



## Evaluatie van de effecten van het verspreiden van Boomse Klei in de Westerschelde

Eindrapportage monitoring boorspecie

Drs. B.A. Kornman

Ing. D.C. v. Maldegem

Rapport RIKZ 2002.052

Middelburg, Oktober 2002



# Inhoudsopgave

---

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
1.1 Achtergrond	7
1.2 Monitoring	7
1.3 Dit rapport	8
1.4 Leeswijzer	8
<b>2 Samenvatting MER Boorspecie</b>	<b>9</b>
2.2 Aanleiding en doel MER	9
2.3 Het vrijkomende materiaal	9
2.4 Effecten verspreiden boorspecie	11
<b>3 Slibhuishouding van de Westerschelde</b>	<b>13</b>
3.1 Inleiding	13
3.2 Slib in het water	13
3.3 Slib in de bodem	13
<b>4 Monitoring</b>	<b>15</b>
4.1 Inleiding	15
4.2 Beelden over het verloop van de verspreiding	15
4.3 Ingezette middelen en technieken	16
<b>5 Resultaten monitoring</b>	<b>21</b>
5.1 Inleiding	21
5.2 Lozingen en stortingen boorspecie	21
5.3 Effecten op de troebelheid	22
5.4 Sedimentatie van boorspecie	25
5.5 Conclusies	27
<b>6 Evaluatie effecten verspreiding boorspecie</b>	<b>29</b>
6.1 Inleiding	29
6.2 Morfologie en slibhuishouding	29
6.3 Ecologie	30
<b>7 Eindconclusies</b>	<b>32</b>
<b>8 Referenties</b>	<b>34</b>



## Samenvatting

---

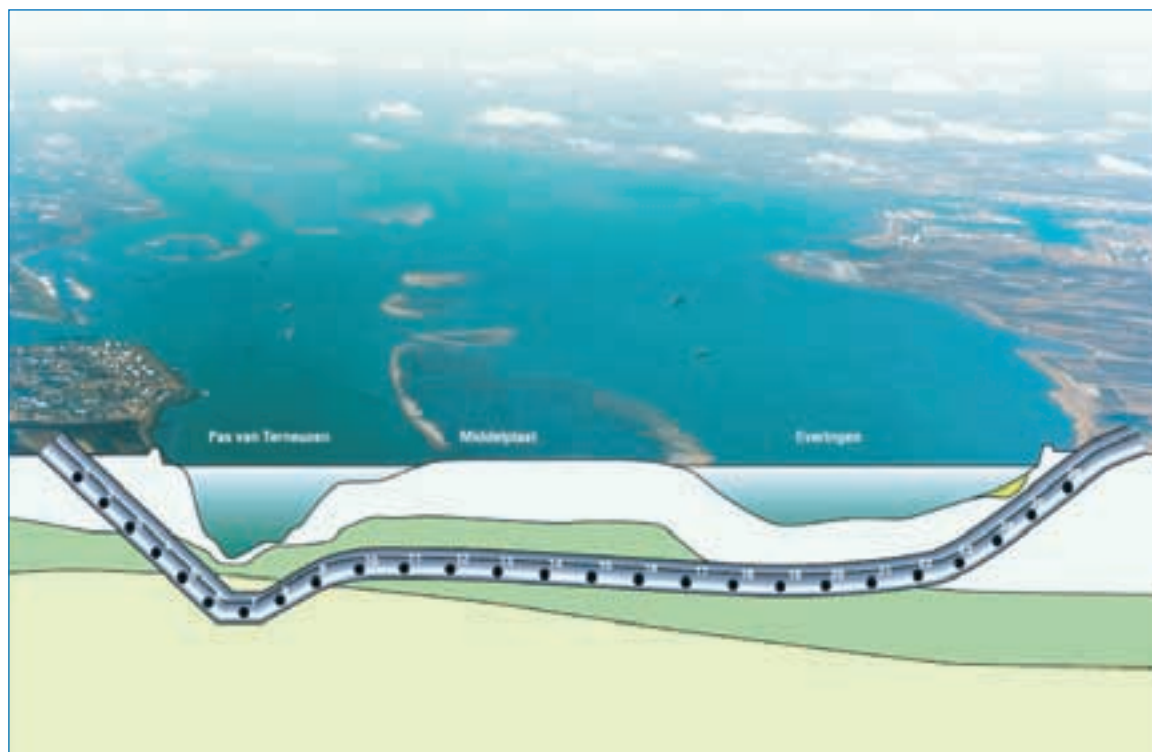
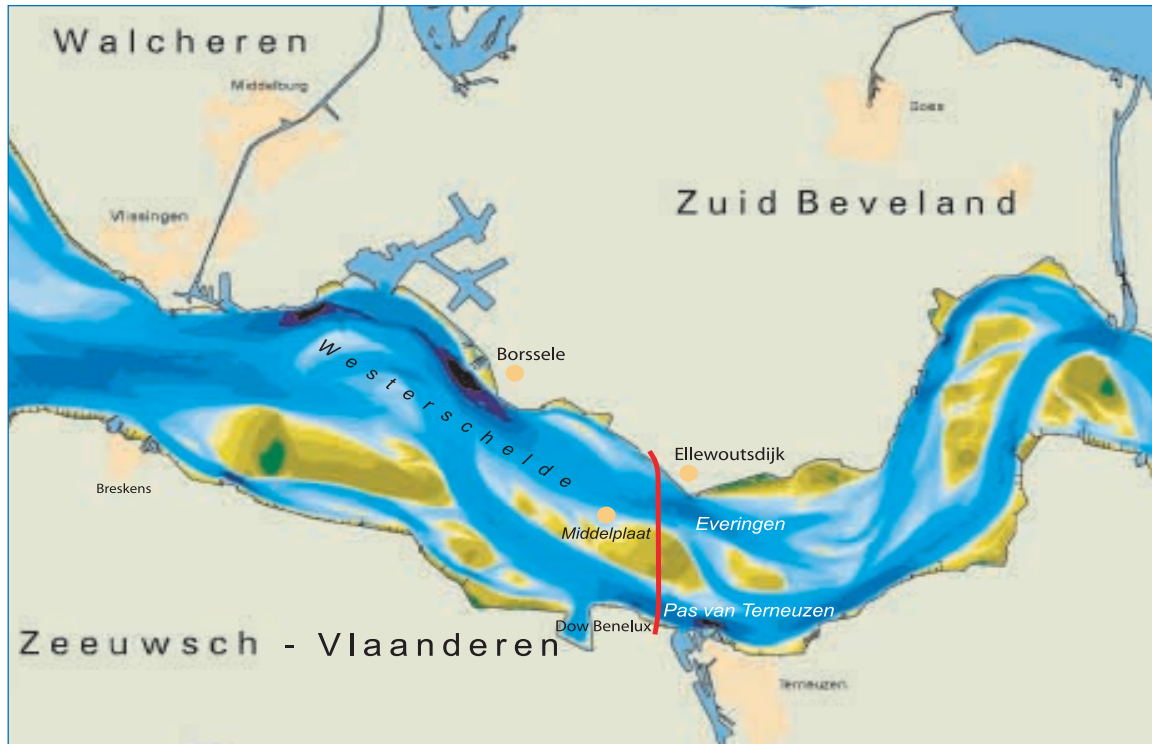
In 1995 is besloten tot de aanleg van een geboorde tunnel onder de Westerschelde tussen Zeeuws-Vlaanderen en Zuid-Beveland. Eind juli 1999 is het boren gestart en in februari 2002 is het boren beëindigd. Hierbij is ongeveer 1,3 miljoen m<sup>3</sup> materiaal vrijgekomen, dat uit zand en fijner sediment (Boomse Klei, slib) bestond. Materiaal dat niet hergebruikt werd, is in de Westerschelde verspreid. Hiervoor zijn door het bevoegd gezag de benodigde vergunningen verleend met als voorwaarde dat er een monitoringsprogramma werd uitgevoerd om de verspreiding van het fijnere sediment te volgen. Dit omdat op basis van het MER niet uitgesloten kon worden dat er enig effect op de morfologie, slibhuishouding en ecologie zou zijn. De bouwer van de tunnel heeft het Rijksinstituut voor Kust en Zee opdracht gegeven dit programma op te zetten, uit te voeren en de resultaten hiervan te rapporteren.

Het fijnere sediment kwam tijdens het boren in twee vormen vrij: in vaste vorm als stevige kleibrokken en in vloeibare vorm als slurry, waarin het klei en slib met water is vermengd. De kleibrokken zijn met schepen op de daarvoor aangewezen locaties gestort. De slurry werd via een pijpleiding in de Westerschelde gepompt. Met het monitoren is in beeld gebracht in welke mate de troebelheid zou toenemen en waar het fijnere sediment uiteindelijk terecht kwam in de Westerschelde. Ten behoeve van de monitoring zijn verschillende veldmetingen en onderzoeken verricht. Dit waren o.a. troebelheidsmetingen, sedimentatie- en erosiemetingen op slikken, radiometrische analyses van sediment en berekeningen met modellen. Door integratie van deze individuele waarnemingen was het mogelijk het totaalbeeld van de verspreiding van de klei en slib te krijgen. Dit beeld vormt de basis voor de evaluatie van de effecten op de morfologie, slibhuishouding en ecologie.

De troebelheid (zwevend-stofconcentratie) neemt door slurrylozingen toe. Deze verhoging is beperkt in tijd, ruimte en grootte. Alleen bij langdurige, grotere slurrylozingen trad een verhoging van de troebelheid op met 10 tot 20 mg/l. Deze toename strekte zich uit tot een gebied van ongeveer 10 km ten westen en 10 km ten oosten van het lozingspunt. Binnen 10 dagen na het stoppen van dergelijke lozingen is de verhoging teruggelopen tot minder dan 5 mg/l. De kleibrokken bleken zeer erosiebestendig te zijn. Het zal nog zeker tientallen jaren duren voordat de brokken volledig geërodeerd zijn.

Over de effecten van het verspreiden van het slib zijn de volgende conclusies getrokken. Het verspreiden heeft geen negatief effect gehad op de morfologie en de slibhuishouding van de Westerschelde. De geconstateerde effecten zoals een toename van de troebelheid en een verhoogde sedimentatie zijn heel lokaal, tijdelijk en/of klein. De morfologie en de slibhuishouding van de Westerschelde kennen van nature een vergelijkbare en grotere dynamiek dan de geconstateerde effecten. Het verspreiden heeft nauwelijks of geen negatief effect gehad op de ecologie van de Westerschelde. De op het zicht jagende dwergstern is niet of nauwelijks belemmerd in zijn foerageren, de rust en foerageergebieden van larvale en juveniele vissen zijn niet verstoord, de voedselopname van zogenaamde voedselreductoren is niet belemmerd en de primaire productie is niet of nauwelijks verminderd.

Figuur 1.1  
Westerschelde tunneltracé



# 1 Inleiding

---

## 1.1 Achtergrond

Op 29 september 1995 heeft de Ministerraad besloten tot de aanleg van een vaste oeververbinding tussen Zeeuws-Vlaanderen en Zuid-Beveland. Hierbij is gekozen voor een geboorde tunnel onder de Westerschelde, tussen Terneuzen en Ellewoutsdijk (Figuur 1.1). Eind juli 1999 is het boren van de tunnel gestart en in februari 2002 is het boren beëindigd. De tunnel bestaat uit twee tunnelbuizen met elk een lengte van ongeveer 6,5 km en een diameter van 11,3 meter. Bij het boren is ongeveer 1,3 miljoen m<sup>3</sup> materiaal vrijgekomen dat uit zand en fijner sediment (klei, slib) bestaat. Een klein deel hiervan is hergebruikt, de rest is in de Westerschelde verspreid. Voorafgaand aan het boorproces is een MER-procedure doorlopen. Hierin zijn de te verwachten effecten van het verspreiden van dit materiaal op de morfologie, het getij, de slibhuishouding, de water- en bodemkwaliteit, de ecologie en gebruiksfuncties van de Westerschelde onderzocht [1]. De conclusie van de MER is dat de effecten naar verwachting beperkt zullen zijn, maar dat enig effect niet uit te sluiten is. Met name de verspreiding van het fijnere sediment kan invloed hebben op de morfologie en slibhuishouding van de Westerschelde en daarmee ook op de ecologie.

Voor het verspreiden van het materiaal zijn de benodigde vergunningen verleend door de provincie Zeeland en Rijkswaterstaat (RWS), directie Zeeland. Het betreft vergunningen op grond van de Wet Milieubeheer (WM) en de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO). Voorwaarde hierbij was het uitvoeren van een monitoringsprogramma om de verspreiding van het fijnere sediment te volgen, omdat de MER enig effect niet uitsloot. De bouwer van de Westerscheldetunnel, Combinatie Middelpaats Westerschelde (KMW), heeft het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) opdracht gegeven dit monitoringsprogramma op te zetten, uit te voeren en hierover te rapporteren.

## 1.2 Monitoring

Doelstelling van de monitoring was het in beeld brengen van de invloed van het verspreiden van het fijnere sediment op de morfologie en slibhuishouding van de Westerschelde. Het fijnere sediment kwam tijdens het boren in twee vormen vrij: in vaste vorm als stevige kleibrokken en in vloeibare vorm als slurry, waarin het klei en slib met water is vermengd. De kleibrokken zijn met schepen op de daarvoor aangewezen locatie gestort. De slurry is via een pijpleiding in de Westerschelde gepompt. Centraal in het monitoringsprogramma stond het in beeld brengen van de troebelheidsveranderingen en de plaatsen waar het fijnere sediment uiteindelijk terecht zou komen. De vragen die met behulp van het programma moesten worden beantwoord waren:

1. Hoe sterk is de toename van de troebelheid van het water als gevolg van het verspreiden van het fijnere sediment (klei, slib)?
2. Over welk gebied en hoe lang is een eventuele toename merkbaar?
3. Waar in de Westerschelde komt het fijnere sediment uiteindelijk terecht?

Tijdens de monitoring is iedere drie maanden een voortgangsrapportage aan KMW uitgebracht. In die rapportages zijn de monitoringsvragen deels of al volledig beantwoord. Tevens zijn daarin de ingezette meettechnieken en de resultaten van aanvullende onderzoeken beschreven.

### 1.3 Dit rapport

Dit rapport is de eindrapportage van de monitoring van de verspreiding van het fijnere sediment (brokken, slurry; vanaf nu ook 'boorspecie' genoemd) en vormt de afsluiting van het monitoringsprogramma. In dit rapport wordt op bovenstaande vragen antwoord gegeven en worden de mogelijke effecten op de morfologie, slibhuishouding en ecologie geëvalueerd. Daarvoor wordt in dit rapport alleen de meest noodzakelijke informatie gebruikt. Voor uitgebreidere technische en/of achtergrond informatie wordt verwezen naar onderliggende rapporten.

De eindrapportage is geschreven voor een kleine doelgroep, namelijk KMW, de NV Westerscheldetunnel en de vergunning verlenende instanties.

### 1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt stilgestaan bij de MER en specifiek bij de invloed van de verspreiding van de boorspecie op de morfologie en slibhuishouding en de eventuele effecten daarvan op de ecologie. Informatie over de slibhuishouding van de Westerschelde wordt in Hoofdstuk 3 gegeven. De bij de monitoring ingezette middelen en de onderzoeken die ten behoeve van de monitoring zijn uitgevoerd worden in Hoofdstuk 4 beschreven. De invloed van de verspreiding van boorspecie op de troebelheid en bodem wordt in Hoofdstuk 5 geschetst. De evaluatie van de effecten van de verspreiding van boorspecie op de morfologie, de slibhuishouding en de ecologie wordt in Hoofdstuk 6 gegeven. Het rapport wordt afgesloten met eindconclusies (Hoofdstuk 7).



## 2 Samenvatting MER Boorspecie

---

### 2.1 Inleiding

Een van de doelstellingen van deze eindrapportage is het evalueren van de invloed van het verspreiden van boorspecie op de morfologie en slibhuishouding en de mogelijke effecten daarvan op de ecologie in de Westerschelde. Die invloed en mogelijke effecten zijn al eerder ten behoeve van de Milieu Effect Rapportage (MER) in kaart gebracht. De uitkomsten hiervan worden hier samengevat. Er wordt hier alleen informatie over de invloed en effecten van de verspreiding van het fijnere materiaal (kleibrokken en slurry) gegeven. Het verspreiden van zand en gemengd materiaal (mengsel van zand en slib) is niet in dit rapport opgenomen, omdat dit geen onderdeel van de monitoring was.

### 2.2 Aanleiding en doel MER

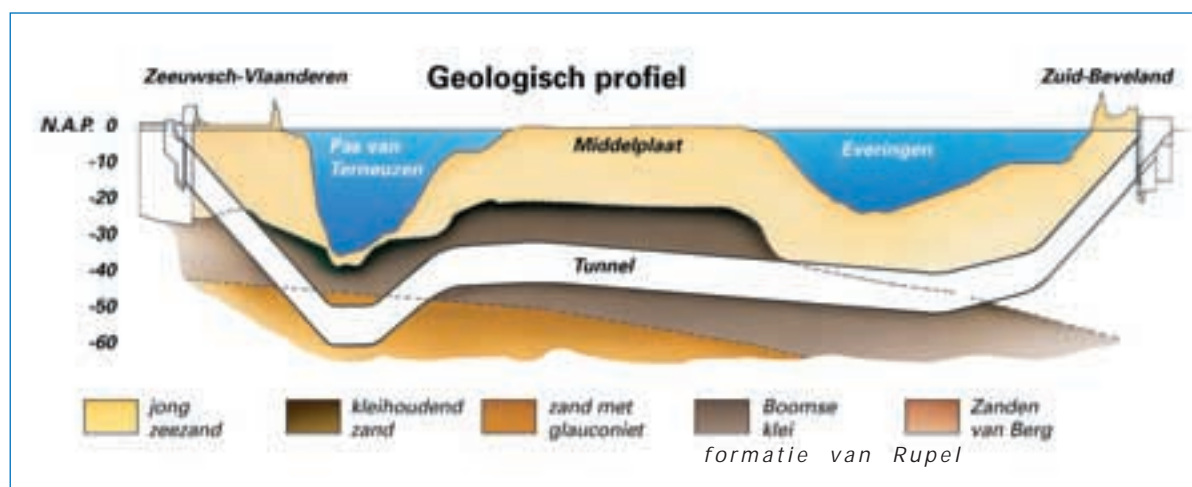
Tijdens het boorproces van de tunnel zouden materialen (zand, klei en slib) vrijkomen die afgevoerd moesten worden als deze niet geschikt waren voor hergebruik in het werk rond de aanleg van het tunneltracé, bijvoorbeeld bij de bouw van wegen. Een van de mogelijkheden voor het afvoeren was het storten van dit materiaal in de Westerschelde, mits de benodigde vergunningen werden verleend. In eerste instantie moest op grond van de regels rond het besluit over het verlenen van WM-vergunningen de procedure voor de milieueffectrapportage worden doorlopen (de zgn. m.e.r. procedure). Tijdens de studies ten behoeve van de MER bleek dat er geen sprake was van storten in juridische zin [1]. De m.e.r.-procedure was daardoor geen wettelijke verplichting meer. Aangezien de MER toen al nagenoeg voltooid was en de verkregen resultaten gebruikt konden worden voor de verschillende vergunningaanvragen (WM en WVO), is besloten om vrijwillig de m.e.r. procedure te doorlopen.

Ten behoeve van de MER zijn de effecten van het verspreiden van het materiaal in de Westerschelde op morfologie, getij, slibhuishouding, water- en bodemkwaliteit, ecologie (bijv. vissen, bodemdieren) en gebruiksfuncties (bijv. scheepvaart, visserij) in kaart gebracht. Op basis hiervan heeft RWS-Directie Zeeland de keuze voor de stortlocaties gemaakt, waarbij de (negatieve) effecten voor de Westerschelde zo gering mogelijk zouden zijn.

### 2.3 Het vrijkomende materiaal

Bij het boorproces komen verschillende soorten materiaal vrij. Het ontwerp van de tunnel, de boormethode en de samenstelling van de verschillende bodemlagen die doorboord worden zijn bepalend voor de samenstelling en hoeveelheid boorspecie.

Het materiaal bestaat uit zand, fijner sediment (klei, slib) of een mengsel van zand en klei/slib, zoals dat in de bodemlagen voorkomt. In Figuur 2.1 wordt het bodemprofiel met daarin de ligging van de tunnel geschetst. Een groot deel van het tunneltracé gaat door de zogenaamde Boomse Klei. Dit is een stugge, compacte en zeer zware klei met daarin plaatselijk zandige laagjes. De Boomse Klei is de bron van het fijner materiaal (klei, slib) dat



Figuur 2.1  
De bodemlagen en de ligging van de tunnel  
(NV Westerscheldetunnel)

verspreid moest worden. De overige bodemlagen bestaan uit zand van verschillende geologische oorsprong.

De hoeveelheid materiaal die vrij is gekomen, is voor het grootste deel bepaald door de lengte en diameter van de twee tunnels. Op basis hiervan en de bodemlagen die doorsneden zijn, is in de MER berekend dat ongeveer 490.000 m<sup>3</sup> Boomse Klei (750.000 ton droge stof), 440.000 m<sup>3</sup> zand (700.000 ton droge stof) en 400.000 m<sup>3</sup> gemengd zand en Boomse Klei (630.000 ton droge stof) zou vrij komen.

Voor het boren van de tunnel is gebruik gemaakt van de "slurry schild methode". Bij deze boormethode wordt een steunvloeistof gebruikt om het boorfront te verzegelen en af te steunen. Deze steunvloeistof is een mengsel van water en bentoniet. Bentoniet bestaat voor het grootste deel uit het kleimineraal montmorilloniet. De consequentie van het gebruik van een steunvloeistof is, dat tijdens het boren een vermenging optreedt van de grond en de steunvloeistof. Om op bentoniet en water te besparen is een zo groot mogelijk deel van de bentoniet suspensie teruggewonnen en opnieuw gebruikt. De bentoniet suspensie is in een separatie-installatie uit het mengsel van grond en bentoniet teruggewonnen. De grond en het niet terug te winnen bentoniet was het materiaal dat vrijkwam. Door het separatieproces is dat materiaal/grond in drie korrelgroottefracties vrijgekomen:

1. Een fractie groter dan ongeveer 4 mm (kleibrokken, zie Figuur 2.2).
2. Een fractie tussen de 4 mm en 50 µm (zandig materiaal, soms gemengd met slib).
3. Een fractie kleiner dan 50 µm (een mengsel van Boomse Klei, bentoniet en water, de zogenaamde slurry, zie Figuur 2.3).

Bij het hele boorproces is ongeveer 40.000 ton droge stof bentoniet verbruikt en uiteindelijk in de Westerschelde verspreid.

**Figuur 2.2**

Kleibrokken op de transportband nabij de separatie-installatie van de boorspecie op het bouwterrein van de tunnel  
(foto T.Rutten RIKZ)



**Figuur 2.3**

Het lozen van de slurry uit de separatie-installatie in het tijdelijke opslagbassin op het bouwterrein van de tunnel. Vanuit hier werd de slurry de Westerschelde ingepompt  
(foto T. Rutten RIKZ)



## 2.4 Effecten verspreiden boorspecie

De aard en de ernst van de effecten van het verspreiden van boorspecie hangen af van de hoeveelheid en samenstelling van het verspreide materiaal, de ligging van de stortlocaties en de wijze van storten. De hoeveelheid en samenstelling was op hoofdlijnen bekend, maar was ook afhankelijk van een aantal parameters waarvan de invloed niet vooraf was te geven. Dit waren o.a. de voortgang van het boorproces en de efficiëntie van de separatie-installatie. Tijdens het boren zou dit pas duidelijk worden. De ligging van de stortlocaties is bepaald aan de hand van studies ten behoeve van de m.e.r.-procedure. Hierbij zijn voor verschillende stortvarianten de effecten voor de Westerschelde onderzocht. Uiteindelijk zijn locaties gekozen waar de effecten zo gering mogelijk zouden zijn voor de morfologie, het getij, de slibhuishouding, de water- en bodemkwaliteit, de ecologie en de gebruiksfuncties. Hierbij is een (af)weging tussen de verschillende aspecten en/of belangen gemaakt [2]. De kleibrokken zijn met schepen op de daarvoor geselecteerde locatie gestort. Dit was een locatie in het Pas van Terneuzen waar de geul een diepte heeft van ongeveer NAP-30 m. De slurry is via pijpleiding van het werkterrein in de Westerschelde gepompt, ongeveer 75 meter vanaf de kant.

Ten aanzien van de verspreiding van kleibrokken en slurry zijn de volgende mogelijke negatieve effecten t.a.v. de morfologie en slibhuishouding en de ecologie beschreven [2]:

### Morfologie en slibhuishouding

- De (grotere) kleibrokken zullen langzaam of nauwelijks verspreiden na het lossen zodat bij herhaaldelijk storten van kleibrokken een bult klei kan ontstaan. Dit verstoort de lokale stroming en de lokale beweeglijkheid van de bodem (microdynamiek).
- Door het verspreiden van het slib is er in principe meer materiaal aanwezig voor sedimentatie op de schorren. Dit leidt tot een extra ophoging van de schorren.
- Door het verspreiden van slib kan er lokaal en tijdelijk een verhoogde sedimentatie in het intergetijdengebied (platen en slikken) optreden.
- Het verspreiden van slurry kan tot een verhoging van de troebelheid c.q. zwevend-stofconcentraties in het water leiden.

### Ecologie

- Een verhoogde troebelheid van het water kan er toe leiden dat vogels die op zicht hun voedsel in het water vangen gehinderd worden in hun voedsel zoeken. Het vangstsucces en de foerageerefficiëntie van zichtjagers kan worden beperkt.
- Een verhoogde troebelheid verkleint de lichtdoordringing in het water. Aan het einde van de lente en in de zomer kan door lichtreductie de primaire productie negatief beïnvloed worden.
- Een verhoogde concentratie gesuspendeerd materiaal kan de voedselopname van zogenaamde voedselfilterers (bijv kokkels) negatief beïnvloeden.
- Een verhoogde concentratie gesuspendeerd materiaal kan een negatief effect hebben op de rust- en fourageergebieden van larvale en juveniele vissen.
- Lokaal kan door sedimentatie van slib of door storten de bodemfauna en flora begraven worden. Dit gebeurt vooral als er in een keer of binnen enkele dagen een grote hoeveelheid materiaal sedimenteert.

Verwacht werd dat de invloed van bovenstaande effecten op de ecologie zeer gering zijn [1]. Die effecten waren echter met een grote onzekerheid omkleed, omdat hierover slechts in beperkte mate kennis voorhanden was.

## 3 Slibhuishouding van de Westerschelde

---

### 3.1 Inleiding

De slibhuishouding van de Westerschelde wordt gekenmerkt door een grote dynamiek. De troebelheid van het water en de hoeveelheid slib in en op de bodem varieert namelijk sterk in tijd en ruimte. Hieronder worden de belangrijkste kenmerken van die slibhuishouding gegeven. Er wordt onderscheid gemaakt tussen slib in het water en slib in/op de bodem. Deze informatie is belangrijk om de evaluatie van de effecten te kunnen maken.

### 3.2 Slib in het water

Het slib in de Westerschelde is afkomstig van de Noordzee (marien slib) en van de rivier de Schelde (fluviatiel slib). De troebelheid en de zwevendestofconcentratie in het water varieert sterk in de tijd door de werking van het getij en de golven.

- Door het dagelijks getij varieert de stroomsnelheid, waardoor de troebelheid eveneens varieert.
- Gedurende de veertiendaagse doortij-springtijcyclus is de kracht van de getijstroom tijdens springtij groter dan tijdens doortij. Dit veroorzaakt verschillen in troebelheid tussen doortij en springtij met een factor twee.
- Tussen de seizoenen varieert de troebelheid sterk. In de zomermaanden zijn de windsnelheden, en dus de golfwerking, kleiner dan in de wintermaanden, waardoor er minder slib van de bodem wordt opgewerveld. Tevens leggen in de zomermaanden organismen een deel van het slib op de bodem vast, waardoor het minder makkelijk wordt opgewerveld door de stroming (en de golven). De verschillen in troebelheid tussen de winter en zomer bedragen ongeveer een factor drie. In december tot en met maart bedraagt de zwevendestofconcentratie gemiddeld ongeveer 70 mg/l. In mei tot met augustus ongeveer 20 mg/l (gemeten aan het wateroppervlak).
- Tijdens stormen neemt de concentratie tijdelijk toe met 20 tot 50 mg/l.
- Door langjarige getijcycli worden, met een periode van 9 jaar, bij Vlissingen verschillen in de gemiddelde zwevendestofconcentratie waargenomen [3]. In de wintermaanden met een factor twee (van 40 tot 90 mg/l) en in de zomermaanden met factor vier (van 10 tot 40 mg/l), gemeten aan het wateroppervlak.

### 3.3 Slib in de bodem

In het algemeen kan gesteld worden dat de bodem van de Westerschelde slibarm is. Het gemiddelde slibgehalte in de bovenste centimeters van de bodem bedraagt ongeveer 5 à 10%. Het slibgehalte in de bodem varieert sterk in tijd en ruimte. De geulbodem is in het algemeen het slibarmst met

gemiddeld enkele procenten slib. Het intergetijdengebied is slibrijker, gemiddeld 10%. Tussen de seizoenen varieert het slibgehalte in het intergetijdengebied sterk, waarbij het slibgehalte in de zomer hoger (gemiddeld 10-15%) is dan in de winter (gemiddeld 5-10%). In de zomer kunnen lokaal lagen slibrijk sediment (60 tot 80% slib) van enkele centimeters dik worden aangetroffen, bovenop de zandige bodem.

## 4 Monitoring

---

### 4.1 Inleiding

Het monitoringsprogramma was gericht op het in beeld brengen van de toename van de troebelheid en de sedimentatie van boorspecie in de Westerschelde, omdat dit aan de basis lag van de meeste in de MER beschreven effecten. Ten behoeve van de monitoring zijn verschillende metingen en onderzoeken verricht. De keuze voor de ingezette middelen, technieken en meetwijze was gebaseerd op een aantal beelden omtrent het verloop van de verspreiding, die voorafgaand aan de monitoring waren opgesteld [4].

### 4.2 Beelden over het verloop van de verspreiding

Ten aanzien van de wijze waarop de slurry en kleibrokken zich na het lozen of storten zouden verspreiden, waren voorafgaand aan de monitoring [2] de volgende beelden opgesteld:

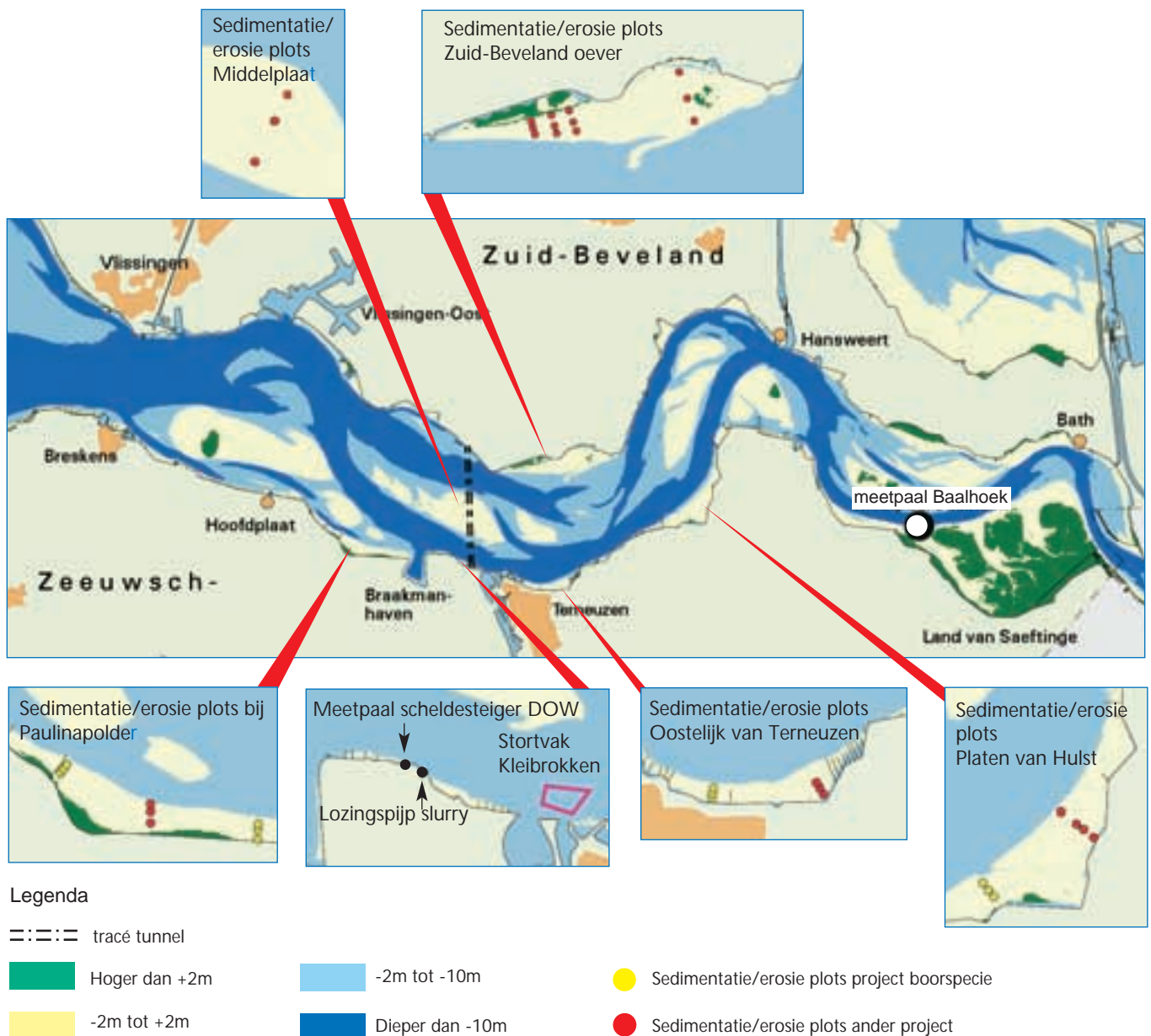
- Het was van te voren niet duidelijk hoe de kleibrokken zich zouden verspreiden. Kleinere brokken zouden mogelijk over de bodem met de stroom mee rollen, grotere brokken zouden blijven liggen en vervolgens oplossen c.q. in suspensie gaan. Het zou kunnen dat de losse brokken in het schip aan elkaar zullen plakken en vervolgens een grote kleibult vormen op de bodem van het stortvak. Het zou dan veel langer duren voordat de klei in suspensie gaat. De snelheid van het in suspensie gaan hangt af van de stevigheid van de kleibrokken. Hoe steviger de klei, hoe langer het duurt voor de kleideeltjes in suspensie zullen komen. Hoe snel dit zou gebeuren is onduidelijk maar waarschijnlijk zou dit heel langzaam gaan (jaren).
- De slurry zal door de hoge stroomsnelheden direct worden meegenomen en met de vloed- en ebstromen door de Westerschelde worden verspreid. Het is zeer onwaarschijnlijk dat dit materiaal op de bodem in het gebied rond de lozingspijp zal blijven liggen.
- De slurry verspreidt zich snel over het estuarium. Door getijwerking en slibtransportmechanismen mag verwacht worden dat het slib voornamelijk in oostelijke richting wordt getransporteerd.
- De toename van de troebelheid (zwevend-stofconcentratie) is sterk afhankelijk van de plaats in het estuarium en het moment in de getijcyclus; de grootste effecten zijn te verwachten nabij de verspreidingslocatie en in het oostelijk deel van de Westerschelde.
- De verhoging van de troebelheid zal enkele maanden tot een jaar na afloop van de verspreidingsactiviteiten merkbaar blijven. Dit is gebaseerd op modelberekeningen, waarbij alle Boomse Klei in drie maanden tijd in de vorm van slurry geloosd zou worden. In werkelijkheid wordt echter het materiaal gedurende ruim 2 jaar verspreid.
- De boorspecie bereikt uiteindelijk de gebieden waar van nature slibsedimentatie plaatsvindt. Boomse Klei die in suspensie komt, zal op

de platen, slikken, schorren en in havens sedimenteren. Op langere termijn (jaren) zal het meeste slib dat in suspensie gaat op de schorren en de meest luwe gedeeltes van het intergetijdengebied sedimenteren. Indien alle Boomse Klei in suspensie gaat is dit over alle schorren gemiddeld ongeveer een 1 cm dikke laag [2]. De meeste bergingsgebieden liggen in het oostelijk deel van de Westerschelde.

### 4.3 Ingezette middelen en technieken

Om het verloop van de verspreiding van boorspecie in kaart te brengen waren verschillende middelen en technieken nodig. Veldmetingen, modelberekeningen en laboratoriumonderzoek waren onderdeel van het monitoringsprogramma. Hieronder worden deze kort beschreven. Door integratie van deze individuele 'waarnemingen' was het mogelijk een

**Figuur 4.1**  
Ligging van de verspreidingslocaties van boorspecie en meetlocaties







**Figuur 4.2**  
RWS Meetpaal Scheldesteiger DOW  
(Foto D. Louws)

totaalbeeld van de effecten van de verspreiding van boorspecie te verkrijgen. Veldmetingen zijn uitgevoerd door de Meetinformatiedienst Zeeland.

#### *T<sub>0</sub>-situatie troebelheid*

Voorafgaand aan de monitoring is een ongestoorde situatie van de troebelheid, de zgn. T<sub>0</sub>-situatie, vastgelegd [5]. De troebelheid van de Westerschelde is van nature zeer variabel zodat het zonder een goede referentiesituatie niet goed mogelijk is het effect van het lozen van slurry op de troebelheid te bepalen. Deze referentiesituatie is gebaseerd op veldmetingen en beslaat de periode december 1998 t/m juni 1999. Voor het bepalen van de T<sub>0</sub>-situatie zijn twee meetpalen geplaatst: één bij Terneuzen (Scheldesteiger DOW), 300 m westelijk van het lozingspunt van de slurry en één bij Baalhoek (Figuur 4.1 en 4.2). Hierdoor is op twee locaties in de Westerschelde een continu beeld van de troebelheid (mg/l) verkregen over een periode van 6 maanden.

#### *In situ troebelheidsmetingen*

De troebelheidsmetingen die voor het vastleggen van de T<sub>0</sub>-situatie waren ingezet zijn ten behoeve van de monitoring voortgezet. In oktober 2000 zijn de metingen bij Baalhoek stopgezet, omdat daar geen enkele meetbare invloed van de slurrylozingen te constateren was. Bij de meetpaal Scheldesteiger DOW werd de troebelheid op drie verschillende hoogten gemeten, respectievelijk op NAP- 4, -11 en -17 meter. De troebelheid werd hier continu gemeten, van het begin tot het einde van het boren. Met deze metingen kon de gemiddelde zwevend-stofconcentratie in de waterkolom berekend worden. Een vergelijking met de T<sub>0</sub>-situatie kan de invloed van het verspreiden van slurry op de troebelheid aantonen.

#### *In situ sedimentatiemetingen*

In de Westerschelde wordt sinds ongeveer tien jaar de sedimentatie en erosie op slikken en platen gemeten. Hiervoor wordt maandelijks de bodemhoogte opgemeten in zogenaamde driehoekplots (Figuur 4.3) c.q. sedimentatie-erosie plotjes, die in raaien dwars op de land-water overgangen zijn gelegen. Deze metingen worden uitgevoerd in opdracht van de directie Zeeland. Voor de boorspecie monitoring zijn 12 extra plots over 4 raaien uitgezet (zie Figuur 4.1). Deze sedimentatie-erosie plots zijn geschikt om hoogteveranderingen van slikken en platen, als gevolg van sedimentatie van bijvoorbeeld slurry, te kunnen meten. Ze leveren een ruimtelijk beeld op van de veranderingen in de directe omgeving van de verspreidingslocatie met een nauwkeurigheid van ongeveer 1 mm. Ze zijn vooral geschikt voor het monitoren van korte termijn effecten.

**Figuur 4.3**  
Een driehoeksplot. De bodemhoogte wordt op vijf punten van iedere zijde van de driehoek gemeten  
(Foto C. Joosse)



### *In situ kleibrokken metingen*

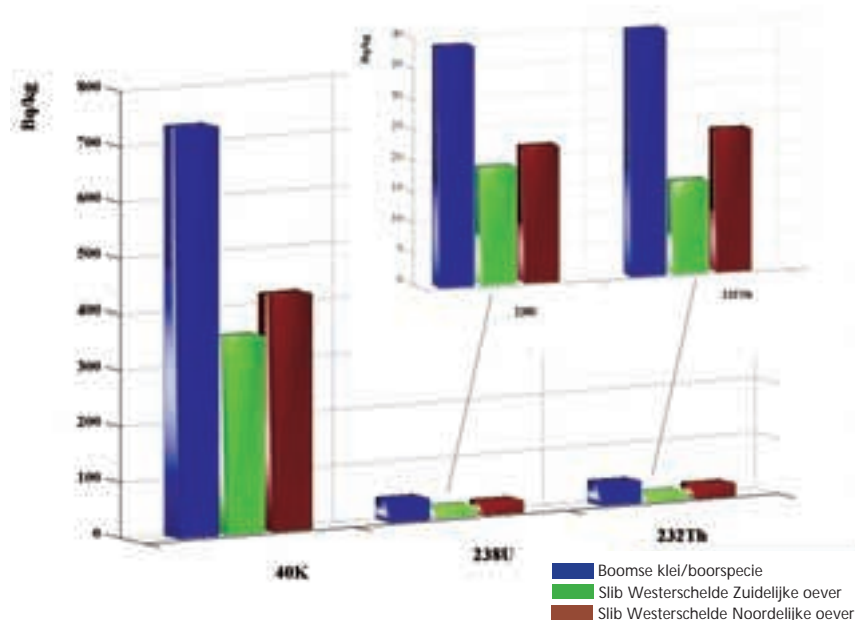
Een deel van de Boomse Klei kwam als kleibrokken vrij en is per schip in het stortvak 'kleibrokken' verspreid (zie Figuur 4.1). Om het verspreidingsgedrag van de brokken, dat op voorhand niet bekend was, in beeld te brengen zijn opnames van de bodem van het stortvak gemaakt. Dit is gebeurd met behulp van een multi-beam echolood, waarmee zeer gedetailleerd en nauwkeurig de bodemhoogte kan worden opgemeten. Er is een  $T_0$ -opname gemaakt en vijf opnames gedurende de twee en een half jaar dat er kleibrokken gestort zijn.

### *Radiometrische analyses*

Het fijnere materiaal bestaat grotendeels uit Boomse Klei. Uit onderzoek is gebleken dat dit materiaal te onderscheiden is van het slib en zand dat nu in de Westerschelde voorkomt door verschillen in radiometrische eigenschappen [6]. Door het verschil in de natuurlijke radioactieve straling kunnen ze van elkaar onderscheiden worden. Dit biedt de mogelijkheid om in het laboratorium of zelfs in het veld metingen te verrichten, met als doel te bepalen waar Boomse Klei is gesedimenteerd. Dit soort metingen kan jaren na het verspreiden nog gebruikt worden om een beeld van de verspreiding van Boomse Klei te verkrijgen. Voorafgaand aan de monitoring zijn de radiometrische karakteristieken van Boomse Klei en Westerschelde slib bepaald (Figuur 4.4).

**Figuur 4.4**

Verskil in eigenschappen Boomse Klei en het slib in de Westerschelde voor de radionucliden Kalium-<sup>40</sup> (40K), Uranium-<sup>238</sup> (238U) en Thorium-<sup>232</sup> (232Th)



### *Modellen*

Voor de Westerschelde is een gekalibreerd slibmodel voorhanden waarmee de verspreiding van slib berekend kan worden [7]. Met dit model wordt een gedetailleerd, ruimtelijk en temporeel beeld van de zwevendestofconcentratie verkregen. De uitkomsten zijn een belangrijke aanvulling op de troebelheidsmetingen, aangezien die slechts heel lokaal informatie over de troebelheid opleveren. Daarom is voor een werkelijke situatie van het lozen van slurry (oktober t/m december 2000) het verloop van de troebelheid nagerekend met dit model en is bekeken in welke mate de troebelheid door het lozen toeneemt.

### *Remote Sensing*

Met remote sensing kan de aarde vanuit de lucht of de ruimte worden geobserveerd. Het voordeel van remote sensing is, dat met een satelliet in één keer de hele Westerschelde in kaart gebracht kan worden met een hoge

resolutie. Het kan daarmee een goede aanvulling op de meetpalen en modellen zijn die de variaties in de tijd meten en berekenen. De beelden alleen geven een kwalitatief inzicht in de verspreiding van zwevend materiaal en troebelheid. Met behulp van in situ gegevens is het mogelijk de remote sensing beelden te bewerken tot kaarten van zwevend-stofconcentratie. De inzet van satellieten was om verschillende redenen niet haalbaar. In plaats daarvan zijn vanuit een vliegtuig luchtfoto's gemaakt van het gebied rond de lozingspijp op het moment van lozen. Hiermee werd duidelijk dat de meetpaal Scheldesteiger DOW goed gepositioneerd was om de troebelheid te meten en is te zien hoe een slurrywolk zich verspreidde.



## 5 Resultaten monitoring

### 5.1 Inleiding

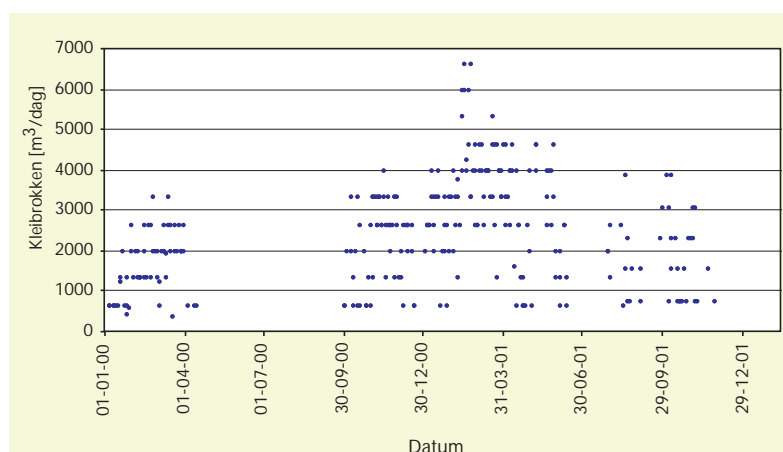
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de monitoring gegeven. Met behulp van de uitkomsten van de metingen en onderzoeken worden de vragen uit paragraaf 1.2 beantwoord. Voordat de resultaten worden gepresenteerd wordt informatie over de grootte van de werkelijke lozingen en stortingen gegeven. De resultaten zijn al eerder gerapporteerd in de voortgangsrapportages (zie referenties) aan de opdrachtgever.

### 5.2 Lozingen en stortingen boorspecie

Het boren van de tunnel is eind juli 1999 van start gegaan en werd midden februari 2002 beëindigd. In die periode is in totaal ongeveer 693.000 m<sup>3</sup> kleibrokken en ongeveer 1 miljoen m<sup>3</sup> slurry uit de separatie installatie vrijgekomen en in de Westerschelde verspreid. Omgerekend naar volume vaste grond zoals die in de doorboorde grondlagen zat (zie § 2.3) is 555.000 m<sup>3</sup> van de Boomse Klei in de vorm van kleibrokken verspreid. De slurry bevatte in totaal ongeveer 186.000 m<sup>3</sup> Boomse Klei en ongeveer 26.000 m<sup>3</sup> bentoniet.

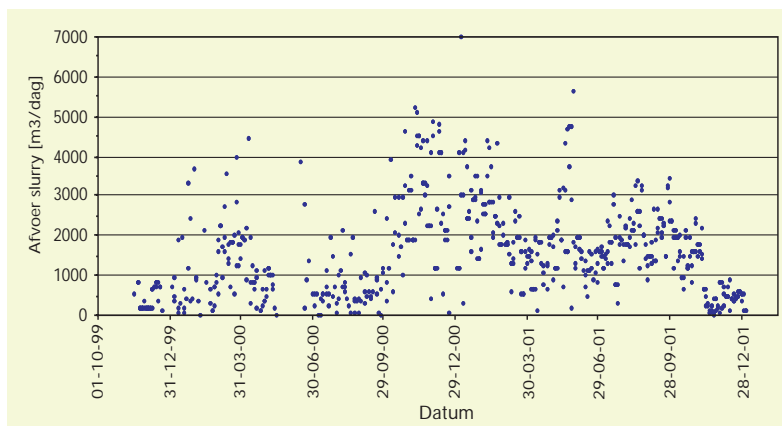
De kleibrokken zijn in twee perioden verspreid (Figuur 5.1). Dit hing samen met het feit dat gedurende het boren de laag Boomse Klei twee keer is doorboord (zie Figuur 2.1). Tussen januari en april 2000 is 114.000 m<sup>3</sup> brokken gestort en tussen oktober 2000 en december 2001 is 579.000 m<sup>3</sup> gestort.

**Figuur 5.1**  
Hoeveelheid kleibrokken verspreid in het stortvak "kleibrokken". De gestorte klei is geregistreerd in scheepsladingen



Slurrylozingen hebben bijna dagelijks plaatsgevonden (Figuur 5.2), enkele maanden daargelaten. Het tijdstip van een lozing op een dag was willekeurig ten opzichte van de getijfase. De grootte van de lozingen varieerde tussen ongeveer 200 m<sup>3</sup> en maximaal 7000 m<sup>3</sup>. Gemiddeld over alle dagen tussen oktober 1999 en maart 2002 (ongeveer 885 dagen) is er dagelijks 1100 m<sup>3</sup> slurry geloosd.

**Figuur 5.2**  
Hoeveelheden slurry geloosd in de Westerschelde



### 5.3 Effecten op de troebelheid

Ten aanzien van de gevolgen van het verspreiden van boorspecie op de troebelheid moesten de volgende twee vragen door het monitoren worden beantwoord:

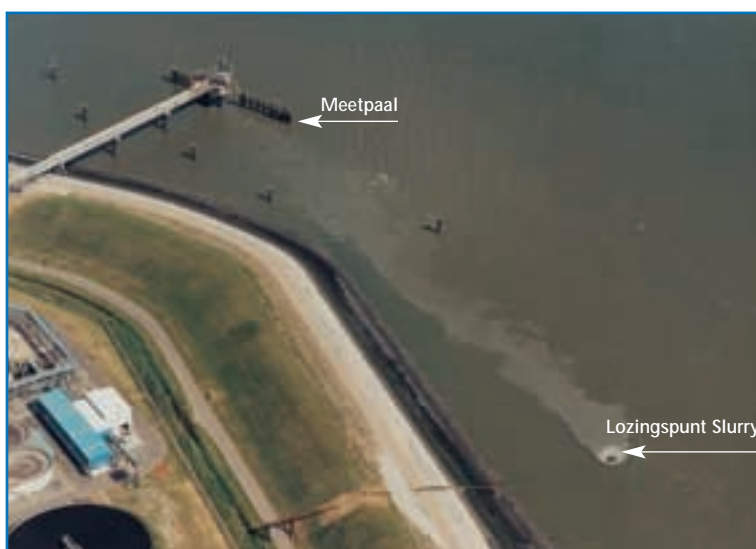
1. Hoe sterk is de toename van de troebelheid van het water als gevolg van het verspreiden van het fijnere sediment (klei, slib)?
2. Over welk gebied en hoe lang is een eventuele toename merkbaar?

Bij de beantwoording van deze vragen kan onderscheid gemaakt worden tussen de effecten van de slurrylozingen en de effecten van het storten van de kleibrokken. Het effect van slurrylozingen wordt bepaald door de hoeveelheid materiaal die dagelijks wordt geloosd, de periode waarover er dagelijks wordt geloosd en de snelheid waarmee het getij de slurry verspreidt over de Westerschelde. Het effect van het storten van de kleibrokken op de troebelheid wordt bepaald door de snelheid waarmee deze stevige brokken eroderen. Op basis van de resultaten van de monitoring kan het volgende over de effecten op de troebelheid worden gezegd.

#### *Effect van een lozing*

Geconstateerd is dat tijdens het lozen van slurry er bij het lozingspunt een grote wolk slib ontstaat waarin de troebelheid veel hoger is dan die van de omgeving (Figuur 5.3). De zwevend-stofconcentratie in de wolk bedraagt

**Figuur 5.3**  
Luchtfoto van de verspreiding van de slurry op 26 juni 2001 om 10.37 u zomertijd. In de foto is het lozingspunt van de slurry en meetpaal Scheldesteiger DOW aangegeven (Foto Sky Pictures Arnhemuiden)



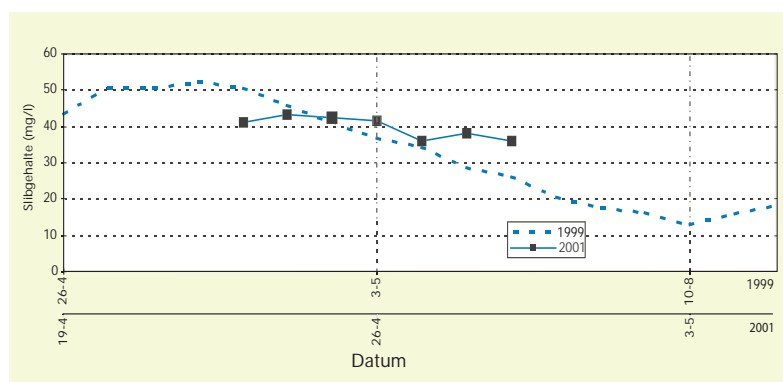
dan enkele honderden mg/l. Door de getijstroom wordt deze wolk verspreid en vermengd met het water in de Westerschelde. Bij de meetpaal, op driehonderd meter van het lozingspunt, is de slurry vermengd en wordt een verhoging van 50 tot 70 mg/l gemeten. Na het stoppen van de lozing wordt geen enkele verhoging meer gemeten. Een lozing duurde gemiddeld ongeveer 30 tot 45 minuten.

#### Effect van meerdere lozingen

Bij het dagelijks lozen van slurry gedurende een aaneengesloten periode komt er continu boorspecie in de Westerschelde. Dit zou in principe tot een verhoging van de zwevend-stofconcentratie kunnen leiden. Over dit effect is het volgende geconstateerd. Als de dagafvoer van slurry gedurende een aangesloten periode van meer dan 5 dagen gemiddeld kleiner was dan 1500 m<sup>3</sup> per dag kon in de metingen geen verhoging worden gevonden. In Figuur 5.4 wordt een voorbeeld van een dergelijke lozing gegeven.

**Figuur 5.4**

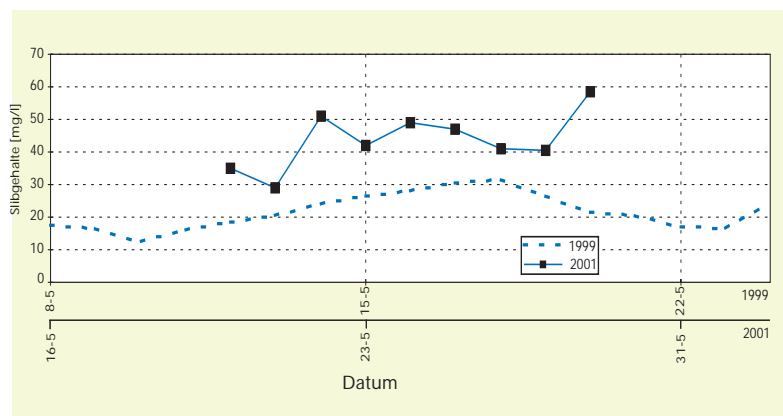
Verloop van het gemiddelde slibgehalte bij meetpaal Scheldesteiger DOW in april-mei 2001 tijdens langdurige slurrylozingen van minder dan 1500 m<sup>3</sup> per dag gemiddeld. Dezelfde periode en getij in 1999 is hierbij als T<sub>0</sub> referentie gegeven



Als de dagafvoer van slurry gedurende een aaneengesloten periode van meer dan 5 dagen gemiddeld hoger was dan 2500 m<sup>3</sup> per dag trad een verhoging van de zwevend-stofconcentratie op met 10 tot 20 mg/l op. In Figuur 5.5 wordt een voorbeeld van een dergelijke verhoging in mei 2001 gegeven, gemeten bij de meetpaal Scheldesteiger DOW. De troebelheid is hoger dan in de T<sub>0</sub>-situatie.

**Figuur 5.5**

Verhoging van het gemiddelde slibgehalte bij meetpaal Scheldesteiger DOW in mei 2001 als gevolg van langdurige slurrylozingen van meer dan 2500 m<sup>3</sup> per dag gemiddeld. Dezelfde periode en getij in 1999 is hierbij als T<sub>0</sub> referentie gegeven



De invloed van dergelijke grote lozingen op de troebelheid is ook aangetoond met behulp van modelberekeningen. Hierbij is de periode oktober 2000 t/m december 2000 nagerekend [8]. In november is er gemiddeld 3000 m<sup>3</sup> slurry per dag geloosd. Uit deze berekeningen is gebleken dat deze verhoging van de zwevend-stofconcentratie met 10 tot

**Figuur 5.6**

Gemiddelde absolute bijdrage Boomse Klei in de slibconcentratie van de Westerschelde in november 2000 bij laagwater (bovenste figuur) en hoogwater (onderste figuur) (WL [8])



20 mg/l zich uitstrekt tot een gebied van ongeveer 10 km ten westen en ten oosten van het lozingspunt (Figuur 5.6a,b). Na het stoppen van deze grote lozingen neemt het aandeel boorspecie in de totale zwevend-stofconcentratie binnen 5 dagen af tot minder dan 10 mg/l en binnen 10 dagen tot minder dan 5 mg/l [8]. In november bedraagt de natuurlijke zwevend-stofconcentratie gemiddeld ongeveer 70 à 80 mg/l.

#### *Effect storten kleibrokken*

Tijdens het storten zou door de stroming slib in suspensie kunnen gaan, dit zou de troebelheid doen toenemen. De kleibrokken hebben echter een stevige, compacte structuur, zodat er tijdens het storten waarschijnlijk bijna geen slib in suspensie gaat. De troebelheid neemt niet direct door het storten toe. Als de kleibrokken eenmaal op de bodem liggen zou door de bijna continue stroming de klei kunnen eroderen en in suspensie gaan. Gebleken is (zie § 5.4) dat de kleibrokken op de bodem bijna niet eroderen en dat zij dus geen enkele invloed hebben op de troebelheid. Ook in de komende jaren wordt verwacht dat de erosie zich slechts zeer langzaam zal voltrekken. Effect op de troebelheid door erosie van de kleibrokken wordt daarom ook in de toekomst niet verwacht.



### 5.4 Sedimentatie van boorspecie

Over de gevolgen van het verspreiden van boorspecie op de sedimentatie moest de volgende vraag beantwoord worden:

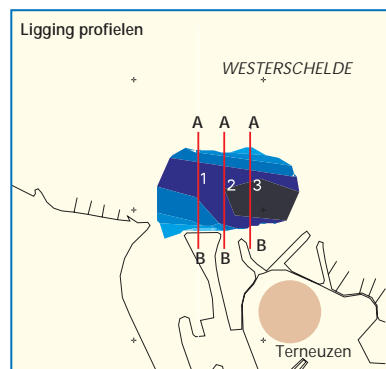
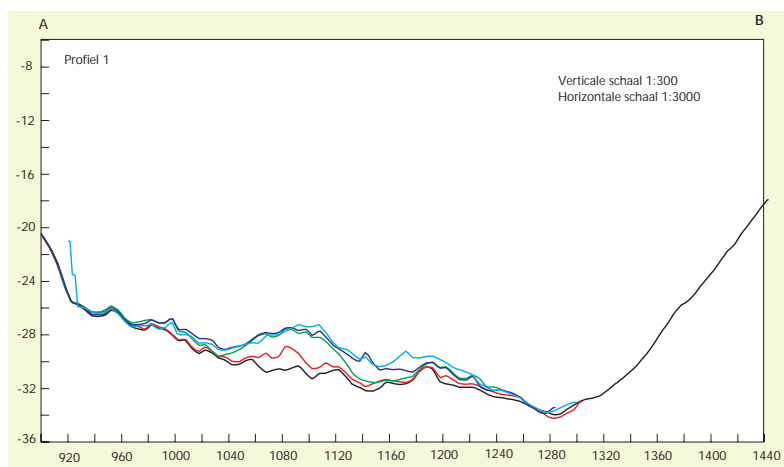
- Waar in de Westerschelde komt het fijnere sediment uiteindelijk terecht?

Hiervoor zijn tijdens de monitoring bodemhoogteopnames gemaakt om het gedrag van de kleibrokken vast te stellen en zijn sedimentatie-erosie plotjes opgemeten om sedimentatie in de nabije omgeving van het lozingspunt vast te stellen.

#### Kleibrokken

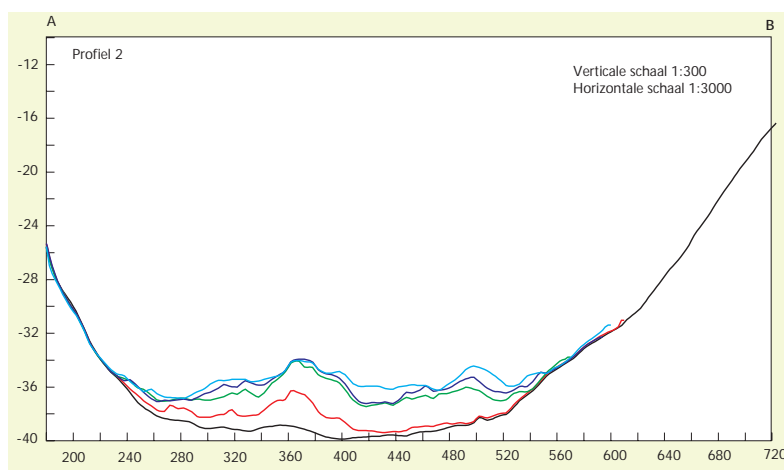
Gebleken is dat de kleibrokken zeer erosiebestendig zijn. De gestorte hoeveelheden kwamen bijna geheel overeen met de hoeveelheden die met behulp van de bodemopnames zijn berekend. Tussen 17 november 1999 en 4 december 2001 is er in totaal 472.000 m<sup>3</sup> kleibrokken gestort. Uit de bodemopnames bleek dat de inhoud van het stortgebied met 454.000 m<sup>3</sup> was toegenomen. Er van uitgaande dat er netto geen zand in het stortgebied is verdwenen of bijgekomen betekent dit dat 18.000 m<sup>3</sup> (3,5 %) kleibrokken is geërodeerd. In Figuur 5.7 worden drie bodemprofielen van het stortvak 'kleibrokken' gegeven.

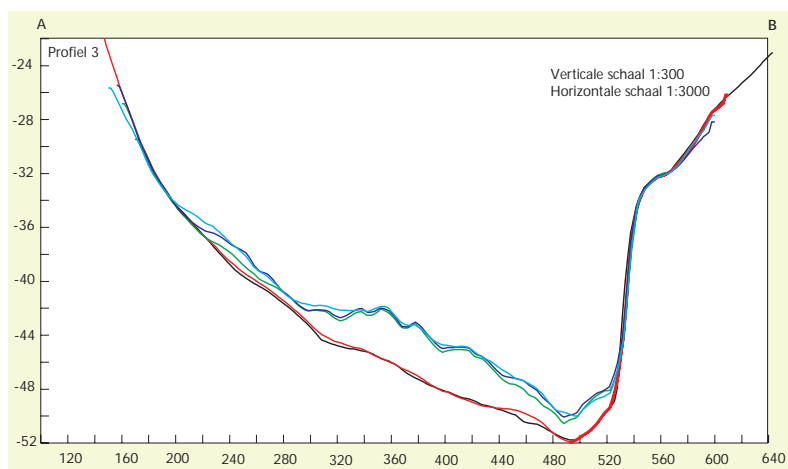
**Figuur 5.7**  
 Profiel 1, 2 en 3 van het stortvak van de kleibrokken. De profielen zijn dwars op de hoofdrichting van de geul genomen. De verticale schaal bedraagt 1:300 en zijn hoogten in m t.o.v. NAP. De horizontale schaal bedraagt 1:3000 en zijn afstanden in m. weergegeven.



**Legenda**

- opname 2000-11-17
- opname 2001-01-05
- opname 2001-05-01
- opname 2001-07-10
- opname 2001-12-04





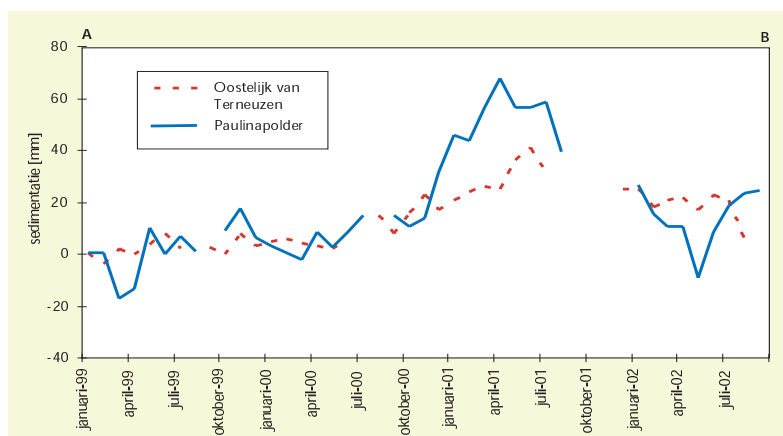
De hoogtetoe name als gevolg van het storten is duidelijk zichtbaar. Slechts op enkele plekken in de profielen wordt een geringe erosie van de kleibrokken geconstateerd. Verwacht wordt dat het tientallen jaren zal duren voordat de brokken volledig geërodeerd zijn.

#### *Sedimentatie van slurry*

Er kan onderscheid gemaakt worden waar de Boomse Klei op korte termijn (een maand tot een jaar) en op lange termijn (jaren) terecht komt. De monitoring was gericht op de korte termijn sedimentatie. Uit de metingen bleek dat ongeveer na het tweede kwartaal van 2000 op de slikken oostelijk van Terneuzen en op de slikken van Paulinapolder verhoogde sedimentatie optrad, die afweek van de ontwikkelingen in het voorgaand jaar. Bij Terneuzen en Paulina sedimenteerde er in een jaar tijd een laag sediment van respectievelijk ongeveer 4 en 6 cm (Figuur 5.8).

**Figuur 5.8**

Gemiddeld verloop van de verandering van de hoogte van het slik van Paulinapolder en het slik oostelijk van Terneuzen. Begin 1999 is als referentie gekozen



Het begin van die verhoogde sedimentatie viel samen met een toename in de grootte van de slurrylozingen (zie Figuur 5.2). Aangezien de slibdynamiek van de Westerschelde groot is, kon niet zonder meer gesteld worden dat dit het gevolg was van de slurrylozingen. Om na te gaan of dit materiaal daadwerkelijk Boomse Klei was, zijn sedimentmonsters in het veld genomen en vervolgens radiometrisch geanalyseerd. Op basis van [9] is vastgesteld dat het gesedimenteerde materiaal op de slikken van Terneuzen (3 km ten oosten van het lozingspunt) volledig uit Boomse Klei bestond. Het materiaal op de slikken van Paulinapolder bestond niet uit Boomse Klei. In de tweede helft van 2001 is de bodemhoogte op de slikken ten oosten van Terneuzen weer afgenomen. In september 2002 is de bodemhoogte weer op het niveau van voor het tweede kwartaal van 2000 (Figuur 5.8). De Boomse Klei is geërodeerd en zal vervolgens op andere plekken afgezet worden.

Op de lange termijn zal de gesuspendeerde Boomse Klei terecht komen op de schorren en in het intergetijdengebied [2].

## 5.5 Conclusies

Veldmetingen en modelonderzoek hebben aangetoond dat de troebelheid (zwevend-stofconcentratie) door de slurrylozingen toeneemt. Deze verhoging is beperkt in tijd, ruimte en grootte. Bij een enkele lozing wordt de troebelheid korte tijd rond het lozingspunt verhoogd. In de volgende getijfase is van de lozing niets meer merkbaar. Bij langdurige lozingen van minder dan 1500 m<sup>3</sup>/dag treedt geen verhoging op. Bij langdurige lozingen van meer dan 2500 m<sup>3</sup>/dag treedt een verhoging van de troebelheid op met 10 tot 20 mg/l. Deze toename strekt zich uit tot een gebied van ongeveer 10 km ten westen en 10 km ten oosten van het lozingspunt, waarbij de toename kleiner is naarmate de afstand tot het lozingspunt groter wordt. Binnen 5 tot 10 dagen na het stoppen van dergelijke lozingen is de verhoging teruggelopen tot minder dan 5 mg/l.

De kleibrokken bleken een zeer hoge cohesie te hebben. Het hele gestorte volume kleibrokken is hierdoor op de stortlocatie blijven liggen. Ze hebben geen invloed op de troebelheid. Verwacht wordt dat het nog zeker tientallen jaren zal duren voordat de brokken volledig geërodeerd zijn.

Op de korte termijn (maand-jaar) is alleen op de slikken van Terneuzen (3 km ten oosten van het lozingspunt) sedimentatie van Boomse Klei geconstateerd; dit was een laag van ongeveer 4 cm dik. Deze laag is in september 2002 weer volledig geërodeerd. Op de lange termijn (jaren) zal de Boomse Klei die in suspensie gaat op de schorren en de luwere delen van het intergetijdengebied sedimenteren. Dit zal vooral in het oostelijke deel van de Westerschelde zijn, omdat het getij zorgt voor een oostwaarts gericht transport van slib.



## 6 Evaluatie effecten verspreiding boorspecie

---

### 6.1 Inleiding

Op basis van de uitkomsten van de monitoring, algemene kennis over het watersysteem van de Westerschelde, de onderzoeken die ten behoeve van de MER zijn uitgevoerd en expert judgement wordt een evaluatie gegeven over de mogelijke negatieve effecten van het verspreiden van Boorspecie. Hierbij is gekeken naar de effecten op de morfologie en de slibhuishouding en de effecten op de ecologie.

### 6.2 Morfologie en slibhuishouding

In de MER worden vier effecten op de morfologie en slibhuishouding genoemd. Deze worden ieder apart beoordeeld.

- Als de kleibrokken nauwelijks eroderen en blijven liggen, ontstaat er een bult klei. Dit verstoort de lokale dynamiek van de bodem en de stroming.

De kleibrokken zijn blijven liggen, waardoor de bodemdynamiek en stroming lokaal worden verstoord. De kleibrokken zijn in een van de diepste plekken van de Westerschelde gestort, zodat het negatieve effect op de bodemdynamiek zeer beperkt is. Berekeningen met een 2D waterbewegingsmodel tonen aan dat de stroming nauwelijks wordt beïnvloed door de kleibrokken [10].

- Door het verspreiden van slib kan er lokaal en tijdelijk een verhoogde sedimentatie op platen en slikken optreden.

Een lokaal verhoogde sedimentatie van Boomse Klei is alleen op het slik ten oosten van Terneuzen geconstateerd. Dit materiaal was binnen een jaar weer allemaal verdwenen en verder over de Westerschelde verspreid. Een dergelijke lokaal verhoogde sedimentatie en vervolgens erosie komt ook van nature voor in de Westerschelde. De verhoogde sedimentatie in de mate zoals hier geconstateerd, wordt daarom niet als negatief voor de morfologie of slibhuishouding van slikken (en platen) beoordeeld.

- Het verspreiden van slurry kan tot een verhoging van de zwevendestofconcentraties in het water leiden.

Bij langdurige slurrylozingen van gemiddeld meer dan 2500 m<sup>3</sup> per dag treedt een verhoging van de troebelheid met 10 tot 20 mg/l op. Dit strekt zich uit tot een gebied 10 km ten oosten en 10 km ten westen van het lozingspunt. Na het stoppen van de lozingen neemt de verhoging binnen 10 dagen af tot minder dan 5 mg/l. In de 29 maanden dat slurry geloosd is, is er één periode van 3 à 4 maanden (nov. 2000 - feb. 2001, zie Figuur 5.2) geweest waarvoor het aannemelijk is dat die verhoging is opgetreden. Daarnaast is gedurende 1 à 2 weken in mei 2001 de troebelheid verhoogd geweest. In augustus en september 2001 is dit zeer

waarschijnlijk ook het geval geweest (zie Figuur 5.2). In vergelijking met de natuurlijke dynamiek in de troebelheid van de Westerschelde is de geconstateerde verhoging van 10 tot 20 mg/l klein. De troebelheid in de Westerschelde kent van nature vergelijkbare en grotere schommelingen in tijd en ruimte. Geoordeeld wordt dat de verspreiding van boorspecie geen blijvend negatief effect heeft gehad op troebelheid.

- Door het verspreiden van het slib is er meer materiaal aanwezig voor sedimentatie op de schorren. Dit leidt tot een extra ophoging van de schorren.

In principe is dit altijd het geval. Het merendeel van de Boomse Klei dat in suspensie gaat komt uiteindelijk op de schorren terecht. Dit is wel een effect op de (heel) lange termijn (tientallen jaren), omdat ongeveer 75% van de Boomse Klei als kleibrokken is verspreid en deze zeer erosiebestendig zijn. De extra ophoging van schorren met ongeveer 1 cm [2], als gevolg van het verspreiden van Boomse Klei is gering in vergelijking tot de verhoging van 1 à 2 cm/j die van nature plaatsvindt op de schorren. Dit effect wordt dan ook als te verwaarlozen beoordeeld.

### 6.3 Ecologie

Ten aanzien van de mogelijke gevolgen voor de ecologie zijn vijf effecten in de MER genoemd [2].

- Een verhoogde troebelheid van het water kan er toe leiden dat vogels die op zicht hun voedsel in het water vangen gehinderd worden in hun voedsel zoeken.

Dit geldt eigenlijk alleen voor de Dwergstern omdat deze een kleine actieradius heeft en niet goed kan uitwijken naar een ander foerageergebied. De Dwergstern zoekt vooral voedsel in het vaarwater langs de Hoofdplaat. De Dwergstern komt alleen in de zomer voor in de Westerschelde. In de lente en zomermaanden is slechts enkele keren in 2001, gedurende korte tijd (1 à 2 weken) een geringe verhoging van de troebelheid opgetreden. In de literatuur is weinig informatie te vinden over de relatie tussen troebelheid en foeragegedrag van Dwergsterns [2]. Gezien de korte duur en geringe verhoging van de troebelheid in de voor Dwergsterns relevante maanden, wordt geoordeeld dat er niet of nauwelijks een negatief effect is geweest op het foerageren van de Dwergstern.

- Een verhoogde troebelheid verkleint de lichtdoordringing in het water. Aan het einde van de lente en in de zomer kan door lichtreductie de primaire productie negatief beïnvloed worden.

In de lente en zomermaanden is slechts enkele keren in 2001, gedurende korte tijd (1 à 2 weken) een geringe verhoging (10 à 20 mg/l) van de troebelheid opgetreden. De verhoging is te kort en te klein om invloed te hebben op de primaire productie in de Westerschelde. Geoordeeld wordt dat de primaire productie niet of nauwelijks negatief is beïnvloed door de verspreiding van boorspecie.

- Een verhoogde concentratie gesuspendeerd materiaal kan de voedselopname van zogenaamde filterfeeders (bijv kokkels) negatief beïnvloeden.

Op basis van de huidige stand van zaken rond de kennis van de effecten van troebelheid op de voedselopname van filterfeeders in de Westerschelde,

zoals in [2] is vermeld, wordt geconcludeerd dat de verhoging die is opgetreden te klein was (in duur en grootte) om een negatief effect te hebben op filterfeeders. De filterfeeders kunnen zich aanpassen aan een dergelijke verhoging.

- Een verhoogde concentratie gesuspendeerd materiaal kan een negatief effect hebben voor de rust- en foerageergebieden (ondiepten tussen –5 en –2 m NAP) van larvale en juveniele vissen.

Voor larvale en juveniele vissen heeft langdurige blootstelling aan een verhoogde troebelheid een negatieve invloed op de ademhaling. Tolerantiegrenzen voor Westerschelde vissoorten zijn echter niet bekend [2]. Aangezien de geconstateerde verhogingen klein (duur en grootte) zijn geweest, wordt geconcludeerd dat er niet of nauwelijks een negatieve invloed op de larvale en juveniele vissen is geweest.

- Lokaal kan door sedimentatie van slib of door storten de bodemfauna en -flora begraven worden. Dit gebeurt vooral als er in een keer of binnen enkele dagen een grote hoeveelheid materiaal sedimenteert.

Een dergelijke snelle en grote sedimentatie is in het intergetijdengebied niet geconstateerd, zodat dit effect niet is opgetreden. De sedimentatie op de slikken ten oosten van Terneuzen kan lokaal en tijdelijk misschien de ecologie hebben verstoord, maar dit soort sedimentatie komt ook van nature voor in de Westerschelde. Een voorbeeld is Paulinapolder tijdens de monitoring. Het bodemleven op de locatie waar de kleibrokken zijn gestort is minimaal, zodat het storten geen negatief effect op het bodemleven kan hebben gehad.

## 7 Eindconclusies

---

Dit rapport vormt de afsluiting van de monitoring van de verspreiding van boorspecie in de Westerschelde. Met de monitoring is in beeld gebracht in welke mate de troebelheid c.q. zwevend-stofconcentratie is toegenomen door het lozen en storten van Boomse Klei en waar dit materiaal is gesedimenteerd. Op basis van die beelden, expert judgement en informatie uit de MER zijn de effecten op morfologie, slibhuishouding en ecologie geëvalueerd.

De volgende beelden van het effect van het verspreiden van boorspecie op de troebelheid en de sedimentatie zijn naar voren gekomen:

- Door slurrylozingen neemt de troebelheid toe. Deze verhoging is beperkt in tijd, ruimte en grootte.
- Bij een enkele slurrylozing wordt de troebelheid korte tijd rond het lozingspunt sterk verhoogd. In de daarop volgende getijfase wordt geen enkele verhoging meer gemeten.
- Bij langdurige slurrylozingen van meer dan 2500 m<sup>3</sup>/dag treedt een verhoging van de troebelheid op met 10 tot 20 mg/l. Deze toename strekt zich uit tot een gebied van ongeveer 10 km ten westen en 10 km ten oosten van het lozingspunt, waarbij de toename kleiner is naarmate de afstand tot het lozingspunt groter is. Binnen 5 tot 10 dagen na het stoppen van dergelijke lozingen is de verhoging teruggelopen tot minder dan 5 mg/l. Een dergelijke verhoging is gedurende de monitoring een aantal keren opgetreden. Voor de periode van ongeveer november 2000 - februari 2001 is het zeer aannemelijk dat de troebelheid 3 à 4 maanden lang verhoogd is geweest. Daarnaast is gedurende 1 à 2 weken in mei 2001 de troebelheid verhoogd geweest. Dit laatste is zeer waarschijnlijk in augustus en september 2001 ook aan de orde geweest.
- Bij langdurige slurrylozingen van minder dan 1500 m<sup>3</sup>/dag treedt geen verhoging van de troebelheid op.
- De kleibrokken hebben een hoge cohesie. Verwacht wordt dat het nog zeker tientallen jaren zal duren voordat de brokken volledig geërodeerd zijn.
- Op de slikken van Terneuzen is sedimentatie van Boomse Klei geconstateerd. In een jaar tijd, van juli 2000 tot juli 2001, is er een laag slib van ongeveer 4 cm dik gesedimenteerd. Deze laag was in september 2002 door erosie weer verdwenen.
- Op de lange termijn (jaren) zal de Boomse Klei die in suspensie is gegaan op de schorren en in de luwe delen van het intergetijdengebied sedimenteren. Dit zal vooral in het oostelijke deel van de Westerschelde zijn, omdat het getij zorgt voor een netto oostwaarts gericht transport van slib.

Ten aanzien van de effecten van het verspreiden van boorspecie op de morfologie en slibhuishouding is de volgende conclusie getrokken:



- Het verspreiden van de Boomse Klei heeft geen negatief effect gehad op de morfologie en slibhuishouding van de Westerschelde. De geconstateerde effecten, een verstoorde bodemdynamiek, een toename van de troebelheid en een verhoogde sedimentatie, zijn heel lokaal, tijdelijk en/of klein. De morfologie en slibhuishouding van de Westerschelde kent van nature een vergelijkbare of zelfs een grotere dynamiek (tijd, ruimte, grootte van veranderingen) dan de geconstateerde effecten.

Ten aanzien van de effecten van het verspreiden van boorspecie op de ecologie is de volgende conclusie getrokken:

- Het verspreiden van de Boomse Klei heeft geen negatief effect gehad op de ecologie van de Westerschelde. De op het zichtjagende Dwergstern is niet of nauwelijks belemmerd in zijn foerageren, de rust- en foerageergebieden van larvale en juveniele vissen zijn niet of nauwelijks verstoord, de voedselopname van zogenaamde voedsel filtreerders is niet belemmerd en de primaire productie is niet of nauwelijks verminderd. Het begraven raken van bodemfauna en –flora door lokaal grote en snelle sedimentatie van Boomse Klei is niet van belang geweest.

## 8 Referenties

- 
- [1] Milieu-effectrapport Boorspecie Westerscheldetunnel juli 1998.  
Bouwdienst Rijkswaterstaat.
- [2] De effecten van het storten van boorspecie in de Westerschelde.  
Deelstudie in het kader van de MER boorspecie Westerscheldetunnel.  
Rapport RIKZ-98.013
- [3] Lefèvre, F. en B.A. Kornman.  
Pilotonderzoek naar de gevolgen voor de troebelheid van speciestortingen  
in de Schaar van Spijkerplaat.  
Werkdocument RIKZ/AB.201.830x.
- [4] Winder, B. de en R. Salden.  
Plan van aanpak monitoring verspreiding boorspecie.  
Werkdocument RIKZ/AB/99-820.x
- [5] Maldegem, D. van, A.A. Arends en B. de Winder.  
Slib in de Westerschelde: een beschrijving van de troebelheid en  
slibverspreiding in de Westerschelde voor de periode december 1998 tot juli  
1999.  
Rapport RIKZ/AB-99.02.
- [6] Veneman, L.B., R.J. de Meijer en J. Limburg.  
HPGe-analyse van 20 monsters t.b.v assessment t1 meting verspreiding  
boorspecie Westerscheldetunnel.  
KVI-intern rapport S72, juni 200, Medusa explorations BV, Groningen.
- [7] Salden, R.M.  
Een slib-transportmodel van het Schelde-estuarium ten behoeve van de  
waterkwaliteitsmodellering.  
Werkdocument RIKZ/OS-97.116x
- [8] Verspreiding Boorspecie in de Westerschelde. Simulaties met een  
slibverspreidingsmodel.  
Verslag modelonderzoek, juli 2001, WL-Z3141.
- [9] Limburg, J. Klei van Boom.  
Een analyse van sedimentmonsters afkomstig uit de Westerschelde. Medusa  
explorations project 2001-P-007, mei 2001.
- [10] Maldegem, D. van. Effect van kleibult op stroming.  
Werkdocument RIKZ/AB/2002.831x

### Voortgangsrapportages aan KMW

Maldegem D.C v. en A. Arends, 2000.  
Monitoring verspreiding boorslib in de Westerschelde, periode juli - september 1999. Datarapportage. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Werkdocument RIKZ/AB-99.852x.

Maldegem D.C v. en A. Arends, 2000.  
Monitoring verspreiding boorslib in de Westerschelde, periode oktober - december 1999. Datarapportage. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Werkdocument RIKZ/AB-00.802x.

Maldegem D.C v. en A. Arends, 2000.  
Monitoring verspreiding boorslib in de Westerschelde, periode januari-maart 2000. Datarapportage. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Werkdocument RIKZ/AB-00.813x.

Maldegem D.C.v. en A. Arends, 2000.  
Monitoring verspreiding boorslib in de Westerschelde, periode april - juni 2000. Datarapportage. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Werkdocument RIKZ/AB-00.822x.

Maldegem D.C v. en A. Arends, 2000.  
Monitoring verspreiding boorslib in de Westerschelde, periode oktober - november. Datarapportage. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Werkdocument RIKZ/AB-00.842x.

Maldegem D.C v. en B. Kornman, 2001.  
Monitoring verspreiding boorslib in de Westerschelde, periode december 2000 - februari 2001. Datarapportage. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Werkdocument RIKZ/AB-2001.809x.

Maldegem D.C v. en B. Kornman, 2001.  
Monitoring verspreiding boorslib in de Westerschelde, periode maart 2000 - mei 2001. Datarapportage. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Werkdocument RIKZ/AB-2001.820x.

Maldegem D.C. v. en B. Kornman, 2001.  
Monitoring verspreiding boorslib in de Westerschelde, periode juni 2000 - augustus 2001. Datarapportage. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Werkdocument RIKZ/AB-2001.827x

Maldegem D.C v. en B. Kornman, 2002.  
Monitoring verspreiding boorslib in de Westerschelde, periode oktober 2001 - februari 2002. Voortgangsrapportage fase 5. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Brief RIKZ/AB/2002/60056.

# Colofon

---

## Auteurs

Drs B.A. Kornman & Ing. D.C. van Maldegem

## Tekstuele redactie

C. de Groot

## Projectgroep

Ir A. Arends (tot 2001), Ir H. Hoogenboom, drs B. Kornman, ing. D. van Maldegem, ir T. Rutten, drs R. Salden (tot 2001), dr B. de Winder (tot 2000), ir A. Zindler (tot 2001), ir B. Kortsmit (Meetinformatiedienst Zeeland).

## Velmetingen, dataverwerking en GIS

Meetinformatiedienst Zeeland, C. den Hartog, F. Lefèvre, C. van der Male, J. de Ridder, B. Schouwenaar, G. Spronk, J. Theune, G. Wattel

## Inhoudelijke redactie

Dr B. van Eck, ir H. Hoogenboom, drs D. de Jong, dr T. Prins, ir T. Rutten

## Vormgeving

J.A. van den Broeke

## Drukwerk

LnO drukkerij uitgeverij, Zierikzee

## Opdrachtgever

Kombinatie Middelpaats Westerschelde, v.o.f.  
T.J. Steinfort

## Informatie

NV Westerscheldetunnel, Fruitlaan 2, 4462 EP Goes  
Tel: 0113-278480

Rijksinstituut voor Kust en Zee, Grenadierweg 31, 4338 PG Middelburg  
Tel: 0118-672200