

**Monitoring  
baggerspecieverspreiding  
Eemshaven**

Periode november 2009 tot juni 2010





**Monitoring  
baggerspecieverspreiding  
Eemshaven**

Periode november 2009 tot juni 2010

J.M. de Kok

1201609-000







## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Baggerwerkzaamheden</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Uitgevoerde metingen</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Massabalans</b>	<b>7</b>
4.1	Beschrijving methode	7
4.2	Verwerking meetgegevens tot parameters massabalans	8
4.3	Resultaten	9
4.4	Slibgehalte van de bovenste decimeters van de bodem	12
4.5	Dikte van de vloeibare sliblaag in de verspreidingsvakken	14
4.6	Conclusies ten aanzien van de massabalans	17
<b>5</b>	<b>Effecten</b>	<b>19</b>
5.1	Beschrijving modelprognose (Alkyon)	19
5.2	Vergelijking meting met model	20
5.2.1	Erosiesnelheid	20
5.2.2	Troebelheid	20
5.3	Inschatting van effecten op troebelheid	21
5.3.1	Maximale waarden (momentaan, niet getijgemiddeld)	21
5.3.2	Duur van de vertroebeling (getijgemiddelde waarden)	21
<b>6</b>	<b>Conclusies</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Referenties</b>	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>Bijlagen</b>	<b>31</b>



## 1 Inleiding

Groningen Seaports dient op grond van de Nb-wetvergunningen, verleend door LNV en de provincie Groningen voor de verdieping en uitbreiding van de Eemshaven, te rapporteren over de monitoring van de effecten op de natuur conform het goedgekeurde Bedrijfs-specifiek gedeelte van het Monitoringsplan, opgesteld door Consulmij Milieu en Deltares in opdracht van Groningen Seaports (versie 12 juli 2010). In dit bedrijfs-specifiek monitoringsplan is het doel van de monitoring als volgt omschreven:

“ Het doel van het meetprogramma is om vast te stellen of de effecten van de specieverspreiding in het kader van de havenuitbreiding Eemshaven gelijk zijn aan of minder zijn dan de voor de Passende Beoordeling berekende effecten en vergund in de Nb-wetvergunning. Vanwege de grote natuurlijke variatie van de troebelheid in de Eems zijn dergelijke effecten echter moeilijk aan te tonen, zelfs met een uitgebreid meetprogramma. Daarom wordt dit programma uitgevoerd in samenhang met het numerieke verspreidingsmodel dat in het kader van de Passende Beoordeling is ontwikkeld. Met dit model wordt een deel van de natuurlijke variatie in troebelheid verklaard (b.v. door getij en golven), waardoor het mogelijke effect van specieverspreiding eerder aantoonbaar is.

De monitoring zal leiden tot beantwoording van de volgende deelvragen:

1. Is er sprake van extra vertroebeling en kan deze worden toegerekend aan de verspreidingactiviteiten van GSP?
2. Wat is de duur van de extra vertroebeling? Strekt deze zich uit tot de voorjaarsbloei van algen?
3. Wat is de intensiteit van de extra vertroebeling?
4. In hoeverre komen de gemeten intensiteit en duur van de extra vertroebeling overeen met de voor de Passende Beoordeling berekende intensiteit en duur?

“

Deze punten worden op de volgende manier opgepakt:

- In het najaar van 2009 en het voorjaar van 2010 (fase 1 van de monitoring) is voornamelijk aandacht besteed aan het tweede punt: de duur van de vertroebeling. Een uitgebreide meet-campagne naar bodemhoogtes en bodemsamenstelling is uitgevoerd rond de verspreidingslocaties en in de haven met het doel om na te gaan hoe lang er baggerslib resuspendeert vanaf de verspreidingslocaties. Een aantal van deze metingen wordt voortgezet in het najaar van 2010.
- in voorjaar 2010 werden troebelheidsmetingen uitgevoerd rond de verspreidingslocaties ter beantwoording van de vragen 1 en 3.
- in 2011 (fase 2) wordt begonnen met het analyseren van remote sensing beelden van oppervlakte troebelheid ter beantwoording van de vragen 1 en 3
- in het voorjaar van 2011 worden opnieuw troebelheidsmetingen uitgevoerd. Deze metingen richten zich vooral op punt twee en drie: de duur en intensiteit van de vertroebeling. Anders dan in fase 1 wordt dan vooral in de waterkolom gemeten.
- in de monitoringsrapportages worden de meetresultaten vergeleken met de uitgangspunten en de resultaten van het numerieke model dat voor de Passende Beoordeling en het MER is gebruikt en wordt een antwoord gegeven op vraag 4.

Deze rapportage is bedoeld om zoveel mogelijk inzicht te geven in de kans op (significant) negatieve effecten op primaire productie als gevolg van verhoogde troebelheid.

Deze rapportage bevat de monitoringsresultaten over de periode november 2009 tot juni 2010 en is gebaseerd op de onderliggende meetrapportages.

Er is aan het begin voor gekozen om in fase 1 van de monitoringscampagne de meeste aandacht te richten op de erosieprocessen op en rond de verspreidingslocaties van baggerspecie. De snelheid waarmee de slibfractie van de specie zich vanaf de loslocatie naar de omgeving verspreidt, is een belangrijke parameter bij het inschatten van de effecten op primaire productie. Immers, als na half maart nog baggerslib van de loslocaties erodeert en daarmee vertroebeling veroorzaakt, heeft dit effecten op de lichtdoordringing in de waterkolom en op de groeisnelheid van algen in het groeiseizoen.

De meetgegevens zijn verwerkt tot massabalansen en erosiesnelheden vanaf de verspreidingslocaties voor baggerspecie. Met behulp daarvan wordt een schatting gemaakt van een mogelijke troebelheidsverhoging als gevolg van het verspreiden van de baggerspecie uit de Eemshaven. Daarbij is gebruik gemaakt van de modelberekeningen die voor de Passende Beoordeling en MER waren gemaakt om de vertroebeling in te schatten. Er is daarbij gecontroleerd of de uitgangspunten en resultaten van de modelberekeningen in overeenstemming waren met de resultaten van de meetcampagne. In de tweede fase (2011/2012) van de monitoringscampagne zal de meetinspanning meer gericht zijn op troebelheden en de validatie van de modelresultaten aan gemeten zwevendstofgehalten. In deze rapportage wordt kort ingegaan op de uitgevoerde metingen, de massabalansen, de effecten op de troebelheid en de beoordeling van de kans op verhoogde vertroebeling in het algengroeiseizoen. Er worden geen metingen gedaan naar algenconcentraties omdat de grote variabiliteit daarvan beïnvloed wordt door een veelheid aan factoren, waarvan extra vertroebeling door speciëstoringen er slechts een van is. De invloed daarvan is niet te onderscheiden van die van de andere factoren.

De effectmonitoring en analyse hebben conform de Nb-wetvergunning met name betrekking op het verdiepingsbaggerwerk, maar er is ter referentie ook gemeten rondom verspreidingslocatie P5, waar onderhoudsspecie wordt verspreid.

De hoofdtekst van het rapport bevat een globale beschrijving van de methode die is gevolgd om tot een schatting van de vertroebelingseffecten te komen.

In de bijlagen wordt een onderbouwing gegeven van de conclusies in de hoofdtekst. Ook zijn de relevante modelberekeningen en veel aanvullende technische informatie toegevoegd. Alle meetdata zijn verwerkt in de rapportages van Medusa Explorations, Aqua Vision, Wiertsema & Partners, Boskalis en Geoplus, die als bijlagen bij dit rapport zijn gevoegd.

Dit rapport is tevens bedoeld om de in de monitoringscampagne ingewonnen gegevens en de daarmee opgedane kennis vast te leggen zodat verdere verspreiding ervan kan bijdragen aan een beter begrip van de geofysische processen in dit deel van het Eems-Dollard gebied.

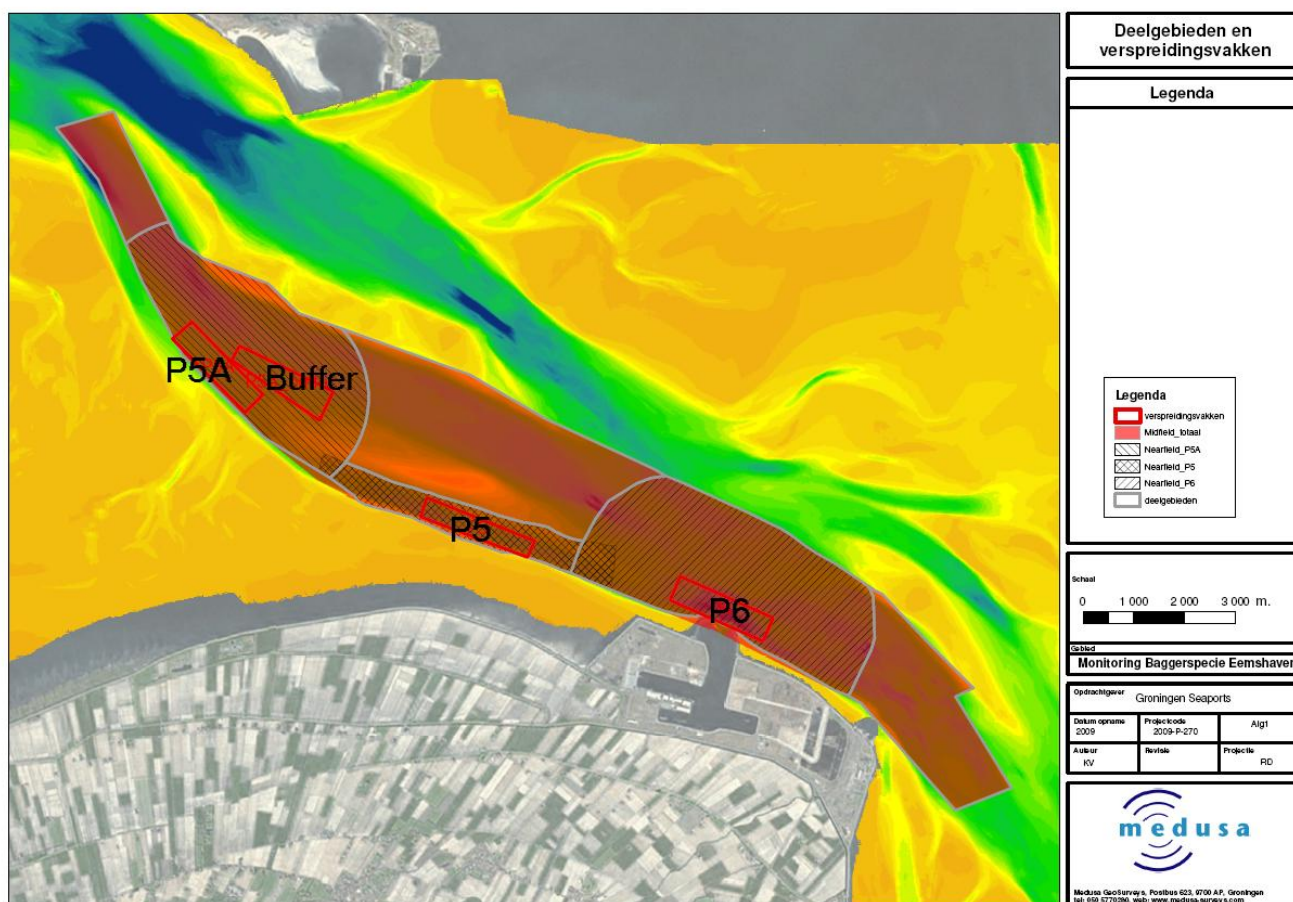
De berekening van volumebalansen op basis van multibeam en singlebeamelingen en de berekening van slibmassa's in de oppervlakkige bodem op basis van radiometrische waarnemingen zijn uitgevoerd en gerapporteerd door Medusa Explorations.

## 2 Baggerwerkzaamheden

### 2. Baggerwerkzaamheden

In de maanden november, december 2009 en januari, februari 2010 is zowel regulier onderhoudsbaggerwerk als verdiepingsbaggerwerk uitgevoerd.

Het reguliere baggerwerk vond plaats in de periode 3 november tot en met 28 november 2009, waarin  $497 \times 10^3 \text{ m}^3$  aan sediment (20% zand, 80% slib\*, gemeten in situ in de haven) is opgebaggerd en verspreid op locatie P5 (zie Figuur 1), conform voorschrift 16 PRV en voorschrift 14 LNV.



Figuur 1: Locatie van verspreidingslocaties P5A, P5A buffer, P5 en P6 met definitie nearfield (gearceerd) en midfield (rood) (bron: Medusa rapportage).

\* Onder "slib" wordt verstaan al het particulier materiaal met een korrel diameter kleiner dan  $63 \mu\text{m}$  met inbegrip van al het organische materiaal. Vlokken en aggregaten opgebouwd uit meerdere slibdeeltjes worden ook tot het slib gerekend. Al het ander particuliere materiaal wordt tot het "zand" gerekend. Hiertoe hoort ook het aandeel  $\text{CaCO}_3$ , dat voor het grootste deel bestaat uit schelpfragmenten.

Het verdiepingsbaggerwerk vond plaats in de periode 1 december 2009 tot en met 13 februari 2010. In totaal is  $1076 \times 10^3 \text{ m}^3$  baggerspecie gemeten in situ in de haven (zie bijlage B), afkomstig uit de verdieping en uitbreiding van de haven verspreid op de locaties P5A in de Oude Westereems en P6 voor de havenmond (zie Figuur 1). Opgemerkt wordt dat het volume baggerspecie gemeten in de bodem van de haven verschilt van het volume gemeten in de beun van het baggerschip. In de baggerschepen is  $2.9 \times 10^6 \text{ m}^3$  ( $889 \times 10^3 \text{ TDS} = \text{tonnen droge stof}$ ) gemeten (zie bijlage C). Veruit de belangrijkste oorzaak hiervan is de lagere mengseldichtheid in de beun van het schip. Tussentijdse aanslibbing en de retourstroom van slib vanaf de verspreidingslocatie P6 naar de Eemshaven dragen eveneens bij. Door de retourstroom wordt een deel van de baggerspecie meerdere keren gebaggerd, echter zonder dat hierdoor extra massa aan het systeem wordt toegevoegd. De retourstroom versterkt het effect op de troebelheid slechts lokaal (monding Eemshaven).

De baggerspecie afkomstig uit het verdiepingswerk bestond gemiddeld voor ca 40% uit zand en voor ca 60% uit slib. De spreiding in deze verdeling is vrij groot. Vóór in de haven is de specie zandig, met zandgehalten tot 81%, achter in de haven is de specie slibbig met slibgehalten tot 94%.

In de tijd gezien nam het slibgehalte af. Vóór de aanvang van het verdiepingsbaggerwerk op 1 december 2009 was het gemiddelde slibgehalte in de haven 68%. Op 25 januari, toen het meeste verdiepingswerk achter de rug was, was het gemiddelde slibgehalte 53%.

### 3 Uitgevoerde metingen

De volgende metingen zijn uitgevoerd:

1. Bodemsamenstelling: Radiometrische metingen waarmee de bodemsamenstelling van de verspreidingslocaties in kaart wordt gebracht en de veranderingen hiervan in de tijd t.g.v. specieverspreiding (Medusa Explorations).
2. Bodemmonsters: Ter kalibratie van de radiometrische metingen is ook een aantal bodemmonsters genomen. Deze metingen geven, in combinatie met hoogtelodingen, inzicht in de verspreidingssnelheid van de specie over de bodem. Daarnaast zijn ook bodemmonsters in de haven genomen (Wiertsema & Partners).
3. Troebelheid: Metingen van de troebelheid in de waterkolom rondom de verspreidingslocaties. Deze metingen geven inzicht in de verspreidingssnelheid van de specie over de waterkolom (Aqua Vision BV).
4. Lodingen: -lodingen van bodemhoogte in de haven en in verspreidingsvakken. Deze metingen geven inzicht in de hoeveelheid specie die uit de haven is gebaggerd en de verdeling hiervan over de verspreidingsvakken (GeoPlus, Groningen Sea Ports).
5. Bagger- en verspreidingsgegevens: Deze metingen geven, in combinatie met de gegevens van de bodemmonsters uit de haven, inzicht in de massa en de samenstelling van de specie die verspreid is. Tevens is de verdeling over de verspreidingslocatie hier inzichtelijk gemaakt (Boskalis, Van der Kamp).

Uit een combinatie van deze metingen kan een massabalans worden opgesteld en wordt het verspreidingsgedrag gekwantificeerd. Hiermee kunnen de modelberekeningen (Alkyon, 2008) die zijn uitgevoerd in het kader van de Passende Beoordeling en het MER ten behoeve van de Nb-wetvergunningen worden gevalideerd.

In Bijlage A worden bovenstaande metingen nader omschreven.



## 4 Massabalans

### 4.1 Beschrijving methode

Een tijdreeks van de massabalans geeft inzicht in het verspreidingsgedrag van baggerspecie op de verspreidingslocatie. Het opstellen van een dergelijke balans kent echter een aantal haken en ogen, die hier kort worden toegelicht.

Het eerste probleem is dat monitoring van de bodemhoogte wel iets zegt over volumeveranderingen van de bodem, maar niet direct iets over massaveranderingen. De relatie tussen massa  $M$  en volume  $V$  is weliswaar mathematisch eenduidig ( $M = \rho_b V$ , met  $\rho_b$  de bulkdichtheid van sediment), maar de dichtheid van sediment hangt sterk af van de samenstelling (hoeveelheid zand en slib) en consolidatiegraad (watergehalte). Deze parameters dienen daarom ook bekend te zijn. De monitoring houdt hiermee rekening, zodat voldoende gegevens bekend zijn om een massabalans op te stellen.

Het tweede probleem is dat de samenstelling van het sediment varieert in de tijd en over de ruimte, doordat elke korrelfractie zich anders gedraagt en doordat ook de hydrodynamische aandrijving per plaats en per moment varieert. Interpolatie van de monitoring-gegevens is daarom altijd noodzakelijk en dit gaat gepaard met een zekere mate van onzekerheid.

Per verspreidingslocatie wordt een massabalans voor het (droge) sediment gemaakt volgens:

$$IN - UIT = OPHOPING \quad (1)$$

De term  $IN$  wordt afgeleid uit de cijfers van Boskalis. Per dag is bekend hoeveel specie in kiloton droge stof (kton d.s.) per locatie is verspreid. De term  $OPHOPING$  volgt uit een combinatie van lodingsgegevens, Medusa-metingen en bodemmonsters. Hieruit wordt de massa-toename in het verspreidingsvak berekend. Het verschil tussen beide termen is de term  $UIT$ , d.w.z. de resuspensie (= erosie) vanuit het vak. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de natuurlijke sedimentatie en erosie (d.w.z. onafhankelijk van het verspreiden van baggerspecie) in het verspreidingsvak nagenoeg aan elkaar gelijk zijn, d.w.z. dat het netto resultaat ervan klein is. Dit netto resultaat is niet altijd verwaarloosbaar en levert een zekere "ruis" op. De grootte hangt o.a. af van getij, wind en golven. Op den duur overschaduwen deze "autonome" morfologische ontwikkelingen de effecten van specieverspreiding, maar ook op korte termijn kan deze ruis een versturende factor zijn bij het opstellen van de massabalans. In bijlage L wordt de invloed van deze ruis gekwantificeerd voor de diverse waarnemingsperioden. In het onderstaande wordt als eerste werkhypothese deze ruis op nul gezet.

Een tweede werkhypothese veronderstelt dat het volume van een kton baggerslib op de bodem van de verspreidingslocatie niet significant verandert. Slib kan zich voordoen als een al of niet vloeibare sliblaag vlak boven de zandbodem en heeft dan een lagere dichtheid dan een vaste laag of wanneer het vermengd is met de zandbodem. In al deze gevallen wordt het bij de uitwerking van de multibeamlodingen gerekend tot de bodem. Er wordt hier in feite verondersteld dat zand/slib mengsels een poriënvolume en een dichtheid hebben die het gewogen gemiddelde is van de beide samenstellende fracties.

In de paragrafen 4.4 en 4.5 wordt het e.e.a. gekwantificeerd. In bijlage L wordt de invloed van variabele dichtheden op de berekening van de erosiesnelheden beschreven.

Vergelijking (1) gaat op voor de totale speciehoeveelheid, maar ook voor de zand- en slibfracties van de specie afzonderlijk.

De volgende betrekkingen worden gebruikt voor de berekening van de sliberosie:

$$\text{Totaal gelost zand in kton d.s.} = (\text{specie gelost sinds } < >) \times \text{zandpercentage} \quad (2)$$

$$\text{Totaal gelost slib in kton d.s.} = (\text{specie gelost sinds } < >) \times \text{slibpercentage} \quad (3)$$

$$\text{Toename zandvolume} = (\text{totaal gelost zand in kton d.s.}) / \rho_{\text{zand}} \quad (4)$$

$$\text{Toename slibvolume} = \text{toename bodemvolume} - \text{toename zandvolume} \quad (5)$$

$$\text{Toename slibmassa} = (\text{toename slibvolume}) \times \rho_{\text{slib}} \quad (6)$$

$$\text{Totale sliberosie in kton d.s.} = \text{Totaal gelost slib} - \text{toename slibmassa} \quad (7)$$

$$\text{Sliberosie per dag} = \text{totale sliberosie} / \text{aantal dagen sinds 25 november 2009} \quad (8)$$

## 4.2 Verwerking meetgegevens tot parameters massabalans

Bij het opstellen van de massabalans op basis van de meetgegevens zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Hoeveelheid verspreide specie in TDS conform opgave Boskalis. 1 kton =  $10^6$  kg.
- Indien op de dag van een loding op een locatie tevens specie wordt gelost, dan wordt de verspreide hoeveelheid van die dag voor de helft meegeteld bij het totaal voor dat moment.
- Verspreid slib: De slibfractie in de beun is inclusief organisch materiaal en bedraagt gemiddeld 60% van het droge gewicht volgens bodemmonsters in de haven.
- Verspreid zand: De zandfractie in de beun is inclusief  $\text{CaCO}_3$  en bedraagt gemiddeld 40% van het droge gewicht volgens bodemmonsters in de haven.
- Voor de bepaling van de zand- en slibfracties zijn de monsters genomen op 1 december 2009 en 25 januari 2010 gebruikt. Die van 2 november 2009 zijn niet gebruikt omdat in deze (ondiep gestoken) monsters relatief veel vers gesedimenteerd slib aanwezig is. Dit slib is door het onderhoudsbaggerwerk in november 2009 verwijderd.
- Het geloste zand kan als gevolg van natuurlijke erosieprocessen eroderen, maar wordt weer aangevuld door natuurlijke sedimentatieprocessen.

Als derde werkhypothese wordt gehanteerd:

*Erosie en sedimentatie van zand zijn in evenwicht.*

Daarbij wordt het volgende aangetekend: Op korte termijn zijn erosie en sedimentatie niet altijd aan elkaar gelijk. Na een storm kan b.v. de erosie sterk overheersen. Op langere termijn (> 1 jaar) zijn de verschillen minder groot, maar ze bestaan nog steeds. De "zandhopen" afkomstig van het lossen van baggerspecie vlakken af in de loop der jaren en verspreiden zich (Steyaart&Mulder, 1994). Ook is er de natuurlijke morfologische ontwikkeling van het gebied. In bijlage L wordt een schatting berekend van de natuurlijke korte termijn variatie van het sedimentvolume van een verspreidingsvak en de mate waarin deze de berekening van de erosiesnelheden voor slib beïnvloedt.

- In de bijlagen H en J staat de bodemontwikkeling van P5A en P6 (o.a. toename van het bodemvolume) vermeld.
- De zandtoename in de verspreidingsvakken is nooit meer (in kton) dan er is verspreid. Uit het aantal kton verspreid zand wordt het zandvolume bepaald, waarbij een droge dichtheid  $\rho_{\text{zand}}$  van  $1400 \text{ kg/m}^3$  wordt aangenomen.
- Toename slibhoeveelheid: Het berekende slibvolume is het verschil van de toename van het zandvolume en de totale volumetoename in een vak. De massa van het slib wordt vervolgens berekend met de aanname van een droge in situ dichtheid  $\rho_{\text{slib}}$  van  $300 \text{ kg/m}^3$  voor slib. Deze aanname is gebaseerd op slibdichtheidsmetingen (radioactieve sonde) in de Maasmond en de aangrenzende vaargeulen. De getijomstandigheden vertonen hier sterke overeenkomst met het Eemshavengebied.
- De schattingen van de droge dichtheden van zand en slib in de verspreidingsvakken komen goed overeen met het gemiddelde van de monsters genomen in deze vakken. De gemiddelde gemeten droge dichtheid is  $1042 \text{ kg/m}^3$  bij een gemiddeld slibgehalte van 29%. Volgens de aannamen van  $1400$  en  $300 \text{ kg/m}^3$  zou de droge dichtheid bij 29% slib, berekend volgens (4) t/m (6)  $1081 \text{ kg/m}^3$  zijn, wat 4% verschilt met de meetwaarde.  
De dichtheidsaannamen komen ook goed overeen met bodemdichtheidsmetingen op de loswallen ten noorden van Hoek van Holland (Stutterheim, 2002). Dit zijn gebieden waar de getijomstandigheden (amplitude van horizontaal en vertikaal getij) ook sterk overeenkomen met die rond Eemshaven.

### 4.3 Resultaten

Het verdiepingswerk in het seizoen 2009/2010 vond plaats in vier gedeelten.

- tussen 1 en 13 december 2009
- tussen 21 en 23 december 2009
- tussen 15 en 26 januari 2010
- tussen 11 en 13 februari 2010

Tabel 4.3.1. toont de hoeveelheden verspreid slib in vak P5A gesommeerd vanaf 1 december tot een bepaalde datum. Hier is telkens een datum voor gekozen dat er ook een loding plaatsvond. Conform de vergelijkingen (1-7) is de erosie vanuit het vak gelijk aan het verschil tussen de massa gelost slib en de massa geaccumuleerd slib. Tabel 4.3.2. toont soortgelijke informatie voor vak P6. Voor beide verspreidingslocaties blijkt dat 10 dagen na de laatste lossing op 13 februari al het baggerslib uit het verspreidingsvak is verdwenen en er geen nalevering van slib meer plaatsvindt.

Tabel 4.3.1

Cumulatieve hoeveelheden zand en slib, verspreid op locatie P5A

P5A diepte > 10 m	Aantal dagen na het begin van de specie lossingen	Specie gelost sinds 1-12- 2009 in kton d.s.	(2)	(3)	Toe- name bodem- volume in m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup>	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
			Totaal gelost zand in kton d.s.	Totaal gelost slib in kton d.s.		Toe- name zand- volume in m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup>	Toe- name slib- volume in m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup>	Toe- name slib- massa in kton d.s.	Totale slib erosie in kton d.s.	Slib erosie in kton d.s. per dag
25-11-09	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08-12	7	91	36	55	74	26	48	14	41	6
22-12	21	182	73	109	98	52	46	14	95	4,5
05-01-10	35	197	79	118	96	56	40	12	106	3
18-01	48	230	92	138	115	66	49	15	123	2,6
03-02	63	336	134	202	138	96	42	13	189	3
23-02	84	336	134	202	78	78	0	0	202	2,4
11-03	100				108					

## Opmerkingen

- Het gaat hier om het gedeelte van het verspreidingsvak P5A met een diepte > 10 m (zie bijlage I). Het gedeelte dat niet is meegerekend ligt aan de ZW zijde van de vaargeul. In dat gedeelte nam het volume tussen 25 november 2009 en 7 april 2010 toe met ca. 160.000 m<sup>3</sup>. Deze sedimentatie was nog aan de gang op 23 februari, toen er niet meer op P5A werd gelost en de slibfractie van de baggerspecie al uit het diepere deel van vak P5A was verdwenen. Ook op 7 april was dit proces nog aan de gang. Op dat tijdstip was al het slib in de baggerspecie al uit de omgeving verdwenen. Het is dus een autonome sedimentatie van zandig materiaal van hoofdzakelijk mariene oorsprong, met mogelijk een kleine hoeveelheid baggerspecie. De zich ontwikkelende ondiepte is duidelijk te zien op een google-earth opname (bijlage K) en in de lodingen van 7 april 2010 (fig.I3, bijlage I).
- Na 25 januari is geen specie meer verspreid in vak P5A, maar in het "buffer"vak ernaast.
- Het verspreidingsvak "buffer" is niet meegerekend in tabel 4.3.1 vanwege de grote natuurlijke variatie in dit vak in de maand februari. De werkhypothesen gaan hier niet op. In de periode van 11 tot 13 februari werd hier 26.000 ton d.s. (35.000 m<sup>3</sup>) verspreid, maar het volume van dit vak nam met 55.000 m<sup>3</sup> af (volume verandering tussen 2 en 23 februari). Daarna nam het volume weer toe met bijna 80.000 m<sup>3</sup>. Een volumeafname is autonoom en houdt geen verband met het verspreiden van baggerspecie. Tijdens de periode van volume afname is al het slib uit de baggerspecie in suspensie gekomen. Volgens modelberekeningen wordt het dan over afstanden van tientallen km verspreid alvorens te sedimenteren. Het valt niet aan te nemen dat veel van dit slib in de periode van volume toename weer sedimenteerde in het buffervak. Men kan dus zeggen dat op 23 februari geen baggerslib meer aanwezig was in het buffervak.
- In de periode van 2 tot 23 februari vond in P5A, het buffervak en in het hele gebied eromheen ("nearfield") een aanzienlijke afname plaats van het bodemvolume met ongeveer de helft van de toename sinds 25 november 2009. Daarna volgde weer een even grote toename gevolgd door een vergelijkbare afname. Mogelijk is op 23 februari een significante meetfout opgetreden. Meetfout of niet, deze volume veranderingen houden geen verband met het verspreiden van baggerspecie. Op 11

- maart is er alleen nog een zandtoename te zien in het nearfield. Men kan dus zeggen dat op 15 maart geen baggerslib meer aanwezig was in het nearfield.
- Op grond van de baggercijfers, de bodemonsters uit de haven en de lodingsdata kan men zeggen dat op 23 februari 2010 de slibfractie van de verspreide baggerspecie uit de verspreidingsvakken P5A en "buffer" was verdwenen en ook uit het "nearfield" eromheen.

Tabel 4.3.2

Cumulatieve hoeveelheden zand en slib, verspreid op locatie P6

P6 Datum loding	Aantal dagen na het begin van de specie lossingen	Specie gelost sinds 1-12- 2009 in kton d.s.	(2)	(3)	Toe- name bodem- volume in m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup>	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
			Totaal gelost zand in kton d.s.	Totaal gelost slib in kton d.s.		Toe- name zand- volume in m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup>	Toe- name slib- volume in m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup>	Toe- name slib- massa in kton d.s.	Totale slib erosie in kton d.s.	Slib erosie in kton d.s. per dag
25-11-09	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09-12	8	154	62	92	123	44	79	24	68	8
12-12	11	185	74	111	136	53	83	25	86	8
06-01-10	36	255	102	153	104	73	31	9	144	4
15-01	45	258	103	155	100	73	27	9	146	3
21-01	51	364	146	218	152	104	48	14	204	4
01-02	62	451	180	271	149	129	20	6	265	4
09-02	70	451	180	271	109	109	0	0	271	4
23-02	84	527	211	316	105	105	0	0	316	3,8
08-03	97				117					
24-03	113				138					
10-04	130				123					
21-04	141				101					

- Vanaf locatie P6 vindt een snellere erosie plaats dan vanaf P5A. Dit is het gevolg van de situering vlak buiten de havenhoofden, waar door stromingscontractie de stroomsnelheden hoger zijn dan elders.
- Op 9 februari was de slibfractie van de verspreide specie al uit het vak verdwenen. Daarna werd er nog 45 kton slib verspreid die op 23 februari weer was verdwenen.
- Na 23 februari vertoont het bodemvolume fluctuaties die voornamelijk met natuurlijke zandtransport processen hebben te maken.

#### 4.4 Slibgehalte van de bovenste decimeters van de bodem

In het bovenstaande is zowel voor P5A als voor P6 berekend dat op 23 februari de volledige volumetoename van de bodem van de verspreidingsvakken toegeschreven kan worden aan het zand uit de baggerspecie. Men zou daaruit kunnen concluderen dat het baggerslib uit de verspreidingsvakken is verdwenen, als tenminste duidelijk is, dat het slib niet in de bodem van het verspreidingsvak is gaan zitten, vermengd met zand zonder dat het extra volume inneemt.

De bodem van de verspreidingsvakken bevat van nature al een zeker percentage slib. Met het Medusa systeem is gemonitord of het slibgehalte van de bovenste decimeters van de bodem is toegenomen na het lossen van baggerspecie. Men dient daarbij te bedenken dat het slibgehalte van de zeebodem al sterk varieert door natuurlijke processen waarvan golfwerking en sedimentatie de belangrijkste zijn.

In tabel 4.4.1 staat voor de drie verspreidingsvakken het bodemslibgehalte op diverse meettijdstippen vermeld.

Tabel 4.4.1 Bodemslibgehalte in procenten gemiddeld over het verspreidingsvak

datum meting	P5A	buffer	P6
3-11-2009	22	12	49
25-11	32	20	55
16-01-2010			60
3-02	40	18	
15-03	33	15	53
15-04	34	16	49
7-06	32	18	45

Een percentage van 5% slib, verdeeld over de bovenste 20 cm van de bodem vertegenwoordigt een massa van ca 16 kton voor een heel verspreidingsvak, wat aangeeft dat tabel 4.4.1 een significante variatie van de slibhoeveelheden representeert.

In november 2009, vóór het verspreiden van verdiepingsspecie nam het slibgehalte significant toe. Dit kan natuurlijke variatie zijn, mogelijk ook de uitstraling van het verspreiden van onderhoudsspecie in P5 in die periode.

In een gedeelte van de periode tussen 25 november 2009 en 15 maart 2010 werd er in P5A, buffer en P6 verspreid, nl. tussen 1 december 2009 en 13 februari 2010. Na twee maanden verspreiden (op 3 februari 2010) was er een stijging van het slibgehalte in P5A te zien, die duidelijk gerelateerd kan worden aan het baggerslib. De stijging bedroeg maximaal 8 %-punt (tussen 5 en 25 kton) in P5A. Op dat moment was de volumetoename ten gevolge van baggerslib 42.000 m<sup>3</sup> met een toename van de slibmassa volgens tabel 4.3.1 van 13 kton. Er was dus op 3 februari maximaal 12 kton meer slib in het vak dan tabel 4.3.2 aangeeft. Als we de tabel hiervoor corrigeren en de 12 kton meetellen in de kolom "Toename slibmassa" komen we uit op een gemiddelde sliberosie van 2,8 kton per dag. De erosie van 25 kton in P5A zou dan 9 dagen in beslag nemen. Op 13 februari zou er volgens deze berekening geen baggerslib meer in vak P5A aanwezig zijn, ook omdat er in februari niet op P5A werd gelost, maar in het buffervak.

In P6 was de toename van het bodemslibgehalte op 16 januari maximaal 5 %-punt (3 - 16 kton). De toename van de slibmassa die uit de toename van het bodemvolume kan worden berekend volgens tabel 4.3.2 is op 15 januari maximaal 9 kton. Er was dus nog 7 kton slib aanwezig, die niet in tabel 4.3.2. voorkomt. Als we die 7 kton meetellen in de kolom "Toename slibmassa" komen we nog steeds uit op een gemiddelde sliberosie van 3 kton per dag. De erosie van 16 kton in van P6 zou dan ruim 5 dagen in beslag nemen. Vanaf 15 januari werd weer baggerspecie verspreid in P6. Op 15 maart was het slibgehalte in P6 weer lager dan op 25 november.

Op 15 maart was het slibgehalte in P5A weer nagenoeg gelijk aan dat van 25 november en was dat in het buffervak en P6 lager dan op 25 november. Op 15 maart was dus geen effect op het slibgehalte van de bodem van de vakken P5A, buffer en P6 meer te constateren ten gevolge van van het verspreiden van verdiepingsspecie.

#### 4.5 Dikte van de vloeibare sliblaag in de verspreidingsvakken

Slib kan voorkomen als een samenhangende bodemmassa of vermengd met het zand in de bodem. Vlak boven de bodem bevindt zich vaak een sliblaag van enkele decimeters dikte die vloeibaar is. De natte dichtheid beweegt zich tussen 1050 en 1200 kg/m<sup>3</sup> (droog 50 tot 290 kg/m<sup>3</sup>). Het laag-frequente signaal van het single beam echolood wordt niet gereflecteerd door deze laag, maar door de vaste bodem eronder. Het hoogfrequente (200 kHz) signaal wordt wel door de bovenkant van deze sliblaag gereflecteerd evenals het hoogfrequente signaal van het multibeam echolood. De sliblaag telt dus mee als bodemvolume..

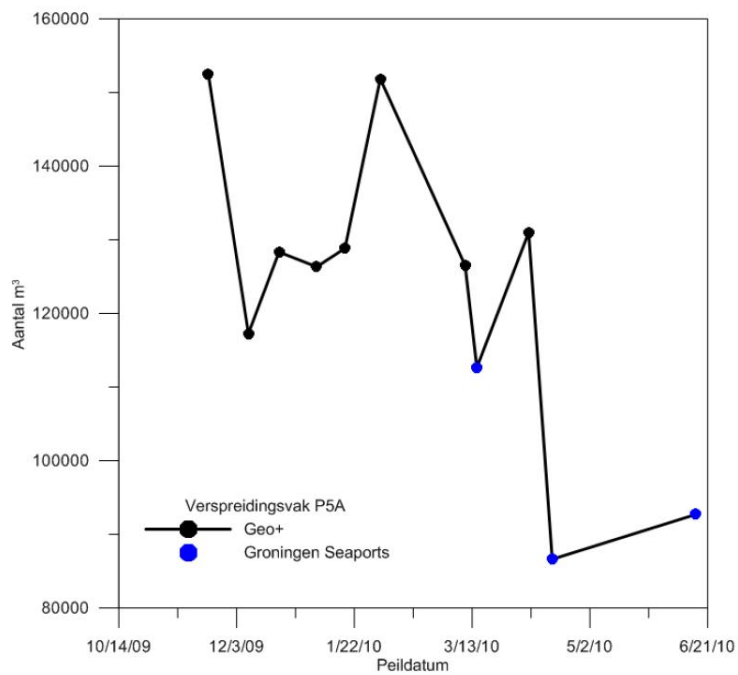
Uit de single-beam signalen kan de dikte van de sliblaag worden berekend. Dit is gedaan voor de verspreidingsvakken tijdens de diverse lodingscampagnes. In bijlage N is een figuur opgenomen die de dikte van deze laag rond locatie P6 (nearfield) weergeeft. De laagdikte kan tot op enkele cm nauwkeurig worden bepaald en varieert van 10 cm (in ca 30 % van het gebied) tot 30 cm midden op de loslocatie.

In onderstaande tabellen (4.5.1, 4.5.2, 4.5.3) is voor de drie verspreidingsvakken P5A, buffer en P6 de ontwikkeling van het sliblaag volume in het verspreidingsvak vermeld.

De getallen in de kolom "volume sliblaag" geven globaal de gemiddelde sliblaagdikte in millimeters aan. Ter vergelijking met de slibmassa's in de vorige paragrafen: een sliblaagdikte van 100 mm vertegenwoordigt over een vak geïntegreerd een massa van naar schatting 10 kton d.s. bij een droge dichtheid van 100 kg/m<sup>3</sup>.

Voor de vakken P5A en P6 geldt, dat tussen 26 oktober en 23 november 2009 de sliblaagdikte met zo'n 10 cm is toegenomen (zie fig. 2). Dat kan zeer goed het gevolg zijn van het verspreiden van onderhoudsbaggerspecie in vak P5 in die periode. Deze onderhoudsspecie was relatief slibrijk omdat het voornamelijk bestond uit vers afgezet sediment. De monsternames van 2 november in de haven hebben dit bevestigd.

Voor alle vakken geldt, dat tussen 23 november 2009 en 2 februari 2010 de sliblaag volumes hebben gefluctueerd, maar uiteindelijk hetzelfde zijn gebleven. In die periode vonden de meeste specielossingen plaats. Daarna zijn ze gedaald. Het is dus niet aannemelijk dat half maart zich nog baggerslib bevond in de verspreidingsvakken in de vorm van een vloeibare sliblaag.



Figuur 2

Verloop in de tijd van het volume van de sliblaag in vak P5A

100.000 m<sup>3</sup> komt overeen met een gemiddelde sliblaagdikte van 10 cm

**Tabel 4.5.1: vak P5A. Oppervlak 1.011.376 m<sup>2</sup>**

**Sliblaag volumes en verschillen (sedimentatie-erosie)  $T_n - (T_{n-1})$ .**

datum opname	volume sliblaag in 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ≈ gemiddelde laagdikte (mm)	verschil met vorige opname
26-10-2009	61	
23-11	152	92
8-12	117	-35
21-12	128	11
6-01-2010	126	-2
18-01	129	2
2-02	152	23
10-03	126	-25
15-03	112	-14
6-04	131	18
16-04	87	-44
16-06	93	6

**Tabel 4.5.2: buffer P5A. Oppervlak 976.939 m<sup>2</sup>**

**Sliblaag volumes en verschillen (sedimentatie-erosie)  $T_n - (T_{n-1})$ .**

datum opname	volume sliblaag in 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ≈ gemiddelde laagdikte (mm)	verschil met vorige opname
23 -11-2009	163	
2 -02-2010	162	- 1
10- 03	138	-24
15- 03	106	-33
6 -04	142	37
16- 06	101	-41

**Tabel 4.5.3: vak P6. Oppervlak 1.005.757 m<sup>2</sup>****Sliblaag volumes en verschillen (sedimentatie-erosie)  $T_n - (T_{n-1})$ .**

datum opname	volume sliblaag in 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ≈ gemiddelde laagdikte (mm)	verschil met vorige opname
26 -10-2009	47	
24 -11	150	103
9 -12	129	-21
23 -12	132	3
6- 01-2010	134	2
15- 01	56	-78
21- 01	132	76
1- 02	153	20
9 - 03	133	-19
15- 03	72	-62
23- 03	136	64
9- 04	25	-111
16- 04	64	43
15- 06	122	55

#### 4.6 Conclusies ten aanzien van de massabalans

Uit de multibeam lodingen valt de hoeveelheid baggerspecie in de verspreidingsvakken, de slibfractie daarvan en de erosiesnelheid van baggerslib met voldoende nauwkeurigheid (zie bijlage L) te berekenen.

Tijdens het verspreiden is de erosiesnelheid hoog: 6 kton per dag voor P5A en 8 kton/dag voor P6. Deze snelheid neemt af zodra het verspreiden wordt gestopt. Voor beide lokaties geldt, dat 10 dagen na de laatste lossing op 13 februari al het baggerslib uit het verspreidingsvak is verdwenen. De volumetoename van de bodem is op 23 februari geheel toe te schrijven aan de zandfractie van de baggerspecie. Ook in het nearfield van beide locaties is tussen 9 december en 11 maart het bodemvolume afgenomen.

Op 23 februari is ook het slibgehalte van de bodem weer hetzelfde als in de periode vóór het verspreiden.

De dikte van de vloeibare sliblaag vlak boven de bodem is op 15 maart weer normaal.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat het verspreiden van slib niet heeft geleid tot een extra sliberosie na 15 maart vanuit de verspreidingsvakken P5A en P6 en het omliggende nearfield.

In het volgende hoofdstuk wordt besproken in hoeverre de voor de Passende Beoordeling en het MER berekende effecten overeenkomen met de waargenomen effecten m.b.t. slibverspreiding en zwevend stofconcentraties.



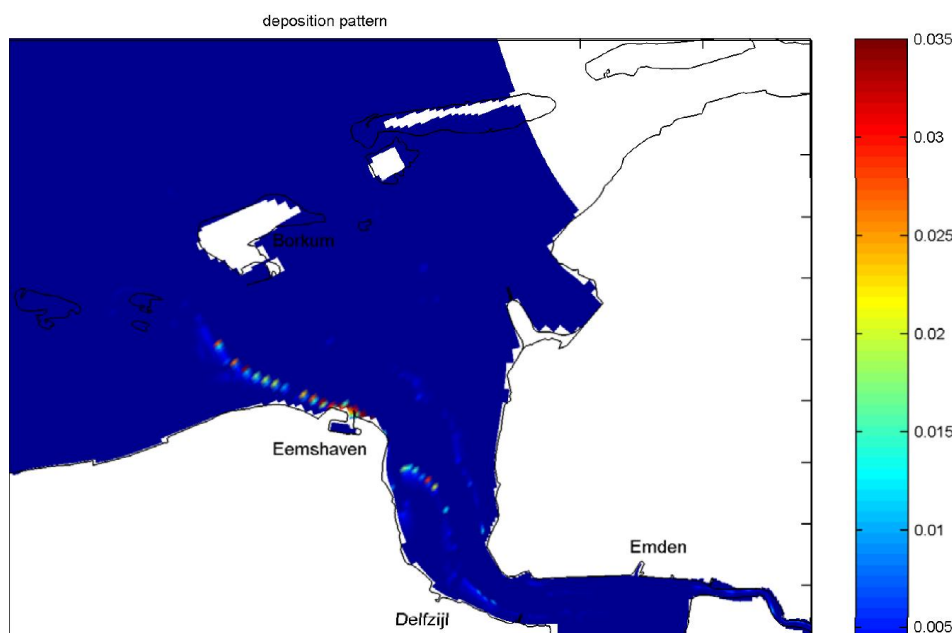
## 5 Effecten

### 5.1 Beschrijving modelprognose (Alkyon)

In het Main report A1836R8r1 van juni 2008 van Alkyon worden 3D modelsimulaties gerapporteerd van specielossingen in vak P5. Deze modelberekeningen waren gemaakt met het oog op een inschatting van de effecten van het verspreiden van baggerspecie in het kader van de haven- en vaargeulverdiepingen. Het Alkyon rapport A1836R8r1 diende als achtergronddocument voor zowel het MER vaargeulverbreding als het MER havenverdieping. Het model was gecalibreerd en gevalideerd aan de in 2008 beschikbare meetwaarden m.b.t. hydrodynamica en zwevend stofconcentraties.

Het gebruikte model is gebaseerd op de SEDONLINE software van Deltares. Hierbij zijn andere, meer gedetailleerde procesformuleringen toegepast dan bij het eerder gebruikte Delft3D/Delwaq. De achtergrondconcentraties werden met het SEDONLINE model op een bedeutend betere manier gemodelleerd. Dit is o.a. het gevolg van een meer gedetailleerde formulering voor resuspensie.

In de simulatie wordt in 5 dagen 120 kton slib verspreid. In de berekening was 9 dagen na het stoppen van het verspreiden de specie nagenoeg geheel uit het verspreidingsvak P5 verdwenen (Figuur 2). 60% bevond zich op de bodem van de geulranden in de omgeving, 5 % was in suspensie in het modelgebied, de resterende 35 % was uit het modelgebied verdwenen. De suspensieconcentraties (momenteaan) waren na 10 dagen maximaal 20 mg/l (Bijlage F). De getijgemiddelde maximale concentratieverhoging aan het oppervlak in de hoofdgeul (Fig. F1 en F2) was na 2 dagen ca 22 mg/l en na 10 dagen minder dan 1 mg/l.



Figuur 2: Berekend depositiepatroon van baggerspecie, verspreid op P5, 9 dagen na het stoppen van de verspreiding (Alkyon A1836R8r1)

## 5.2 Vergelijking meting met model

In de Alyon rapportage m.b.t. het numerieke model is uitgebreid aandacht besteed aan de modelvalidatie, vergelijking met metingen (vooral waterstanden) en een gevoeligheidssondezoek m.b.t. een aantal belangrijke modelparameters. Uit de geconstateerde goede overeenkomst van de modelresultaten met gemeten waterstanden kan men concluderen dat het getijvolume van het estuarium goed wordt gereproduceerd. Dit betekent o.a. dat de berekende stroomsnelheden, gemiddeld over de breedte van het estuarium ook goed overeenkomen.

Voor de modelparameters die betrekking hadden op sediment en zwevende stof werden standaard waarden genomen. De modelvalidatie m.b.t. troebelheid werd bemoeilijkt door het ontbreken van lange meetreeksen in voldoende meetpunten.

### 5.2.1 Erosiesnelheid

Uit de massabalans van hoofdstuk 3 blijkt dat de waargenomen erosiesnelheid in de eerste week van het verspreiden voor P5A en P6 samen gemiddeld 14 kton/dag bedroeg.

Volgens de volumeberekeningen op basis van de lodingscijfers van de verspreidingsvakken was 10 dagen na de laatste lossing geen baggerslib meer in de verspreidingsvakken aanwezig.

In de Alkyon berekening was de verspreide 120 kton na 9 dagen grotendeels verdwenen, wat neerkomt op een erosiesnelheid van minimaal 13 kton/dag.

Ondanks het verschil in oppervlak en ligging kwam de gemeten verblijftijd van slib op de verspreidingslocaties overeen met het resultaat van de Alkyon berekening.

### 5.2.2 Troebelheid

Slibgehalten in het water in en rond de verspreidingsvakken zijn gemeten op 19 en 21 januari.

Er is gekozen voor het varen van lange tracks over en tussen de verspreidingslocaties (zie bijlage M) om die ruimtelijke gradiënten in de troebelheid waar te nemen, die direct gerelateerd kunnen worden aan het storten van baggerspecie op de verspreidingslocaties. In de gemeten horizontale profielen zijn duidelijke maxima aan te wijzen op en rond de verspreidingslocaties. Deze kunnen worden gerelateerd aan de bij Borkum gemeten achtergrond.

Sinds 15 januari werd weer specie verspreid op P5A en P6. Uit Tabel 4.3.1 en Tabel 4.3.2 volgt dat de specie verspreid in december dan inmiddels uit de verspreidingsvakken is verdwenen. De gemeten vertroebeling is dan geheel afkomstig van de lossingen vanaf 15 januari.

Uit de slibconcentratie-metingen op 19 en 21 januari blijkt dat de vertroebeling vooral bij de bodem plaats vindt. Daar werden concentraties tussen de 200 en 300 mg/l waargenomen. Vertikaal gemiddelde concentratieverhogingen rond de 100 mg/l zijn in de buurt van de verspreidingslocaties te zien tegen een achtergrond van ca. 40 mg/l (zie bijlage M). Lokaal werden ook verhogingen boven 200 mg/l waargenomen maar niet in de verspreidingsvakken. De Jonge en van Beusekom (1995) hebben vergelijkbare waarden gemeten bij toenemende windsnelheden. Colijn (1982) heeft rond Eemshaven een achtergrond gehalte van 42 mg/l waargenomen.

De waarden van 200 en 300 mg/l zijn momentane waarden. Getijgemiddelde waarden zijn over het algemeen een stuk lager.

De maximale (momentane) vertikaal gemiddelde concentratieverhogingen die door Alkyon waren berekend met SEDONLINE (zie Bijlage F) bedragen 260 mg/l. In de berekening van Alkyon werd gerekend met het verspreiden van 120 kton baggerslib in 5 dagen. In werkelijkheid werd er meer baggerslib gelost, maar verspreid over een veel langere tijdperiode. Door opschaling en superpositie van modelresultaten op diverse tijdstippen is het mogelijk slibconcentratiewaarden te berekenen aan de hand van de werkelijk verspreide slibhoeveelheden (zie Bijlage F). Voor 25 januari wordt zo een maximale waarde van 233 mg/l berekend. Voor 19 en 21 januari zijn de berekende waarden resp. 190 en 216 mg/l.

In het Alkyon model werd met 1 verspreidingslocatie gerekend, terwijl het er in werkelijkheid meerdere waren, zodat de resultaten niet één op één vergeleken kunnen worden.

Wel is duidelijk dat de vooraf met het model berekende concentratieverhogingen in de waterkolom redelijk overeenstemmen met de waargenomen concentratieverhogingen. In bijlage F wordt een uitgebreidere vergelijking gemaakt tussen monitorings- en modelresultaten.

### 5.3 Inschatting van effecten op troebelheid

De erosiesnelheid in de SEDONLINE berekening is vergelijkbaar met die welke volgt uit de massabalans uit de metingen. Deze berekeningen kunnen daarom als uitgangspunt dienen voor een inschatting van de vertroebeling. In Bijlage F is dit uitgewerkt.

#### 5.3.1 Maximale waarden (momentaan, niet getijgemiddeld)

De berekende maximale slibconcentratieverhoging in het water op 14 december, na 13 dagen verspreiden, is 193 mg/l (vertikaal gemiddeld). Op 24 december, na het stoppen van het verspreiden in 2009, is de berekende maximale momentane concentratieverhoging 100 mg/l.

Het maximale effect op de momentane slibgehalten van de specielossingen in januari wordt geschat op 233 mg/l op 25 januari. Het maximale effect van de specielossingen in februari wordt geschat op 130 mg/l. Het totale effect op momentane troebelheden van alle specielossingen van december, januari en februari op P5A, buffer en P6 wordt op 14 februari geschat op maximaal 172 mg/l. Op 23 febr. is de maximale concentratie naar schatting afgenomen tot 6 mg/l.

#### 5.3.2 Duur van de vertroebeling (getijgemiddelde waarden)

Getijgemiddelde waarden liggen meestal veel lager dan de maximale. Dit is een gevolg van de getijvariatie in de concentratiewaarden. Door getijstromingen wordt slib van de bodem opgewerveld dat weer bezinkt rondom het kenteringstijdstip als de getijsnelheden laag zijn.

Voor een schatting van de getijgemiddelde concentraties en de vertroebelingsduur gaan wij vooralsnog uit van de Alkyon berekeningen (Alkyon, 2008) die als uitgangspunt hebben gediend voor het Consulmijrapport (Consulmij, 2008). Aanbevolen wordt om de berekening te herhalen met de werkelijk verspreide hoeveelheden slib op de werkelijke verspreidingslocaties.

De vertroebelingsduur is niet in situ gemeten in deze fase van de monitoringscampagne. Op grond van de geconstateerde overeenkomsten en verschillen met de Alkyon berekening kan er wel een schatting van worden gemaakt.

De berekende vertroebelingsduur na het verspreiden van 120 kton baggerslib is volgens het Consulmijrapport 2 weken. Dat betekent dat het effect van de verspreiding in februari (ca 60 kton tot 13 febr.) op 1 maart niet meer meetbaar is.

De vertroebelingsduur na het verspreiden van 200 kton baggerslib is uitgaande van de berekeningsmethode in het Consulmijrapport minder dan 4 weken. Dat betekent, dat het effect van de verspreiding in januari (tot 25 jan.) op 25 februari niet meer meetbaar is.

Het effect van de verspreiding in december (240 kton tot 23 december) is na 4 weken (op 23 januari) niet meer merkbaar.

Uit het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat op 15 maart 2010 geen meetbaar vertroebelingseffect van het verspreiden van verdiepingsspecie uit de Eemshaven meer aanwezig was.

## 6 Conclusies

Op basis van de monitoring-gegevens tot 15 juni 2011 en een vergelijking met eerdere modelvoorspellingen wordt het volgende geconcludeerd:

- Voor de verspreidingslocaties P5A, buffer en P6 geldt dat 13 dagen na de laatste (13 februari) lossing van baggerspecie al het baggerslib uit het verspreidingsvak en de directe omgeving is verdwenen en er geen nalevering van slib meer plaatsvindt.
- Het zand uit de baggerspecie erodeert langzamer dan slib en verblijft veel langer op de verspreidingslocaties. Zanderosie leidt echter niet tot vertroebeling omdat zand relatief kort in de waterkolom aanwezig is. Bovendien houdt zand zich dicht bij de bodem op waardoor de invloed op het onderwater lichtklimaat verwaarloosbaar is.
- De waargenomen erosiesnelheid van P5A en P6 samen bedroeg tijdens en kort na het verspreiden 14 kton per dag. In de voor het MER gedane berekening met het numerieke model SEDONLINE was dat 13 kton per dag.
- De waargenomen erosiesnelheden voor slib van beide verspreidingslocaties samen hebben een geschatte nauwkeurigheid van 10 - 15 % en komen binnen die marge overeen met de modelprognoses voor het MER (zie bijlage L).
- De waargenomen verblijftijden van slib op de baggerspreidingslocaties waren kleiner dan 14 dagen. De met SEDONLINE berekende verblijftijd bedroeg maximaal 13 dagen.
- De op 19 en 21 januari waargenomen maximale vertroebeling kwam overeen met die berekend op basis van het SEDONLINE model.
- De waargenomen erosiesnelheden, verblijftijden en suspensieconcentraties van slib op de baggerspreidingslocaties P5A, buffer en P6 komen overeen met de uitgangspunten en resultaten van de troebelheidsberekeningen met het SEDONLINE model. Deze zijn door Consulum gebruikt voor de inschatting van de ecologische effecten ten behoeve van het MER. De conclusie van het effectenrapport (Consulum, 2008) dat de ecologische effecten niet significant zijn, is wat dat betreft op juiste gronden getrokken.

Ten aanzien van de in de inleiding genoemde vier vragen luiden de voorlopige conclusies:

1. Er is sprake van lokale en tijdelijke extra vertroebeling als gevolg van de verspreidingsactiviteiten in het kader van de verdieping van de Eemshaven.
2. De duur van de extra vertroebeling strekt zich niet uit tot de voorjaarsbloei van algen.
3. De gemeten lokale en tijdelijke extra vertroebeling bedroeg verticaal gemiddeld 100 tot 200 mg/l.
4. De gemeten intensiteit en duur van de extra vertroebeling komen overeen met die, die voor de Passende Beoordeling zijn berekend.

Ten aanzien van de vragen gesteld in in § 3.4.8 van het Monitoringsplan Bedrijfsspecifiek gedeelte luiden de voorlopige conclusies:

- a) De metingen geven voor februari en maart 2010 een vertroebeling aan die gelijk aan of geringer is dan voorspeld in de Passende Beoordeling.
- b) De meetresultaten wijzen niet op een langduriger vertroebeling dan voorspeld in de Passende Beoordeling.
- c) Er zijn geen aanwijzingen dat de mogelijke effecten op de primaire productie of instandhoudingdoelen niet verwaarloosbaar zijn. Het is daarom niet nodig om het meetprogramma voor de volgende fasen extra uit te breiden.

## **Aanbevelingen voor monitoringsactiviteiten najaar 2010 – voorjaar 2011 (fase 2)**

### *Multibeam lodingen*

Uit de lodingen in de verspreidingsvakken viel met voldoende nauwkeurigheid de erosiesnelheid voor slib te bepalen, zowel tijdens als na het lossen van baggerspecie. De uitgangspunten voor de berekeningen gedaan voor de Passende Beoordeling en het MER bleken correct te zijn. Deze validatie was het primaire doel van de multibeamlodingen in de verspreidingsvakken. Dit doel is bereikt. Daarom zijn intensieve lodingscampagnes in de verspreidingsvakken voor dit doel in de komende jaren niet meer nodig, tenzij de slibgehalten van de verspreide baggerspecie drastisch zouden veranderen. Wel is het nodig om de ontwikkeling van de ondiepte in het zuid-westen van vak P5A te blijven monitoren.

Aanbevolen wordt om de vakken P5A en P6 maandelijks te loden, vanaf het moment vlak voor het begin van de verspreiding van verdiepingsspecie.

In het near-field rond de verspreidingsvakken was overeenkomstig de verwachting in december en januari een geleidelijke verhoging te zien van het bodemvolume, die met een redelijke waarschijnlijkheid aan het verspreiden van baggerspecie kan worden toegeschreven. In de maanden daarna en voor P6 ook in de maand november was er een grote variatie te zien, die niet aan baggerspecielossingen kan worden toegeschreven en daarom autonoom genoemd kan worden. Deze variatie (bijlage L) is kleiner dan het mogelijke effect van baggerspecielossingen en tot eind februari kunnen valide conclusies worden getrokken.

De near-field lodingen hebben voldoende bruikbare informatie gegeven over de verblijftijd van slib in het nearfield en hebben aan hun doel (validatie uitgangspunten MER) beantwoord. Zij hoeven niet herhaald te worden. De informatie was niet gedetailleerd genoeg voor conclusies over de verspreidingsnelheid van baggerslib of over het bijbehorende sedimentatiegedrag in het nearfield. Dit soort informatie kan ook niet verkregen worden door het uitvoeren van nog meer multibeam lodingen.

### *Slibgehalte van de bodem*

Voor de slibmassa's, berekend uit de met Medusa gemeten slibgehalten van de bodem, geldt eveneens dat de natuurlijke variatie groot is. Er kan wel geconstateerd worden dat het effect van het verspreiden in P5A en P6 tot 1 februari duidelijk is te zien, maar op 15 maart is het volledig verdwenen. Deze informatie is voldoende om de vraag over nalevering uit de verspreidingsvakken te beantwoorden. Omdat meer gedetailleerde informatie uit dit type metingen niet valt te verwachten is het niet nodig ze voort te zetten.

Hetzelfde geldt voor het nemen van bodemonsters op de verspreidingslocaties. Deze dienden voornamelijk als ijking voor de Medusa metingen.

Wel belangrijk zijn de bodemonsters in de Eemshaven. De berekening van de erosiesnelheden op de verspreidingsplaatsen hangt sterk af van de zandgehalten van de baggerspecie en die worden in de havenbodem gemeten. Deze zandgehalten waren bij de tweede meetserie hoger dan bij de eerste. Dat kan het gevolg zijn van het feit dat in de eerste meetserie nog veel vers gesedimenteed oppervlakkig slib in de monsters zat en in de tweede serie de diepere lagen vertegenwoordigd waren. Een doorgaande monitoring hiervan is noodzakelijk.

### *Dikte van de sliblaag*

De dikte van de sliblaag boven de bodem kan met een nauwkeurigheid van enkele cm worden gemeten. De meetfout is meestal systematisch, zodat de volume verschillen van de

sliblaag redelijk nauwkeurig bekend zijn. De onzekerheid zit meer in de dichtheid van de laag. Deze kan variëren van 50 tot bijna 300 kg/ m<sup>3</sup>.

De natuurlijke variatie van de sliblaag dikte is groot. De sliblaag kan zich binnen een getij meerdere kilometers verplaatsen.

Op grond van de sliblaagdiktes kan geconstateerd kan worden, dat er tussen november en half maart geen significante toename van slib heeft plaatsgevonden.

Deze informatie is voldoende om de vraag over nalevering uit de verspreidingsvakken te beantwoorden. Omdat meer informatie uit dit type metingen niet valt te verwachten is het niet nodig ze voort te zetten.

#### *Troebelheden en zwevend stof concentraties*

De door Aqua Vision gemeten SPM (= zwevend stof) concentraties geven een goed beeld van de verdeling van baggerslib in de waterkolom en van de horizontale verspreiding. Dit beeld is echter sterk afhankelijk van momentane omstandigheden, met name wat betreft wind, golven en getij. Het is daarom nodig om deze metingen te herhalen onder verschillende omstandigheden.

#### *In fase 2 te meten grootheden*

Omdat de vragen met betrekking tot erosiesnelheden en nalevering van de bodem op een bevredigende wijze zijn beantwoord, is het niet nodig meer inspanning te steken in het bodemgedrag. Het blijft natuurlijk wel nodig om in de Eemshaven in- en uitpeilingen te doen, omdat dat de enige manier is de gebaggerde in situ kuubs te meten. Bodemonsters in de Eemshaven zijn nodig om het slibgehalte daarvan te bepalen en de TDS bepalingen in het baggerschip zijn nodig voor de droge massa van de baggerspecie. Om de autonome ontwikkeling van de verspreidingslocaties te volgen en als extra check op de erosiesnelheden en de verblijftijden is het ook nodig om de verspreidingslocaties maandelijks te loden. Daarbij moet P1 nu ook worden meegenomen, omdat daar zandige specie wordt gestort vanuit verdiepingswerk. Deze specie zal naar verwachting nauwelijks vertroebeling veroorzaken.

Tijdens vier 13-uursmetingen zullen vanaf een varende meetvaartuig verticale profielen van troebelheden worden gemeten direct na het stoppen van het verspreiden medio februari en op een drietal dagen kort daarna. Hieruit komt verdere informatie over de duur van de vertroebeling.

Vragen die nog onbeantwoord zijn betreffen nu vooral de validiteit van het numerieke model met betrekking tot de berekende zwevend stof gehalten in de waterkolom.

De Aqua Vision metingen hebben hier al enig licht op geworpen, maar er is meer meetinformatie in de waterkolom nodig om een goede validatie van het model uit te voeren.

Met het oog op primaire productie zijn de troebelheden aan het wateroppervlak een belangrijke parameter. Deze kunnen mogelijk uit remote sensing beelden worden bepaald. In 2011 wordt een inventarisatie gedaan van de remote sensing beelden van de laatste jaren die informatie geven over achtergrondtroebelheden in de winter en mogelijke troebelheidseffecten van het verspreiden van baggerspecie.

Een grootheid die tijdens fase 1 niet is gemeten, maar die waarschijnlijk wel een grote invloed heeft op troebelheid, is de golfhoogte. Deze zou vanaf een vaste opstelling moeten worden gemeten. Zolang deze er nog niet is worden nabij Borkum gemeten golfparameters via overdrachtsfuncties vertaald naar de verspreidingslocaties.

In een apart meetplan wordt het een en ander nader uitgewerkt voor het seizoen 2010/2011.

## Doorkijk naar najaar 2011 en verder

Een activiteit die het sluitstuk vormt van de monitoringsinspanning m.b.t. vertroebeling is de validatie van het slibmodel aan de hand van gemeten zwevende stof concentraties.

De meest betrouwbare validatiemethode voor het numerieke model is een langdurige berekening waarin een historische periode wordt doorgerekend ("hindcast") tijdens welke voldoende metingen zijn verricht. Pas dan wordt het model onder alle optredende weersomstandigheden getest en krijgt men een idee over de kwaliteit van het model bij de reproductie van middellange termijn fenomenen. Om dit optimaal te kunnen doen zijn o.a. lange tijdreeksen van meetwaarden nodig met getijresolutie.

Het beste middel hiertoe is het gebruik van vaste meetopstellingen.

### *Vaste meetopstellingen*

Met alleen varende metingen en met remote sensing kan slechts beperkte informatie over de tijdsvariabiliteit van de troebelheid worden verkregen. Dat kan wel met vaste meetopstellingen of moorings. Deze kunnen 10-minuten waarden opleveren van troebelheden en andere grootheden zoals temperatuur, fluorescentie (algen) en zoutgehalte over langere perioden (maanden-jaren). De tijdsvariabiliteit van troebelheid is groot op tijdschalen van uren (getij) tot maanden (seizoen) en jaren. Door deze frequente metingen te correleren aan andere grootheden zoals wind, golven, getij, Eemsafvoer en baggerspecieverspreidingen is het in een aantal situaties mogelijk om antropogene invloeden (baggerspecie) te onderscheiden van natuurlijke invloeden (golven). Er moet dan bij voorkeur met twee opstellingen worden gewerkt, één in de buurt van een verspreidingsvak en één in een niet beïnvloed gebied. Die in het niet beïnvloede gebied is de referentiemeting en geeft alleen de invloed van meteo weer.

### *Referentiemeting*

De meetopstelling bij het verspreidingsvak registreert verhogingen ten opzichte van de achtergrondtroebelheid. Deze verhogingen kunnen het gevolg zijn van het verspreiden van baggerspecie maar ook het gevolg van de invloed van wind en golven. Om het onderscheid te kunnen maken is het nodig om een referentiemeting te doen in een gebied dat op dezelfde manier beïnvloed wordt door golven, maar dat niet wordt beïnvloed door de baggerspecieverspreiding. Het verschil van de twee meetwaarden is dan het effect van de specieverspreiding.

### *Validatie model*

De relaties die tussen de resultaten van de diverse metingen en waarnemingen kunnen worden gelegd hebben meestal een tamelijk grote onzekerheidsmarge. Dat is de reden dat er van numerieke modellen gebruik is gemaakt om de effecten van baggerspecieverspreidingen te voorspellen. De uitkomsten daarvan zijn zeer gedetailleerd, maar ook omgeven door een onzekerheidsbandbreedte, reden waarom het model moet worden gevalideerd om deze bandbreedte zo klein mogelijk te houden.

Remote sensing waarnemingen en in situ meetwaarden kunnen goed dienen voor zo'n modelvalidatie. Daarbij wordt met het numerieke model een periode doorgerekend waarin vaste meetopstellingen hebben gewerkt. Alle bekende specieverspreidingen uit die periode en ook de werkelijk opgetreden wind en een schatting van het opgetreden golfveld (b.v. middels een SWAN berekening) moeten in de modelsimulatie voorkomen.

Zo nodig worden modelparameters bijgesteld om een betere overeenkomst met de metingen te krijgen.

Middels een aparte modelrun zonder specieverspreidingen op P5a en P6 kan het effect van deze verspreidingen op troebelheid worden bepaald. De resultaten van deze run kunnen dan als de T0-situatie worden beschouwd en die van de run met alle verspreidingen als de T1 situatie.

De modelvalidatie kan op ieder moment uitgevoerd worden na het beschikbaar komen van de meetgegevens, afhankelijk van de datum waarop de validatie gereed moet zijn.



## 7 Referenties

Medusa Explorations - Monitoring verspreiding baggerspecie Eemshaven.  
Medusa Rapport/versie 2009-P-270 eindrapport 07-09-2010

Aquavision BV - Verwerking van sedimentmetingen in een baggerspreidingsgebied bij Eemshaven. Rapport AV\_doc\_100455, 07-09-2010

Alkyon – Effects of dumping silt in the Ems estuary, 3D model study. Main report A1836R8r1, june 2008.

Consulmij - Aanvullende notitie: effecten van vertroebeling, 2008.

Consulmij en Deltares - Bedrijfsspecifiek gedeelte Monitoringsplan Groningen Seaports. Versie 12 juli 2010. Rapport nr. 1201609.

Steyaert, F. en H. Mulder - Fysische effecten van het storten van Baggerspecie uit de Eemshaven in de zuidoever van de Oude Westereems. RIKZ/AB 96-601, 1996.

Stutterheim, S. – Van Noord tot Noordwest. Een studie naar berging van baggerspecie op loswallen. RIKZ / 2002.047.

Colijn, F., 1982 – Light absorption in the waters of the Ems-Dollard estuary and its consequences for the growth of phytoplankton and microphytobenthos. Neth. J. Sea Research 15 (2), p 196-216.

De Jonge, V.N. and van Beusekom, J.E.E., 1995 - Wind and tide-induced resuspension of sediment and microphytobenthos from tidal flats in the Ems estuary. Limnology and Oceanography, 40(4): 766-778.



## 8 Bijlagen

- A. Omschrijving metingen
- B. Tabel kubering dieptelodingen in Eemshaven
- C. Productierapportage Eemshaven – dec 2009 t/m februari 2010
- D. Monsterlocaties Eemshaven
- E. Monsterlocaties overzicht
- F. Berekening vertroebeling op basis van bestaande modelresultaten
- G. Tijdsoverzicht monitoring
- H. Tabel volumeberekeningen uit lodingen vak P5A en buffer
- I. Overzicht deelgebieden P5A
- J. Tabel volumeberekeningen uit lodingen vak P6
- K. Google Earth beeld kweldervorming P5A
- L. Bandbreedte en nauwkeurigheid
- M. Troebelheidsmetingen van Aquavision
- N. Dikte sliblaag rond monding Eemshaven
- O. Rapport Medusa Explorations – Monitoring verspreiding baggerspecie Eemshaven
- P. Rapport Aqua Vision – verwerking van sedimentmetingen in een baggerstortgebied bij Eems-haven
- Q. Wiertsema & Partners – Resultaten laboratoriumonderzoek ten behoeve van slibmonitoring en massabalans bodemonsters te Eemshaven