Jager. 2002. *Het diadrome visbestand in het Eems-Dollard estuarium in de periode 1999 tot 2001*. Rapport nr 2002.060.
- Kolvoort, A. J. and G. D. Butijn. 1990. *Verkenning van mogelijkheden voor bevordering van de visintrek via de afsluitdijksluizen*. Rijkswaterstaat, Lelystad.
- Kranenborg, J. 2004. *KRW vis in overgangswateren*. WL | delft hydraulics.
- Leggett WC, Oboyle RN (1976) OSMOTIC-STRESS AND MORTALITY IN ADULT AMERICAN SHAD DURING TRANSFER FROM SALTWATER TO FRESHWATER. *Journal of Fish Biology* 8:459-469
- Morais P, Dias E, Babaluk J, Antunes C (2011) The migration patterns of the European flounder *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758) (*Pleuronectidae*, *Pisces*) at the southern limit of its distribution range: Ecological implications and fishery management. *Journal of Sea Research* 65:235-246
- Moser ML, Ross SW (1994) Effects of changing current regime and river discharge on the estuarine phase of anadromous fish migration. In: Dyer KR, Orth RJ (eds) *Changes in fluxes in estuaries: implications from science to management*. Olsen and Olsen, Fredensborg, Denmark.
- Potter ECE (1988) MOVEMENTS OF ATLANTIC SALMON, *SALMO-SALAR* L, IN AN ESTUARY IN SOUTHWEST ENGLAND. *Journal of Fish Biology* 33:153-159
- Russon, I. J. and P. S. Kemp. 2011. Experimental quantification of the swimming performance and behaviour of spawning run river lamprey *Lampetra fluviatilis* and European eel *Anguilla anguilla*. *Journal of Fish Biology* 78:1965-1975.
- Stasko AB (1975) PROGRESS OF MIGRATING ATLANTIC SALMON (*SALMO-SALAR*) ALONG AN ESTUARY, OBSERVED BY ULTRASONIC TRACKING. *Journal of Fish Biology* 7:329-338
- Trancart T, Lambert P, Rochard E, Daverat F, Coustillas J, Roqueplo C (2012) Alternative flood tide transport tactics in catadromous species: *Anguilla anguilla*, *Liza ramada* and *Platichthys flesus*. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 99:191-198
- Vethaak AD (2013) Disease prevalence in flounder (*Platichthys flesus*) from the Dutch Wadden Sea as indicator of environmental quality: A summary of 1988-2005 surveys. *Journal of Sea Research* 82:142-152
- Videler JJ, Wardle CS (1991) Fish swimming stride by stride: speed limits and endurance. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 1, 23-40.
- Videler JJ (1993) *Fish swimming*, Vol. Chapman & Hall, London

- Winter, H. V. 2009. Voorkomen en gedrag van trekvisen nabij kunstwerken en consequenties voor de vangkans met vistuigen - IMARES rapport nr C076/09.
- Winter, H. V. and A. B. Griffioen. 2007. Verspreiding van rivierprik-larven in het Drentsche Aa stroomgebied. Wageningen IMARES rapport nr: C017/07.
- Winter, H. V., A. B. Griffioen, O. A. Keeken, and P. P. Schollema. 2013. Telemetry study on migration of river lamprey and silver eel in the Hunze and Aa catchment basin - IMARES rapport nr C012/13.
- Winter, H. V. and W. L. T. Van Densen. 2001. Assessing the opportunities for upstream migration of non-salmonid fishes in the weir-regulated River Vecht. *Fisheries Management and Ecology* 8:513-532.
- Winter, H.V., A.B. Griffioen en O.A. van Keeken. 2014. De Vismigratie Rivier: bronnenonderzoek naar gedrag van vis rond zoet-zout overgangen. IMARES rapportnr C035/14
- Wintermans, G. J. M. 1997. Advies voor de aanleg van een vispassage bij het gemaal van Termunterzijl. - WEB rapport nr 97-03. Wintermans Ecologenbureau.
- Wintermans, G. J. M., K. van Dijk, T. de Boer, and A. Post. 2004. Monitoringsverslag vispassage gemaal Rozema 2001-2004 - WEB rapport 04-03. Wintermans Ecologenbureau.
- Wirth T, Bernatchez L (2003). Decline of North Atlantic eels: a fatal synergy? *Proceeding of the Royal Society B: Biological Sciences* 270: 681-688
- Witteveen+Bos. 2008. Visstandonderzoek op de Middelgronden. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van RWS-IJsselmeergebied.
- Witteveen+Bos. 2009a. Metingen aan visintrek bij de uitvoering van schuttingen met de spuisluisen te Kornwerderzand - RW1696-2.
- Witteveen+Bos. 2009b. Metingen vismigratie via de spuicomplexen in de afsluitdijk - RW1696-1.
- Zweep, W. 2003. De sluis naar nieuw leven - een onderzoek naar de effectiviteit van aangepast (visvriendelijk) sluisbeheer bij de spuisluis van Duurswold. Stage verslag opleiding Milieu toezicht AOC Terra Groningen.