

# **Drempelverwijdering vaarweg Harlingen-Noordzee**

**Baggerwerk en  
morfologische en ecologische gevolgen**

**1 september 2005**



# Drempelverwijdering vaarweg Harlingen-Noordzee

## Baggerwerk en morfologische en ecologische gevolgen

1 september 2005

Rapport RIKZ/2005.026

- Auteurs: ir. H.P.J. Mulder (RIKZ), drs. E. Nuijen (RWS-NN), ir. G.A. Liek (RIKZ), ing. D.C. van Maldegem (RIKZ)
- M.m.v.: W. Bartelds (RIKZ), J.B. Kemper (RWS-NN), ing. R. Nijssen (RIKZ), G. Struiksma (RWS-NN)
- Kwaliteitsborging: dr. J. Cleveringa, dr. J.M. de Kok, drs. S. Mulder, dr. R.H.B. Kersten, dr. J. de Vlas (allen RIKZ)
- Begeleidingsgroep: drs. T.M. van Bommel-Reehoorn (DGTL), drs. R. Bosman (RIKZ), drs. ing. S. Hauwert (DGTL), J.P. Wieriks (DGW)








Het Rijksinstituut voor Kust en Zee van Rijkswaterstaat (RWS-RIKZ), en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen.

Het Rijk sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

## Gegevensblad

Opdrachtgever / contactpersoon	DGTL / T.M.van Bommel-Reehoorn
Titel	Drempelverwijdering vaarweg Harlingen-Noordzee. Baggerwerk en morfologische en ecologische gevolgen.
Rapportnummer	RIKZ/2005.026

Samenvatting	<p>Dit rapport gaat in op de vraag wat de gevolgen zijn van de verwijdering van een drietal drempels in de vaargeul tussen de Noordzee en Harlingen. Volgens de afwegingskaders van de PKB en de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR) moet getoetst worden of er significante gevolgen mogelijk zijn voor de beschermde natuurwaarden in de Waddenzee en Noordzeekustzone. Onderzocht zijn de morfologische gevolgen, de ecologische gevolgen en (de kosten van) het baggerwerk. De economische rendabiliteit en de verkeersveiligheid worden via een <i>quickscan</i> door RWS-AVV onderzocht.</p> <p>Het baggerwerk, in de praktijk een aftopping van gemiddeld enkele dm's, betreft initieel 43.000 m<sup>3</sup> (tot max. 69.000 m<sup>3</sup>). Het jaarlijks onderhoud is 35.000 m<sup>3</sup> (tot max. 60.000 m<sup>3</sup>). Ongeveer 75% lijkt geschikt voor zandwinning. Zandwinning leidt overigens tot compenserende kustsuppleties. De ingreep is klein in verhouding tot het reguliere baggerwerk en tot de natuurlijke morfologische variaties. De effecten op de waterbeweging en de geomorfologie zijn bijzonder klein en hebben geen significante gevolgen voor de natuur. Ook de directe effecten van de uitvoering van het baggerwerk, zoals schade aan bodemfauna, zijn zeer klein en als niet significant beoordeeld. Omdat de ingreep geen significante gevolgen heeft voor de beschermde natuurwaarden wordt een passende beoordeling volgens de VHR niet nodig geacht.</p> <p>De kosten van het baggerwerk worden geschat op initieel 62 k€ en jaarlijks 50 k€. Hierin is de zandwinning en compensatie middels kustsuppleties verwerkt. Domeinen ontvangt respectievelijk 20 k€ en 17 k€/jr. Bij tegenvallende prijzen en baggervolumes en geen zandwinning zijn de kosten respectievelijk 104 k€ en 90 k€/jr.</p>
--------------	--

Versie	Eigenaar (1 <sup>e</sup> auteur)	Datum	Opmerking	Beoordeeld	Goedgekeurd
0	Naam H.P.J. Mulder par. 	06/06/ 2005	Concept	Naam J. Cleveringa S. Mulder J. de Kok J. de Vlas Par. 	Verantwoordelijk AH/KKM R. Kersten 
1	Naam H.P.J. Mulder par. 		Definitief	Naam Accountmanager G.J. Rotmensen Par. 	Verantwoordelijk AH/UM R. Kersten  
Project ID	Water & Bodem RWS-RIKZ projectnummer 19407				
Vertrouwelijk	<input type="checkbox"/> JA, tot (datum) <input checked="" type="checkbox"/> NEE				
Status	<input type="checkbox"/> Startversie <input type="checkbox"/> Concept <input checked="" type="checkbox"/> Definitief				

### **Samenvatting 5**

#### **1. Inleiding 9**

- 1.1 Aanleiding 9
- 1.2 Beleidskaders, wet- en regelgeving 9
- 1.3 Vraagstelling en doelstelling 10
- 1.4 Aanpak en leeswijzer 12

#### **2. Baggerwerk 15**

- 2.1 Inleiding en samenvatting 15
- 2.2 Hoeveelheid initieel baggerwerk 15
- 2.3 Vergelijking ingreep met huidig baggerwerk 18
- 2.4 Uitvoeringsaspecten 19

#### **3. Hydromorfologische effecten 23**

- 3.1 Inleiding en samenvatting 23
- 3.2 Algemeen 24
- 3.3 Beschrijving T0-situatie 25
- 3.4 Hydromorfologische effecten van drempelverwijdering 35
- 3.5 Sedimentatie in drempelgebieden en onderhoudsbaggerwerk 37

#### **4. Ecologische effecten 43**

- 4.1 Inleiding en samenvatting 43
- 4.2 Mogelijke ecologische effecten 43
- 4.3 Verwachte ecologische effecten van drempelverwijdering 45

#### **5. Kosten drempelverwijdering 49**

- 5.1 Inleiding en samenvatting 49
- 5.2 Mogelijkheden voor zandwinning 50
- 5.3 Kosten van het baggerwerk 50

#### **6. Toetsing van effecten drempelverwijdering 55**

- 6.1 Inleiding en samenvatting 55
- 6.2 Toetsingskaders 55
- 6.3 Beoordeling effecten 59

#### **7. Conclusies 69**

#### **8. Referenties 73**

**Bijlage A** Locaties van de te baggeren drempels volgens de dieptetelling van 2004 79

**Bijlage B** Gegevens zwevend stof in oppervlaktewater tussen Noordzee en Harlingen 81

**Bijlage C** Waterloopkundige modelberekeningen uit het verleden 83

- 
- Bijlage D** Beschouwing hydrodynamische effecten op basis van  
ruwheidsverandering 89
- Bijlage E** Beschrijving model voor sedimentatie op gebaggerde  
drempel 91
- Bijlage F** Beschermd habitattypen en soorten in Waddenzee en  
Noordzeekustzone 95

---

## Samenvatting

---

De gemeente Harlingen heeft aan het Directoraat-Generaal Transport en Luchtvaart (DGTL) van het ministerie van Verkeer en Waterstaat gevraagd om medewerking te verlenen aan de opheffing van een aantal lokale knelpunten in de vaarweg Harlingen-Noordzee. De knelpunten bestaan uit drie drempels die verwijderd/verlaagd zouden moeten worden tot een diepte van NAP-7,5 m. Daarop heeft DGTL verzocht aan RWS-RIKZ en RWS-NN een advies uit te brengen over gevolgen van de drempelverwijdering, met name de morfologische, ecologische en financiële. De ecologische gevolgen zijn beoordeeld aan de hand van de PKB Waddenzee en de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR). Hierbij is rekening gehouden met de (herziene) Natuurbeschermingswet en de Flora- en Faunawet. De kosten van het baggerwerk die hier bepaald zijn, dienen opgevat te worden als een indicatie en niet als een projectraming. Dit rapport gaat niet in op het maatschappelijk belang en de economische rendabiliteit van de drempelverwijdering. Aangaande deze aspecten wordt een *quickscan* uitgevoerd door RWS-AVV.

De omvang van het initiële baggerwerk tot NAP-7,5 m wordt geschat op 43.000 m<sup>3</sup>. Dit is een gemiddelde waarde, met een onzekerheid t.g.v. natuurlijke schommelingen in de bodemligging. Het maximum volume wordt geschat op 69.000 m<sup>3</sup>. Ten opzichte van het huidige baggerwerk is dit minder dan 5% van de hoeveelheid sediment die jaarlijks in de geulen van het kombergingsgebied van het Vlie wordt gebaggerd. Het bij drempelverwijdering en onderhoud vrijkomende sediment kan ofwel worden teruggestort c.q. verspreid ofwel geschikt zijn als winzand. Bij volledige teruggestorting van het initiële baggervolume is dit een toename van ca. 2% op het huidige jaarlijkse stortvolume in het kombergingsgebied. Het zand dat bij de drempelverwijdering vrijkomt is naar schatting voor 75% geschikt voor de zandhandel. Het baggerwerk dat voor de drempelverwijdering noodzakelijk is zal de stabiliteit van de Pollendam niet aantasten, mits men de huidige praktijk van instandhouding toepast.

De drempelverwijdering leidt tot verruiming van de geul, waardoor de laagwaterstand zou kunnen dalen met maximaal 0,8 m bij een tijverschil in de huidige situatie van ca. 2 m. De gevolgen voor de stroomsnelheden en de morfologie zijn zeer gering en zullen volledig wegvallen in de natuurlijke trend en dynamiek in waterstanden en morfologie.

Op basis van een sedimentatiemodel, dat ontwikkeld is voor de Westerschelde, wordt verwacht dat het onderhoudsbaggerwerk 35.000 m<sup>3</sup>/jr bedraagt en, gezien de onzekerheid in bodemligging en model, maximaal 60.000 m<sup>3</sup>/jr. Deze getallen worden bevestigd door ervaringen met baggerwerk in de Waddenzee. De frequentie van het

---

onderhoud is waarschijnlijk enkele malen of één maal per jaar, maar is afhankelijk van een aantal praktische zaken. Indien men een overdiepte aanbrengt, dan vindt tegelijk met het initiële baggerwerk preventief onderhoud plaats. Gezien de stabiliteit van de vaargeul op lange termijn wordt geen structurele toename in het onderhoudsbaggerwerk verwacht.

Indien het zand, dat uit de geul verwijderd wordt, aan wal gebracht wordt voor de zandhandel, wordt dit door de natuurlijke processen aangevuld. Uiteindelijk gaat dit ten koste van het kustonderhoud aan de Noordzeezijde van de Waddeneilanden, waar compensatie d.m.v. suppleties moet plaatsvinden. Geschat is dat 75% van het gebaggerde sediment geschikt is voor de zandhandel. Uitgaande van de gemiddelde schatting van het baggervolume is de handelswaarde van dit zand naar schatting 160 k€ voor het initiële baggerwerk en 130 k€/jr voor onderhoud. Een afwijking van  $\pm 30\%$  is mogelijk. De kosten voor compenserende kustsuppleties worden hierbij geschat op 48 k€ initieel en 39 k€ jaarlijks.

De fysische gevolgen van de drempelverwijdering betreffen vooral het baggeren zelf en het terugstorten. De sterfte van bodemfauna als gevolg van het baggeren en terugstorten vindt alleen lokaal in geulen plaats en is op basis van oppervlakte kleiner dan 0,1% van de totale bodemfauna in het kombergingsgebied. Dit effect is nog kleiner indien niet wordt teruggestort (in geval van zandwinning) of alleen bestaande stortlocaties worden benut. De extra vertroebeling als gevolg van de drempelverwijdering heeft een verstrend effect dat lokaal en tijdelijk optreedt en op de schaal van het kombergingsgebied te verwaarlozen is. Effecten op de droogvallende platen worden niet verwacht. De effecten van extra zandsuppleties in de Noordzeekustzoen als gevolg van eventuele zandwinning bij drempelverwijdering voegen minder dan 1% toe aan de effecten als gevolg van het reeds noodzakelijke kustonderhoud.

Uit de toetsing aan de PKB Waddenzee en de VHR blijkt dat, aangezien de fysische effecten nihil tot zeer klein alsook kleinschalig zijn, en rekening houdend met cumulatieve effecten, significante gevolgen van de drempelverwijdering voor de beschermde flora- en faunasoorten en habitattypen uitgesloten kunnen worden. Een uitgebreidere toetsing, zoals een passende beoordeling in het kader van de Vogel- en Habitatrichtlijn, wordt daarom niet nodig geacht.

Voor de drempelverwijdering zal een vergunning nodig zijn op grond van de Natuurbeschermingswet, de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater en de Wet Beheer Rijkswaterstaatswerken. Onduidelijk is nog of Flora en Fauna-wet van toepassing is. Hierover is nader overleg met LNV nodig in de fase van het vergunningentraject. De drempelverwijdering is niet m.e.r.-plichtig.

De gemiddelde kosten van het baggerwerk, uitgaande van 75% zandwinning, worden afgerond geschat op initieel 13 k€ (43.000 m<sup>3</sup>) en voor onderhoud 11 k€/jr (35.000 m<sup>3</sup>/jr). Aangenomen is dat de



---

kosten voor het baggeren van winzand voor rekening van de zandwinner zijn. Verder zijn er kosten voor kustsuppleties van respectievelijk 48 k€ en 39 k€/jr ter compensatie van de zandonttrekking. Beide kostenposten komen samen op respectievelijk 62 k€ en 50 k€/jr. Domeinen ontvangt respectievelijk 20 k€ en 17 k€/jr. Het is nog niet bekend wie de kosten voor het baggeren en suppleren betaalt. In het geval dat RWS die betaalt zijn de netto kosten voor het Rijk respectievelijk 41 k€ en 34 k€/jr.

Uitgaande van geen zandwinning zijn de baggerkosten respectievelijk 54 k€ en 44 k€/jr. Indien RWS dit betaalt zijn de netto kosten voor RWS lager dan in het geval van wel zandwinning (geen relatief dure suppleties), maar hoger voor het Rijk.

Alle bedragen voor het initiële baggerwerk en voor het onderhoud worden respectievelijk 60% en 71% hoger indien uitgegaan wordt van de maximale baggerhoeveelheden van respectievelijk 69.000 m<sup>3</sup> en 60.000 m<sup>3</sup>/jr. In het meest pessimistische geval komen de kosten op respectievelijk 104 k€ en 90 k€/jr. In dit geval wordt naast het maximale baggervolume ook uitgegaan van een hoge eenheidsprijs voor het baggeren en geen zandwinning.

Geadviseerd wordt om in het geval dat het onderhoudsbaggerwerk van de hier onderzochte drempelverwijdering in omvang zou toenemen, doordat de morfologie van de vaarweg zich geheel anders ontwikkelt dan nu wordt ingeschat, een nieuwe beoordeling van de effecten te maken. De kans hierop wordt echter zeer klein geacht.

---

---

---

# 1. Inleiding

---

## 1.1 Aanleiding

De aanleiding voor dit onderzoek is de vraag de gemeente Harlingen aan het Directoraat-Generaal Transport en Luchtvaart (DGTL) van het ministerie van Verkeer en Waterstaat (VenW) om medewerking te verlenen aan de opheffing van een aantal lokale knelpunten in de vaarweg Harlingen-Noordzee. De gemeente Harlingen wordt hierin gesteund door de provincie Fryslân en het bedrijfsleven van Harlingen<sup>1</sup>.

De knelpunten zijn in dit geval drie lokale ondiepten of drempels (langs de Pollendam en in de Blauwe Slenk), die ondieper liggen dan de door de gemeente Harlingen gewenste diepte van NAP-7,5 m. Het verwijderen van deze drempels tot NAP-7,5 m betekent dat wordt afgeweken van de afgesproken streefdiepte. De huidige streefdiepte voor deze vaarweg is namelijk NAP-6,6 m van de zee tot de Pollendam en NAP-6,8 m<sup>2</sup> langs de Pollendam (RWS-NN, 1998). Alleen indien de streefdiepte niet gehaald wordt vindt onderhoud plaats middels baggerwerk. Dit is afgesproken in de PKB Waddenzee van 1993/1994 en uitgewerkt in het Beheersplan Waddenzee (Anonymus, 1996).

De huidige streefdiepte is gebaseerd op de scheepvaart van 1993. Sinds 1993 worden er ook veel grotere schepen in de haven van Harlingen behandeld. Volgens de gemeente Harlingen zal het verwijderen van de drempels economische voordelen hebben, omdat schepen dan dieper geladen kunnen worden dan wel minder afhankelijk zijn van het getijdevenster (afvaren bij Hoog Water te Harlingen). Het kan tevens bijdragen aan een vlotte en veilige doorvaart van het huidige scheepvaartverkeer.

Alvorens door VenW een besluit genomen kan worden tot medewerking aan de drempelverwijdering, heeft DGTL aan Rijkswaterstaat (RWS) gevraagd een advies uit te brengen over de morfologische en ecologische effecten van het verwijderen van de drempels. Dit advies moet voldoen aan de bepalingen uit de relevante beleidskaders en wet- en regelgeving.

## 1.2 Beleidskaders, wet- en regelgeving

Hieronder wordt beknopt ingegaan op de belangrijkste kaders voor dit onderzoek, mede omdat hierin recente ontwikkelingen zijn. In het hoofdstuk over de toetsing wordt hier dieper op ingegaan.

---

<sup>1</sup> Brief van provincie Fryslân aan RWS-NN, kenmerk 525809, 3-7-2003

<sup>2</sup> Betreft de door de gemeente Harlingen gehanteerde diepte. RWS grijpt in bij NAP-6 m.

---

Volgens de vigerende **PKB Waddenzee** van 1993 moet het vaargeulonderhoud ten behoeve van de scheepvaart beperkt in omvang zijn en de natuurlijke morfologische ontwikkelingen volgen. Het kabinetsstandpunt van de PKB Derde Nota Waddenzee, PKB deel 3 (VROM, 2001), geeft ruimte voor een onderzoek naar effecten van een mogelijke verdieping in de vorm van een 'pilot'. Een heroverweging van de uitgangspunten van 1993 is dan mogelijk. Om deze reden is door de provincie Fryslân voorgesteld de drempelverwijdering als een proef uit te voeren. Momenteel is een nieuwe PKB Waddenzee c.q. Derde Nota Waddenzee in voorbereiding. Daarin is een pilot niet meer aan de orde. Volgens de concepttekst (VROM, 2005) zijn incidentele verdere verdiepingen van delen van de hoofdvaargeulen mogelijk, onder de voorwaarde dat dit past binnen het afwegingskader zoals aangegeven in deze PKB en dat dit economisch rendabel is. De beoogde drempelverwijdering wordt hier als een dergelijke verdieping beschouwd.

De Waddenzee is aangemeld als Speciale Beschermingszone (SBZ) in de zin van de **Vogel- en Habitatrichtlijn** (VHR). Dit betekent dat indien de drempelverwijdering mogelijk significante gevolgen heeft voor beschermde natuurwaarden in de SBZ, een 'passende beoordeling' van de gevolgen noodzakelijk is. De gebiedsbescherming van de VHR zal worden geïmplementeerd in de **Natuurbeschermingswet** (Nb-wet), die momenteel wordt herzien. Volgens de herziene Nb-wet is een voortoets nodig: voor activiteiten of plannen die mogelijk negatieve gevolgen hebben moet bepaald worden of er een vergunning in het kader van de Nb-wet nodig is. De soortenbescherming van de VHR is geïmplementeerd in de **Flora- en Faunawet**.

In 2000 is de **Europese Kaderrichtlijn Water** van kracht geworden ter bescherming van de (ecologische) waterkwaliteit. Volledigheidshalve wordt de **Nota Zeehavens** (VenW, 2004) genoemd. Hierin wordt gemeld dat de haven van Harlingen specifieke marktniches bedient. De rol in de nationale economie lijkt de komende jaren beperkt te blijven, hoewel niet altijd te voorzien is welke ontwikkelingen vanuit de markt komen. De inspanning van het rijk voor de haven zal plaatsvinden in het kader van de PKB Waddenzee (zie hiervoor).

### 1.3 Vraagstelling en doelstelling

#### Vraagstelling

Naar aanleiding van de wens van de gemeente Harlingen zijn door DGTL een aantal concrete vragen aan het RIKZ gesteld over het verwijderen van de drie drempels. Deze vragen luiden (hier letterlijk in *cursieve* stijl weergegeven):

1. *Wat is de omvang van het weg te nemen sediment? Is dit sediment voor zandwinners interessant om als bouw materiaal te gebruiken?*

- 
2. *Wat zijn de kosten voor het wegnemen van het sediment? Wat is de handelswaarde van het sediment voor zandwinners?*
  3. *Welke morfologische effecten treden op? In hoeverre en met welke snelheid wordt het weggenomen sediment door natuurlijke processen weer aangevuld met nieuw sediment? Waar komt dit sediment vandaan en welke effecten heeft dit op deze oorsprongslokatie?*
  4. *Welk onderhoud is er te verwachten om de vaargeul op diepte te houden (relatie met vraag 3)? Met welke frequentie is dit onderhoud nodig? Welke kosten zijn daarmee gemoeid? Is het sediment dat bij onderhoud verwijderd wordt, interessant voor zandwinners? Wat is de handelswaarde van het sediment voor zandwinners?*
  5. *Leidt de beoogde ingreep mogelijk tot significante gevolgen op beschermde natuurwaarden in de SBZ Waddenzee en/of de SBZ Noordzeekustzone?*
  6. *Indien mogelijke gevolgen uitgesloten kunnen worden, is het uitvoeren van een passende beoordeling niet noodzakelijk. Indien mogelijke gevolgen niet uitgesloten kunnen worden, dient een passende beoordeling te worden opgesteld.*
  7. *Indien uit de eventueel op te stellen passende beoordeling blijkt dat significante gevolgen te verwachten zijn, welke mitigerende en/of compenserende maatregelen zijn dan mogelijk om deze gevolgen te minimaliseren en/of te compenseren? Welke kosten zijn met de compenserende maatregelen gemoeid?*

Tussen de beantwoording van de vragen 5 en 6 zit een beslismoment. Afhankelijk daarvan zullen de vragen 6 en 7 beantwoord worden.

### **Doelstelling**

De doelstelling van dit onderzoek is het beantwoorden van de hierboven gestelde vragen over de morfologische, ecologische en financiële aspecten van het baggeren met als doel vast te stellen of significante gevolgen voor de natuurwaarden zijn uit te sluiten, en, indien dit niet het geval is, een passende beoordeling te maken van deze gevolgen en van eventuele compenserende/mitigerende maatregelen. Het advies moet dus aangeven op welke wijze voldaan kan worden aan alle bepalingen ten aanzien van gebieds- en soortenbescherming uit de Vogel- en Habitatrichtlijn.

Behalve aan de effecten van het baggeren, zal ook aandacht besteed worden aan enkele andere effecten, die hier direct aan gerelateerd zijn, zoals de stabiliteit van de Pollendam en de kustverdediging.

### **Afbakening**

In dit rapport wordt geen formele toets uitgevoerd volgens de stappenplannen van de Nb-wet en FF-wet. Wel bevat het rapport hiervoor de relevante informatie.

---

Op grond van de in voorbereiding zijnde PKB Waddenzee is door DGTL besloten een apart onderzoek te laten uitvoeren naar de economische rendabiliteit, die dient als *quickscan* van het maatschappelijk belang en de locatiegebondenheid. Ook de effecten op de scheepvaart en de verkeersveiligheid worden apart onderzocht. Deze aspecten worden onderzocht door de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) van RWS, gebruik makend van de kostenschattingsmethode van het baggerwerk in dit rapport.

Het onderzoek is uitgevoerd met behulp van bestaande gegevens, onderzoeken en literatuur. Aanvullende modeloefeningen voor de effecten van het baggeren op de waterbeweging zijn overwogen, maar niet noodzakelijk bevonden. Wat betreft het baggeren en de kosten ervan is in belangrijke mate gebruik gemaakt van de ervaringsdeskundigheid bij het Waterdistrict Waddenzee van RWS-Noord-Nederland (RWS-NN).

## 1.4 Aanpak en leeswijzer

Alvorens de ecologische effecten van de drempelverwijdering te kunnen beoordelen, dienen de fysische c.q. de hydrologische en morfologische effecten bepaald te worden. De grootte van de fysische effecten is afhankelijk van de grootte van het baggerwerk. Ook de kosten van het baggerwerk zijn hiervan afhankelijk. Dit heeft geleid tot een verwerking van de gestelde vragen in de volgende hoofdstukken:

- Hoofdstuk 2 over het baggerwerk: eerste deel van vraag 1 (omvang en uitvoering)
- Hoofdstuk 3 over de morfologie: vraag 3 en eerste twee deelvragen van vraag 4 (alle vragen m.b.t. aard, transport en afzetting van sediment)
- Hoofdstuk 4 over de ecologie: voorwerk voor vraag 5, waarbij ingegaan wordt op de mogelijke ecologische effecten van de drempelverwijdering
- Hoofdstuk 5 over de kosten (initieel en onderhoud): tweede deel van vraag 1, vraag 2 en resterende deel van vraag 4. De kostenschattingsmethode is afhankelijk van het de prognose van het initiële baggerwerk en het onderhoudsbaggerwerk (hoofdstuk 2 en 3)
- Hoofdstuk 6 over de toetsing: vraag 5 en eventueel 6 en 7, waarbij nagegaan wordt of drempelverwijdering leidt tot significantie gevolgen voor de natuur conform de toetsingskaders.

Afgesloten wordt met een hoofdstuk met conclusies, waarin de gestelde vragen beantwoord worden.

Ter vergroting van de leesbaarheid is aan de inleiding van ieder hoofdstuk een samenvatting toegevoegd.

---

De beoordeling of effecten significant zijn is niet mogelijk vanuit objectief vastgestelde criteria; deze ontbreken namelijk. De beoordeling wordt hier gebaseerd op expert-judgement.

Opgemerkt wordt dat in de vraagstelling impliciet een verwijzing zit naar twee uitvoeringsalternatieven, namelijk baggeren in combinatie met terugstorten of in combinatie met zandwinning. Beide alternatieven worden steeds in beschouwing genomen.

Het onderzoek is uitgevoerd door RWS-RIKZ in samenwerking met RWS-NN.

---

---



---

## 2. Baggerwerk

---

### 2.1 Inleiding en samenvatting

In dit hoofdstuk wordt nagegaan wat de omvang is van het baggerwerk om de drempels te verwijderen c.q. zodanig te verlagen dat zij geen knelpunt vormen. Deze omvang is bepalend voor de kosten van baggerwerk en voor de fysische effecten (hydrologisch en morfologisch). Ook wordt ingegaan op de omgang met de baggerspecie: deze kan teruggestort of als winzand gebruikt worden. Verder wordt aandacht besteed aan enkele mogelijke effecten die direct met de uitvoering van het baggerwerk verbonden zijn, zoals een mogelijk effect op de stabiliteit van de Pollendam.

#### *Samenvatting*

De omvang van het initiële baggerwerk bij baggeren tot een diepte van NAP-7,5 m wordt geschat op 43.000 m<sup>3</sup>. Dit is een gemiddelde waarde, met een onzekerheid t.g.v. natuurlijke schommelingen in de bodemligging. Het maximum volume wordt geschat op 69.000 m<sup>3</sup>. De gemiddelde schatting van het initiële baggervolume is iets minder dan 5% van de hoeveelheid sediment die gemiddeld jaarlijks in de geulen van het kombergingsgebied van het Vlie wordt gebaggerd (t.b.v. vaargeulonderhoud, zand- en schelpenwinning) en 13% van de variatie van jaar tot jaar in het totale baggervolume in de geulen. Bij volledige terugstorting van het initiële baggervolume is dit een toename van ca. 2% op het huidige jaarlijkse stortvolume afkomstig uit geulen en havens in het kombergingsgebied. Het zand dat bij de drempelverwijdering vrijkomt is grotendeels geschikt voor de zandhandel. Afzet van dit zand op de markt lijkt geen probleem. Voor het baggerwerk zijn vergunningen noodzakelijk (WVO, Nb-wet), waarin diverse eisen gesteld zijn aan de uitvoering, o.a. dat er geen hinder voor de scheepvaart optreedt. Het baggerwerk dat voor de drempelverwijdering noodzakelijk is zal de stabiliteit van de Pollendam niet aantasten, mits men de huidige praktijk van instandhouding toepast.

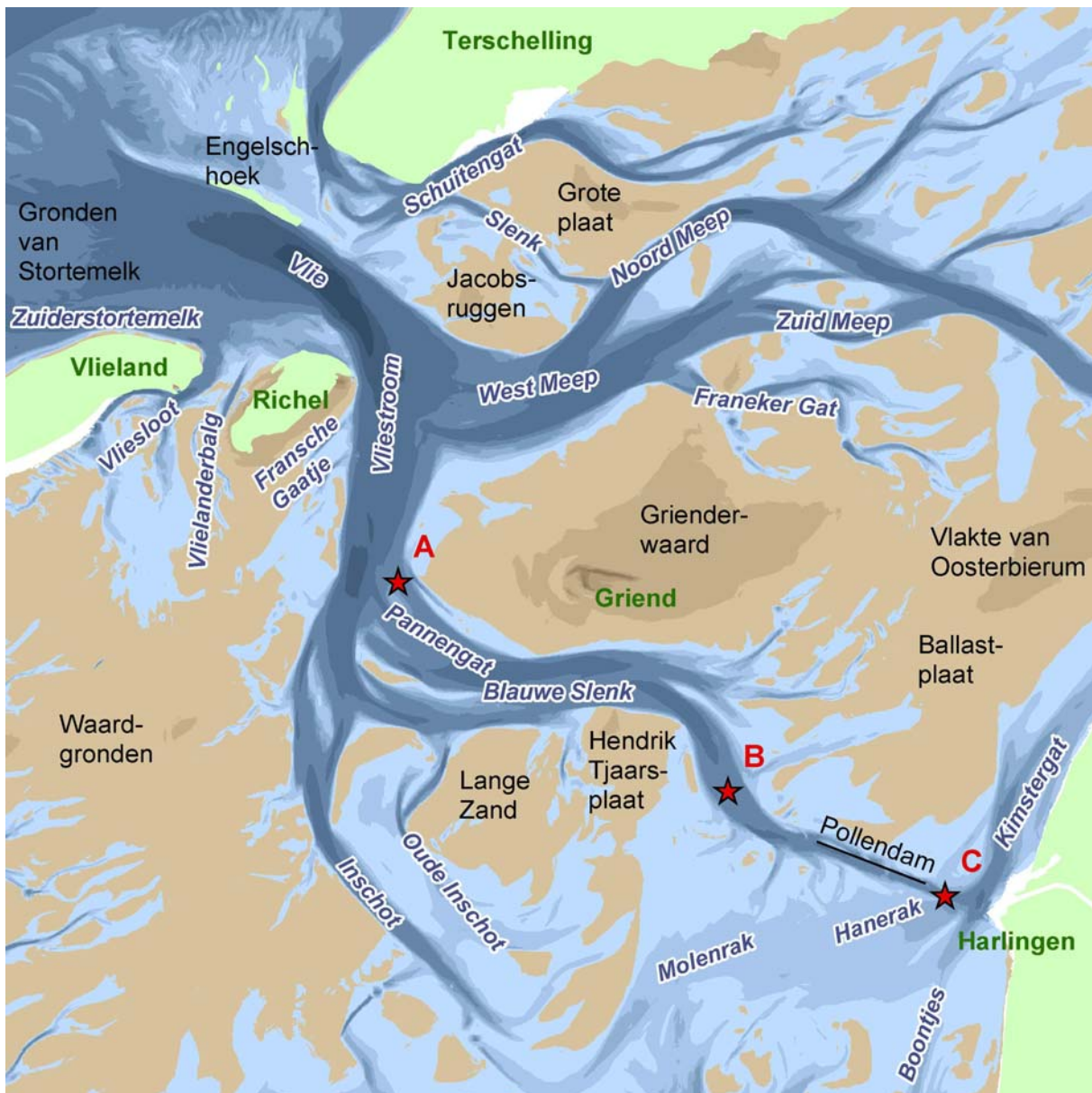
### 2.2 Hoeveelheid initieel baggerwerk

Vanuit het Zeegat van het Vlie tussen Vlieland en Terschelling vindt naar de binnendelta in de Waddenzee een vertakking plaats van de hoofdgeul in 3 richtingen: Inschot, Blauwe Slenk en Westmeep (fig. 2.1). Het Blauwe Slenk meandert vanaf de inloop bij het Pannengat tot aan de Pollendam. De geul langs de Pollendam (lengte ca. 4,5 km) eindigt in de haven van Harlingen. De totale afstand van de inloop tot de havenmond is ca. 20 km. De kustvaart heeft op het traject Blauwe Slenk-Harlingen rekening te houden met zogenaamde ondiepten in de

buitendelta, m.n. in het Zuiderstortemelk, met een drempel in de inloop van het Blauwe Slenk (drempel "Pannengat"), ca. 12 km verder een drempel, genaamd "Blauwe Slenk 18-20", en weer ca. 7 km verder met een drempel, genaamd "Pollendam", in de geul langs de Pollendam (fig. 2.1). In de buitendelta wordt in principe niet gebaggerd (Anonymus, 1996). Het baggerwerk dat uitgevoerd moet worden om de geul te verdiepen tot NAP-7,5 m beperkt zich tot de drie laatstgenoemde drempels. In bijlage A zijn de drempels in detail aangegeven. Daaruit blijkt dat er in feite sprake zal zijn van het aftoppen van drempels met gemiddeld ca. 2 dm over een oppervlakte van ca. 18 ha (zie tabel 3.4 voor globale afmetingen).

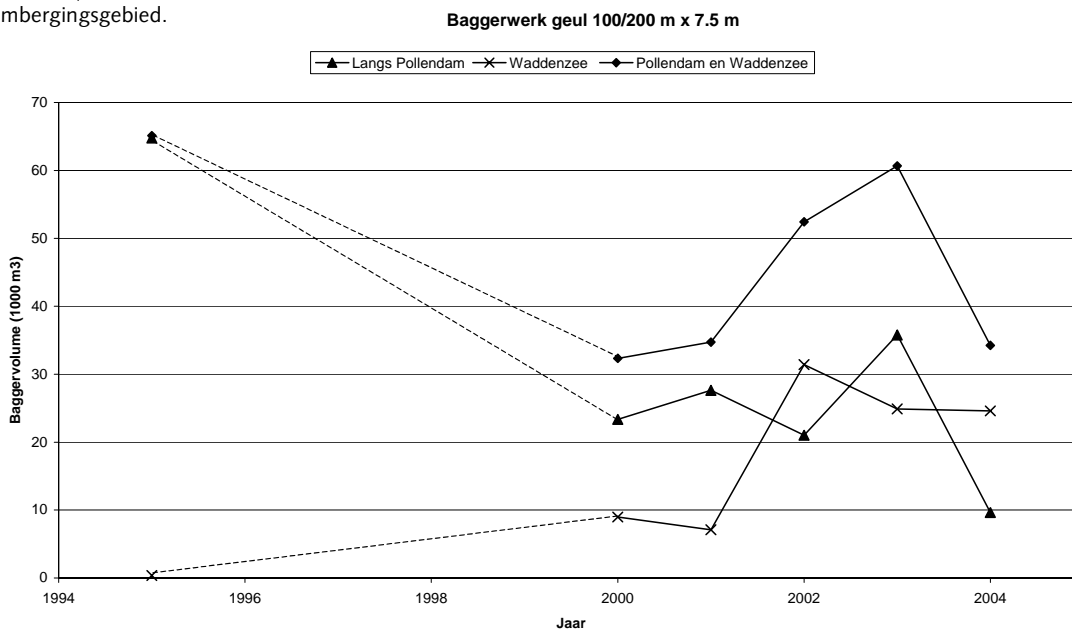
**Figuur 2.1**

Zeegat van het Vlie met de locaties van de te verwijderen ondiepten/drempels: A = drempel Pannengat, B = drempel Blauwe Slenk 18-20, C = drempel Pollendam.



De omvang van het initiële baggerwerk is afhankelijk van de te realiseren diepte (NAP-7,5 m) en de bodemligging op het moment van baggeren. Omdat het baggerwerk in de toekomst plaats vindt en de bodemligging van dat moment nu niet bekend is, is een schatting gemaakt van het baggervolume op basis van de meest recente dieptegegevens. Hiervoor zijn baggervolumes berekend op basis van de jaarlijkse lodingen van de laatste 5 jaar, de periode 2000-2004, zodat ook een indicatie van de onzekerheid in het baggervolume verkregen wordt. Ter controle is een berekening gemaakt voor een loding van 10 jaar geleden (1995). Opgemerkt wordt dat niet in detail het gedrag van elke drempel is onderzocht. De drie geïdentificeerde drempels zijn de laatste jaren redelijk plaatsvast (zie par. 3.3). In figuur 2.2 en tabel 2.1 is het initiële baggervolume weergegeven voor de diverse jaren. Het te baggeren volume langs de Pollendam vertoont in de tijd een lichte afname, maar in het Waddenzee deel (tussen Noordzee en Pollendam) is een toename zichtbaar. In totaal is geen duidelijke toename zichtbaar, wel een bepaalde variatie. Het totale volume voor 1995 geeft geen indicatie voor een duidelijke trend. Voor de berekening van de baggerkosten wordt daarom uitgegaan van de periode 2000-2004, met een initieel baggervolume van gemiddeld 43.000 m<sup>3</sup> met een relatieve standaardafwijking (variatiecoëfficiënt) van 30% (tabel 2.1). Statistisch kan dit vertaald worden naar een maximum van 69.000 m<sup>3</sup> (gemiddelde plus tweemaal de standaardafwijking).

**Figuur 2.2**  
 Initieel baggervolume, afhankelijk van geuldiepte in verschillende jaren, bij verdieping tot NAP-7,5 m in de vaarweg Harlingen- Noordzee, waarbij de breedte ofwel 100 ofwel 200 m is (zie tabel 2.1). 'Waddenzee' heeft betrekking op geul van Noordzee tot Pollendam, binnen het kombergingsgebied.



.....  
**Tabel 2.1.**  
 Initieel baggervolume bij verdieping tot NAP-7,5 m afhankelijk van bodemligging in verschillende jaren en over de periode 2000-2004 (Gem. = gemiddelde, St. afw. = standaardafwijking, V.c. = variatiecoëfficiënt).

Volume (m3)	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2000-2004		
							Gem.	St. afw.	V.c.
Pollendam (100 m breed)	64.776	23.350	27.621	21.013	35.793	9.636	23.483	9.572	41%
Waddenzee (200 m breed)	360	8.978	7.114	31.416	24.893	24.602	19.401	10.738	55%
Totaal	65.136	32.328	34.735	52.429	60.686	34.238	42.883	12.851	30%

## 2.3 Vergelijking ingreep met huidig baggerwerk

Door de drempelverwijdering te vergelijken met het huidige baggerwerk wordt een indruk verkregen van de mogelijke effecten en het cumulatieve effect t.o.v. de reeds aanwezige baggeractiviteiten. De vergelijking wordt gemaakt op de ruimtelijke schaal van het kombergingsgebied. Aangenomen mag worden dat morfologische ingrepen uitgesmeerd worden over een kombergingsgebied (Hoeksema et al., 2004). Bij het baggerwerk wordt onderscheid gemaakt tussen het effect van het ontgraven/verwijderen en het effect van het terugstorten. Voor de effecten van ontgraving beperken we ons tot de geulen en laten de havens buiten beschouwing. Het baggeren in de haven is immers geen directe aantasting van de wadbodem. De huidige baggeractiviteiten zijn dan op te splitsen in:

- Baggeren en storten t.b.v. vaargeulonderhoud
- Zandwinning in het kader van vaargeulonderhoud
- Schelpenwinning

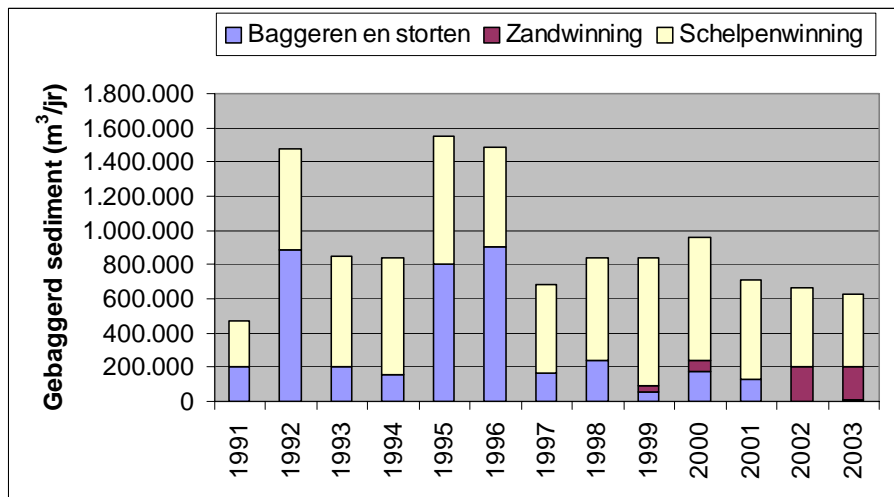
Bij schelpenwinning vindt ontgraving van de bodem plaats waarbij de schelpen eruit gezeefd worden en het overtollige sediment direct overboord teruggestort wordt. Geschat wordt dat hierbij ongeveer 10-maal zoveel sediment gebaggerd wordt als het gewonnen volume aan schelpen (Reijngoud, 2001). Op grond hiervan en gegevens van het Waterdistrict Waddenzee zijn in figuur 2.3 de baggervolumes weergegeven voor het kombergingsgebied het Vlie (exclusief baggerwerk door de gemeente Harlingen in de vaargeul en in de haven!). Het kombergingsgebied is niet exact vastgelegd, maar komt nagenoeg overeen met het PKB-gebied, omdat de grens in beide gevallen de eilandkoppen verbindt. De hoeveelheid gebaggerd sediment in de periode 1991-2003 bedraagt gemiddeld 922.000 m<sup>3</sup>/jr, waarvan 303.000 m<sup>3</sup>/jaar gestort is bij vaargeulonderhoud, 38.000 m<sup>3</sup>/jr als zand gewonnen is en 581.000 m<sup>3</sup>/jr het gevolg is van schelpenwinning. Zandwinning in deze periode vond plaats sedert 1999 en vooral in 2002 en 2003, waarin er nauwelijks meer baggerspecie uit vaargeulonderhoud is teruggestort. De gemiddelde zandwinning over de periode 1991-2003 is daarom veel lager dan de zandwinning van

bijna 200.000 m<sup>3</sup>/jr in de jaren 2002 en 2003. De zandwinning vond overigens vooral plaats in de Slenk, op de vaarroute naar Terschelling. Er zijn geen redenen om te veronderstellen dat in de toekomst de baggerhoeveelheid in het kombergingsgebied structureel zal veranderen.

Het initiële baggervolume t.g.v. de onderzochte drempelverwijdering is nog geen 5% van het gemiddelde jaarlijkse baggervolume uit de geulen. Het verschil in baggervolume tussen twee opeenvolgende jaren in het kombergingsgebied van het Vlie over de periode 1991-2003 is gemiddeld 320.000 m<sup>3</sup>/jr. Het initiële baggervolume is 13% van dit verschil.

**Figuur 2.3**

Hoeveelheden gebaggerd zand/slib in de geulen van het kombergingsgebied van het Vlie t.g.v. verschillende activiteiten. Alles, behalve de zandwinning, wordt teruggestort. Het betreft alleen gegevens van RWS, exclusief hoeveelheden van gemeente Harlingen (vaargeul en haven).



Opgemerkt wordt dat door de gemeente Harlingen in de periode 2002-2004 in de vaargeul langs de Pollendam gemiddeld per jaar 82.000 m<sup>3</sup> zand is gebaggerd (meded. gem. Harlingen). De gemiddelde baggerhoeveelheid is in die periode dus nog hoger dan in figuur 2.3, maar dit heeft geen belangrijke invloed op de hiervoor genoemde percentages.

Verder wordt door de gemeente Harlingen jaarlijks 1 tot 1,5 mln m<sup>3</sup> (vnl. slib) in en rond de haven gebaggerd en teruggestort. Opgeteld bij het terugstortvolume door het overige baggerwerk is het totale terugstortvolume ca. 2 tot 2,5 mln m<sup>3</sup>/jr. Indien het initiële baggervolume van de drempelverwijdering volledig wordt teruggestort is dit ca. 2% van het gemiddelde jaarlijkse stortvolume.

## 2.4 Uitvoeringsaspecten

### Uitvoeringsmethode

Het baggerwerk zal uitgevoerd worden met een sleehopperzuiger die het gebaggerde sediment op een andere locatie terugstort of die het zand naar de wal brengt. De lading van de sleehopperzuiger zal in de praktijk variëren van 200 tot 1000 m<sup>3</sup>, afhankelijk van het type zuiger

---

(Kemper, 2002). 'Storten' moet hier opgevat worden als een technische term, want beleidsmatig wordt verspreiden bedoeld. Het sediment wordt teruggestort met de bedoeling dat het zich zo goed mogelijk verspreidt in de Waddenzee.

### **Voorwaarden**

Voor vaargeulonderhoud, al of niet in combinatie met zandwinning, zijn geen vergunningen nodig op grond van de Ontgrondingenwet en de Wet Beheer Rijkswaterstaatwerken (Wbr) indien het (rijks)waterstaatwerken betreft. Bij de aanleg en het uitbreiden van vaarwegen, en bij primaire zandwinning is wel een vergunning op grond van de Wbr nodig. Voor onderhoudsbaggerwerk en storten is een vergunning o.g.v. de Natuurbeschermingswet (Nb-wet) nodig, evenals voor de aanleg van vaarwegen. Voor het storten/verspreiden van baggerspecie is verder een vergunning nodig o.g.v. de Wet verontreiniging oppervlaktewateren (WVO). Volgens het Beheersplan Waddenzee gelden de volgende richtlijnen voor het verspreiden van baggerspecie (Anonymus, 1996, p. 46):

- alleen verspreiden in geulen waarin stroming het materiaal kan verspreiden
- niet verspreiden binnen 1000 m afstand van gebieden met rijke bodemflora en -fauna, waaronder ook mosselbanken en -percelen
- afhankelijk van de locatie alleen verspreiden tijdens eb of vloed
- de scheepvaart mag niet worden gehinderd
- geen baggerbezwaar elders door verplaatsing van materiaal
- geen hinder voor andere menselijk gebruiksfuncties in of in de nabijheid van het verspreidingsgebied

Voor zandwinning geldt expliciet dat men niet mag winnen binnen een afstand van 500 m van vogelkolonies. Verder moet de specie voldoen aan kwaliteitseisen (WVO) en worden in Nb-vergunningen ook de volgende voorwaarden gesteld:

- niet storten en baggeren binnen een afstand van 1500 m van rust- en zoogplaatsen van zeehonden;
- bij voorkeur storten en baggeren tijdens de winterperiode;

Bij genoemde richtlijnen en voorwaarden worden hier de volgende opmerkingen gemaakt:

- bovengenoemde richtlijnen bieden ruimte voor discussie, maar in de praktijk worden de baggerstortlocaties zodanig gekozen dat eventuele effecten minimaal zijn. Het feit dat voor het huidige baggerwerk, zowel in het geval van vaargeulonderhoud als schelpenwinning, vergunningen in het kader van de Nb-wet verleend worden, kan als indicatie gezien worden dat er geen significante effecten verwacht worden op de natuurwaarden van de Waddenzee (zie o.a. RWS-NN, 2004).
- zandwinning heeft het voordeel dat er geen effecten optreden van het terugstorten. Bij het terugstorten treedt namelijk begraving van bodemfauna op, met mogelijk sterfte tot gevolg, en extra vertroebeling, waardoor primaire productie, vogels en

---

vissen beïnvloed kunnen worden. In hoofdstuk 4 wordt hier dieper op ingegaan.

- verkeershinder t.g.v. baggeractiviteiten zal volgens bovengenoemde voorwaarden niet optreden. In de praktijk blijkt dit ook geen probleem te zijn. Alle bagger- en stortwerkzaamheden moeten door de aannemer worden gemeld bij de zeeverkeersposten. Deze zenden scheepvaartberichten uit om de scheepvaart op de hoogte te brengen.
- een ontgraving kan in theorie leiden tot een versteiling of ondergraving van de plaatrand, waarna de rand instabiel wordt en er een plaatval kan optreden. Onderzoek hiernaar in het kader van schelpenwinning (Reijngoud, 2001) wijst uit dat dit in de Waddenzee nog niet is voorgekomen. Bij drempelverwijdering is het theoretisch risico kleiner dan bij schelpenwinning, omdat de verdieping geringer is: enkele decimeters tegenover enkele meters bij schelpenwinning.

### **Zandwinning**

Sinds het jaar 2000 mag er geen zand meer worden gewonnen in de Waddenzee, met uitzondering van het zand dat vrijkomt bij het onderhoud van de vaargeulen. Deze beperking is ingesteld vanwege de invloed van (grootschalige) zandonttrekking op de natuurlijke ontwikkeling van de Waddenzee en op de versterking van de kusterosie in de Noordzeekustzone en de Waddenzee. Het komt hier op neer dat elke m<sup>3</sup> zand, die wordt onttrokken uit het waddensysteem, ten koste gaat van de Noordzeekust.

Zandwinning bij vaargeulonderhoud kan toegestaan worden door RWS indien dat financieel aantrekkelijk is. Zowel voor de zandwinner als voor het Rijk kan de opbrengst van het zand groter zijn dan de kosten. De zandwinner maakt kosten door de betaling voor het zand aan de dienst Domeinen. Die kosten zijn echter kleiner dan de handelsopbrengst. Het Rijk maakt extra kosten voor kustsuppletie, maar het vaargeulonderhoud is kosteloos en Domeinen ontvangt een vergoeding. In hoofdstuk 5 wordt hier in detail op teruggekomen.

In het verleden werd zand gewonnen op meerdere plaatsen in de Blauwe Slenk en uit de vaargeul langs de Pollendam (voor de aanleg van de Rijksweg Leeuwarden-Harlingen). Dit geeft aan dat er op de vaarroute zand te vinden is dat kwalitatief geschikt is voor winning. Verreweg het meeste zand wordt gebruikt als ophoogzand, maar uiteraard kunnen de afzetmogelijkheden in de toekomst veranderen. Volgens de ervaringen van het Waterdistrict Waddenzee is een klein deel ter plaatse van de vaargeul langs de Pollendam van mindere kwaliteit en zal moeten worden teruggestort. Dit deel, waarvan de omvang niet op voorhand bekend is, kan worden teruggestort op de bestaande stortlocaties in het Kimstergat en achter het oostelijk blinde werk van de Pollendam.

---

Gezien de hoeveelheden die de laatste jaren vrijkomen, ca. 200.000 m<sup>3</sup>/jr (fig. 2.3), afkomstig uit de Slenk, lijkt het afzetten op de zandmarkt geen probleem. De hoeveelheid die hier extra bij komt door de drempelverwijdering is waarschijnlijk op de markt af te zetten, temeer omdat de vaarafstand aanzienlijk korter is dan naar de Slenk. In hoofdstuk 5 wordt op de kosten ingegaan.

### **Stabiliteit Pollendam**

Een mogelijke direct gevolg van het baggerwerk langs de Pollendam kan zijn dat de stabiliteit van de dam in gevaar komt. Dit geldt niet voor de stabiliteit van de geo-containers en de zinkstukken, waarmee de onderwatertaluds vóór 1994 verdedigd zijn, maar wel voor de aanwezige filterconstructies. Als de verdieping te dicht onder de filterconstructie plaatsvindt dan zou deze uit kunnen zakken, steiler en instabiel kunnen worden.

De stabiliteit van de dam wordt reeds gewaarborgd op een wijze zoals aangegeven in de instandhoudingsplannen voor de vaargeul (RWS-NN, 1998). Om het onderwatertalud tegen verdergaande versteiling te beschermen is/wordt op plaatsen waar de steilheid te groot wordt om de stabiliteit van de dam te waarborgen een taludverdediging in de vorm van een steenbestorting aangebracht. Deze bestorting bestaat uit een filterlaag van staalslakken 40-160 mm of fosforslakken met een afdeklaag van breuksteen 5-40 kg. Een talud met een helling steiler dan 1:3 wordt als instabiel beschouwd. Deze benadering is gebaseerd op adviezen van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van RWS (Leeuwesteijn, 1996 en Lindenberg, 1996). De dam wordt regelmatig geïnspecteerd omdat de geul langs de dam een slingerend (meanderend) gedrag vertoont (o.a. Noordstra, 1992). Hierdoor komen er lokaal natuurlijke verdiepingen voor, die enkele meters groot kunnen zijn.

Het uit te voeren baggerwerk bevindt zich volgens de peiling van 2004 (bijlage A) grotendeels op enige afstand van de teen van de dam. Langs een groot deel van de Pollendam is de diepte reeds groter dan NAP-7,5 m en deze toestand wordt als stabiel beschouwd. Dit zou betekenen dat de kans gering is dat de drempelverwijdering de stabiliteit aantast. Om enig risico te voorkomen is het verstandig om, alvorens tot baggeren over te gaan, de situatie aan de hand van dwarsprofielen te analyseren en daarbij aan te geven tot op welke afstand van de dam gebaggerd kan worden. Dit kan betekenen dat men, rekening houdend met het taludhellingcriterium van 1:3, het baggerprofiel aanpast en de (as van de) vaargeul iets moet verleggen. Deze werkwijze wordt in de praktijk al gehanteerd bij de huidige baggeractiviteiten in de geul door de gemeente Harlingen.

Geconcludeerd wordt dat de stabiliteit van de Pollendam door de drempelverwijdering niet in gevaar komt, mits men het baggerwerk hierop aanpast. Naar verwachting is deze aanpassing marginaal. Dit betekent dat men de bestaande praktijk bij baggerwerk toepast en geen extra kosten hoeft te maken.



---

## 3. Hydromorfologische effecten

---

### 3.1 Inleiding en samenvatting

Dit hoofdstuk beschrijft de hydrologische en (geo)morfologische effecten van de drempelverwijdering en van het onderhoud dat nodig is om de vaargeul op diepte te houden. Deze effecten kan men beschouwen als primaire effecten van de fysieke ingreep, die vervolgens door kunnen werken op de ecologie van de Waddenzee. Eerst wordt een algemene inleiding op deze fysische effecten gegeven. Daarna wordt een beschrijving gegeven van de huidige hydromorfologische toestand en ontwikkeling van het systeem: de T0-situatie. Hierdoor is het mogelijk om de effecten van de ingreep af te zetten tegen de natuurlijke processen en te beoordelen of de effecten significant zijn. Vervolgens worden de hydromorfologische effecten van de verdieping gekwantificeerd en vergeleken met de T0-situatie. Tot slot wordt een schatting gemaakt van de sedimentatie op de verwijderde drempels, die bepalend is voor de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk.

#### *Samenvatting*

Uit in het verleden uitgevoerde modelberekeningen is afgeleid dat de drempelverwijdering een daling van de laagwaterstand (LW) van maximaal 0,8 mm tot gevolg kan hebben. De hoogwaterstand (HW) wordt niet beïnvloed. De gevolgen voor het tijverschil, in de huidige situatie ca. 2 m, stroomsnelheden en de morfologie zijn relatief gering (< 1% van huidige waarde), en zullen volledig wegvallen in de natuurlijke trend en dynamiek in waterstanden en morfologie.

De afgelopen decennia kende de geul op de vaarroute naar Harlingen een tendens van geringe verdieping. Uit de grootschalige morfologische ontwikkeling van het kombergingsgebied van het Zeegat van het Vlie en de ontwikkeling van het geulvolume van de vaarweg wordt geconcludeerd dat in de komende decennia geen verondieping van de vaargeul naar Harlingen zal plaatsvinden en het onderhoudsbaggerwerk niet jaar op jaar zal toenemen. Het onderhoudsbaggerwerk voor de komende 10 jaar wordt, rekening houdend met een initieel baggerwerk van 43.000 m<sup>3</sup> (zie hoofdstuk 2) en een stabiele geul, geschat op gemiddeld 35.000 m<sup>3</sup>/jr met een standaardafwijking van 12.500 m<sup>3</sup>/jr. Het maximum wordt, gezien de onzekerheid in bodemligging en het model, geschat op 60.000 m<sup>3</sup>/jr (gemiddelde plus tweemaal standaardafwijking). De frequentie van het onderhoud hangt van de baggerstrategie die in de praktijk gehanteerd wordt en kan variëren van enkele malen per jaar tot eens per jaar. Indien men een overdiepte wil aanbrengen, dan vindt tegelijk met het initiële baggerwerk al het eerste, preventieve, onderhoud plaats.

---

Het zand dat uit de geul verwijderd wordt en aan wal gebracht wordt voor de zandhandel, zal door de natuurlijke processen aangevuld worden. Uiteindelijk gaat dit ten koste van het kustonderhoud aan de Noordzeezijde van de Waddeneilanden, waar compensatie d.m.v. suppleties plaatsvindt.

### 3.2 Algemeen

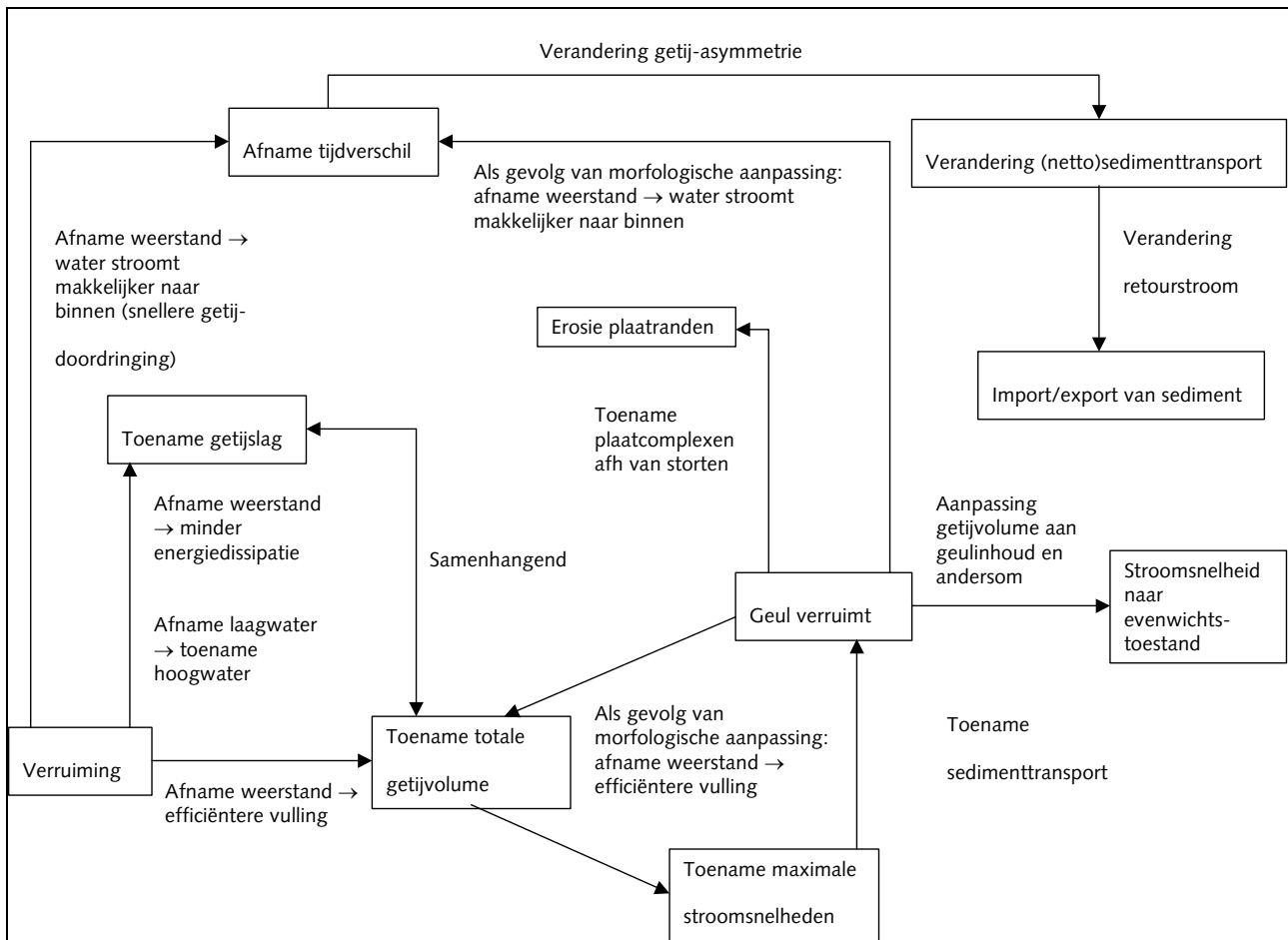
Bij het bepalen van de effecten van ingrepen, in dit geval baggeren op de drempels, dient rekening te worden gehouden met de volgende procesmatige aspecten:

- In hoeverre is het geulensysteem aangepast op grootschalige ingrepen in het verleden? Op basis van de ontwikkelingen gedurende afgelopen decennia is hiervan een indruk te verkrijgen.
- Wat is de verwachting ten aanzien van de ontwikkeling op lange termijn? Dit laatste dient in relatie tot het voorgaande punt te worden beschouwd en in relatie tot de ontwikkeling van de andere takken.
- Uit voorgaande 2 punten moet blijken in hoeverre er sprake is van een evoluerende evenwichtssituatie van de te verruimen geul op dit moment. Op basis van de empirische relaties tussen getijvolume en doorstroomprofiel is hiervan een indruk te verkrijgen. De vraag is in hoeverre het effect van lokale verruiming gecompenseerd zal worden door wat aanpassing van de andere geultakken.
- Welke processen zijn verantwoordelijk voor het ontstaan van de drempelgebieden? Kennis hieromtrent is van belang om te weten wat de ontwikkeling bij verwijdering zal zijn.
- Welke invloed hebben geologie en harde elementen op de situatie van de geul?
- Het effect van verruiming op de getijslag, de getijfasen, het getijvolume, het sedimenttransport en daardoor op de geul zelf. Door te baggeren tot een vaste nautische diepte zal aanpassing van het geuldeel naar een nieuwe evenwichtsligging gaan plaatsvinden. Voor de beschrijving van dit proces wordt uitgegaan van het MOVE denkmodel (fig. 3.1), dat is aangepast voor een één-geul-systeem. Principe hierbij is dat door te baggeren op de drempels de weerstand van de geul afneemt ten aanzien van de getijdoordringing. Effecten hiervan zijn toename getijverschil, verandering van de tijdsduur van eb en vloed, en hogere stroomsnelheden waardoor de geul verder zal verruimen naar het evenwicht dat behoort bij de gekozen drempelligging. De absolute waarde hiervan is sterk afhankelijk van de grootte van de ingreep. Indien het sediment niet wordt teruggestort neemt het intergetijdegebied wat in omvang af als gevolg van erosie van de plaatrand, waarbij plaat- en geulrand versteilen.
- Verder is van belang in hoeverre en waar het gebaggerde sediment wordt teruggestort. Indien de specie uit het systeem wordt verwijderd is de verruiming het meest efficiënt en zal een nieuw evenwicht het snelst worden bereikt. Terugstorten in hetzelfde geuldeel zal de effecten dempen en een werkelijk ander evenwicht zal niet ontstaan.

- Wat is het effect van de uiteindelijk aangepaste geul op de andere takken in de binnendelta van het Vlie? Kan hierdoor een herverdeling van debieten plaatsvinden of past het zeegat van het Vlie zich wat aan?

Bovengenoemde aspecten zullen in de rest van het hoofdstuk aan bod komen.

**Figuur 3.1**  
Effect verruiming op waterbeweging en morfologie volgens MOVE denkmodel (Peters et al., 2003)



### 3.3 Beschrijving T0-situatie

#### Inleiding

In deze paragraaf worden de morfologische toestand en ontwikkeling beschreven van het gebied waarin de vaarweg Harlingen-Noordzee ligt. Kennis van de morfologische ontwikkeling, m.n. van de geul, is van groot belang om in te schatten of en hoe het volume onderhoudsbaggerwerk in de toekomst zal veranderen. Tevens is van belang te weten hoe de ingreep zich verhoudt tot de natuurlijke

variaties in het systeem. Elke ingreep heeft namelijk een bepaald effect, maar om te komen tot een beoordeling of effecten van de ingreep al of niet significant zijn, is niet alleen een vergelijking met de gemiddelde toestand van belang, maar ook met de variatie c.q. dynamiek in het systeem.

Om de morfologie te begrijpen is inzicht nodig in de water- en sedimentbeweging. Eerst zullen hiervan enkele relevante aspecten behandeld worden, alvorens op de morfologie in te gaan.

### Waterbeweging

In de Waddenzee domineert de getijbeweging. Ongeveer twee maal per dag wordt de Waddenzee door de getijgolf gevuld en geledigd. De hoeveelheid water die hierbij in- en uitstroomt wordt de komberging of komvulling genoemd. De grootte hiervan is afhankelijk van het tijverschil en de natte oppervlakte van het gebied. Deze oppervlakte wordt bepaald door de oppervlakte van de geulen en de oppervlakte en hoogte van de droogvallende platen. Het water wordt via het aanwezige geulensysteem naar de platen gevoerd. In de geulen kunnen de stroomsnelheden oplopen tot meer dan 1 m/s. Langs de Pollendam treden maximale stroomsnelheden op van ca. 0,5 m/s bij eb en 0,7 m/s bij vloed over een breedte van 500 m (afgelezen modelresultaat uit Hartsuiker, 1992). De geul is in werkelijkheid smaller, zodat de snelheid in de vaargeul in werkelijkheid groter zal zijn.

**Tabel 3.1**

Hoogwaterstand (HW), Laagwaterstand (LW) en Tijverschil (TV) voor karakteristieke fasen in de getijcyclus op 3 meetlocaties (Slotgemiddelde 1991.0<sup>3</sup> uit Getijtafel 2002).

	HW t.o.v. NAP (m)			LW t.o.v. NAP (m)			TV (m)		
	Springtij	Gemid.	Doodtij	Springtij	Gemid.	Doodtij	Springtij	Gemid.	Doodtij
Vlieland haven	0,96	0,83	0,68	-1,19	-1,06	-0,85	2,15	1,89	1,53
W-Terschelling	0,95	0,83	0,69	-1,15	-1,05	-0,85	2,10	1,88	1,54
Harlingen	1,08	0,95	0,79	-0,98	-0,95	-0,84	2,06	1,90	1,63

Door de afnemende diepte vanuit zee verandert de getijgolf van vorm en hoogte in het waddengebied. Enkele getijkarakteristieken voor het aandachtsgebied zijn weergegeven in tabel 3.1. De gegevens zijn gebaseerd op metingen en bevatten dus het meteorologisch effect op de waterstand. Vanaf zee richting Harlingen stijgen zowel HW als LW. Het tijverschil verandert mee, maar het gemiddelde tijverschil verandert relatief weinig over dit traject.

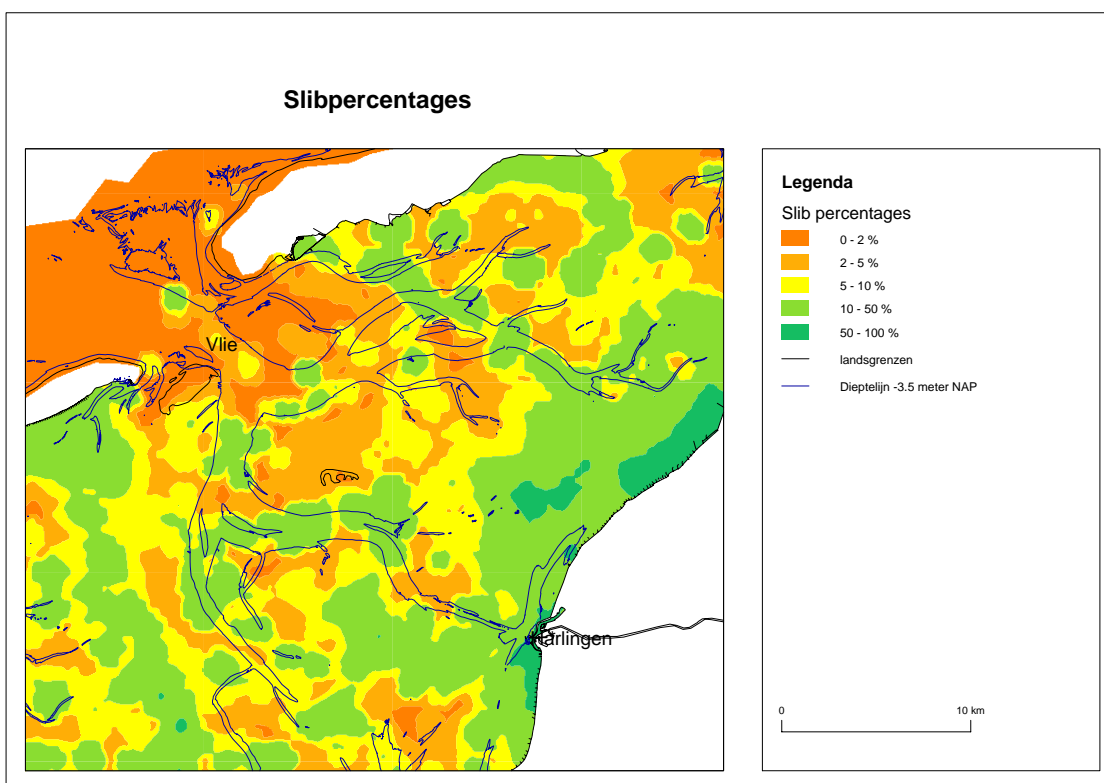
<sup>3</sup> De slotgemiddelde waterstand is de waterstand, doorgaans aan het slot van een periode van 10 jaar, volgens een meerjarige trendlijn, na correctie voor zowel korte toevallige schommelingen als meerjarig astronomische fluctuaties. '1991.0' betekent dan "kenmerkend voor de toestand begin 1991".

Naast ruimtelijke veranderingen zijn er ook temporele veranderingen in het getij. De gemiddelde zeespiegel en het tijverschil stijgen. Zo is bij Harlingen de gemiddelde zeespiegel in de periode 1900-1999 met 11 cm gestegen (Dillingh, 2002). Deze stijging is de zogenaamde relatieve zeespiegelstijging, waarin ook eventuele daling van de bodem zit. De stijging in LW is relatief gering en de stijging van het HW relatief groot. Uit een vergelijking van de gemiddelde standen volgens het slotgemiddelde van 1991.0 en 1981.0 blijkt dat, afhankelijk van de getijfase, het LW bij Harlingen 0 tot 2 cm gedaald is, het HW gestegen is met 4 tot 5 cm en het tijverschil gestegen is met 3 tot 5 cm in 10 jaar.

### Sedimentbeweging

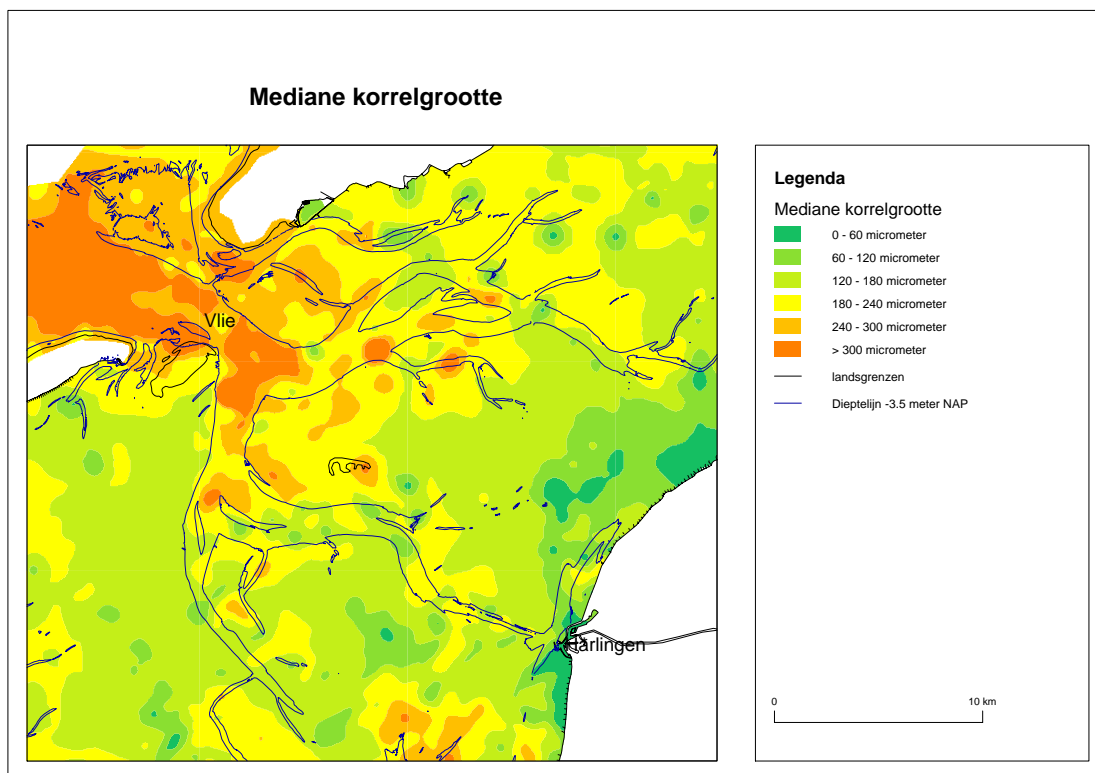
De grootte van het sedimenttransport is van belang voor een schatting van de hoeveelheid sediment die beschikbaar is voor de sedimentatie van de drempel, dan wel de morfologische aanpassing van het kombergingsgebied. Het getransporteerde sediment bestaat zowel uit zand als slib (fractie kleiner dan 63  $\mu\text{m}$ ). Een globale indruk van het slibgehalte in de bodem wordt gegeven in figuur 3.2. Het sediment in de vaargeul kan zowel zand- als slibrijk zijn. Dit varieert van plaats tot plaats. Over het algemeen neemt het slibgehalte in de bodem toe in de richting van ondiepe gebieden en het vasteland. Geulbodems en drempels zijn over het algemeen zandrijk, omdat er relatief hoge stroomsnelheden aanwezig zijn.

**Figuur 3.2**  
Slibgehalte in de bodem (RIKZ, 1998).



Een indruk van de mediane korrelgrootte wordt gegeven in figuur 3.3. De ruimtelijke variatie in deze figuur moet men interpreteren op een schaal van enkele kilometers. Ook in de tijd zijn variaties in slibgehalte en korrelgrootte mogelijk, maar voor de geulen van dit gebied zijn hierover geen gegevens.

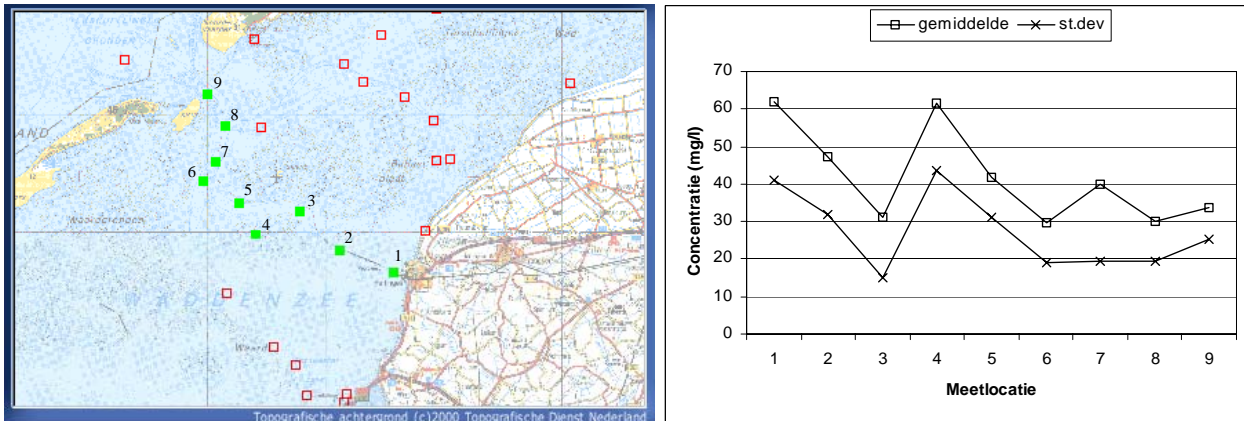
**Figuur 3.3**  
Mediane korrelgrootte van  
bodemsediment (RIKZ, 1998)



Sediment wordt door het water getransporteerd, waarbij de grootte van het transport afhankelijk is van o.a. stroomkrachten die op het sediment worden uitgeoefend. Het transport van zand neemt globaal exponentieel toe met de lokale stroomsnelheid maar het transport van slib is mede afhankelijk van grootschalige invloeden. Hoeveel zand en slib er in een getijcyclus wordt getransporteerd is niet goed bekend vanwege het ontbreken van metingen. Het zand- en slibgehalte in het water is wel enigszins bekend. In figuur 3.4 staat het gemeten gehalte aan zwevend stof op een aantal locaties op de route naar Harlingen. Dit gemeten gehalte bestaat zowel uit zand, slib als organisch materiaal en is gemeten op 1 tot 2 m onder het wateroppervlak en in een bepaalde, niet altijd dezelfde, fase van de getijcyclus. Over het algemeen neemt het zwevend-slib-gehalte in de Waddenzee toe in de richting van het vasteland.

**Figuur 3.4**

Gemeten zwevend-stof-concentratie op 1 tot 2 m onderwateroppervlak voor diverse meetlocaties in kombergingsgebied van het Vlie (details in bijlage B). N.B. de gegevens van locatie 4 en 9 zijn van de periode 1973-2004, die van locatie 1 van 1986-1995, die van locatie 7 van 1976-1981 en die van de overige locaties van 1973-1975.



Er kan slechts een grove schatting gemaakt van de grootte van het sedimenttransport ter plaatse van de drempels. Het gaat hier om de bruto aanvoer van sediment, zowel tijdens eb als tijdens vloed, en niet om het resulterend (netto) transport van eb en vloed, dat veel kleiner is dan het bruto transport. Op basis van de zwevend-stof-gegevens wordt het gemiddelde sedimentgehalte geschat op 30 tot 50 mg/l (expert-judgement). Het sedimenttransport wordt geschat door dit gehalte te vermenigvuldigen met de stroomsnelheid. Langs de Pollendam wordt, met een geschatte stroomsnelheid van gemiddeld ca. 0,5 m/s en concentratie van gemiddeld 40 mg/l, het gemiddelde transport geschat op 0,02 kg/m<sup>2</sup>s. Dit komt overeen met ca. 300.000 m<sup>3</sup>/jr voor een geulbreedte van 100 m, een diepte van 7 m en een sedimentgehalte in de bodem van 1500 kg/m<sup>3</sup> (i.e. droge dichtheid). Ter controle wordt het transport van (alleen) zand geschat door toepassing van een zandtransportformule. Een veel toegepaste formule is die van Engelund-Hansen<sup>4</sup>. Voor een korreldiameter van 0,120 mm (fig. 3.3) en een Chezy-ruwheid van 50 m<sup>1/2</sup>/s (expert-judgement) volgt een bruto zandtransport van ca. 225.000 m<sup>3</sup>/jr (gerekend met sinusvormig snelheidsverloop waarvan het gemiddelde 0,5 m/s is voor een halve periode). Teruggerekend komt dit neer op een gemiddelde zandconcentratie van 30 mg/l. Het is aannemelijk dat het sedimenttransport in de vaargeul langs de Pollendam minimaal van de orde van grootte van 200.000 m<sup>3</sup>/jr is. In werkelijkheid is het aanbod groter, omdat er sedimentzand wordt uitgewisseld tussen de geul en de rest van kombergingsgebied. Het bruto transport door het zeegat is ruim 10 mln m<sup>3</sup>/jr (Louters en Gerritsen, 1994). Het aanbod van

<sup>4</sup>  $S = 0,05\rho_s v^5 / (C^3 D_{50} \Delta^2 \sqrt{g})$  [kg/m/s], met  $\rho_s$ =dichtheid sediment,  $v$ =stroomsnelheid,  $C$ =Chezy-ruwheid,  $D_{50}$ =mediane korreldiameter,  $\Delta=(\rho_s-\rho_w)/\rho_w$  en  $\rho_w$ =dichtheid water.

---

sediment op jaarbasis is dus in potentie voldoende groot om de drempels na verwijdering te herstellen. Echter, hoe groter de onttrekking des te langer duurt het herstel. Op de snelheid van herstel wordt verderop ingegaan (par. 3.5).

### **Grootschalige morfologie**

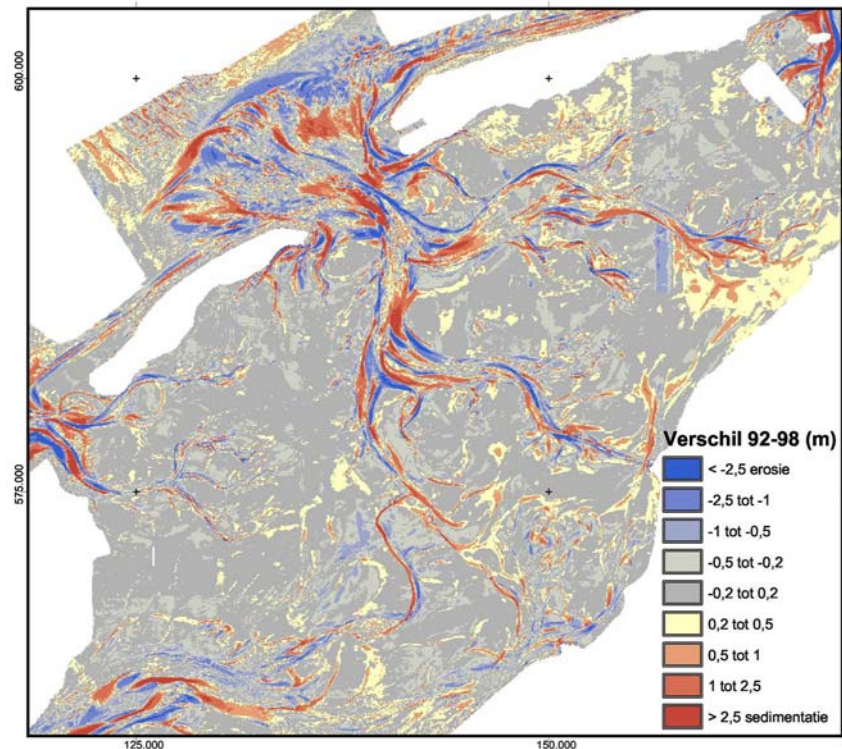
De bodemligging verandert onder invloed van de waterbeweging en het sedimenttransport. Aan de andere kant heeft de bodemligging op zich weer invloed op de waterbeweging. In feite is er sprake van een dynamisch evenwicht. De dynamiek is het gevolg van korte en lange termijn variaties in de aandrijvende krachten als getij, wind en golven en de respons van de bodem. Bovenop dit dynamische evenwicht zijn trends aanwezig die zich op zeer lange termijn kunnen afspelen, bijvoorbeeld t.g.v. zeespiegelstijging. Recentelijk hebben Oost en Kleine Punte (2003) de historische ontwikkeling van de westelijke Waddenzee beschreven. De navolgende beschouwing is grotendeels op deze bron gebaseerd.

De westelijke Waddenzee bevindt zich nu in een toestand die ontstaan is in de vroege middeleeuwen, rond 900 A.D., toen de zeegaten van het Marsdiep en Eijerlandse Gat zich gingen vormen en het veenpakket, dat hiervan landwaarts lag, begon weg te spoelen. Het zeegat van het Vlie, dat toen echter al zo'n 5000 jaar bestond als estuarium (diende als afvoer van de IJssel en de Marne), begon zich toen langzaam uit te breiden in westelijke en zuidelijke richting, omdat tevens het Flevomeer ontsloten werd en langzamerhand de Zuiderzee ontstond. Na de vorming van het Marsdiep nam de hoeveelheid getijde- en rivierwater dat via het Vlie stroomt af. Tevens veranderde het karakter van de stroom van estuarien naar een getijdegeul. Dit resulteerde in een verondieping ter hoogte van de Zuiderzee-ingang van het Vlie. De nieuwe geulen die in verbinding stonden met het Marsdiep zijn rond de 12<sup>e</sup> eeuw gevormd. De veranderingen in de geuldiepte naar een nieuw evenwicht moeten zich relatief snel hebben voltrokken: vanaf 1500 à 1600 veranderen veel van de geulen nauwelijks meer van diepte. Uiteindelijk leidde dit tot een situatie waarbij de Zuiderzee onder invloed stond van twee grote geulenstelsels, de Texelstroom en de Vliestroom. Deze vrij stabiele situatie zal pas sterk gaan veranderen na de afsluiting van de Zuiderzee in 1932. De grote en grootschalige morfologische gevolgen van de aanleg van de Afsluitdijk zijn echter rond 1975 voorbij, maar er resteren kleine aanpassingen die nog een eeuw kunnen voortduren (Elias et al., 2003). Na afsluiting van de Zuiderzee zijn diverse westelijke geulen in betekenis afgenomen ten gunste van de geul naar Harlingen. Nabij Harlingen lijken de ondiepe Vlakte van Oosterbierum (ten noordoosten) en de geul de Boontjes (ten zuidwesten) in een stabiele toestand te zijn gekomen. De meest recente diepteverschillen van het gehele zeegat (fig. 3.5) laten zien dat er tegenwoordig wel veranderingen optreden in de ligging van geulen (zijwaartse migratie, uitbochten), maar er geen grote veranderingen zijn in omvang van geulen en platen. De meandering van de geulen is, zij het beperkt, ook aanwezig langs de Pollendam (Noordstra, 1992).



**Figuur 3.5**

Diepteverschil van het zeegat van het Vlie tussen 1992 en 1998 (verschil tussen  $\pm 0,2$  m wordt niet nauwkeurig geacht). Parallele rode en blauwe stroken duiden op horizontale geulverschuivingen.



Oost en Kleine Punte (2003) geven ook een verwachting voor de komende 50 jaar. Het getijvolume van het Vlie zou nog kunnen toenemen. De configuratie van het Vlie zal met name kunnen gaan wijzigen in de westelijke poot ervan, waar areaalverlies aan het Marsdiep-systeem optreedt. De ligging en oriëntatie van het zeegat zal naar verwachting min of meer stabiel blijven in de komende decennia. Wel moet rekening gehouden worden met het voortdurend oostwaarts overdraaien van geulen in de buitendelta en nieuwvorming van geulen. In het kombergingsgebied van het Vlie moet rekening worden gehouden met een gestaag oostwaarts verleggen van de wantijen aan weerszijden van dit gebied. De expansie van de Vlakte van Oosterbierum is vrijwel ten einde.

Oost en Kleine Punte (2003) geven ook een verwachting voor de komende 50 jaar. Het getijvolume van het Vlie zou nog kunnen toenemen. De configuratie van het Vlie zal met name kunnen gaan wijzigen in de westelijke poot ervan, waar areaalverlies aan het Marsdiep-systeem optreedt. De ligging en oriëntatie van het zeegat zal naar verwachting min of meer stabiel blijven in de komende decennia. Wel moet rekening gehouden worden met het voortdurend oostwaarts overdraaien van geulen in de buitendelta en nieuwvorming van geulen. In het kombergingsgebied van het Vlie moet rekening worden gehouden met een gestaag oostwaarts verleggen van de wantijen aan weerszijden van dit gebied. De expansie van de Vlakte van Oosterbierum is vrijwel ten einde.

De Blauwe Slenk en de vaargeul langs de Pollendam zijn te kenmerken als een één-geul-systeem, omgeven door platengebied, met in het

---

oosten een wantij. De geul ligt deels in een zandbed van Holocene ouderdom en deels in Pleistocene afzettingen waarvan de top ligt op ongeveer NAP-6 m (Beets et al., 1995). Er zijn in het traject Blauwe Slenk-Pollendam geen prominente Pleistocene afzettingen aanwezig die het geulgedrag kunnen belemmeren (pers. meded. A.J.F. van der Spek, NITG-TNO). Onder de Blauwe Slenk, tussen de Hendrik Tjaarsplaat en de Grienderwaard is wel keileem aangeboord, maar op een diepte tussen de 15 en 20 m onder NAP. Dit is te diep om invloed uit te oefenen op de geul. Onder de Grienderwaard en ten zuiden van de Pollendam ligt de top van het Pleistoceen ondiep en deze top bestaat uit dekzand, los door de wind afgezet zand, waar hier en daar dunne leemlaagjes of veenlaagjes in kunnen voorkomen. Veel invloed op het erosiegedrag zal dat waarschijnlijk niet uitoefenen. Op het dekzand ligt op de genoemde locaties basisveen, dat wel enkele decimeters dik kan zijn en lokaal van invloed kan zijn op het erosiegedrag. Deze situatie ligt echter buiten het huidige traject van de Pollendam en de Blauwe Slenk.

De Pollendam bestaat uit dammen met een hoogte tot NAP-2,20/-1,70 m voor het Oostelijke en Westelijke Blinde Werk ("niet zichtbaar"), met een gezamenlijke lengte van 1,6 km en tot NAP-0,2/-0,4 m voor de eigenlijke Pollendam, het middelgedeelte, met een lengte van 2,9 km (RWS-NN, 1998). Dit betekent dat de Blauwe Slenk vanaf de inloop zonder belemmering van harde geologische lagen natuurlijk kan meanderen, behalve ter plaatse van de Pollendam. Er zijn geen belemmeringen voor de geul om zich eventueel aan een nieuw evenwicht aan te passen.

Op grond van de hierboven beschreven grootschalige ontwikkeling van het kombergingsgebied, waarbij inmiddels een toestand is ontstaan die min of meer in evenwicht is, zijn er geen aanwijzingen dat in de komende decennia een natuurlijke verdieping of verondieping van de vaargeul naar Harlingen zal optreden. Er moet echter wel rekening gehouden worden met het cyclisch gedrag van geulen in de buitendelta, die de toegankelijkheid van de vaarroute beïnvloedt.

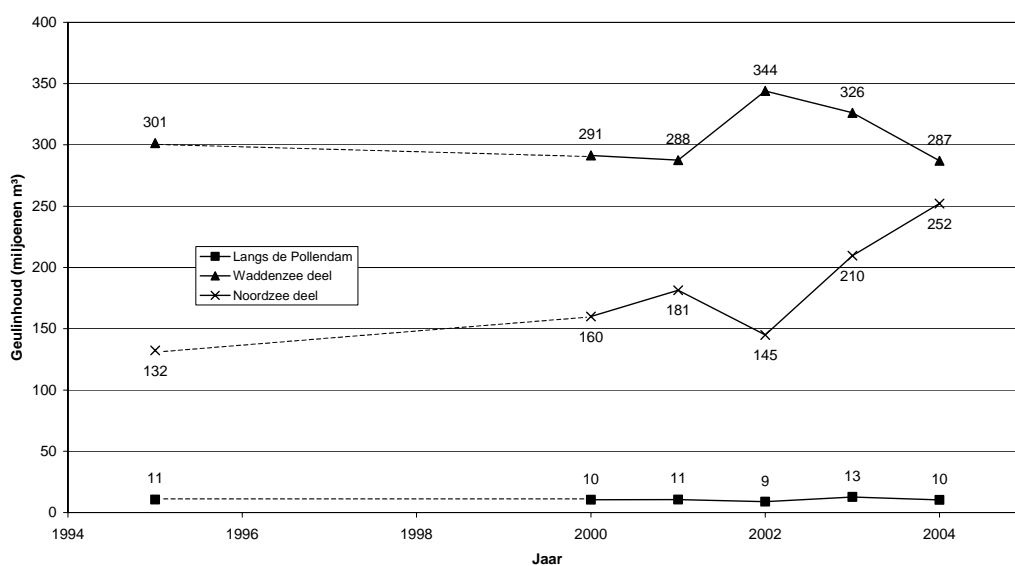
### **Ontwikkeling vaargeul**

De vaargeul Noordzee-Harlingen lijkt op grond van het voorgaande tamelijk stabiel. Dit is geverifieerd door de (natte) inhoud van deze geul te berekenen beneden het niveau van NAP-1 m, i.e. ongeveer het LW, voor de laatste 5 jaar (2000 t/m 2004) en 10 jaar geleden (1995) (fig. 3.6 en 3.7, tabel 3.2). Uit het verloop van de geulinhoud blijkt dat de geul langs de Pollendam een stabiele indruk maakt. De geulinhoud langs de Pollendam is niet gecorrigeerd voor het baggerwerk dat hier plaatsgevonden heeft. Deze baggerhoeveelheid is in de periode 2002-2004 246.000 m<sup>3</sup> en is klein vergeleken met de variaties in het geulvolume (tabel 3.2). Ook de geul in de rest van de Waddenzee maakt een stabiele indruk. Dit geldt niet voor de geul in het Noordzeedeel. Dit laatste is niet verwonderlijk gezien de veel groter dynamiek in dit gebied. In de buitendelta zou dan ook een knelpunt voor de scheepvaart kunnen ontstaan. Perioden met gunstige en

ongunstige omstandigheden wisselen elkaar hier af met een periodiciteit van ca. 30 jaar (Evenhuis en IJnsen, 1982). Aan de andere kant bleek dat in een periode van 150 jaar sinds 1831 steeds een alternatieve vaarroute beschikbaar was, indien ongunstige drempelvorming ontstond. Het eventuele probleem van een knelpunt in de buitendelta wordt hier echter niet uitgediept. De kans dat hier een flessehals ontstaat, waardoor in het binnengebied een geringere vaardiepte volstaat, valt buiten de vraagstelling van dit onderzoek.

**Figuur 3.6**

Inhoud van vaargeul Harlingen-Noordzee onder NAP-1 m voor 3 deelgebieden: langs Pollendam (lengte 5,25 km), in het middengebied (Waddenzee deel; 22,4 km) en in het buitengebied (Noordzee deel; 13,3 km).



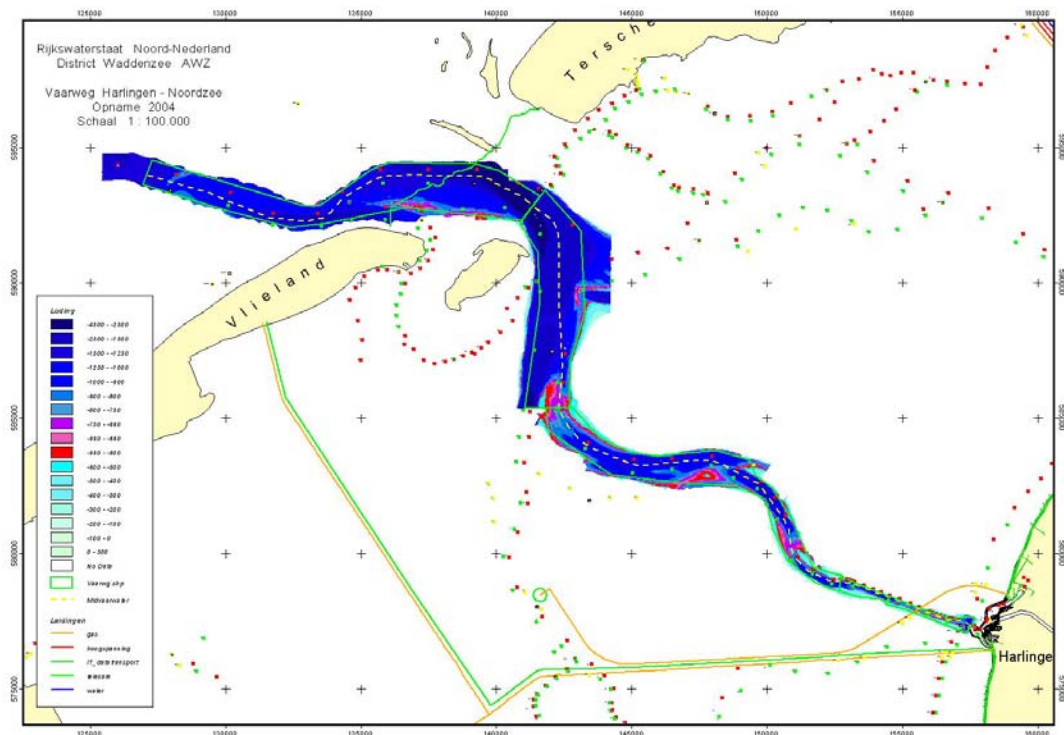
**Tabel 3.2.**

Geulvolume onder NAP-1 m in verschillende jaren en over de periode 2000-2004 (Gem. = gemiddelde, St. afw. = standaardafwijking, V.c. = variatiecoëfficiënt).

Volume (m3)	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2000-2004		
							Gem.	St. afw.	V.c.
Pollendam	10.676.868	10.455.817	10.597.898	8.910.607	12.818.918	10.414.492	10.639.546	1.398.663	13%
Waddenzee	301.458.456	291.454.609	287.573.420	343.984.241	326.140.479	286.930.451	307.216.640	26.247.835	9%
Totaal	312.135.324	301.910.426	298.171.318	352.894.848	338.959.397	297.344.943	317.856.186	26.151.127	8%

**Figuur 3.7**

Ligging van de gekubeerde gebieden (schaal niet van toepassing door verkleining).



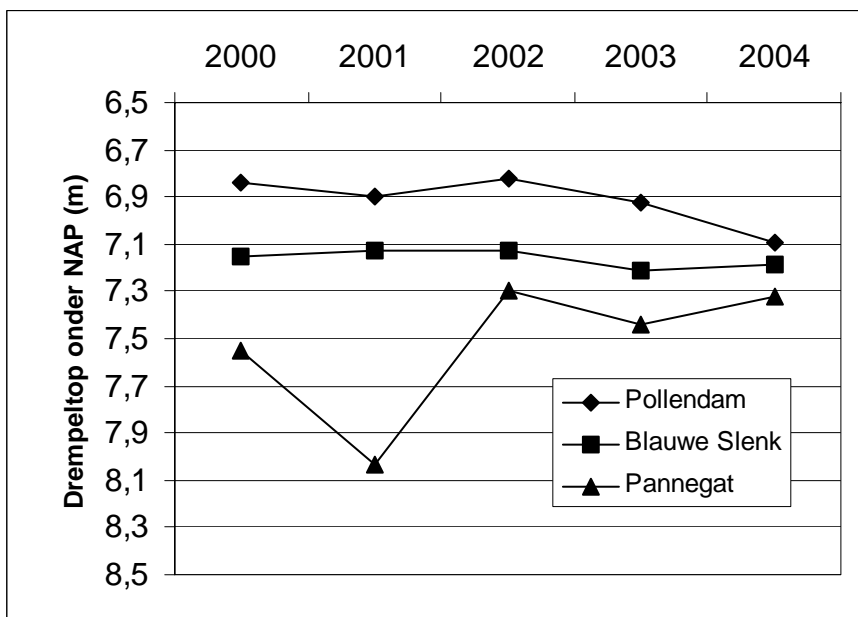
Voor het binnengebied (Pollendam en Waddenzee deel) geldt dus de verwachting dat ook in de komende 10 jaar de geul niet zal verondiepen. Ondanks de stabiliteit van de vaargeul is er wel een dynamiek aanwezig. Bijvoorbeeld voor de geul langs de Pollendam is over de periode 2000-2004 de standaardafwijking in het jaarlijkse volume ca. 1,4 mln m<sup>3</sup> (13%; tabel 3.2) en die van de gemiddelde diepte is berekend op 1,27 m. Deze spreiding is waarschijnlijk vooral het gevolg van de neiging van de geulen tot meanderen (zie o.a. fig. 3.5). Meandering van de geul langs de Pollendam zorgt voor wisselende locaties van diepte en drempels (Noordstra, 1992).

### Drempels in de vaargeul

De diepte van een drietal drempels in de Blauwe Slenk laat in de periode 1963-1983 een schommeling zien van  $\pm 1$  m (Van der Molen en Rakhorst, 1983). Eén drempel, op 5,5 km van Harlingen, laat in die periode een hoogte-afname zien van NAP-5,5 tot NAP-7,5 m. Een vergelijkbare afname is opgetreden voor een drietal drempels langs de Pollendam. Hier is echter wel gebaggerd, waardoor de geul wellicht meer stroomvoerend en iets dieper is geworden. De hoogte van drempels kan dus over lange tijd variëren en van jaar tot jaar variaties geven in de te baggeren hoeveelheid. Deze informatie geeft echter alleen een globale indicatie dat de diepte boven de drempels in de vaarroute in de periode 1963-1983 gemiddeld niet kleiner is geworden,

maar binnen een afstand van 5,5 km van Harlingen zelfs is toegenomen. Dit komt overeen met de tendens in de grootschalige morfologie, maar kan mede veroorzaakt zijn door baggeractiviteiten waaronder een geulverbreding. Ook de ligging van de drempeltoppen in de periode 2001-2004 (fig. 3.8) laat zien dat er weliswaar variatie is van jaar tot jaar, maar geen tendens tot toename van de hoogte. Gezien de neiging van de geul tot meanderen kunnen drempels wel opschuiven, maar uit een vergelijking tussen 2001 en 2003 blijkt dat dit nauwelijks het geval is.

**Figuur 3.8**  
Ligging van de drempeltoppen in de vaargeul Harlingen-Noordzee.



### 3.4 Hydromorfologische effecten van drempelverwijdering

De omvang van drempelverwijdering, ca. 43.000 m<sup>3</sup>, is erg klein t.o.v. de natuurlijke variatie in het volume van de vaargeul in de Waddenzee. Alleen al de spreiding in het geulvolume langs de Pollendam voor de periode 2000-2004 (tabel 3.2) is ruim 30-maal zo groot. Desalniettemin is er een effect van drempelverwijdering, ook zal dit niet waarneembaar zijn op de schaalgrootte van de vaargeul. De effecten van de verdieping van een geuldeel op de waterbeweging zijn enerzijds afhankelijk van de processen in het geuldeel zelf en anderzijds van de grootschalige waterverdeling tussen de 3 hoofdgeulen in de binnendelta van het Vlie. In het verleden zijn met behulp van een 1D-netwerkmodel (Visser, 1979) en een 2D-dieptegemiddeld model (Hartsuiker, 1992) berekeningen uitgevoerd naar de effecten van het verdiepen van de vaargeul langs de Pollendam. In bijlage C zijn deze studies beschreven

---

en zijn de resultaten vertaald naar de gevolgen van de hier aan de orde zijnde verdieping.

Uit de analyse van de modelberekeningen volgt dat een verruiming van de vaargeul langs de Pollendam resulteert in een toename van het tijverschil langs de Pollendam met 1 à 2 cm per mln m<sup>3</sup> geulverruiming. Deze toename is het geheel het gevolg van een daling van het LW; het HW blijft gelijk. Indien we dit vertalen naar een geulverruiming van 43.000 m<sup>3</sup>, dan zal het tijverschil toenemen met maximaal 0,8 mm (0,04% van 2 m) en het LW dalen met maximaal 0,8 mm. Dit maximum geldt in de nabijheid van Harlingen. Dit effect neemt af in de richting van de Noordzee. De veranderingen in het LW zijn (veel) kleiner dan de aanwezige verandering van het LW over een periode van 10 jaar (ca. 10 mm) en de toename van het tijverschil (ca. 40 mm) in 10 jaar (zie hiervoor).

Volgens de modelberekening zullen de getijvolumes naar verhouding sterker veranderen dan het tijverschil. De verruiming van het doorstroomprofiel laat meer doorstroming van water toe, zij het met een lagere stroomsnelheid. De resultaten van het 1D-model voor het getijvolume zijn niet erg betrouwbaar (Visser, 1979). Afgaande op de resultaten van het 2D-model zal een geulverruiming van 43.000 m<sup>3</sup> leiden tot een toename in het getijvolume van minder dan 1% langs de Pollendam. De stroomsnelheid zal met minder dan 1% toenemen. Morfologisch gezien betekent dit dat de geul niet merkbaar zal veranderen en er in de omgeving geen significante morfologische effecten zullen zijn.

De modelberekeningen zijn gebaseerd op een permanente verruiming van de geul. In het geval dat lokale drempels verwijderd worden en het sediment elders in hetzelfde geulensysteem wordt teruggestort en zich vervolgens verspreidt, worden de effecten van de geulverruiming enigszins gecompenseerd. De modelberekeningen geven dus een bovengrens van de effecten aan.

Naast de modelberekeningen is ook een beperkte analytische beschouwing mogelijk van de effecten op het getij (bijlage D). Hieruit blijkt dat de invloed van de verdieping op de bodemruwheid en van de ruwheid op de getijgolf waarschijnlijk kleiner is dan 0,04% is. Dit percentage bevestigt de orde van grootte van het effect op het tijverschil volgens de modelberekeningen.

De hierboven beschreven effecten geven de maximaal mogelijke effecten weer. Aangezien deze effecten uitermate gering zijn en volledig ondergeschikt zijn aan de natuurlijke variatie, kan geconcludeerd worden dat een geulverruiming van 43.000 m<sup>3</sup> geen significante effecten heeft op het getij (waterstand en getijvolume) en de morfologie: de ligging en omvang van de geulen zullen niet merkbaar veranderen.

Omdat er reeds ca. 1 mln m<sup>3</sup> per jaar in de geulen van het kombergingsgebied van het Vlie gebaggerd en gestort wordt (zie par. 2.3) is er sprake van een cumulatie van effecten. De vraag is dan of

---

door de drempelverwijdering het huidige baggerwerk zodanig toeneemt dat significante effecten optreden. Geconstateerd wordt dat het huidige baggerwerk gering is in vergelijking met de natuurlijke dynamiek van het zeegat: in de geul tussen Harlingen en de Noordzee is het verschil in sedimentvolume onder GLW gemiddeld ca. 28 mln m<sup>3</sup> tussen twee opeenvolgende jaren in de periode 2000-2004 (op basis van tabel 3.2), dus ca. 30 maal zo groot als het baggerwerk. Deze factor is nog groter als men het gehele kombergingsgebied zou beschouwen. Dit is een duidelijke indicatie dat het huidige baggerwerk geen wezenlijke invloed heeft op de natuurlijke morfologische kenmerken van het gehele kombergingsgebied. Dit wordt bevestigd door de eerder vermelde modelstudie van Hartsuiker (1992; zie bijlage C), waarin geconcludeerd wordt dat een verdieping langs de Pollendam in de orde van grootte van 1 mln m<sup>3</sup> (zonder de mitigatie van terugstorten!) geen belangrijke morfologische effecten heeft. Op grond van het voorgaande wordt geconcludeerd dat de procentueel geringe toename van het baggerwerk door de drempelverwijdering (ca. 5 %) ook cumulatief gezien niet tot een significant effect leidt.

### **3.5 Sedimentatie in drempelgebieden en onderhoudsbaggerwerk**

Voor een schatting van de sedimentatie op de drempels kan van diverse kennis en ervaringen gebruik gemaakt worden. Achtereenvolgens wordt ingegaan op het evenwicht van een geul, een procesmodel en ervaringen elders.

#### **Verwachte effecten van verdiepen voor onderhoudsbaggerwerk op basis van empirische relaties**

Uit de empirie blijkt dat een geul van een zandig estuarium zich morfologisch beweegt naar een evenwichtssituatie tussen het doorstroomdebiet (volume per periode) en de doorsnede van de geulen. Dit geldt ook voor de geulen vanuit het Zeegat van het Vlie (Gerritsen en De Jong, 1985). Dit principe is ook gebruikt voor het MOVE denkmodel (zie hiervoor).

Ter illustratie zijn in tabel 3.3 gemeten getijvolumes voor de Blauwe Slenk uit de jaren 1958 en 1969 weergegeven. De drempel ligt 3 km landinwaarts van de inloop. Opvallend is dat gemeten volumes bij de inloop kleiner zijn dan bij de drempel. Waarschijnlijk is de geul na 10 jaar sterk verruimd. Dit wordt bevestigd door een visuele inspectie van dieptekaarten uit die periode.

**Tabel 3.3.**  
 Informatie van de getijvolumes in de  
 blauwe Slenk volgens metingen  
 (Gerritsen en De Jong, 1985).

Parameter	Inloop Blauwe Slenk (1958)	Drempel Blauwe Slenk (1969)	Gemiddeld
Ebvolume [ $10^6 \text{ m}^3$ ]	85,4	104,0	94,7
Vloedvolume [ $10^6 \text{ m}^3$ ]	109,9	123,4	116,6
Getijvolume [ $10^6 \text{ m}^3$ ]	195,3	227,4	211,4
Oppervlak doorstroomprofiel [ $\text{m}^2$ ]	8065	11000	9530
Gemiddelde stroomsnelheid [ $\text{m/s}$ ]	0,54	0,46	0,50
Getijvolume/Opp. doorstroomprofiel [ $10^3 \text{ m}$ ]	24	21	22

De verhouding getijvolume/oppervlak doorstroomprofiel komt goed overeen met de andere geulen in het kombergingsgebied van het Vlie (Gerritsen en De Jong, 1985). De empirische evenwichtsrelatie betekent dat indien de ene geul meer debiet krijgt en ruimer wordt, een andere geul, waardoor een ander deel van het water uit het hetzelfde kombergingsgebied stroomt, minder debiet krijgt en daardoor minder ruimer wordt. Een verdieping van de vaarweg naar Harlingen zou dus elders een verondieping kunnen betekenen.

Door te baggeren verschuift het systeem in de grafiek van de relatie tussen getijvolume en doorstroomprofiel. De verdieping van de vaargeul door drempelverwijdering leidt tot een zeer geringe toename van het doorstroomprofiel, die kan leiden tot een geringe toename van het getijvolume. De toename in getijvolume is procentueel echter geringer dan die in doorstroomprofiel (bijlage C, Hartsuiker, 1992). Dit betekent dat de geul waarschijnlijk niet volledig naar de oude evenwichtstoestand zal terugkeren. De nieuwe evenwichtstoestand zal echter nauwelijks afwijken van de oude. Hierdoor zullen andere geulen geen merkbare morfologische gevolgen ondervinden. Drempelverwijdering is een lokale ingreep. Het effect hiervan op de gehele geul is gering, en de sedimentatie op de drempel zal daarom vooral door de lokale profielverandering bepaald worden. De verwachting is daarom dat baggeren nodig zal blijven ook nadat de geul een nieuw evenwicht heeft bereikt.

### **Voorspelling onderhoudsbaggerwerk met een model**

Voor de hier uitgevoerde modelvoorspelling zijn alleen de gegevens van 2004 gebruikt. Met behulp van GIS is bekeken welke hoeveelheden initieel van de drie drempels gebaggerd moet worden om de diepte van NAP-7,5 m te bereiken (tabel 3.4). Op basis van deze voorspelling wordt een schatting gemaakt van het onderhoud bij de gemiddelde schatting van het initieel baggerwerk volgens hoofdstuk 2 ( $43.000 \text{ m}^3$ ).



.....  
**Tabel 3.4.**  
 Gegevens van de drempels volgens de peiling van 2004. Initieel baggerwerk tot NAP-7,5 m is in totaal 34.238 m<sup>3</sup>.

	Pannengat	Blauwe Slenk	Pollendam
Gemiddelde diepte drempelgebied t.o.v. NAP [m]	7,30	7,34	7,30
Oppervlakte te baggeren drempel [m <sup>2</sup> ]	85.484	47.762	47.661
Initieel baggerwerk [m <sup>3</sup> ]	16.979	7.623	9.636

Volgens Verbeek et al. (1998), zijn drempels “natuurlijke, door de stroming zelf veroorzaakte, locale ondiepten van los sediment”. Drempels komen voor in rechte stukken geulen, tussen twee bochten of op de overgang tussen twee geulen, zoals tussen een hoofd- en nevengeul. Voor drempelvorming zijn van belang: de scheiding van eb- en vloedstroombanen, de verdeling van het getijvolume over de hoofd- en nevengeulen, de convergentie of divergentie van de stroombaan. Deze factoren bepalen de stroomsnelheid en het sedimenttransport. Verbeek et al. gaan hier uitgebreid op in voor de Westerschelde. Drempelvorming is een complex driedimensionaal proces. Voor de Westerschelde is echter een eenvoudig model opgezet voor de sedimentatie op een drempel (Wang en Jeuken, 2002; Tanczos et al., 2004). Dit model, dat in bijlage E wordt toegelicht, wordt hier gebruikt om de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk te bepalen, dus de hoeveelheid die elk jaar gebaggerd moet worden om de drempels op de gewenste diepte te houden. Het model is voor de Westerschelde gekalibreerd en toegepast voor de strategische MER, die is opgesteld in het kader van de ontwikkelingsschets Schelde estuarium 2010.

In het model wordt het baggergebied beschouwd als één element, waarvan wordt verondersteld dat die een evenwichtsdiepte bezit die te klein is voor scheepvaart. Door baggeren wordt in dat gebied vervolgens een “overdiepte” aangebracht. Deze overdiepte heeft tot gevolg dat er een zandhonger ontstaat zodat er sedimentatie optreedt in dat gebied. Het onderhoudsbaggerwerk wordt bepaald door de snelheid waarmee dit gebeurt.

Voor de vaarweg naar Harlingen zijn niet genoeg baggergegevens en gegevens over de drempels en hun sedimentkarakteristieken aanwezig om het model voor deze situatie te kalibreren. Zodoende zijn een aantal parameters in het model rechtstreeks overgenomen uit de situatie voor de Westerschelde. Er zijn slechts aanwijzingen dat hierdoor de sedimentatie niet onderschat wordt (bijlage E). Gecombineerd met de gegevens uit tabel 3.4 is het jaarlijks onderhoudsbaggerwerk bepaald (tabel 3.5).

---

**Tabel 3.5**

Berekend onderhoudsbaggerwerk op basis van sedimentatiemodel.

	Pannengat	Blauwe Slenk	Pollendam
Hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk per jaar [m <sup>3</sup> /j]	13.700	6.205	7.773
Duur voor weer terug op oude niveau [maanden]	15	15	15

Op basis van de gegevens van 2004 zal er per jaar in totaal zo'n 28.000 m<sup>3</sup> aan onderhoudsbaggerwerk uitgevoerd moeten worden. Deze hoeveelheid is 81% van het initiële baggerwerk. Vanwege de onzekerheid over de modelparameters is wordt een marge van ± 20% aangehouden, op te vatten als een standaardafwijking.

Uit de recente baggergegevens van het gebied rondom de beschouwde drempels is bekend dat er in de laatste jaren weinig gebaggerd hoefde te worden om de streefdiepte te handhaven (par. 2.3). Uit de lodingen blijkt dat de huidige diepte van de drempels zo'n 7,1 tot 7,3 m onder NAP bedraagt en dat de inhoud van de geul in de tijd ook nagenoeg stabiel is (fig. 3.6). Dit toont aan dat de geulen tamelijk stabiel zijn en gecombineerd met het feit dat de op de drempels aan te brengen overdiepte relatief gering is (0,2 m), is het dan ook niet te verwachten dat de sedimentatie en het gemiddelde onderhoudsbaggerwerk in de toekomst (orde 10 jaar) veel zal variëren in de tijd. Ook de plaats van de drempels zal niet veel veranderen gezien de stabiliteit van de geul.

#### **Voorspelling onderhoudsbaggerwerk op basis van ervaringen**

Op basis van ervaringen van het Waterdistrict Waddenzee (pers. meded. J. Kemper) zou men wellicht maximaal tweemaal per jaar onderhoud moeten plegen in de geul op het initiële baggervolume. Dit betekent een jaarlijkse baggerinspanning die het dubbele (200%) is van de initiële hoeveelheid. Van der Molen en Rakhorst (1983) schatten het onderhoudsbaggerwerk langs de Pollendam voor een initieel baggerwerk van 45.000 m<sup>3</sup> op 50.000 m<sup>3</sup>/jr (111%). Een ander bron (Anonymus, 1985) geeft aan dat voor het verwijderen van 3 drempels langs de Pollendam het onderhoudsbaggerwerk 75.000 m<sup>3</sup> (75%) bedraagt bij een initieel baggerwerk van 100.000 m<sup>3</sup>. Alle drie bronnen geven echter aan dat het om (grove) schattingen gaat, zonder onderliggende berekeningen.

Ook is onderzocht of in het Schelde-estuarium drempelgebieden zijn/waren, die te vergelijken zijn met de situatie van de vaarweg naar Harlingen. In het Schelde estuarium, gedeelte Beneden Zeeschelde (omgeving Antwerpen) zijn drempels aanwezig met orde grootte dezelfde baggerhoeveelheden als de vaarweg naar Harlingen. Belangrijk verschil is dat deze drempels zijn gelegen in een doorgaande geul, terwijl de vaarweg naar Harlingen meer op een eindigende geul lijkt. Als case is de in de Zeeschelde meest stroomopwaarts gelegen "drempel van Burcht" beschouwd. Deze is gelegen enkele kilometers stroomopwaarts van Antwerpen (oppervlakte bedraagt ca. 100.10<sup>3</sup> m<sup>2</sup>).

---

Deze drempel heeft het minste (onderhouds)baggerwerk van de drempels op de Beneden Zeeschelde. Overigens is het zo dat de statistiek van het onderhoudsbaggerwerk van deze drempels een vergelijkbaar beeld vertoont. Volgens diverse rapporten<sup>5</sup> is rond 1950 gestart met onderhoudsbaggerwerk op deze drempel. In 1950 is ongeveer  $50 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  gebaggerd en in 1951 een vergelijkbare hoeveelheid. Het vervolg was in 1957, en vermoedelijk tot op heden blijft het baggerwerk orde grootte hetzelfde. Opvallend is dat alleen in 1963 meer dan  $200 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  werd gebaggerd. Vermoedelijk is dit het gevolg van zandwinning en/of verbreding van het vaarwater. De ontwikkeling van de drempeldiepte laat zien dat tot 1959 de ligging vrij constant is (g.l.l.w.s. -7,70/-8,40). Vanaf 1960 is de drempelvariatie groter (g.l.l.w.s. -7,00/-9,00), waarbij de drempeldiepte gemiddeld ca. 0,5 m dieper ligt. De uitkomst is dat voor het behouden van gemiddeld 0,5 m extra diepte in een doorgaande geul van een estuarium vrij continu onderhoudsbaggerwerk noodzakelijk is, dat weinig zal verschillen van de eerste verdieping.

Tenslotte wordt een vergelijking gemaakt met de aanpassing van de bodemgeometrie na het ontstaan van een schelpenwinput. Uit onderzoek in de geulen West- en Noordmeep naar een drietal putten, blijkt dat deze na ongeveer 4,5 tot 7,5 maand zijn opgevuld (Schans et al, 2003; Mulder, 2004). Deze tijdschaal hoort bij putvolumes van 1500 tot  $4000 \text{ m}^3$ . Over het algemeen zal bij grotere volumes de tijdschaal ook groter zijn. Bovendien zal bij drempels de opvulling waarschijnlijk minder snel gaan, omdat de verdieping minder groot is dan bij een put. De putdiepte is gemiddeld 1 tot 2 m, terwijl bij drempelverwijdering een gemiddelde verdieping van enkel decimeters aan de orde is. Hoe kleiner de overdiepte, des te kleiner de sedimentatiesnelheid (bijlage E). Dit betekent dat men voor het drempelonderhoud mag aannemen dat de opvulling minstens een half jaar, maar waarschijnlijk een heel jaar zal duren.

### Resumé

De diverse bovenstaande benaderingen geven aan dat de hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk volgens het model niet onrealistisch is, mits rekening wordt gehouden met een bepaalde onzekerheid. Vertalen we bovenstaande modelbeschouwing naar een schatting voor de komende 10 jaar, rekening houdend met een initieel baggerwerk van  $43.000 \text{ m}^3$  (zie hoofdstuk 2) en een stabiele geul, dan wordt het onderhoudsbaggerwerk geschat op  $35.000 \pm 7.000 \text{ m}^3/\text{jr}$ . Voegen we hieraan toe de onzekerheid in het initiële baggerwerk van 30%, dan komt met behulp van de kwadratische accumulatie van fouten de totale spreiding op  $\sqrt{(20^2 + 30^2)} = 36\%$ , ofwel  $12.500 \text{ m}^3/\text{jr}$ . Het bijbehorende maximum wordt geschat op  $60.000 \text{ m}^3/\text{jr}$  (gemiddelde plus tweemaal de spreiding). De gemiddelde en maximale waarde, respectievelijk 81% en 140% van de initiële hoeveelheid, doen

---

<sup>5</sup> Divers Nota's Bevaarbaarheid Westerschelde vanaf 1963 door Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Adviesdienst Vlissingen.

---

voldoende recht aan de inschattingen die hierboven op een andere wijze dan met het model zijn gedaan.

Het is hier niet precies aan te geven met welke frequentie het onderhoudsbaggerwerk zal plaatsvinden. Dit kan variëren van enkele keren per jaar tot waarschijnlijk eens per jaar. Variaties in de natuurlijke sedimentatie kunnen hiervoor de aanleiding zijn. Verder speelt ook de baggerstrategie een rol: combinatie met andere baggeractiviteiten kan aanleiding zijn om eerder of later te baggeren; en indien men de drempel zo laag mogelijk wil houden zal men wellicht iets vaker baggeren of juist minder vaak door met overdiepte baggeren. Indien men een overdiepte aanbrengt, dan vindt tegelijk met het initiële baggerwerk het eerste, preventieve, onderhoud plaats. De frequentie van het baggeren en het baggeren met overdiepte hebben hier echter nauwelijks invloed op het sedimentatievolume. Dit is met het sedimentatiemodel (bijlage E) aan te tonen. De baggerstrategie heeft dan ook geen invloed op het jaarlijkse onderhoud van 35.000 m<sup>3</sup> tot maximaal 60.000 m<sup>3</sup>.

---

## 4. Ecologische effecten

---

### 4.1 Inleiding en samenvatting

In dit hoofdstuk wordt nagegaan welke mogelijke ecologische effecten de beoogde drempelverwijdering in de vaarweg Harlingen-Noordzee heeft en hoe groot deze zijn. De grootte van het ecologische effect is direct afhankelijk van de omvang van de ingreep, het bagger- en stortvolume, en de hydromorfologische effecten.

#### *Samenvatting*

De sterfte van bodemfauna als gevolg van het baggeren en storten vindt alleen plaats in geulen en is kleiner dan 0,1% van de totale bodemfauna in het kombergingsgebied en nog minder indien niet wordt teruggestort (in geval van zandwinning) of alleen bestaande stortlocaties worden benut. De extra vertroebeling als gevolg van de drempelverwijdering heeft een verstorend effect dat lokaal en tijdelijk optreedt. Dit effect komt overeen met een permanente verstoring van ca. 0,001% van de totale oppervlakte van het kombergingsgebied. Mobiele organismen, zoals vissen en vogels, worden hierdoor niet gehinderd. De hydromorfologische gevolgen voor de platen qua droogvalduur en areaal zijn te klein om te bepalen. De fourageermogelijkheden voor vogels zullen hierdoor niet beïnvloed worden. De effecten van extra zandsuppleties in de Noordzeekustzone als gevolg van eventuele zandwinning bij drempelverwijdering voegen minder dan 1% toe aan de effecten als gevolg van het reeds noodzakelijke kustonderhoud. De verstorende effecten van de aanwezigheid van een baggervaartuig op bepaalde diersoorten (vogels, zeehonden) worden beperkt door vergunningsvoorwaarden m.b.t. de afstand tot deze diersoorten.

### 4.2 Mogelijke ecologische effecten

De ecologische effecten hebben betrekking op de verandering in de omgevingskenmerken die bepalend zijn voor de flora en fauna van de Waddenzee. Hierbij moet men globaal denken aan de kwaliteit van water, bodem en lucht, aan biologische processen, aan de leefgebieden van bepaalde soorten en effecten op gebiedsspecifieke soorten.

Drempelverwijdering heeft direct en indirect effect op de fysische kenmerken van de omgeving, met mogelijk ecologische gevolgen.

Directe fysische effecten zijn:

- ontgraving c.q. verwijdering van sediment van de geulbodem
- begraving/bedekking van deel van geulbodem door storten van baggerspecie

- 
- toename zwevend-sediment-gehalte in de waterkolom tijdens ontgraving, waardoor extra vertroebeling
  - idem tijdens storten van baggerspecie
  - verandering sedimentsamenstelling op stortlocatie
  - verhoging van uit baggerspecie vrijkomende nutriënten
  - verhoging van uit baggerspecie vrijkomende verontreinigingen

Indirecte fysische effecten zijn:

- verandering van waterstand en tijverschil, waardoor verandering van droogvalduur van platen
- verandering in getijvolume van geulen waardoor verandering in geul- en plaatvolume
- onttrekking sediment uit Noordzeekustzone in geval van zandwinning, waardoor kustsuppleties nodig zijn die leiden tot bovengenoemde directe effecten

De mogelijke ecologische effecten hiervan zijn (o.a. Essink, 1999):

- sterfte van bodemfauna bij ontgraving en begraving, waardoor minder voedsel voor predatoren
- verandering in bodemfauna door verandering in sedimentsamenstelling op/rond stortlocatie
- verandering van primaire productie (fotosynthese) door extra vertroebeling en nutriënten
- reductie van zicht voor visuele predatoren (vissen, vogels) door extra vertroebeling
- reductie van functioneren van kieuwen (zoöplankton, schelpdieren, vissen) door extra zwevend stof
- belemmering groei van zeegras door extra vertroebeling
- verandering in fourageergebied van vogels door verandering in droogvalduur en -oppervlakte
- beïnvloeding waterkwaliteit.

Daarnaast heeft de aanwezigheid van een baggervaartuig mogelijk versturende effecten op bepaalde diersoorten (vogels, zeehonden).

In het navolgende wordt ingegaan op de kwantificering van deze effecten van de beoogde drempelverwijdering. Hiervoor is de lokale aanwezigheid van elke planten- en diersoort, zowel de toestand als de ontwikkeling daarin, niet geïnventariseerd en weergegeven. Dit is om twee redenen niet gedaan:

1. een algemene beschouwing van de effecten op groepen van soorten kan voldoende uitsluitsel geven. Indien blijkt dat daar aanleiding toe is, kunnen bepaalde soorten nader beschouwd worden.
2. gedetailleerde informatie over flora en fauna is in dit gebied niet of nauwelijks beschikbaar.

Opgemerkt wordt dat door het storten eventueel schadelijke stoffen (verontreinigingen) vrij kunnen komen uit de baggerspecie. In de praktijk wordt via de WVO geregeld dat alleen baggerspecie gestort mag worden die geen significante ecologische gevolgen heeft.

---

### 4.3 Verwachte ecologische effecten van drempelverwijdering

#### Ontgraving

Bij de ontgraving wordt met het sediment ook de aanwezig bodemfauna verwijderd. De ontgraving vindt plaats op de geulbodem, die relatief arm is aan bodemfauna. De hierbij (permanent) aangetaste bodemoppervlakte is ca. 0,18 km<sup>2</sup> (hoofdstuk 3). Deze oppervlakte komt overeen met 0,7% van de totale oppervlakte van de vaargeul, ca. 25 km<sup>2</sup> (onder NAP-1 m), en met 0,03% van de oppervlakte van het gehele kombergingsgebied, ca. 700 km<sup>2</sup>. In werkelijkheid is het procentuele effect op de bodemfauna nog kleiner, omdat de geulbodem over het algemeen relatief arm is aan bodemfauna.

Het voorkomen van mosselen zou hierop echter een uitzondering kunnen vormen. Niet uitgesloten kan worden dat zich tijdens het baggeren 'toevallig' een mosselbank op een drempel bevindt. In de gehele Waddenzee is ongeveer 40 km<sup>2</sup> aan mosselkweekpercelen aanwezig (LNV, 2004). Mosselvoorkomens op de drempels kunnen hier dan maximaal 0,5% van uit maken. Daarnaast is er de voorraad aan wilde mosselen in het sublitoraal (gebied onder GLW) van de Waddenzee. Deze bedroeg in de periode 1992-2002 50 mln kg (LNV, 2004). Stel dat op de drie drempels mosselen in een, relatief hoge, dichtheid van 1 kg/m<sup>2</sup> voorkomen, dan is de totale hoeveelheid op de drempels 0,18 mln kg. Dit vormt 0,36% van de sublitorale hoeveelheid in de gehele Waddenzee. Tot slot zijn er nog de mosselbanken op de droogvallende platen: het beleid is gericht op 20 tot 40 km<sup>2</sup>. In 2002 was er 25 km<sup>2</sup> aanwezig (LNV, 2004). Van dit laatste getal uitgaande beslaan de drempels 0,72%. De maximale aantasting van de totale mosselvoorraad als voedselbron bij volledige bedekking van de drempels wordt geschat op 0,15%. Voor mosselbanken als habitat (kweekpercelen worden niet meegerekend) is dit 0,24%. De kans op volledige bedekking van de drie drempels, gelegen in relatief diep water is echter klein. Het werkelijke effect is daarom veel kleiner dan 0,1%.

#### Begraving

Indien gestort wordt op een zogenaamde verspreidingslocatie wordt de daar aanwezige bodemfauna begraven. Sommige organismen kunnen dit niet overleven, maar dit is afhankelijk van de laagdikte (Bijkerk, 1988). Negatieve effecten worden tot een minimum beperkt indien de laagdikte niet groter is dan 1 dm (Essink, 1999). Over het algemeen bevinden de stortlocaties zich in diepere geuldelen, die arm zijn aan bodemfauna en waar voldoende stroming is om voor verspreiding te zorgen. Indien we uit zouden gaan van het ongunstigste geval dat de baggerspecie, afkomstig van de drempelverwijdering, gestort wordt op een niet aangetaste bodem, de laagdikte 2 dm is, en er 40.000 m<sup>3</sup>/jr gestort wordt in een continue operatie, dan is een stortoppervlakte van 0,2 km<sup>2</sup> nodig. Voorts beschouwen we in dat geval alle aanwezige

---

bodemfauna als verloren. De aangetaste oppervlakte is vergelijkbaar met die van de ontgraving en dus klein t.o.v. de totale oppervlakte van het systeem: 0,03% (N.B. alle huidige stortlocaties in het kombergingsgebied van het Vlie beslaan 3,8 km<sup>2</sup> ofwel 0,5% van het oppervlak). In het meest gunstige geval worden de bestaande stortlocaties gebruikt (dit is het meest aannemelijk). In figuur 6.1 zijn de bestaande stortlocaties weergegeven. Gezien de additionele hoeveelheid baggerspecie die door drempelverwijdering zou worden gestort op deze locaties, max. 2% (hoofdstuk 2) is enig ecologisch effect zeer minimaal of nihil. Naast effecten in de geulen zou er een begravingseffect op de naburige platen kunnen optreden als gevolg van verspreiding en sedimentatie. Tot nu toe zijn er in de praktijk geen aanwijzingen dat door het storten van baggerspecie schadelijke effecten zijn op de bodemfauna op de platen in de Waddenzee. De sedimentatie op nabij gelegen platen is lokaal waarschijnlijk niet groter dan 1 mm (Erftemeijer, 2002; Mulder en Rommel, 2004) en zal snel verdwijnen.

### **Vertroebeling en zwevend stof**

Bij het baggeren en storten kan extra vertroebeling van de waterkolom optreden. Het storten zal plaatsvinden door het beun via kleppen in de bodem te openen. De lading zal grotendeels als een bulk op de bodem terechtkomen en zich zijwaarts over een afstand van 10 tot 100 m verspreiden als een laag op de bodem. Deze laag wordt geleidelijk geërodeerd, hetgeen kan leiden tot een verhoging van de lokale zwevend-sediment-concentratie van met 10 tot 30% (Erftemeijer, 2002; Mulder, 2002).

Tijdens het stortproces zal een deel direct in zwevende toestand komen en de concentratie met 100-1000 mg/l kunnen verhogen. Dit zijn lokale effecten (tot orde 1 km) die tijdelijk van aard zijn (orde 10-60 minuten) (BfG, 2001; Mulder en Rommel, 2004). Dit effect is ook afhankelijk van het type sediment. Bij zandstortingen vindt minder vertroebeling plaats dan bij slibstorten en is het invloedsgebied relatief klein (zoals bij schelpenwinning, zie RWS-NN, 2004).

Gedurende baggeren/ontgraving kan een deel van het sediment over boord vloeien ("spill"), maar over het algemeen gaat het dan om een zeer kleine hoeveelheid fijn sediment (John et al., 2000). Hierdoor kan een sedimentwolk/-pluim ontstaan over maximaal enkele kilometers, afhankelijk van de grootte en richting van getijdenstromen en van de grootte en samenstelling van het sediment. De concentratie kan oplopen tot honderden mg/l in de nabijheid van de lozing. Het is niet waarschijnlijk dat bij de beoogde drempelverwijdering een belangrijke extra vertroebeling optreedt als gevolg van 'spill', omdat er relatief weinig fijn sediment (slib) wordt gebaggerd.

Het sediment dat door de bagger- en stortwerkzaamheden in zwevende toestand komt wordt door de stroming verder verspreid. Tot hoever is afhankelijk van de korrelgrootte van het sediment en varieert van enkele tientallen meters tot enkele kilometers. Dit kan leiden tot



---

extra vertroebeling tot buiten de geulen, dus boven de platen, en ook tot afzetting van sediment op de platen. Door verdunning neemt de extra sedimentconcentratie in het water af met de afstand tot de bron, waardoor de fysische effecten op de platen zeer klein zijn.

De verstoorde oppervlakte door extra vertroebeling is enkele promillen van het kombergingsgebied (ca. 1 km<sup>2</sup> versus 700 km<sup>2</sup>) en dat gedurende maximaal 1% van de tijd (ca. 80 ladingen van 500 m<sup>3</sup>, gedurende 0,5 uur per lading, bij daglicht). Het totale effect is dan extreem klein: ca. 0,001%. Dit betekent dat het effect op primaire productie (fytoplankton) ook miniem is. Eventueel uit baggerspecie vrijkomende nutriënten zouden de primaire productie kunnen verhogen, maar dit effect is over het algemeen verwaarloosbaar (Essink, 1999; BfG, 2001, Erftemeijer, 2002). Reductie van zuurstofgehalte nabij de bodem door de gestorte baggerspecie en de vertroebeling kunnen nadelige gevolgen hebben voor vissen (zichtjagers) en bodemdieren. Deze effecten zijn lokaal en tijdelijk. Bovendien kunnen vissen van de locatie weggaan, hetgeen ook geldt voor sommige bodemdieren, zoals garnalen. Ook de op het zicht jagende vogels kunnen tijdelijk en lokaal gehinderd worden door extra vertroebeling. De effecten op vogels en vissen zijn vrijwel nihil, gezien het extreem kleine effect op de troebelheid.

Aan de zuidkant van Terschelling komt zeegras voor (Klein Zeegras en sporadisch Groot Zeegras), maar dit is te ver verwijderd van de bagger- en stortlocaties in de vaargeul om beïnvloed te worden door extra vertroebeling. Bovendien is in de Waddenzee geen negatief effect op zeegras geconstateerd als gevolg van bagger- en stortactiviteiten in de geulen (Erftemeijer, 2005). Negatieve effecten op zeegras zijn derhalve uit te sluiten.

### **Sedimentsamenstelling**

Geloste specie kan de lokale bodemsamenstelling veranderen door achterblijven en menging van bepaalde sedimentfracties (BfG, 2001). Dit is mede afhankelijk van de natuurlijke dynamiek (stroming en golven). Ecologisch gezien kan hierdoor de soortensamenstelling van bodemfauna veranderen. Dit effect is echter alleen aanwezig indien deze soorten überhaupt kunnen overleven gezien de afgezette laagdikte (Essink, 1999). Gezien het relatief kleine gebied dat beïnvloed wordt door begraving (zie hiervoor) is het effect van verandering van sedimentstelling te verwaarlozen.

### **Morfologie**

De veranderingen in het getijverschil en getijvolume als gevolg van de beoogde drempelverwijdering zijn kleiner dan 0,1 tot 1% (hoofdstuk 3). Deze effecten zijn te verwaarlozen t.o.v. de natuurlijke dynamiek en trends. Dit geldt vervolgens ook voor de morfologische gevolgen voor het geul- en plaatvolume, die te klein zijn om betrouwbaar te kwantificeren. Dit geldt ook voor de effecten van huidige baggerwerk (zie par. 3.4). Dit betekent dat de gevolgen voor het plaatareaal en de

---

droogvalduur, ook in cumulatieve zin, te verwaarlozen zijn. Wezenlijke effecten op de bodemfauna van de platen, en dus op de daarop fouragerende vogels zijn daardoor uit te sluiten.

### **Kustsuppleties**

Zandwinning leidt tot extra kustsuppleties, die ecologische gevolgen kunnen hebben, zowel op de win- als suppletieplaats: dit zijn de effecten van ontgraving en begraving. Deze suppleties zullen uitgevoerd worden in het kader van het onderhoudsprogramma van RWS. Daarom is het alleen zinvol het toegevoegde effect te beschouwen. Hiervoor kan een vergelijking gemaakt worden met de effecten van suppleties die nodig zullen zijn ten gevolge van bodemdaling door gaswinning en zeespiegelstijging. Hiervoor is waarschijnlijk ca. 6,4 mln m<sup>3</sup> per jaar nodig in de periode 2004-2050 voor de gehele Waddenzee (Hoeksema et al, 2004). Ook kan een vergelijking gemaakt worden met de zandhoeveelheid die in het systeem verplaats wordt. Zo is in de periode 1988-1999 netto gemiddeld 7,5 mln m<sup>3</sup>/jr aan sediment in het kombergingsgebied van het Zeegat van het Vlie afgezet (Hoeksema et al, 2004). De drempelverwijdering voegt hier qua volume zeer weinig aan toe: minder dan 1% in het geval van volledige zandwinning.

### **Baggervaartuig**

Indien een baggervaartuig te dicht bij kolonies van vogels of zeehonden komt worden deze verstoord in hun normale bezigheden (fourageren, broeden, zogen etc.) of hun rust. Om deze reden bestaan er richtlijnen voor het houden van een bepaalde afstand (zie hoofdstuk 2). Hierdoor zullen baggervaartuigen geen verstorend effect hebben.

---

## 5. Kosten drempelverwijdering

---

### 5.1 Inleiding en samenvatting

In dit hoofdstuk worden de kosten van het baggerwerk geschat op basis van de hoeveelheden initieel baggerwerk en onderhoudsbaggerwerk. Hierbij wordt onder andere gebruikt gemaakt van de ervaringsdeskundigheid van het Waterdistrict Waddenzee van RWS-NN. Er heeft nog geen besluitvorming plaatsgevonden over wie de kosten van de drempelverwijdering betaalt. Bij de kostenberekening wordt uitgegaan van de prijzen zoals die gelden bij RWS. De kosten die in dit hoofdstuk bepaald zijn, dienen opgevat te worden als een indicatie en niet als een projectraming.

De kosten van het baggerwerk vormen belangrijke informatie voor het bepalen van de economische rendabiliteit van de drempelverwijdering. Het bepalen van de economische rendabiliteit, passend bij de ingreep, is onderdeel van een *quicksan* die door RWS-AVV wordt uitgevoerd.

#### *Samenvatting*

Het zand dat vrijkomt bij de drempelverwijdering is naar schatting voor 75% geschikt voor de zandhandel. De handelswaarde van het zand kan sterk variëren. Gemiddeld komt de handelswaarde op 160 k€ voor het initiële baggerwerk en 130 k€/jr voor onderhoud. Een afwijking van ± 30% is mogelijk

De gemiddelde kosten van het baggerwerk, uitgaande van 75% zandwinning, worden in afgeronde bedragen geschat op initieel 13 k€ (43.000 m<sup>3</sup>) en voor onderhoud 11 k€/jr (35.000 m<sup>3</sup>/jr). Aangenomen is dat de kosten voor het baggeren van winzand voor rekening van de zandwinner zijn. Daarbovenop zijn er kosten voor kustsuppleties van respectievelijk 48 k€ en 39 k€/jr ter compensatie van de zandonttrekking. Beide kostenposten komen samen op respectievelijk 62 k€ en 50 k€/jr. Domeinen ontvangt respectievelijk 20 k€ en 17 k€/jr. Het is nog niet bekend wie de kosten voor het baggeren en suppleren betaalt. In het geval dat RWS die betaalt zijn de netto kosten voor het Rijk respectievelijk 41 k€ en 34 k€/jr.

Uitgaande van geen zandwinning zijn de baggerkosten respectievelijk 54 k€ en 44 k€/jr. Indien RWS dit betaalt zijn de netto kosten voor RWS respectievelijk 8 k€ en 7 k€/jr lager dan in het geval van wel zandwinning (geen relatief dure suppleties), maar respectievelijk 12 k€ en 10 k€/jr hoger voor het Rijk.

Alle bedragen voor het initiële baggerwerk en voor het onderhoud worden respectievelijk 60% en 71% hoger indien uitgegaan wordt van de maximale baggerhoeveelheden van respectievelijk 69.000 m<sup>3</sup> en

---

60.000 m<sup>3</sup>/jr. In het meest pessimistische geval komen de kosten op respectievelijk 104 k€ en 90 k€/jr. In dit geval wordt naast het maximale baggervolume ook uitgegaan van een hoge eenheidsprijs voor het baggeren en geen zandwinning.

## 5.2 Mogelijkheden voor zandwinning

In de huidige situatie vindt vaargeulonderhoud plaats door de zandhandel in het Visjagersgaatje, de Slenk, Groote Siege en Glinder. In voornoemde gevallen wordt een totale hoeveelheid van ca. 450.000 m<sup>3</sup>/jr ophoogzand uit de Waddenzee onttrokken en vermarkt. De handelswaarde van zand varieert van 3,5 tot 6,5 €/m<sup>3</sup> afhankelijk van de partijgrootte en plaats van levering.

De hoeveelheid baggerspecie die door drempelverwijdering vrij kan komen bedraagt initieel ca. 43.000 m<sup>3</sup> en jaarlijks ca. 35.000 m<sup>3</sup>. Hierbij moet men rekening houden met afwijkingen van 20 tot 30%. Er zijn geen directe gegevens beschikbaar over het de kwaliteit van de specie die bij het baggeren vrij zal komen. Aangenomen wordt dat de drempel bij de Pollendam slibrijk zal zijn (hoofdstuk 3) en niet voor 100% geschikt is voor de zandhandel. Het baggervolume bij de Pollendam komt overeen met 28% van het totale baggervolume (zowel initieel als bij onderhoud). Voor de kostenberekening wordt daarom aangenomen dat 75% van de baggerspecie geschikt is als winzand. De extra hoeveelheid winzand door drempelverwijdering is dan van de orde van grootte van 30.000 m<sup>3</sup> per jaar. Het is gezien de huidige omvang van de zandwinning zeer waarschijnlijk dat deze hoeveelheid de markt op kan. Wel is het zo dat de vraag naar ophoogzand ook wel eens niet parallel kan lopen met het baggerbezwaar (met name in de periode rond de kerst).

De handelswaarde van het zand varieert sterk afhankelijk van de eenheidsprijs en het volume. Uitgaande van gemiddeld 5 €/m<sup>3</sup> en 75% geschiktheid, is de handelswaarde van het zand uit het initiële baggerwerk 160 k€ en van het zand uit het onderhoud 130 k€ per jaar. Een afwijking van ± 30% is mogelijk.

## 5.3 Kosten van het baggerwerk

Indien het vaargeulonderhoud gecombineerd wordt met zandwinning zijn er enerzijds kosten als gevolg van compenserende kustsuppleties en anderzijds opbrengsten als gevolg van betaling aan Domeinen. De kosten voor het baggeren van winzand zijn in dat geval geheel voor rekening van de zandwinner. Deze kosten blijven hier buiten beschouwing. Daarnaast zijn er kosten voor het baggeren en storten van baggerspecie die niet als winzand verhandeld wordt. Zoals in de inleiding is aangegeven is nog niet duidelijk wie deze kosten en die van kustsuppleties zal dragen.

---

De kosten van het baggerwerk zijn afhankelijk van:

- het baggervolume (zie hoofdstuk 2 en 3 en tabel 5.1).
- het deel van het baggervolume dat geschikt is voor de zandhandel en vermarkt wordt. Hiervoor worden 2 scenario's gehanteerd: geen zandwinning en winning van 75% van het baggervolume, het meest waarschijnlijke geval (zie par. 5.2).
- de kosten van het baggeren en storten van specie die niet vermarkt kan worden. Indien het baggerwerk kan worden toegevoegd aan het Waddenzeebrede baggerbestek komen deze kosten op 1 tot 1,5 €/m<sup>3</sup>. Hier wordt een bedrag van € 1,25 per m<sup>3</sup> als uitgangspunt gehanteerd.
- de kosten van zandsuppletie op de kust ter compensatie van de zandwinning. Dit kost<sup>6</sup> naar schatting ca. € 1,5 per m<sup>3</sup>.
- de inkomsten voor het Rijk (Domeinen) uit de verkoop van zeezand uit Staatseigendom: € 0,63 per m<sup>3</sup>.

De eenheidsprijzen hierboven zijn gebaseerd op de ervaring van het Waterdistrict Waddenzee. Hierbij zijn de apparaatskosten van RWS voor toezicht, planning etc. niet meegerekend, gezien de kleine hoeveelheid extra suppletie en baggerwerk. De kosten zijn dus gebaseerd op contractprijzen met de aannemer en niet op de totale kosten in de Rijksbegroting voor zandsuppleties of vaargeulonderhoud.

Momenteel loopt een onderzoek binnen RWS over de relatie tussen vaargeulonderhoud, zandwinning en kustsuppleties (van Heijst et al., 2005). Enkele case-studies daarin geven aan dat vaargeulonderhoud middels zandwinning RWS 30-40% meerkosten (ca. 0,4 €/m<sup>3</sup>) oplevert omdat de zandverliezen gecompenseerd moeten worden middels kustsuppleties. Echter indien men de inkomsten voor Domeinen meerekent zijn kosten voor de Staat minder. Deze bevindingen zijn in lijn met de bovenstaande uitgangspunten, die resulteren in 20% meerkosten (0,25 €/m<sup>3</sup>) voor RWS in geval van zandwinning, indien RWS de suppleties zou betalen.

Over de prijzen is verder discussie mogelijk omdat de markt veranderlijk is, zowel die voor winzand als die voor baggerwerken. Ook zijn er indirecte effecten op de prijzen mogelijk door bijvoorbeeld het extra aanbod. Voor een globale schatting van de kosten wordt deze factoren buiten beschouwing gelaten.

De uitgangspunten leiden tot kosten en inkomsten die afhankelijk zijn van het baggervolume dat als winzand benut wordt. Dit wordt geïllustreerd in figuur 5.1 voor de schatting van de gemiddelde hoeveelheid initieel baggerwerk. De kosten van het baggeren en storten nemen af met de hoeveelheid (percentage) winzand, terwijl de kosten voor suppleren hiermee toenemen. De totale kosten voor baggeren en suppleren nemen toe met het percentage winzand. Indien

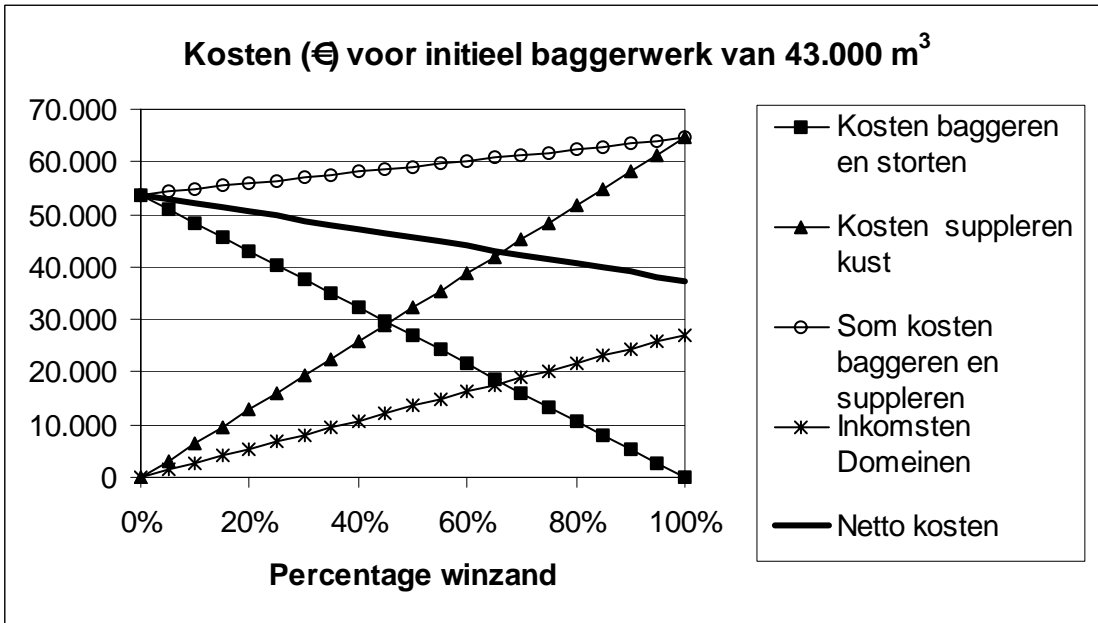
---

<sup>6</sup> In 2005 worden in het noorden kustsuppleties uitgevoerd voor eenheidsprijzen variërend van 1,2 tot 1,3 €/m<sup>3</sup>, waarbij het gaat om alleen een vooroeversuppletie (Texel, Vlieland), maar ook een combinatie van vooroever- en strandsuppletie (Bergen). Deze prijzen zijn historisch gezien laag, zodat uitgegaan wordt van een iets hogere eenheidsprijs.

RWS deze kosten zou dragen, dan nemen de netto kosten voor het Rijk (=RWS + Domeinen) als geheel af met de hoeveelheid winzand, omdat de inkomsten voor Domeinen toenemen met de hoeveelheid winzand.

**Figuur 5.1**

Kosten initieel baggerwerk (schatting gemiddelde hoeveelheid) als functie van het percentage baggerspecie dat als winzand verkocht wordt.



#### Kosten bij percentage winzand van 75%

Op basis van hierboven genoemde uitgangspunten en de te verwachten baggervolumes zijn de kosten berekend voor het baggerwerk en weergegeven in tabel 5.1. De kosten voor het baggeren en suppleren zijn 61 k€ voor het initiële baggerwerk en 50 k€/jr voor onderhoud. Domeinen ontvangt respectievelijk 20 k€ en 16 k€/jr. Indien RWS de kosten voor het baggeren en suppleren draagt, komen de netto kosten voor het Rijk op respectievelijk 41 k€ en 34 k€/jr.

Gezien de onzekerheid in het baggervolume zijn ook de maximale kosten berekend (tabel 5.1). De bedragen zijn in dat geval initieel 60% en jaarlijks 71% hoger. De kosten voor het baggeren en suppleren zijn initieel 99 k€ en jaarlijks 86 k€/jr. Domeinen ontvangt respectievelijk 33 k€ en 28 k€/jr. De netto kosten voor het Rijk, indien RWS het baggeren en suppleren betaald, zijn respectievelijk 66 k€ en 58 k€/jr.

.....  
**Tabel 5.1.**  
 Kosten/baten drempelverwijdering bij  
 percentage winzand van 75%.

	Initieel baggerwerk		Jaarlijks onderhoud	
	Gemiddeld	Maximaal	Gemiddeld	Maximaal
Baggervolume (m <sup>3</sup> , m <sup>3</sup> /jr)	43.000	69.000	35.000	60.000
Kosten baggeren/storten (€, €/jr)	13.438	21.563	10.938	18.750
Kosten suppleren (€, €/jr)	48.375	77.625	39.375	67.500
Totale kosten baggeren en suppleren (€, €/jr)	61.813	99.188	50.313	86.250
Inkomsten Domeinen (€, €/jr)	20.318	32.603	16.538	28.350
Netto kosten Rijk (zie noot) (€, €/jr)	41.495	66.585	33.775	57.900

Noot: indien RWS de kosten van baggeren en suppleren draagt.

### Kosten bij geen zandwinning

Indien er geen zand verhandeld wordt, maar alles teruggestort wordt zijn er geen kosten voor suppleren en geen inkomsten voor Domeinen. Er resteren slechts de kosten voor het baggeren en storten, zie tabel 5.2. Ten opzicht van het geval met 75% winzand zijn de totale kosten voor het baggeren en suppleren lager, namelijk: initieel 8 k€ en voor het onderhoud 7 k€/jr. De netto kosten voor het Rijk, indien RWS de baggerkosten betaald, zijn echter hoger: respectievelijk 12 k€ en 10 k€/jr.

.....  
**Tabel 5.2.**  
 Kosten/baten drempelverwijdering bij  
 geen zandwinning.

	Initieel baggerwerk		Jaarlijks onderhoud	
	Gemiddeld	Maximaal	Gemiddeld	Maximaal
Baggervolume (m <sup>3</sup> , m <sup>3</sup> /jr)	43.000	69.000	35.000	60.000
Kosten baggeren/storten (€, €/jr)	53.750	86.250	43.750	75.000

### Onzekerheden

In het geval dat het Rijk c.q. RWS de bagger- en suppletiekosten betaalt, dan is het de vraag of het netto voordeel van zandwinning niet erg gevoelig is voor de uitgangspunten. Indien de eenheidsprijs voor suppleties meer dan 0,63 €/m<sup>3</sup> hoger wordt dan die voor baggeren en storten, dan stijgen de netto kosten voor het Rijk met het percentage winzand. De prijzen voor baggeren en suppleren zijn aan elkaar gekoppeld vanwege hetzelfde type materieel, dezelfde marktwerking, prijzen van lonen en met name brandstoffen. Daarom mag verwacht worden dat het huidige verschil tussen bagger- en suppletieprij, 0 tot 0,5 €/m<sup>3</sup>, waarschijnlijk niet sterk zal toenemen en zandwinning ook in de toekomst voordelig kan zijn voor het Rijk als geheel. Voor de kosten van RWS is dit echter niet het geval.

De maximale kosten in tabel 5.1 en 5.2 zijn gebaseerd op afwijkingen in de volumes. Daarnaast zijn er nog onzekerheden over de

---

eenheidsprijzen en het percentage winzand. Indien we het percentage winzand op nul zetten, de baggerprijs op € 1,5 per m<sup>3</sup> en uitgaan van het maximale volume dan zijn de kosten voor initieel en onderhoudsbaggerwerk respectievelijk € 103.500 en € 90.000 per jaar. Dit kan beschouwd worden als het meest pessimistische geval.

De keuze tussen zandwinning en terugstorten zal in de praktijk worden gemaakt conform de lijn die gehanteerd wordt voor de rest van het vaargeulonderhoud in de Waddenzee.



---

## 6.Toetsing van effecten drempelverwijdering

---

### 6.1 Inleiding en samenvatting

In dit hoofdstuk wordt nagegaan of de beoogde drempelverwijdering in de vaarweg Harlingen-Noordzee mogelijk leidt tot significante gevolgen voor de beschermde natuurwaarden van de Waddenzee en Noordzee. Hiervoor dient de activiteit/ingreep getoetst te worden aan de doelstellingen van de relevante toetsingskaders. Allereerst worden deze toetsingskaders besproken. Daarna vindt de beoordeling van de effecten plaats met behulp van de resultaten uit de voorgaande hoofdstukken. Nagegaan wordt of uit deze toetsing volgt dat een uitgebreidere toetsing, ofwel een passende beoordeling in het kader van Vogel- en Habitatrichtlijn, noodzakelijk is. Tevens wordt op grond van de toetsingsresultaten onderzocht aan welke belangrijke wettelijke verplichtingen de drempelverwijdering moet voldoen. Tot slot enkele opmerkingen over de toetsing in relatie tot de omvang van de drempelverwijdering en van soortgelijke ingrepen.

Vooropgesteld wordt dat het maatschappelijk belang en de locatiegebondenheid hier niet getoetst worden. Deze komen aan de orde in een *quickscan* naar de economische rendabiliteit, die door RWS-AVV wordt uitgevoerd.

#### *Samenvatting*

De toetsing is uitgevoerd volgens de afwegingskaders van de PKB Waddenzee en de Vogel- en Habitatrichtlijn, waarmee rekening is gehouden met de Natuurbeschermingswet en de Flora- en Faunawet. Ook is voldoende rekening gehouden met Kaderrichtlijn Water. Uit de toetsing blijkt dat, aangezien de fysische effecten (getij, morfologie, bodem) nihil tot zeer klein alsook kleinschalig zijn, significante gevolgen van de drempelverwijdering voor de beschermde flora- en faunasoorten en habitattypen uitgesloten kunnen worden. Een uitgebreidere toetsing, zoals een passende beoordeling in het kader van de Vogel- en Habitatrichtlijn, wordt daarom niet nodig geacht. Voor de drempelverwijdering zal een vergunning nodig zijn op grond van de Natuurbeschermingswet, de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater, de Wet Beheer Rijkswaterstaatswerken, en een ontheffing op grond van de Flora en Fauna-wet. De drempelverwijdering is niet m.e.r.-plichtig.

### 6.2 Toetsingskaders

Van direct belang zijn de afwegingskaders van de PKB Waddenzee en de Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR). De gebiedsbescherming van de VHR zal worden geïmplementeerd in de Natuurbeschermingswet (Nb-wet), die momenteel wordt herzien. De soortenbescherming van de

---

VHR is geïmplementeerd in de Flora- en Faunawet. Bij de toetsing aan de VHR zal met beide wetten rekening worden gehouden. Verder is de Europese Kaderrichtlijn Water van mogelijk belang.

### **PKB Waddenzee**

De vigerende PKB (Planologische Kernbeslissing) Waddenzee stamt uit 1993 en is partieel herzien in 1994. Momenteel is een nieuwe PKB Waddenzee deel 3 c.q. Derde Nota Waddenzee (VROM, 2005) in voorbereiding. Bij de afweging wordt met dit feit rekening gehouden. Volgens de PKB zijn menselijke activiteiten toegestaan voor zover zij verenigbaar zijn met de hoofddoelstelling voor de Waddenzee. De hoofddoelstelling voor de Waddenzee is de duurzame bescherming en ontwikkeling van de Waddenzee als natuurgebied en het behoud van het unieke open landschap. De op grond van de PKB te beschermen en te behouden waarden en kenmerken vloeien direct voort uit de hoofddoelstelling van deze PKB. Deels betreft het waarden en kenmerken die Nederland op grond van de Vogel- en Habitatrichtlijn moet beschermen en behouden. Deels betreft het waarden en kenmerken die het kabinet van dermate groot belang acht dat deze eveneens beschermd en behouden dienen te blijven. Onder te beschermen en te behouden waarden en kenmerken worden verstaan:

natuurlijke waarden en kenmerken:

- a. waterbewegingen en de daarmee gepaard gaande geomorfologische en bodemkundige processen
- b. natuurlijk bodemreliëf
- c. kwaliteit van water, bodem en lucht
- d. biologische processen, waaronder de migratiemogelijkheden van dieren
- e. gebiedsspecifieke planten- en diersoorten
- f. fourageer-, broed- en rustgebieden van vogels, de werp-, rust- en zooggebieden van zeezoogdieren en de kinderkamerfunctie van vis

andere waarden en kenmerken:

- g. landschappelijke kwaliteiten, met name rust, weidsheid, open horizon en natuurlijkheid, waaronder duisternis
- h. in de bodem aanwezige archeologische waarden

Volledigheidshalve wordt de twee laatstgenoemde aspecten hier genoemd en getoetst.

Op grond van de PKB van 1993 zijn voor de vaargeulen in de Waddenzee streefdieptes vastgesteld. Het verwijderen van drempels die onder de streefdiepte liggen is in principe niet mogelijk, maar de PKB deel 3 van 2001 (VROM, 2001) geeft ruimte voor een onderzoek naar effecten van een mogelijke verdieping in de vorm van een 'pilot'. In de in voorbereiding zijnde nieuwe PKB (VROM, 2005) is deze tekst enigszins aangepast en wordt zo'n proef niet meer genoemd. Over de scheepvaart wordt nu gesteld:

---

*De waterstaatswerken, waaronder vaargeulonderhoud ten behoeve van de scheepvaart, zijn beperkt in omvang, volgen de natuurlijke morfologische ontwikkelingen en vinden uitsluitend plaats indien de bereikbaarheid van de havens, de waddeneilanden of de verkeersveiligheid in het geding zijn. De bereikbaarheid van havens en eilanden wordt gewaarborgd in de vorm van aanlegmogelijkheden voor veerboten en streefdieptes voor de vaargeulen. Voor beide geldt nog steeds het in 1993 vastgelegde uitgangspunt dat vaartuigen die op dat moment gezien hun diepgang en afmetingen de havens bij gemiddelde zeestand en wind konden aandoen dit ook in de toekomst moeten kunnen. In aansluiting op natuurlijke ontwikkelingen in de vaargeuldiepte zijn incidentele verdere verdiepingen van delen van de hoofdvaargeulen mogelijk, onder de voorwaarden dat dit past binnen het afwegingskader zoals aangegeven in de PKB en dat dit economisch rendabel is.*

Met name het laatste deel is van toepassing op de drempelverwijdering en vereist de afweging zoals in de PKB is aangegeven. Het afwegingskader omvat de volgende onderdelen:

- Op basis van de best beschikbare informatie zal moeten worden nagegaan of en in welke mate, er sprake is van aantasting van de natuurwaarden. Er dient rekening te worden gehouden met het eventuele cumulatieve effect van activiteiten.
- Het maatschappelijk belang en de locatiegebondenheid moeten worden aangetoond.
- Wanneer op basis van de best beschikbare informatie sprake is van duidelijke twijfel over het achterwege blijven van belangrijk negatieve effecten voor het ecosysteem, zal het voordeel van de twijfel in de richting van het behoud van de Waddenzee gaan (het voorzorgprincipe).

Wanneer de activiteit op grond van de toets kan worden toegestaan, dient de best uitvoerbare techniek te worden toegepast ter beperking van negatieve effecten en kan bij aantasting van natuurwaarden compensatie gewenst zijn.

### **Vogel- en Habitatrichtlijn**

In 1979 respectievelijk 1992 is door de Europese Unie de Vogelrichtlijn (VR) en de Habitatrichtlijn (HR) vastgesteld. De VR richt zich op de bescherming van alle in het wild levende vogelsoorten. De HR heeft betrekking op de instandhouding van natuurlijke habitattypen en de wilde flora en fauna (anders dan vogels) op het grondgebied van de Europese Unie. Kwaliteitsverslechtering en/of verstoring van de beschermde habitattypen en soorten dient te worden voorkómen. Pas nadat is gebleken dat plannen en projecten geen significante gevolgen zullen hebben voor de bedoelde habitats en soorten bestaat vanuit de VHR geen bezwaar tegen het plan of project. Voor elk plan dat significante gevolgen kan hebben, moet een passende beoordeling worden gemaakt van de gevolgen voor het gebied, rekening houdend met de instandhoudingsdoelstellingen (art. 6.3 HR).

---

De Waddenzee en de aangrenzende Noordzeekustzone zijn in 1991 respectievelijk 2000 aangewezen als Speciale Beschermingszones (SBZ) in het kader van de VR en in 2003 aangemeld als SBZ in het kader van de HR. De toetsing aan de VHR is overigens ook van toepassing bij de beoordeling van plannen in de nabijheid (externe werking) van de SBZ. Het soortenbeschermingsregime van de VHR is in de Nederlandse wetgeving geïmplementeerd via de Flora- en Faunawet van 2002 (FF-wet) en het gebiedsbeschermingsregime zal worden geïmplementeerd in de gewijzigde Natuurbeschermingswet 1998 (Nb-wet), welke naar verwachting op 1 oktober 2005 in werking treedt. De huidige planning van het Ministerie van LNV is er op gericht in het voorjaar van 2006 het formele traject van de aanwijzing de Habitatrichtlijngebieden te starten. Nadat zienswijzes op de ontwerp-aanwijzingsbesluiten zijn ontvangen, worden de aanwijzingsbesluiten zo spoedig mogelijk vastgesteld (LNV, 2005). Deze aanwijzingsbesluiten geven aan wat precies de grenzen van een SBZ zijn en wat de instandhoudingsdoelstellingen voor die SBZ zijn.

In afwachting van de inwerkingtreding van de herziene Nb-wet dient het bevoegd gezag de afwegingskaders te hanteren volgens de nu vigerende Nb-wet en artikel 6 van de HR (VROM, 2001; H. 4.2). Desalniettemin wordt hier rekening gehouden met de herziene Nb-wet en wordt de concept Handreiking Nb-wet van LNV als leidraad gebruikt, waarin de habitattoets bestaat uit een voortoets en passende beoordeling. Middels de voortoets wordt bepaald of voor activiteiten of plannen, die mogelijk negatieve effecten hebben, een vergunning op grond van de Nb-wet nodig is. De vraag die bij de voortoets uiteindelijk beantwoord moet worden is of er een kans is op significante gevolgen zijn voor de instandhoudingsdoelstellingen. De drempelverwijdering is een nieuw plan/project en kan daarom niet bij voorbaat uitgesloten worden van een vergunningsplicht in het kader van de Nb-wet (zie art 2.6 in concept handreiking LNV). Om dezelfde reden is ook geen vrijstellingsrecht mogelijk in kader van de FF-wet, indien deze van toepassing is. Volgens de FF-wet kan wel een ontheffing voor een activiteit aangevraagd worden indien aan een aantal voorwaarden voldaan wordt. Een daarvan is dat de gunstige staat van instandhouding van de beschermde soort niet gevaar gebracht wordt.

Om zo goed mogelijk rekening te houden met de VHR, herziene Nb-wet en FF-wet worden hier 2 stappen gedefinieerd:

1. De eerste stap is een toets of er negatieve gevolgen zijn en zo ja, of deze mogelijk significant zijn voor de beschermde soorten en habitattypen (zie bijlage F voor een overzicht). Tevens wordt globaal nagegaan of er alternatieven zijn.
2. De tweede stap is een passende beoordeling indien gebleken is dat er mogelijk significante effecten optreden. Deze beoordeling vraagt om een gedetailleerde analyse van het belang van de activiteit, de effecten, alternatieven, mitigerende en compenserende maatregelen en monitoring.

---

### **Kaderrichtlijn Water**

In 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht geworden. De als kustwater aangemerkte Waddenzee is in dit kader aangewezen als een 'natuurlijk waterlichaam', met uitzondering van de havens en een zone van 500 m rond de monding. Er is nog discussie over de status van de vaargeulen<sup>7</sup>. De doelstelling voor dit type water is het bereiken van zowel een goede ecologische toestand als een goede chemische toestand in 2015. Het is niet de bedoeling dat deze aanwijzing leidt tot te veel additionele eisen boven de reeds bestaande eisen op basis van de VHR. De KRW is feitelijk geen afwegingskader, maar geeft wel aan welke kwaliteitselementen van belang zijn en welke doelstellingen hiervoor zijn. De hier relevante kwaliteitselementen bestaan uit fytoplankton, overige waterflora, benthische ongewervelde fauna, bodemstructuur, doorzicht en zuurstofhuishouding. In de PKB-afweging wordt hier ook op getoetst, zodat een aparte analyse voor de KRW hier niet uitgevoerd wordt.

### **Resumerend**

Het incidenteel aanpassen van de streefdiepte bij het vaargeulonderhoud dient te worden getoetst aan zowel bovengenoemde kenmerken en waarden uit de PKB Waddenzee, als aan de instandhoudingsdoelstellingen voor de SBZ Waddenzee en SBZ Noordzeekustzone in het kader van de VHR.

Toestemming vanuit natuurbescherming kan in principe pas worden gegeven nadat uit een toets voldoende zekerheid is verkregen dat de activiteit enerzijds de wezenlijke kenmerken of waarden (PKB) niet zal aantasten en dat anderzijds significante gevolgen voor de SBZ-VR en SBZ-HR en de door de FF-wet beschermde inheemse soorten kunnen worden uitgesloten.

Als uit de toets zou blijken dat significante gevolgen niet kunnen worden uitgesloten dient een meer gedetailleerd onderzoek te volgen om vast te stellen of er sprake is van significante gevolgen. Indien dit het geval zou zijn, dient het afwegingskader verder toegepast te worden middels een passende beoordeling.

Bij de toetsing wordt impliciet rekening gehouden met doelstelling van de KRW. Er wordt geen formele toets uitgevoerd volgens de stappenplannen van de (herziene) Nb-wet en FF-wet. De informatie die hiervoor relevant/noodzakelijk is wordt bij de toetsing aan de PKB en VHR zo goed mogelijk gepresenteerd.

## **6.3 Beoordeling effecten**

Eerst wordt een toetsing uitgevoerd volgens het afwegingskader van de PKB. Onvermijdelijk is dat hierdoor impliciet een beoordeling plaatsvindt van de bepaalde effecten op de kwalificerende soorten en

---

<sup>7</sup> Brief van staatssecretaris van VenW aan Tweede Kamer d.d. 25 april 2005.

---

habitattypen van de VHR. Daarna wordt meer expliciet ingegaan op de toetsing van de effecten aan de VHR, waarbij ook aandacht besteed wordt aan toetselementen van de (herziene) NB-wet en de FF-wet. Bij de toets wordt gebruik gemaakt van resultaten uit de vorige hoofdstukken over de morfologische en ecologische effecten.

Zoals in de inleiding is vermeld wordt de beoordeling of gevolgen significant zijn gebaseerd op expert-judgement. Voor de beoordeling of er sprake is van een significant cumulatief effect wordt de omvang van de ingreep gerelateerd aan zowel de omvang als de variatie van andere baggeractiviteiten en natuurlijke veranderingen.

### **Toetsing PKB**

De vraag is of de drempelverwijdering mogelijk significante effecten heeft op de wezenlijke kenmerken en waarden van de Waddenzee. Deze waarden en kenmerken zijn in de vorige paragraaf genoemd (a t/m g) en worden hier aangehaald. Bij de beoordeling wordt rekening gehouden met de voorwaarden die momenteel verbonden zijn met het verspreiden van baggerspecie. Deze voorwaarden zijn reeds in hoofdstuk 2 vermeld.

De kenmerken a en b worden, gezien de fysische samenhang, tegelijk beschouwd.

*Ad a. waterbewegingen en de daarmee gepaard gaande geomorfologische en bodemkundige processen*

*Ad b. natuurlijk bodemreliëf*

De drempelverwijdering is een lokale ingreep op een geulbodem op ca. NAP-7 m waarbij de platen niet direct beïnvloed worden. Uit het morfologische onderzoek blijkt dat de geulverruiming van ca. 43.000 m<sup>3</sup> door drempelverwijdering effect heeft op het LW, het tijverschil en het getijvolume van de geul. Het effect op het LW is een daling met maximaal 0,8 mm ter hoogte van Harlingen. Het tijverschil neemt maximaal met dezelfde waarde toe, hetgeen overeenkomt met 0,04%. Het getijvolume neemt toe met minder dan 1%. Deze effecten vallen volledig weg bij de natuurlijke ontwikkelingen en dynamiek in de waterbeweging en worden daarom als niet significant beoordeeld, ook in cumulatieve zin (par. 3.4).

Omdat de gevolgen voor de waterbeweging te verwaarlozen zijn geldt dit ook voor de morfologische gevolgen voor het geul- en plaatvolume. Deze zijn te klein om te kwantificeren. Ook is het niet waarschijnlijk dat het terugstorten van baggerspecie op de daarvoor geschikte locaties zal leiden tot morfologische veranderingen. Het gestorte sediment wordt door natuurlijke processen verspreid (conform eisen in vergunningen) en sedimentatie op de platen is zeer gering (< 1 mm), lokaal en tijdelijk. Het is niet de verwachting dat de storthoeveelheden in de toekomst zullen toenemen, gezien de stabiliteit van de vaargeul. Ook de onttrekking van zand in geval van drempelverwijdering in combinatie met zandwinning heeft geen significant effect op het sedimenttransport en de morfologie. Het natuurlijk sedimenttransport is veel groter dan de zandwinning.

---

De drempelverwijdering is relatief een kleine ingreep en zal niet leiden tot een significant cumulatief effect op morfologie. Het gaat om een relatief kleine hoeveelheid t.o.v. de reeds bestaande sedimentverplaatsingen als gevolg van vaargeulonderhoud, zandwinning en schelpenwinning (< 5%, zie hoofdstuk 2) en de variatie daarin van jaar tot jaar (<13%) en t.o.v. de natuurlijke dynamiek van het kombergingsgebied (hoofdstuk 3).

In het geval van zandwinning ontstaat er een zandbehoefte in de geul die uiteindelijk ten koste gaat van zand in de Noordzeekustzone. Het verlies van zand in de kustzone leidt er toe dat uiteindelijk meer zand op de kust gesuppleerd moet worden om deze op zijn plaats te houden. Dit is minder dan 1% van suppletiebehoefte. Dit heeft geen significante morfologische gevolgen voor de Waddenzee.

*Conclusie:* er zijn geen waarneembare en significante gevolgen voor de waterbeweging, de morfologische processen en het bodemreliëf van de Waddenzee.

*Ad c. kwaliteit van water, bodem en lucht*

Momenteel voldoet de kwaliteit van het bodemsediment in alle vaargeulen van de Waddenzee aan de eisen die de WVO stelt aan specie om verspreid te mogen worden. Voor de drie drempels zal dit niet anders zijn. Verder is het is aannemelijk dat de kwaliteit van de gebaggerde specie niet slechter is dan die van de plaats waar het gestort c.q. verspreid wordt. In de praktijk wordt via de WVO geregeld dat schadelijke stoffen (verontreinigingen) die vrij kunnen komen uit de baggerspecie geen significante effecten mogen hebben op de kwaliteit van het water en de bodem. Gevolgen voor de kwaliteit van de lucht zijn, gezien de aard van de activiteit, uitgesloten.

*Conclusie:* significante effecten op de kwaliteit van water, bodem en lucht kunnen worden uitgesloten.

De kenmerken d, e en f worden, gezien de ecologisch samenhang, tegelijk beschouwd.

*Ad d. biologische processen, waaronder de migratiemogelijkheden van dieren*

*Ad e. gebiedsspecifieke planten- en diersoorten*

*Ad f. fourageer-, broed- en rustgebieden van vogels, de werp-, rust en zooggebieden van zeezoogdieren en de kinderkamerfunctie van vis*

De drempelverwijdering resulteert in een aantal fysische effecten die van biologisch belang zijn (hoofdstuk 4): ontgraving van bodemsediment, begraving door storten, extra zwevend stof en vertroebeling in de waterkolom en verandering van sedimentsamenstelling op de stortlocatie. Deze effecten kunnen negatief uitwerken op bodemfauna, vissen, vogels, primaire productie (fytoplankton) en zeegras. Op de schaal van het kombergingsgebied zijn de effecten zeer gering: minder dan 0,1% van de bodemfauna in de geulen wordt beïnvloed en sterft wellicht; de bodemfauna op de platen wordt niet beïnvloed; er is minder dan 0,001% verstoring door

---

extra vertroebeling, met nauwelijks effect op de primaire productie en op mobiele diersoorten. Er zijn geen effecten op zeegras. Omdat de morfologische effecten van de drempelverwijdering niet significant en niet waarneembaar zijn, zijn ook de effecten op het de droogvalduur en het areaal van platen, en dus op de daarvan afhankelijke soorten zoals vogels en vissen (o.a. kinderkamer) niet significant.

De versturende effecten van de aanwezigheid van een baggervaartuijg op bepaalde diersoorten (vogels, zeehonden) worden beperkt door richtlijnen m.b.t. de afstand tot deze diersoorten.

De ecologische effecten van extra kustsuppleties als gevolg van zandwinning betreffen de negatieve effecten van ontgraving en begraving op de bodemfauna op respectievelijk de winlocatie en de suppletielocatie. Omdat de drempelverwijdering qua volume zeer gering is t.o.v. huidige suppletiebehoefte (< 1% in geval van zandwinning, anders 0%), is een significant effect op de ecologie van de kustzone uit te sluiten.

*Conclusie:* er zijn geen significante effecten zijn op de biologische processen, gebiedsspecifieke planten- en diersoorten en functies van het gebied voor vogels, zeezoogdieren en vissen in het komberingsgebied van het Vlie. Op de schaal van de gehele Waddenzee zijn de effecten nog kleiner. Gezien het geringe effect kan ook een cumulatief effect van de drempelverwijdering, die klein is t.o.v. bestaande andere ingrepen (zie hiervoor), uitgesloten worden.

*Ad g. unieke landschappelijke kwaliteiten: rust, weidsheid, open horizon en natuurlijkheid*

De enige verstoring van het landschap door de drempelverwijdering wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een baggerschip. Uitgaande van jaarlijks 40 tot 80 ladingen van respectievelijk 1000 tot 500 m<sup>3</sup>, met een cyclustijd van 1 à 2 uur, is de aanwezigheid van de zuiger 40 tot 160 uur per jaar. Het gaat hier om een geringe toename op een toch al drukke route (orde 100 scheepsbewegingen per dag), zodat een merkbare aantasting van het landschap niet aanwezig zal zijn. Door de geulverdieping kunnen schepen eerder of later t.o.v. HW uitvaren uit Harlingen. Dit geeft zou enige spreiding van de drukte kunnen geven.

*Conclusie:* de veranderingen in de aanwezigheid van de scheepvaart zijn marginaal en tasten het bestaande landschap niet aan.

*Ad h. archeologische waarden*

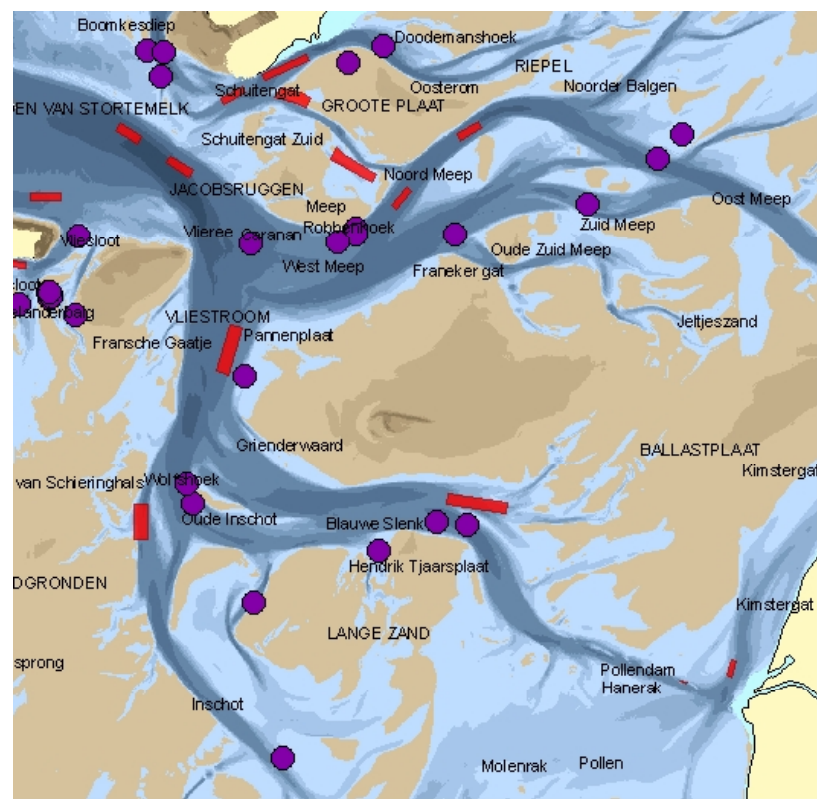
Met de ratificatie van het Verdrag van Malta dient Nederland zorg te dragen voor het archeologisch erfgoed. Het streven is de archeologische waarden in de bodem te laten zitten. De Monumentenwet (1988) kan archeologische waarden wettelijk beschermen en regelt de meldingsplicht van archeologische vondsten. Bij baggerwerkzaamheden wordt door RWS haar wrakkenbestand (WRAKSYS) geraadpleegd en wordt met aannemers overlegd indien zij op omvangrijke of vaste voorwerpen stuiten. Bij vaargeulonderhoud is



men vanaf 1989 nooit iets tegengekomen. Omdat er nu sprake is van een geulverdieping zal men de communicatie over wrakken iets aanscherpen: RWS zal het Rijks Oudheidkundig Bureau (ROB) een kaart sturen met daarop alle baggerlocaties in de Waddenzee. Het ROB zal kijken of er zich objecten in of in de nabijheid van de baggertracés bevinden. Dit is een preventieve actie. Op basis van huidige informatie is de kans klein dat er problemen ontstaan. Op de vaarroute Harlingen-Noordzee liggen diverse scheepswrakken, waarvan sommigen van archeologische waarde zijn (fig 6.1), en waarvan één locatie wettelijk is beschermd, gelegen in buitendelta. Bij geen van de te verwijderen drempels (situatie bodemligging van 2004) of baggerstortlocaties ligt een wrak in de weg.

*Conclusie:* er is geen risico op aantasting van archeologische waarden.

**Figuur 6.1.**  
Archeologische waardevolle  
scheepswrakken (paarse cirkels) en  
baggerstortlocaties (rode vlakken).



### Toetsing VHR

Aangezien de instandhoudingsdoelstellingen van de gebieden (nog) niet zijn geformuleerd (zie par. 6.2), wordt uitgegaan van de natuurwaarden zoals genoemd in de aanwijzingsbesluiten voor de VR en de aanmeldingsbesluiten voor de HR (informatie hierover is te vinden op de website van LNV).

In bijlage F wordt een overzicht gegeven van de beschermde habitattypen en soorten volgens de VHR waaraan getoetst dient te worden. De mogelijke effecten van drempelverwijdering op de

---

beschermde habitattypen en soorten zijn in feite bij de toetsing aan de PKB hiervoor beschreven. Daarom worden hierna alleen de conclusies weergegeven voor de natuurwaarden per SBZ volgens de VHR, waarbij de overwegingen die hieraan ten grondslag liggen niet uitgebreid herhaald worden.

#### *Alternatieven*

Er is geen natuurlijke alternatieve route aanwezig is voor schepen met de huidige of gewenste diepgang in de vaarweg Harlingen-Noordzee. Harlingen staat weliswaar via de geul de Boontjes in verbinding met Kornwerderzand (verkeer verder via IJsselmeer of richting Den Helder), maar deze geul is veel minder diep en zou zeer veel meer baggerwerk vereisen om als alternatief te dienen. Ook is er geen realistisch alternatief voor het verwijderen van drempels door baggeren. Alternatieven hiervoor bestaan uit aanleg van stroomgeleidingswerken voor geulen. Deze alternatieven zijn ingrijpender, duurder en in strijd met het beleid voor vaargeulen in de Waddenzee. De drempelverwijdering in de vaargeul Noordzee-Harlingen is dus het enige alternatief dat hier beoordeeld wordt.

#### *Waddenzee en VR:*

Conform de toetsing aan de PKB wordt geconcludeerd wordt dat de extra bagger- en stortactiviteiten ten behoeve drempelverwijdering en het onderhoud niet leiden tot:

- aantasting van platen (fourageer- en rustgebied vogels) door morfologische veranderingen
- verstoring van vogelconcentraties. Dit wordt voorkómen door op voldoende afstand te blijven.
- een significante afname van bodemfauna in de geulen als voedsel voor duikeenden. De geul is relatief arm en het aangetaste oppervlak is zeer gering.
- een belangrijke verstoorde zone voor vogels door extra vertroebeling in de geul (zoals de eidereend) rond een baggervaartuig. Deze zone is uitermate klein en tijdelijk.

Significante gevolgen voor de kwalificerende en overige relevante vogels zijn hierdoor uit te sluiten.

#### *Waddenzee en HR:*

In het intergetijdegebied van het Vlie zullen hooguit effecten van het baggeren en storten aanwezig zijn op platen in de directe nabijheid (zie hoofdstuk 4). Daarom zijn effecten op de habitattypen met betrekking tot kwelders (typen 1310, 1320 en 1330) en duinen (typen 2110, 2120 en 2130) uit te sluiten. Habitatype 1130 (estuaria) is hier niet van toepassing. Alleen de habitatypes 1110 (permanent met zeewater van geringe diepte overstroome zandbanken) en 1140 (bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten) zijn dus van belang. Geconcludeerd wordt dat:

- er geen morfologische aantasting is van de platen, slikken en zandbanken

- 
- er geen significante invloed is op vissen door vertroebeling. Deze is zeer lokaal en tijdelijk en vissen kunnen vertroebeling vermijden
  - er geen verstoring plaats zal vinden tot werp-, rust- en zooggebieden voor zeehonden, daar in de praktijk voldoende afstand wordt gehouden

#### *Noordzeekustzone en VR:*

Het effect van de drempelverwijdering op de Noordzeekustzone is een uiterst geringe toename (< 1%) van de 'reguliere' kustsuppletie en alleen in geval van zandwinning. Er is hier sprake van een te verwaarlozen cumulatief effect. Geconcludeerd wordt dat een significant effect van de drempelverwijdering op de kwalificerende en overige relevante vogels in de Noordzeekustzone is uit te sluiten.

#### *Noordzeekustzone en HR:*

Door de uitermate geringe extra kustsuppletie als gevolg van drempelverwijdering worden zandbanken niet aangetast. De bruinvis, zeehond en de genoemde vissoorten worden, mede door hun mobiliteit, niet gehinderd in hun functioneren of voortbestaan.

De algehele conclusie van deze VHR-toets is dat, rekening houdend met cumulatieve effecten, significante gevolgen voor de beschermde natuurwaarden in de SBZ Waddenzee en SBZ Noordzeekustzone kunnen worden uitgesloten. Een passende beoordeling wordt daarom niet nodig geacht.

### **Vergunningen en m.e.r.**

#### *Nb-wet*

Uit de hier uitgevoerde toets blijkt dat negatieve effecten op de natuurwaarden van de SBZ Waddenzee als gevolg van de drempelverwijdering mogelijk zijn. Dit betekent dat een vergunning nodig is op grond van Nb-wet (artikel 19d). Het is formeel aan het Ministerie van LNV om, in het kader van een vergunningaanvraag, te bepalen of een passende beoordeling noodzakelijk is. Op grond van de conclusie van het hier uitgevoerde onderzoek dat er geen kans is op significante gevolgen voor de natuurwaarden, wordt verwacht dat een passende beoordeling niet nodig zal zijn. Er is geen reden om aan te nemen dat deze conclusie anders zal zijn bij een officiële voortoets volgens de Nb-wet. In dit rapport is veel van de informatie aanwezig die bij deze voortoets nodig is, zoals bijlage F (lijst van soorten en habitattypen), eventuele alternatieven (zie hierboven), mitigerende maatregelen (o.a. vergunningsvoorwaarden, zie par. 2.4), de storende factoren en de effecten daarvan op de natuurwaarden (zie hoofdstuk 4).

#### *FF-wet*

In het gebied komen soorten voor die door de FF-wet beschermd worden, waaronder alle vogels (bijlage F). De FF-wet bevat een aantal verbodsbepalingen. Met name het verbod dieren, behorende tot een beschermde inheemse diersoort, opzettelijk te verontrusten (art. 10) of

---

hun voortplantings- of vaste rust- of verblijfplaatsen te verstoren (art. 11) lijkt hier van toepassing. Bij de drempelverwijdering wordt geen schadelijk effect op beschermde soorten verwacht, maar schade voor individuen, o.a. vogels, zijn niet uit te sluiten. Omdat geraadpleegde deskundigen van LNV en RWS niet unaniem van mening zijn dat de FF-wet hier van toepassing zal zijn, zou men er voor de zekerheid van uit moeten gaan dat de FF-wet van toepassing is c.q. er een overtreding van de verbodsbepalingen is. In dat geval is er een ontheffing nodig<sup>8</sup> omdat de activiteit niet valt onder bepaalde vrijgestelde werkzaamheden. Omdat er effecten op vogels kunnen zijn is vervolgens de zogenoemde uitgebreide toets van toepassing. Bij deze toets moet aan de volgende criteria worden voldaan:

1. er vindt geen afbreuk plaats aan de gunstige staat van instandhouding van de soort
2. er is geen andere bevredigende oplossing
3. de activiteit past binnen één van de genoemde belangen (waaronder dwingende reden van openbaar belang)

Aan de hand van hoofdstuk 4 en de toetsing hierboven wordt geconcludeerd dat de verdieping van de vaargeul de gunstige staat van beschermde inheemse planten- en diersoorten niet aantast. Daarnaast zijn er geen alternatieven voor deze activiteit voorhanden. Deze studie voorziet niet in een uitspraak over het derde criterium, waardoor er nog geen antwoord kan worden gegeven op de vraag of het mogelijk is een ontheffing in het kader van de FF-wet te verkrijgen. Geadviseerd wordt hierover in nader overleg met LNV te treden in de fase van het vergunningentraject.

#### *M.e.r.-plicht*

Volgens de provinciale milieuverordening is het opstellen van een milieu-effectrapport verplicht indien 0,5 mln m<sup>3</sup> of meer grond verzet wordt in geval van een vergroting of verdieping van een waterweg in de Waddenzee. Volgens de Wet milieubeheer is voor de vergroting of verdieping van een hoofdvaarweg een m.e.r. vereist indien er meer dan 5 mln m<sup>3</sup> grond wordt verzet of het ruimte-oppervlak met 20% of meer toeneemt. De drempelverwijdering is dus, gezien haar omvang, niet m.e.r.-plichtig.

#### *Overig*

Verder is een vergunning nodig in het kader van de WVO voor het verspreiden van baggerspecie en een vergunning op grond van de Wbr vanwege uitbreiding van de vaarweg (zie par. 2.4).

#### **Nabeschuwing**

Opgemerkt wordt dat er een grote overeenkomst is tussen de gevolgen van schelpenwinning en die van drempelverwijdering en dat de conclusies uit de (voor)toets overeenkomen. De toetsing voor het nieuwe schelpenwinbeleid (RWS-NN, 2004) had namelijk als

---

<sup>8</sup> Brochure "Buiten aan het werk? Houdt tijdig rekening met beschermde dieren en planten" van LNV.

---

eindconclusie dat de gevolgen voor de (natuur)waarden in de Waddenzee van zowel de huidige schelpenwinning als de voorgestelde wijziging gering, lokaal en tijdelijk zijn, dat de kwaliteit van de habitats en soorten niet zal verslechteren en er geen storende factoren zijn, voor zover die een significant effect zouden kunnen hebben. Voorts werd geconcludeerd dat er redelijkerwijs geen significante gevolgen te verwachten zijn voor de instandhoudingsdoelstellingen van de VHR-gebieden. Een passende beoordeling van de gevolgen voor het gebied werd dan ook niet nodig geacht.

Uit de overeenkomst tussen drempelverwijdering en schelpenwinning mag niet geconcludeerd worden dat de conclusies voor de drempelverwijdering op voorhand duidelijk waren, maar wel dat men op voorhand een goede inschatting kon maken of een passende beoordeling noodzakelijk zou zijn. Dit geldt ook voor eventuele toekomstige ingrepen van hetzelfde type. Daarbij is de grootte van de ingreep van cruciaal belang. Ervaringen met de gevolgen van grootschalige baggeractiviteiten op bijvoorbeeld de Westerschelde en de Eems laten zien dat er grote effecten kunnen optreden. De conclusies van dit onderzoek gelden dus niet automatisch voor een soortgelijke ingreep van een andere grootte en op andere locaties.

Tot slot wordt opgemerkt dat de kans bestaat dat de morfologie van de vaarweg zich anders ontwikkelt dan nu wordt ingeschat. De kans hierop wordt zeer klein geacht, maar morfologische voorspellingen zijn over het algemeen behept met (soms grote) onzekerheden. Een onverwachte sterke sedimentatie van de vaargeul zou in de toekomst tot steeds meer baggerwerk kunnen leiden. In dat geval dient, gelet op de opmerkingen hiervoor over de grootte van de ingreep, een herbeoordeling van de effecten plaats te vinden. Opgemerkt wordt dat RWS de geulontwikkeling volgt door regelmatig lodingen uit te voeren.

---

---

---

## 7. Conclusies

---

Op basis van het uitgevoerde onderzoek worden hier de in de inleiding genoemde vragen beantwoord, gevolgd door overige conclusies.

1. *Wat is de omvang van het weg te nemen sediment? Is dit sediment voor zandwinners interessant om als bouw materiaal te gebruiken?*

Gebaseerd op de diepte in de periode 2000-2004 en het verwijderen van een drietal drempels tot NAP-7,5 m wordt het volume van het initieel weg te nemen sediment geschat op 43.000 m<sup>3</sup>. Als gevolg van de onzekerheid in bodemligging wordt het maximale initiële baggervolume geschat op 69.000 m<sup>3</sup>. Dit sediment is waarschijnlijk voor minimaal 75% geschikt voor de zandhandel. Deze verwachting is gebaseerd op gebrekkige gegevens en kan pas nauwkeurig vastgesteld worden door monsternamen. De omvang van het weg te nemen sediment is klein (5%) t.o.v. de jaarlijkse baggerhoeveelheid in het kombergingsgebied van het Vlie en ook klein (12%) t.o.v. de variatie in geulvolume van jaar tot jaar.

2. *Wat zijn de kosten voor het wegnemen van het sediment? Wat is de handelswaarde van het sediment voor zandwinners?*

Vooropgesteld wordt dat de berekende kosten opgevat moeten worden als een indicatie en niet als een projectraming. De kosten voor het initieel baggerwerk zijn mede afhankelijk van het percentage winzand en de eenheidsprijzen. De gemiddelde kosten van het baggerwerk, uitgaande van 75% zandwinning, komen afgerond op 13 k€. Daarbovenop zijn er kosten voor kustsuppleties van 48 k€. Beide kosten komen samen op 62 k€. Domeinen ontvangt 20 k€. In het geval dat RWS de kosten voor het baggeren en suppleren betaalt dan zijn de netto kosten voor het Rijk 41 k€. Indien geen zand gewonnen wordt zijn de baggerkosten 54 k€. Als RWS dit betaalt zijn de netto kosten voor RWS 8 k€ lager dan in het geval van wel zandwinning (geen relatief dure suppleties), maar 12 k€ hoger voor het Rijk.

Alle bedragen voor het initiële baggerwerk worden 60% hoger indien uitgegaan wordt van de maximale baggerhoeveelheid van 69.000 m<sup>3</sup>. In het meest pessimistische geval komen de kosten op 104 k€. In dit geval wordt naast het maximale baggervolume ook uitgegaan van een hoge eenheidsprijs voor het baggeren en geen zandwinning.

De handelswaarde van het zand kan sterk variëren: 3,5 tot 6,5 €/m<sup>3</sup>. De handelswaarde voor de gemiddelde schatting van het initiële baggerwerk komt dan op 160 k€ ± 30%.

- 
3. *Welke morfologische effecten treden op? In hoeverre en met welke snelheid wordt het weggenomen sediment door natuurlijke processen weer aangevuld met nieuw sediment? Waar komt dit sediment vandaan en welke effecten heeft dit op deze oorsprongslokatie?*

Uit in het verleden uitgevoerde modelberekeningen voor de vaargeul langs de Pollendam is afgeleid dat de drempelverwijdering een zeer kleine daling van het LW van maximaal 0,8 mm tot gevolg kan hebben. De gevolgen voor het tijverschil, de stroomsnelheden en de morfologie zijn daarbij zo gering (<1%), dat zij volledig wegvallen in de natuurlijke trend en dynamiek en geen significant effect hebben op natuurlijke morfologische karakter van het systeem.

Het sediment dat uit de geul verwijderd wordt zal gemakkelijk door de natuurlijke processen aangevuld kunnen worden. Volledige aanvulling duurt waarschijnlijk 15 maanden. Indien zand aan wal gebracht wordt voor de zandhandel zal dit uiteindelijk dit ten koste gaan van het zandvolume in de Noordzeekustzone. Dit resulteert in extra onderhoud middels kustsuppleties dat meegenomen kan worden in het reguliere kustonderhoud. Het extra te suppleren volume als gevolg van drempelverwijdering is kleiner dan 1%.

4. *Welk onderhoud is er te verwachten om de vaargeul op diepte te houden (relatie met vraag 3)? Met welke frequentie is dit onderhoud nodig? Welke kosten zijn daarmee gemoeid? Is het sediment dat bij onderhoud verwijderd wordt, interessant voor zandwinners? Wat is de handelswaarde van het sediment voor zandwinners?*

De afgelopen decennia heeft de geul op de vaarroute Noordzee-Harlingen een tendens van geringe verdieping gekend. Uit de grootschalige morfologische ontwikkeling van het kombergingsgebied van het Zeegat van het Vlie en de ontwikkeling van het geulvolume op de vaarroute kan geconcludeerd worden dat in de komende decennia geen verondieping van de vaargeul naar Harlingen wordt verwacht en het onderhoudsbaggerwerk niet jaar op jaar zal toenemen. Het onderhoudsbaggerwerk voor de komende 10 jaar wordt geschat op gemiddeld 35.000 m<sup>3</sup> met een standaardafwijking van 12.500 m<sup>3</sup>/jr. Gezien de onzekerheden wordt het maximum onderhoud geschat op 60.000 m<sup>3</sup>/jr. Evenals het initiële baggervolume is ook het onderhoudsvolume klein t.o.v. huidige baggervolumes en natuurlijke variaties in geulvolume (zie vraag 1). De frequentie waarmee gebaggerd wordt is waarschijnlijk één tot enkele malen per jaar, maar dit is afhankelijk van de baggerstrategie. Het gemiddelde jaarlijkse volume wordt hierdoor niet beïnvloed.

Ook voor het onderhoudsbaggerwerk wordt er van uitgegaan dat het sediment voor 75% uit winbaar zand bestaat. De gemiddelde kosten worden geschat op 11 k€/jr. Daarbovenop zijn er kosten voor



---

kustsuppleties van 39 k€/jr. Beide kosten komen samen op 50 k€/jr. Domeinen ontvangt 17 k€/jr. In het geval dat RWS de kosten voor het baggeren en suppleren betaalt dan zijn de netto kosten voor het Rijk 34 k€/jr. Indien geen zand gewonnen wordt zijn de baggerkosten 44 k€/jr. Als RWS dit betaalt zijn de netto kosten voor RWS 7 k€/jr lager dan in het geval van wel zandwinning (geen relatief dure suppleties), maar 10 k€/jr hoger voor het Rijk.

Alle bedragen voor het onderhoudsbaggerwerk worden 71% hoger indien uitgegaan wordt van de maximale baggerhoeveelheid van 60.000 m<sup>3</sup>/jr. In het meest pessimistische geval (zie bij vraag 2 voor definitie) komen de kosten op 90 k€/jr.

De handelswaarde van het zand uit onderhoud volgens de gemiddelde waarde, wordt geschat op 130 k€ per jaar ± 30%.

5. *Leidt de beoogde ingreep mogelijk tot significante gevolgen op beschermde natuurwaarden in de SBZ Waddenzee en/of de SBZ Noordzeekustzone?*

De toetsing is uitgevoerd volgens de afwegingskaders van de PKB Waddenzee en de Vogel- en Habitatrichtlijn, waarmee tevens rekening gehouden is met de Natuurbeschermingswet, de Flora- en Faunawet en de Europese Kaderrichtlijn Water. Uit de toetsing blijkt dat, aangezien de fysische effecten (getij, morfologie, bodem) nihil tot zeer klein alsook kleinschalig zijn, en rekening houdend met cumulatieve effecten, significante gevolgen van de drempelverwijdering voor de beschermde flora- en faunasoorten en habitattypen uitgesloten kunnen worden in de SBZ Waddenzee en SBZ Noordzeekustzone.

Een uitgebreidere toetsing, zoals een passende beoordeling in het kader van de Vogel- en Habitatrichtlijn, wordt daarom niet nodig geacht. De vragen 6 en 7 uit de inleiding (hoofdstuk 1) hoeven daardoor niet beantwoord te worden.

### **Overige conclusies**

*Conclusies t.a.v. enkele overige belangen:*

Voorts wordt geconcludeerd dat het baggerwerk geen directe nadelig effecten heeft op:

- De kustveiligheid (geen stijging van waterstanden)
- De verkeersveiligheid van de scheepvaart tijdens baggeren
- De stabiliteit van de Pollendam, mits men de huidige praktijk van instandhouding toepast
- Archeologische waarden (bepaalde scheepswrakken)
- Unieke landschappelijke kwaliteiten (minimale verandering in aanwezigheid scheepvaart door baggervaartuig)

---

*Conclusies t.a.v. vergunningen en m.e.r.:*

De uitvoering van de drempelverwijdering kan in principe voldoen aan alle vergunningsvoorwaarden. Er zijn vergunningen nodig in het kader van de Nb-wet, WVO en Wbr. Of de FF-wet van toepassing is staat nog ter discussie en dient nader overleg met LNV plaats te vinden nodig in de fase van het vergunningetraject. Indien de FF-wet van toepassing blijkt te zijn, dan is een ontheffing nodig. De drempelverwijdering is niet m.e.r.-plichtig.

*Conclusies t.a.v. toetsing:*

De conclusie van de hier uitgevoerde toetsing is direct gekoppeld aan de omvang van de drempelverwijdering en het onderhoudsbaggerwerk. Dit betekent dat de conclusies van dit onderzoek niet automatisch gelden voor dit type ingreep van een andere grootte en op andere locaties. En dit geldt ook indien het onderhoudsbaggerwerk van de hier onderzochte drempelverwijdering in omvang zou toenemen doordat de morfologie van de vaarweg zich anders ontwikkelt dan nu wordt ingeschat. Er is in dit onderzoek niet aangegeven bij welke omvang dit tot significante gevolgen voor de natuurwaarden kan leiden. Geadviseerd wordt om in dit geval een nieuwe beoordeling van de effecten uit te voeren.

---

## 8. Referenties

---

**Anonymus, 1985.**

Onderzoek toegankelijkheid haven van Harlingen. Rapport van de gelijknamige werkgroep, mei 1985.

**Anonymus, 1996.**

Beheersplan Waddenzee 1996-2001. Ministeries VenW, LNV, EZ, VROM en Defensie, Waddenprovincies en -gemeenten.

**Beets, D.J., A.J.F. van der Spek en L. van der Valk, 1995.**

Holocene ontwikkeling van de Nederlandse kust. Rijks Geologische Dienst, Project Kustgenese, RGD rapport 40.016.

**BfG, 2001.**

Bagger- und Klappstellenuntersuchungen im Ems-Ästuar. Klappstellen 1 bis 7. Bundesanstalt für Gewässerkunde (red. H. Leuchs), WSA-Emden, Bericht BfG-1329.

**Bijkerk, R., 1988.**

Ontsnappen of begraven blijven. De effecten op bodemdieren van een verhoogde sedimentatie als gevolg van baggerwerkzaamheden. Literatuuronderzoek. RDD Aquatic Ecosystems, Groningen (in opdracht van Rijkswaterstaat).

**Boon, J.G., Dardengo, L. and Kernkamp, H., 2002.**

Alternative dumping sites in the Ems-Dollard estuary. Model study. WL I Delft Hydraulics, Report Z3328. In opdracht van RIKZ.

**Dillingh, D., 2002.**

Klimaatverandering en zeespiegelstijging: vroeger, nu en in de toekomst. In: Mens en Wetenschap 29 (5).

**Elias, E., M. Stive, H. Bonekamp and J. Cleveringa, 2003.**

Tidal inlet dynamics in response to human intervention. Coastal Engineering Journal 45 (4), 629-658.

**Erftemeijer, P., 2002.**

Evaluatie ecologische effecten van baggerwerkzaamheden in de Eems voor het ingraven van een bestaande 42 inch gasleiding voor de NV Nederlandse Gasunie. WL I Delft Hydraulics, project Z3401, in opdracht van NV Nederlandse Gasunie, oktober 2002.

**Erftemeijer, P., 2005.**

Trend analyse van zeegrasverspreiding in de Nederlandse Waddenzee 1988-2003. WL I Delft Hydraulics, rapport Z3880. In opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Holland.

---

**Essink, K., 1999.**

Ecological effects of dumping of dredged sediments; options for management. *Journal of Coastal Conservation* 5: 69-80.

**Evenhuis, H. en F. IJnsen, 1982.**

Onderzoek vaarwater Zeegat van het Vlie. Rijkswaterstaat, Directie Friesland. Rapport ANP 82-4.

**Gerritsen, F. en H. de Jong, 1985.**

Stabiliteit van doorstroomprofielen in het Waddengebied. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, nota WWKZ-84.V016.

**Hartsuiker, G., 1992.**

Vaarweg naar Harlingen. Effecten van verdieping vaarweg. Waterloopkundig Laboratorium (WL), Verslag effectstudie, H1367. In opdracht van Gemeente Harlingen.

**Heijst, M.W.I.M. van, J.M. de Kok en J. Cleveringa, 2005.**

Vaargeulonderhoud, zandwinning & kustlijnverzorging. Risico's en perspectieven voor Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat, Publicatiereeks Grondstoffen 2005/04, concept 20 mei 2005.

**Hoeksema, R.H., H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde en J. de Vlas, 2004.**

Bodemdalingstudie Waddenzee 2004. Vragen en onzekerheden opnieuw beschouwd. Rijksinstituut voor Kust en Zee, rapport RIKZ/2004.025, juni 2004.

**John, S.A., S.L. Challinor, M. Simpson, T.N. Burt and J. Spearman, 2000.**

Scoping the assessment of sediment plumes from dredging. CIRIA Publication C547, ISBN 0 86017 547 2, London.

**Kemper, J.B., 2002.**

Overzicht uitgevoerd (eigen) baggerwerk in de vaarroutes in beheer en onderhoud bij de dienstkring Waddengebied-Friesland, onderafdeling Waddenzee in de periode 1989-2001. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland, Dienstkring Waddengebied Friesland. Notitie februari 2002.

**Leeuwesteijn, W., 1996.**

Bestorting onderwater-talud Pollendam. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, conceptadvies, 02-12-96.

**Lindenberg, J., 1996.**

Advies stabiliteit Pollendam. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, brief AG-B-96045, 8 augustus 1996.

**Louters, T. en F. Gerritsen, 1994.**

Het mysterie van de Wadden. Hoe een getijdesysteem inspeelt op de zeespiegelstijging. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Rapport RIKZ-94.020

---

**LNV, 2004.**

Resultaten wetenschappelijk onderzoek EVA II. Publieksversie. Ministerie van LNV, Directie Visserij.

**LNV, 2005.**

Natura 2000 Contourennotitie. Kaders voor Natura 2000 doelen, besluiten en beheersplannen. Ministerie van LNV, concept RROM/MR, juni 2005.

**Mulder, H.P.J., 2002.**

Alternatieve stortlocaties in de Mond van de Dollard. Onderbouwing van een advies aan de Eemsc commissie op basis van slibverspreiding en kosten. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, werkdocument RIKZ/AB/2002.615x, 16 december 2002.

**Mulder, H.P.J., 2004.**

Morfologische ontwikkeling van een proef-schelpenwininput in de Waddenzee, geul Westmeep. Vervolgonderzoek Schelpenwinning. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, werkdocument RIKZ/AB/2004.603w, 5 maart 2004.

**Mulder, H.P.J. en M.C. Rommel, 2004.**

Effecten van rainbowen in vergelijking met andere baggermethoden in de Waddenzee. Een verkenning. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, werkdocument RIKZ/AB/2004.613W, 28-9-2004.

**Noordstra, P., 1992.**

Verwachting toekomstig baggerwerk in de vaargeul langs de Pollendam. Rijkswaterstaat, Directie Friesland, notitie ANW 92.27, 3 september 1992.

**Oost, A.P. en Kleine Punte, P.A.H., 2003.**

Autonome morfologische ontwikkeling westelijke Waddenzee. Een doorkijk naar de toekomst. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, rapport RIKZ/2004.021, 31 juli 2003.

**Peters, B.G.T.M., G.A. Liek, J.W.M. Wijsman, M.W.M. Kuijper en G.Th. van Eck, 2003.**

Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43'. Een verruimde blik op waargenomen ontwikkelingen. MOVE evaluatierapport 2003. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, rapport RIKZ/2003.027.

**Reijngoud, T.T., (2001).**

Eindrapport vervolgonderzoek schelpenwinning. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland, Rapport DNN 826/2001. ISBN 9036935334.

**RIKZ, 1998.**

Sedimentatlas Waddenzee. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, CD-ROM.

---

**RWS-NN, 1998.**

Instandhoudingsplannen Vaargeul Harlingen – Terschelling- Vlieland. Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland, Leeuwarden, maart 1998.

**RWS-NN, 2004.**

Tweede partiële herziening Landelijke Beleidsnota Schelpenwinning. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland.

**Schans, H., H.P.J. Mulder en J. de Vlas, 2003.**

Opvulsnelheid, gedrag en effect van schelpenwinputten in de Waddenzee. Vervolgonderzoek schelpenwinning. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland, rapport NN-ANW-03-01.

**Tanczos, I., T. van der Kaaij, Z.B. Wang, M. van Helvert, M. van Ormondt, R. Bruinsma en C. Jeuken, 2004.**

Vooronderzoek naar het voorspellen van het onderhoudsbaggerwerk en het verbeteren van de stortstrategie in de Westerschelde. Rapport gemaakt in het kader van ProSes door het consortium Arcadis-Technum (te downloaden via [www.proses.nl](http://www.proses.nl)).

**VenW, 2004.**

Zeehavens: ankers van de economie. Nationaal zeehavenbeleid 2005-2010. Directoraat-Generaal Goederenvervoer. Den Haag, oktober 2004.

**Van der Molen, P. en Rakhorst, H.D., 1983.**

Vaarroute naar Harlingen vanaf het Zeegat van het Vlie. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Kust en Zee, Nota WWKZ-83.H009, juni 1983.

**Verbeek, H., F.T.G. Tank en M.D. Groenewoud, 1998.**

Drempels in de Westerschelde: natuur en mens samen aan het werk. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, rapport RIKZ-98.011, ISBN 90-369-3472-9.

**Visser, G.C., 1979.**

Kanaliserings Boontjes en vaargeul langs de Pollendam. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Kust en Zee, Notitie WWKZ-78.H256, januari 1979.

**Visser, G.C., 1980.**

Verdieping vaargeul langs Pollendam. Metingen en berekeningen met het 1-dimensionale getijmodel. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Kust en Zee, Notitie WWKZ-80.H232, juli 1980.

**VROM, 2001.**

Derde Nota Waddenzee. Deel 3: kabinetsstandpunt planologische kernbeslissing. November 2001.

**VROM, 2005.**

---

Aangepast pkb deel 3, Derde Nota Waddenzee. Versie 31 januari 2005, concept.

**Wang, Z.B. en C. Jeuken, 2002.**

Baggerbezwaar vanwege vaargeulonderhoud en actualisering van de stortcapaciteit in de Westerschelde op basis van het onderbouwde Cellenconcept. Memo MCM59931/CJ. WLIDelft Hydraulics, Delft.

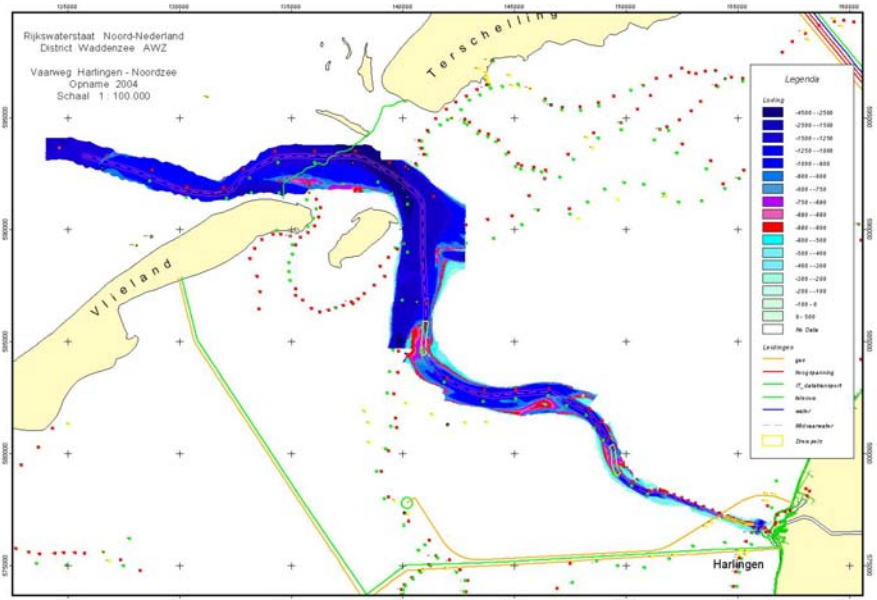
---



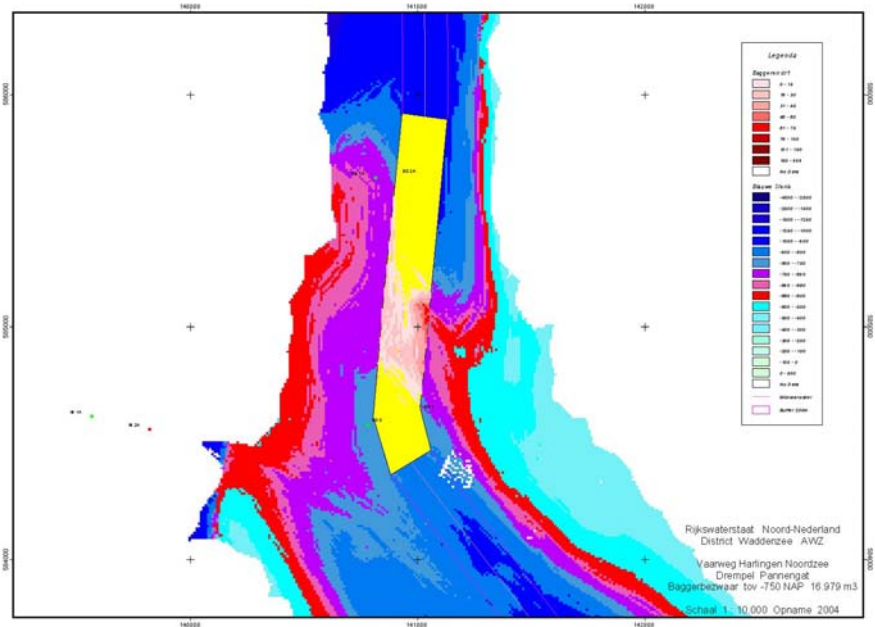
# Bijlage A Locaties van de te baggeren drempels volgens de dieptetelling van 2004

N.B. in de figuren aangegeven schalen zijn door verkleining niet meer van toepassing

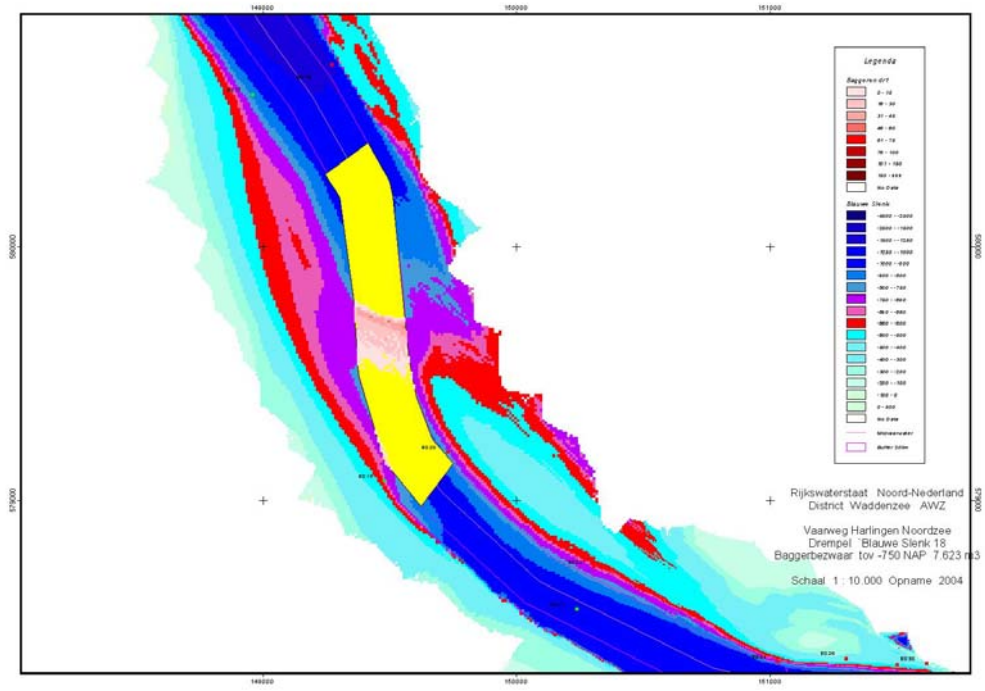
**Figuur A.1**  
Overzicht vaargeul en drempels



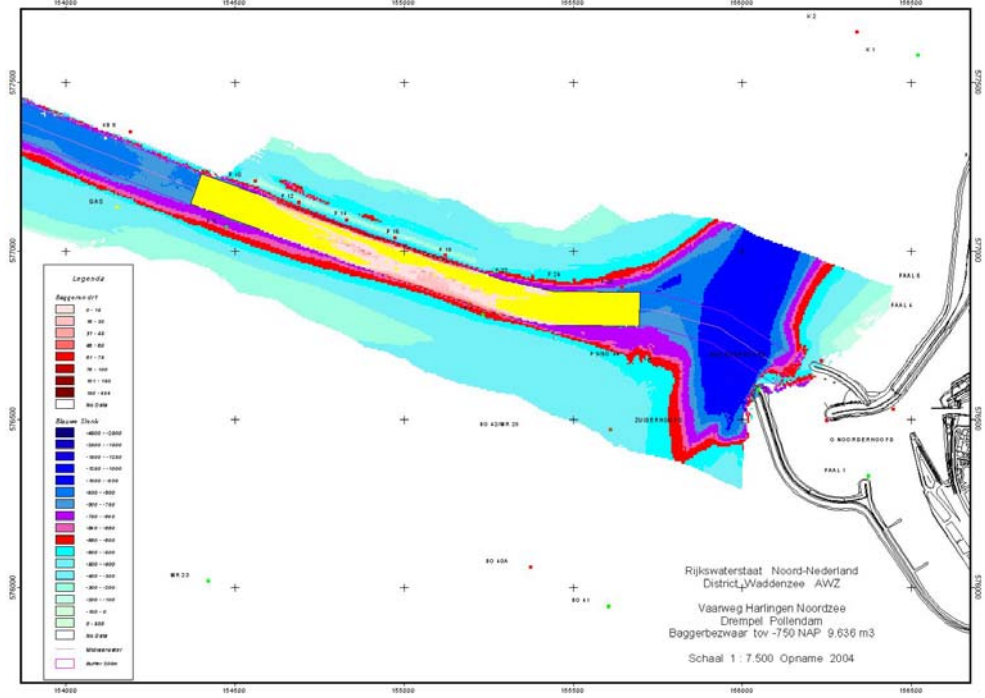
**Figuur A.2**  
Drempel Pannengat



**Figuur A.3**  
Drempel Blauwe Slenk



**Figuur A.4**  
Drempel Pollendam



---

## Bijlage B Gegevens zwevend stof in oppervlaktewater tussen Noordzee en Harlingen

---

Samengesteld uit gegevens uit RWS-database DONAR. Zwevend stof gehalte in mg/l (incl. gloeirest).

Nr	Locatie	Periode van	t/m	Duur (jr)	n	n/jr	Gemiddelde	St.dev
1	Harlingen havenmond west	9-1-1986	5-12-1995	9,91	117	11,8	62,09	41,11
2	Harlingen vaargeul	28-2-1973	12-11-1975	2,70	67	24,8	47,12	32,05
3	Lange Zand	15-3-1973	1-12-1975	2,72	45	16,6	31,29	15,01
4	Blauwe Slenk Oost	28-2-1973	17-3-2004	31,07	424	13,6	61,45	43,68
5	Blauwe Slenk west	28-2-1973	12-11-1975	2,70	68	25,1	41,78	31,10
6	Wolfshoek	28-2-1973	1-12-1975	2,76	111	40,3	29,78	18,92
7	Vliestroom zuid	14-1-1976	9-12-1981	5,91	65	11,0	40,08	19,24
8	West Meep west	20-2-1973	1-12-1975	2,78	125	45,0	30,02	19,59
9	Vliestroom	28-2-1973	12-1-2004	30,89	380	12,3	33,78	25,13

---

---

### *Inleiding*

In het verleden zijn door Rijkswaterstaat en het Waterloopkundig Laboratorium modelberekeningen uitgevoerd naar verdieping van de vaargeul naar Harlingen, langs de Pollendam. Per type modelberekening wordt een vertaling gemaakt naar de te verwachten effecten van de nu geplande verruiming/drempelverwijdering op het getij en de morfologie. Hierbij wordt uitgegaan van een geulverruiming met 43.000 m<sup>3</sup>. Tot slot worden conclusies getrokken op basis van beide type modelberekeningen.

### *Modelberekening Rijkswaterstaat*

In het verleden zijn door Rijkswaterstaat berekeningen uitgevoerd met een 1D-netwerk-model voor de plannen tot kanalisering c.q. verdieping van de geul de Boontjes (van Kornwerderzand naar Harlingen) en de vaargeul langs de Pollendam (Visser, 1979). Hierbij is men uitgegaan van een profielverruiming van de vaargeul langs de Pollendam van 130 m<sup>2</sup> (ca. 0,6 m dieper) resp. 390 m<sup>2</sup> (ca. 2 m dieper) over twee verschillende delen van de geul. De lengte van de geuldelen is niet gegeven, maar wordt op grond van het getoonde kaartmateriaal geschat op 1000 resp. 3000 m. Deze verdiepingen komen overeen met een relatieve profielverruiming van gemiddeld 10% resp. 42%. De geulverruiming komt dan in totaal op 1,3 mln m<sup>3</sup> ofwel 32%. De gevolgen voor het HW waren nihil, maar het LW langs de Pollendam zou volgens de berekening dalen met 2,3 cm (bij springtijcondities). Het tijverschil zou hierdoor met 1,1 % toenemen. Het getijddebiet in de vaargeul neemt volgens de berekening tot met bijna 50 % en ook de stroomsnelheid neemt flink toe. Hierdoor wordt tevens geconcludeerd dat de geul niet terug zal keren naar het oude evenwicht, maar nog verder zal verdiepen. Ook zou deze verdieping van de vaargeul langs de Pollendam leiden tot significante veranderingen in de getijdgebieten van aangrenzende geulen, zoals de Boontjes. Op grond van deze berekeningen zou men kunnen concluderen dat de effecten van een algehele verdieping van de vaargeul langs de Pollendam, waarbij 1,3 Mm<sup>3</sup> wordt verwijderd, niet verwaarloosbaar zijn, en dat zeker niet voor de getijdgebieten. Echter, uit later onderzoek (Visser, 1980) blijkt dat de debieten door het model niet betrouwbaar worden weergegeven (verschil van 50% met metingen) en dat "de konklusies van notitie 78.H256, Kanalisering Boontjes en vaargeul langs de Pollendam, enigszins op losse schroeven komen te staan". Overigens worden de waterstanden door het model wel redelijk goed weergegeven.

Bovenstaande bevindingen kunnen te dele vertaald worden naar de gevolgen van de huidige plannen voor drempelverwijdering. Uitgaande van een geulverruiming van 43.000 m<sup>3</sup> zou het effect op het tijverschil beperkt blijven tot een toename van  $0,043/1,3 * 1,1\% = 0,04\%$  ofwel

---

een daling van ca. 0,8 mm van het LW tijdens springtij (hierbij is een lineaire afhankelijkheid aangenomen). Gezien de onzekerheden in het 1D-model over de gevolgen voor de debieten is het niet mogelijk kwantitatieve uitspraken te doen over de te verwachten stroomsnelheidsveranderingen en daaruit voortvloeiende morfologische veranderingen.

#### *Modelberekening Waterloopkundig Laboratorium*

In 1992 is door het Waterloopkundig Laboratorium (WL) in opdracht van de gemeente Harlingen een studie uitgevoerd naar de effecten van een verdieping van de vaargeul langs de Pollendam (Hartsuiker, 1992). De hoogste drempels liggen op ca. NAP-6,0 m. De studie betreft niet alleen de gevolgen van de verdieping op het getij (waterbeweging), maar ook op de invloed van scheepvaart op de stabiliteit van de Pollendam. Er is gebruik gemaakt van een 2D-model (dieptegemiddeld) voor de westelijke Waddenzee tot aan het wantij van Ameland met een maaswijdte van 500\*500 m. Er zijn 2 verdiepingsscenario's onderzocht: een verdieping tot NAP-7,30 m (T1) en tot NAP-8,80 m (T2). Dit is gedaan t.o.v. de bodem van 1991 (T01) en 1982 (T00). Omdat ook voor T00 een berekening gemaakt is zijn er in feite 3 verdiepingsscenario's doorgerekend.

Het rapport bevat echter geen gegevens over de volumina die met de verdiepingsscenario's gepaard gaan. Uit navraag bij auteur en medewerkers van het rapport is gebleken dat er naast het rapport geen informatie meer beschikbaar is. Daarom is op basis van het rapport een schatting gemaakt van de verdiepingsvolumina. Hiervoor staan de volgende gegevens ter beschikking uit het WL-rapport:

- Fig. 4: lengte Pollendam: 5 km. Bodemligging ligt tussen NAP-2,5 en -5 m (1982, T00). Pollendam in het model heeft lengte van 4000 m langs celgrenzen/schotjes en ruim 3000 m hemelsbreed van uiteinde tot uiteinde. In x-richting gezien is de dam 3000 m lang (6 cellen) en in y-richting 1000 m (2 cellen). Wateruitwisseling over de Pollendam is in het model niet mogelijk. De haven van Harlingen zit in het model.
- Blz. 11, 12: Oorspronkelijke bodemligging in het model van 1982 (T00) is aangepast aan die van peiling van augustus 1991 (T01). De verdieping is uitgevoerd door diepten in het model zodanig aan te passen dat de afname van het dwarsprofiel in het model over een breedte van 500 m gelijk is aan die in werkelijkheid over een breedte van 100 m. De hierdoor onwerkelijke verdieping resulteert in kunstmatige vergroting van de ruwheid, die gecompenseerd wordt door een verlaging van de ruwheidsconstante (Manning).
- Fig. 9: het tijverschil langs Pollendam is 2,02 m (opgemeten).
- Fig. 24: aan einde van de Pollendam (punt 14), halverwege (punt 16) en nabij Harlingen (punt 18) is de doorstroomoppervlakte volgens meting uit de figuur als volgt (opgemeten met fout van ca. 5 m<sup>2</sup>):

.....  
**Tabel C.1.**  
 Verandering in doorstroomoppervlakte  
 (m<sup>2</sup>)

Locatie	T00	T01	T1	T2
Punt 14	1405	1405	1415	1415
Punt 16	1600	2110	2375	2500
Punt 18	1950	2220	2480	2600
Gemiddeld	1639	1961	2161	2254

Er is op twee manieren een schatting gemaakt van het verdiepingsvolume. Voor de eerste schatting is uitgegaan van (met dieptes t.o.v. NAP en over volledige geullengte en -breedte):

- Een minimale lengte van 3000 m en breedte van 100 m van de vaargeul.
- T00 heeft de maximale diepte van 5 m.
- T01 heeft een minimale diepte van 6 m (hoogste drempel) bij vergelijking met T00
- T01 heeft een maximale diepte van 6,5 m (arbitraire keuze) bij vergelijking met T1 en T2
- T1 heeft een diepte van 7,3 m
- T2 heeft een diepte van 8,8 m

Voor de tweede schatting is uitgegaan van:

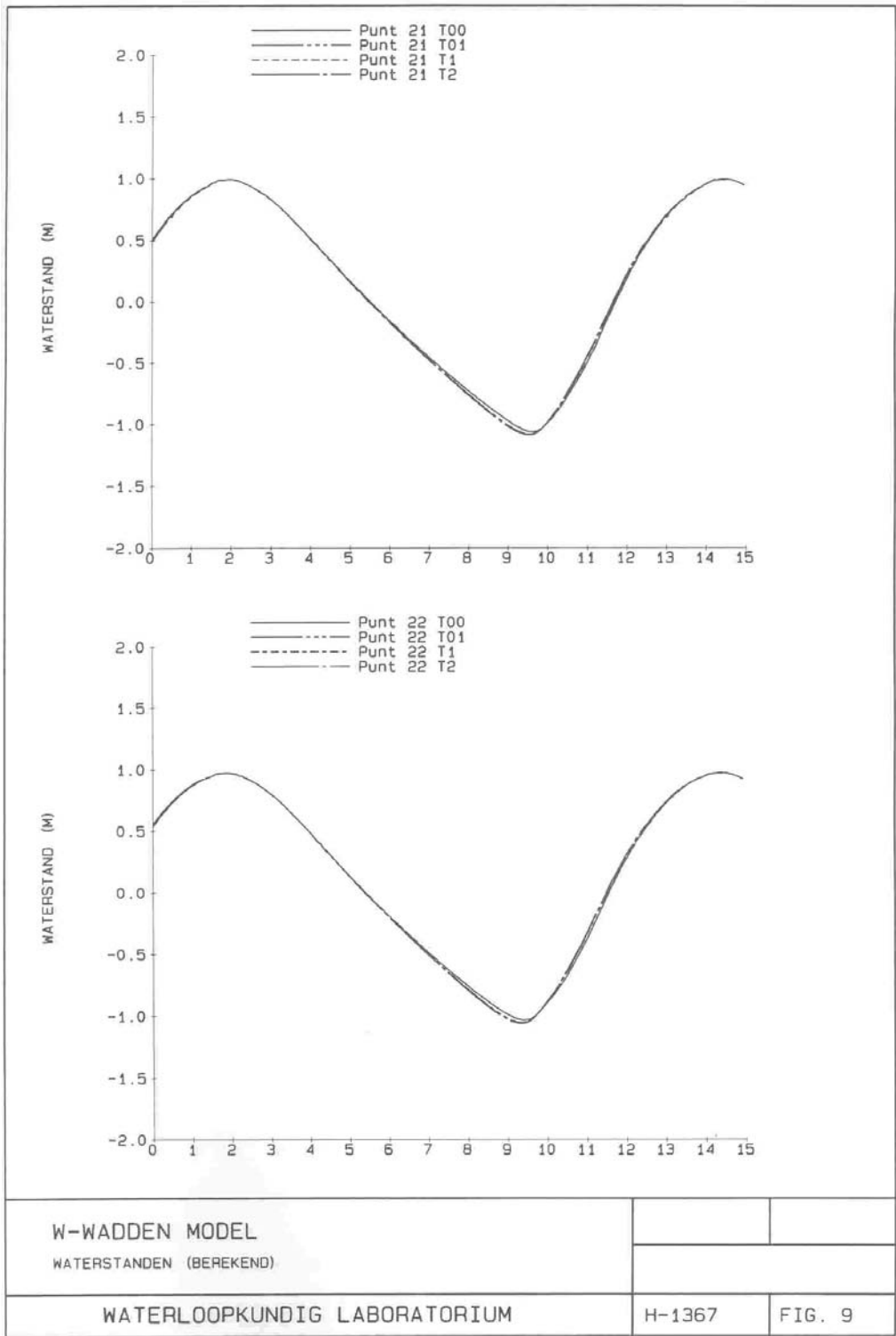
- Een lengte van 4000 m en breedte van 100 m van de vaargeul.
- De veranderingen in doorstroomoppervlakte volgens tabel C.1, waarbij de 3 punten gemiddeld zijn via lineaire interpolatie ("gemiddelde" in tabel C.1).

Het resultaat staat in tabel C.2. Door de keuzes voor de diepte(verschillen) i.c.m. de beperkte lengte kan de eerste methode opgevat worden als een minimale schatting. Methode 2 levert 2 tot 4 maal zo hoge schattingen op, behalve voor T2 t.o.v. T1. Volgens methode 2 is de verdieping van T1 naar T2 kleiner dan 1,5 m. Dit betekent dat deze methode in dit geval een onderschatting geeft. Hoewel het hier om schattingen gaat, is de schatting volgens methode 1 bruikbaar voor een conservatieve benadering van de effecten. De schatting volgens methode 2 zou echter realistischer kunnen zijn, m.u.v. T2 t.o.v. T1.

.....  
**Tabel C.2.**  
 Geschatte verdieping en bijbehorend  
 volume volgens twee methoden.

Scenario	Verdieping geul Methode 1 (m)	Verdieping geul Methode 2 (m)	Verdiepingsvolume Methode 1 (1000 m <sup>3</sup> )	Verdiepingsvolume Methode 2 (1000 m <sup>3</sup> )
T01 t.o.v. T00	1	3,23	300	1290
T1 t.o.v. T00	2,3	5,23	690	2090
T1 t.o.v. T01	0,8	2,00	240	800
T2 t.o.v. T00	3,8	6,15	1140	2460
T2 t.o.v. T01	2,3	2,93	690	1170
T2 t.o.v. T1	1,5	0,93	450	370

.....  
**Figuur C.1.**  
 Voorbeeld van de berekende  
 waterstanden voor twee locaties (bron:  
 Hartsuiker, 1992).





---

Volgens een conservatieve benadering (T2 t.o.v. T00) daalt het LW ongeveer met 2 cm per 1140 duizend m<sup>3</sup> geulverruiming (T2 t.o.v. T00) ofwel 0,018 mm per 1000 m<sup>3</sup>. Uitgaande van een geulverruiming van 43.000 m<sup>3</sup> zou het effect op het tijverschil beperkt blijven tot een toename van  $0,018 \cdot 43 = 0,8$  mm ofwel 0,04%, waarbij dit geheel voor rekening komt van een daling het LW met 0,8 mm. Bij een niet conservatieve benadering is het effect waarschijnlijk een factor 2 kleiner.

Voor alle scenario's geldt dat de stroomsnelheden langs de Pollendam afnemen. De maximale getijdebieten in de omgeving van Harlingen veranderen nauwelijks maar langs de Pollendam is deze 10-20% hoger, afhankelijk van het scenario. Voor het getijvolume geldt hetzelfde. Morfologisch gezien betekent dit dat de geul langs de Pollendam door de snelheidsafname een tendens tot sedimentatie zal vertonen, maar omdat het getijvolume is toegenomen zal het vergrote doorstroomprofiel niet naar de oorspronkelijke grootte terugkeren, maar naar een nieuw evenwichtsprofiel met een grotere doorstroomoppervlakte dan oorspronkelijk. In de ruimere omgeving van Harlingen zijn de veranderingen zo gering dat morfologische veranderingen van de orde 1% zijn en in het niet vallen bij de natuurlijke veranderingen.

#### *Synthese beide modelstudies*

De verruiming van de vaargeul langs de Pollendam volgens het 1D-model komt overeen met een toename van het geulvolume met ca. 30%. Voor het 2D-model is dit 40 tot 75% voor het scenario met het grootste effect (T2 t.o.v. T00). Nemen we veiligheidshalve aan dat de huidige geulverruiming van ca. 43.000 m<sup>3</sup> volledig langs de Pollendam optreedt, dan komt deze geulverruiming neer op maximaal  $100\% \cdot 43.000 / (4.000 \cdot 100 \cdot 7) = 1,5\%$ . In werkelijkheid is de verruiming kleiner, zodat gezien de modelresultaten, waarbij relatief veel grotere verruiming aan de orde zijn, er geen significante effecten op de waterbeweging verwacht mogen worden.

Wat betreft het effect op het tijverschil en het m.n. de daling van het LW is er een opvallende overeenkomst tussen de resultaten van het 1D-model en het 2D-model. Verdiepingsvolumes langs de Pollendam leiden tot een daling van het LW van 1 tot 2 cm per mln m<sup>3</sup> geulverruiming, waarbij het tijverschil toeneemt met 0,5 tot 1%. Indien dit vertaald wordt naar een geulverruiming van 43.000 m<sup>3</sup>, dan zal het tijverschil toenemen met maximaal 0,04% en het LW dalen met maximaal 0,8 mm. Dit echter alleen in de nabijheid van Harlingen.

De getijvolumes zullen naar verhouding sterker veranderen dan het tijverschil. De verruiming van het doorstroomprofiel laat meer doorstroming van water toe, zij het met een lagere stroomsnelheid. De resultaten van het 1D-model voor het getijvolume zijn niet betrouwbaar. Afgaande op de resultaten van het 2D-model zal een geulverruiming van 43.000 m<sup>3</sup> leiden tot een toename in het getijvolume van minder dan 1% langs de Pollendam (een

---

geulverruiming van ruim 1 mln m<sup>3</sup> leidt tot een toename van 10-20%). Morfologisch gezien betekent dit dat de geul niet merkbaar zal veranderen en er in de omgeving geen significante morfologische effecten zullen zijn.

Op grond een conservatieve interpretatie van de gebruikte modelberekeningen kan geconcludeerd worden dat een geulverruiming van 43.000 m<sup>3</sup> geen significante effecten heeft op het getij (waterstand en volume) en de morfologie.

---

## Bijlage D Beschouwing hydrodynamische effecten op basis van ruwheidsverandering

---

Door de verwijdering van sediment ruim onder de laagwaterlijn zal het getijdeprisma, de hoeveelheid water die tussen laag- en hoogwaterlijn geborgen wordt, ook wel kombergingsvolume genoemd, niet direct veranderen, mits het laag- en/of hoogwaterniveau niet verandert. Bij een verdieping van de geul neemt in principe de hydraulische ruwheid af, waardoor de getijgolf zich gemakkelijker voortplant (minder demping). De ruwheid in de formules voor de getijbeweging wordt weergegeven door de Chézy-coëfficiënt. Een gebruikelijke formule hiervoor is die volgens Manning-Strickler:  $C = h^{1/6}/n$ , waarin  $h$  de waterdiepte is en  $n$  de constante van Manning, een maat voor de ruwheid van het materiaal en de vorm van de bodem. De wrijvingsterm in de waterbewegingsvergelijking is evenredig met  $C^{-2}$ . In onderstaande tabel staat de verandering in wrijving weergegeven bij verschillende verdiepingen t.o.v. een diepte van 6,5 m, bij een gebruikelijke onveranderde waarde van  $n = 0,024$ .

Diepte (m)	Chezy-coëfficiënt ( $m^{1/2}/s$ )	Verandering in Wrijvingsterm
6,5	56,9	0%
7,0	57,6	-2,4%
7,5	58,3	-4,7%
8,0	58,9	-6,7%

In hoeverre een lokale verdieping de getijgolf beïnvloedt is afhankelijk van de gebiedsgrootte waar de verdieping optreedt. In het geval van de vaargeul naar Harlingen zal een verdieping plaatsvinden van ca. 0,3 m, waardoor lokaal de wrijving afneemt met ca. 1,5 % (zie tabel). De bodemoppervlakte van deze lokale verdieping is klein t.o.v. de totale bodemoppervlakte die de wrijving bepaalt. Nemen we deze totale oppervlakte gelijk aan die van vaargeul, met een totale lengte van ca. 30 km en een breedte van slechts 200 m, dus in totaal  $6 \text{ km}^2$ , dan wordt het effect van de verminderde wrijving gereduceerd tot  $1,5\% * 0,14/6 = 0,04\%$ . Daarbij moet bedacht worden dat de hier genomen totale oppervlakte van  $6 \text{ km}^2$  minder dan 1% is van de totale oppervlakte van het kombergingsgebied van het Zeegat van het Vlie. Bovendien is de wrijving slechts gedeeltelijk van invloed op de getijgolf, maar in de Waddenzee wel in belangrijke mate. Het berekende percentage is daarom in werkelijkheid waarschijnlijk nog lager. Hieruit volgt dat het effect op het getij niet significant is.

---

---

De opzet van het model wordt hier globaal besproken. Voor meer gedetailleerde informatie over de opzet, de calibratie en toepassing van het model voor de Westerschelde wordt verwezen naar Wang en Jeuken (2002) en Tanczos et al. (2004).

In het model wordt het baggergebied beschouwd als één element, waarvan wordt verondersteld dat die een evenwichtsdiepte bezit die te klein is voor scheepvaart. Door baggeren wordt in dat gebied vervolgens een "overdiepte" aangebracht. Deze overdiepte heeft tot gevolg dat er een zandhonger ontstaat zodat er sedimentatie optreedt in dat gebied. Het onderhoudsbaggerwerk wordt bepaald door de snelheid waarmee dit gebeurt.

Om de sedimentatie snelheid  $S$  te bepalen stellen we eerst een massabalans op voor de waterfase in het gebied:

$$\delta(c_E - c) = w_s A(c - c_e)$$

met:

$\delta$  = horizontale uitwisselingscoëfficiënt ( $m^3/s$ )

$c_E$  = sediment concentratie in de omgeving

$c$  = sediment concentratie in het gebied (-)

$w_s$  = verticale uitwisselingsnelheid ( $m/s$ )

$A$  = oppervlakte van het baggergebied ( $m^2$ )

$c_e$  = lokale evenwichtsconcentratie (-)

Het rechter lid van deze vergelijking is gelijk aan de sedimentatie snelheid  $S$ , ofwel het onderhoudsbaggerwerk. Fysisch betekent het dat er sedimentatie optreedt omdat er meer sediment wordt aangevoerd dan de sedimenttransportcapaciteit in het baggergebied. De lokale evenwichtsconcentratie is dus een mate van de lokale sedimenttransportcapaciteit die is gerelateerd aan de verhouding tussen de evenwichtsdiepte en de onderhouden diepte.

Links van het gelijkteken staat de aanvoer van sediment vanuit de omgeving door intergetijdse dispersie. Dit beschrijft de gemiddelde sedimentuitwisseling over een getijperiode, of met andere woorden de netto resultaten van de eb- en vloedfase. De formulering van deze term kan het men best begrijpen door de eb- en vloedperiode apart te beschouwen. Voor beide perioden wordt de aanvoer van sediment beschreven door advectie, zoals in het geval van een zandvang. Het netto resultaat van de twee perioden is een dispersie relatie omdat de eb- en vloedstroming omgekeerde richtingen hebben en het netto debiet in het estuarium relatief klein is. Omdat de sediment concentratie  $c$  in het baggergebied minimaal gelijk is aan nul, is het maximale theoretische onderhoudsbaggerwerk gelijk aan  $\delta c_E$ . De

evenwichtsconcentratie  $c_e$  in het gebied wordt bepaald door de verhouding tussen de te onderhouden diepte  $h$  en de evenwichtsdiepte  $h_e$ :

$$c_e = c_E \left( \frac{h_e}{h} \right)^n$$

met  $n$  een constante. De verhouding tussen de evenwichtsdiepte en de onderhouden diepte is eigenlijk een maat van de stroomsnelheid in het baggergebied t.o.v. de niet verstoorde evenwichtsituatie. Deze formulering voor de lokale evenwichtsconcentratie zegt dus dat de evenwichtsconcentratie evenredig is met een macht van de stroomsnelheid. Deze relatie impliceert dat als er geen overdiepte is en  $h$  dus gelijk is aan  $h_e$ , de evenwichtsconcentratie gelijk is aan de concentratie  $c_E$  in de omgeving. Er zal dan geen sedimentatie op de drempel plaatsvinden. Uit eerder genoemde vergelijkingen volgt dat de sedimentatiesnelheid  $S$  en dus het onderhoudsbaggerwerk in het gebied gelijk is aan:

$$S = w_s A (c - c_e) = \frac{w_s A \delta}{w_s A + \delta} (c_E - c_e) = \frac{w_s A \delta c_E}{w_s A + \delta} \left( 1 - \left( \frac{h_e}{h} \right)^n \right)$$

Hiermee is afgeleid hoe het onderhoudsbaggerwerk afhangt van kenmerken van het gebied, kenmerken van de omgeving, en parameters die sedimenttransport processen beschrijven.

Bovenstaand model is in de morfologische studie voor de s-MER gekalibreerd aan de hand van gemeten baggerhoeveelheden op drempels in de Westerschelde en bleek redelijk goed in staat om deze gemeten baggerhoeveelheden te reproduceren (zie ook Tanczos et al., 2004).

Voor de vaarweg naar Harlingen zijn niet genoeg baggergegevens en gegevens over de drempels en sedimentkarakteristieken op die drempels aanwezig om het model voor deze situatie te kalibreren (zie N.B. hieronder). Zodoende zijn een aantal parameters in het model rechtstreeks overgenomen uit de situatie voor de Westerschelde. Dit zijn de verticale uitwisselingsnelheid  $w_s$  met een waarde van 0,001 m/s, de concentratie in de omgeving  $c_E$  met een waarde van 0,00005, de constante  $n$  met een waarde van 4 en de horizontale uitwisselingscoëfficiënt  $\delta$  met een waarde van 1250. Dit impliceert dat er aangenomen wordt dat de sedimenteigenschappen in de vaargeul naar Harlingen overeenkomen met die in de Westerschelde. Of deze aanname gerechtvaardigd is, kon in het kader van deze studie niet nader onderzocht worden. Ten opzichte van de Westerschelde zijn de hoeveelheden baggerwerk (zowel initieel als onderhoud) zeer gering.

---

N.B. De modelparameters zijn, hoewel fysisch van aard, ten dele op te vatten als calibratiecoëfficiënten. Voor de vaargeul naar Harlingen zou de omgevingsconcentratie geschat kunnen worden op ca. 40 mg/l (hoofdstuk 3). Dit komt overeen met een minimale dimensieloze concentratie van  $40 \text{ (mg/l)} / 1500 \text{ (kg/m}^3) = 2,7 \cdot 10^{-5}$ . Voor de Westerschelde wordt  $5 \cdot 10^{-5}$  gebruikt. Voor de valsnelheid zou op basis van de korrelgrootte van ca. 0,12 mm (hoofdstuk3) een waarde van ongeveer 0,01 m/s voor de hand liggen. Echter, de verticale uitwisselingssnelheid  $w_s$  in het model is niet enkel de valsnelheid, maar is er wel een relatie mee. Als de sedimentkarakteristieken van de Waddenzee vergelijkbaar zijn met de Westerschelde, is de waarde voor de Westerschelde wel te gebruiken (pers. meded. Wang, WLIDelft Hydraulics). Voor de Westerschelde is de korrelgrootte 0,150 tot 0,250 mm (Verbeek et al., 1998). Voorgaande zou betekenen dat zowel valsnelheid als concentratie in de vaargeul naar Harlingen kleiner zijn dan in de Westerschelde. Hierdoor zou het model met de parameterwaarden voor de Westerschelde de sedimentatie kunnen overschatten voor de vaargeul naar Harlingen, ofwel, er is waarschijnlijk geen sprake van een onderschatting.

---

---



Voor toetsing aan de Habitatrichtlijn en Vogelrichtlijn zijn de volgende habitattypen en soorten van belang, waarbij een selectie is gemaakt van vogelsoorten in en rond het kombergingsgebied van het Vlie (bron Waddenzee:

<http://www2.minlnv.nl/thema/groen/natuur/natura2000/gebieden/177/gebied177.htm>;

bron Noordzee:

<http://www2.minlnv.nl/thema/groen/natuur/natura2000/gebieden/176/gebied176.htm>)

Volgens de Flora- en Faunawet zijn meer soorten van belang. Deze soorten zijn onder te verdelen in 6 groepen: zoogdieren, vogels, amfibieën en reptielen, vissen, insecten en ongewervelden, planten. Aangezien alle vogels onder de FF-wet vallen is een overlap aanwezig met de VR. Het voert te ver om hier alle relevante soorten te vermelden (zie voor soorten o.a. brochure "Buiten aan het werk?" en website LNV). De gevolgen voor de soorten uit de groepen vogels, vissen en zeezoogdieren kunnen slechts globaal beschreven worden en zijn niet anders dan voor de soorten van de VHR. De soorten uit de drie overige groepen zijn hier niet relevant.

### **Habitatrichtlijngebied Waddenzee**

Belangrijkste gebied voor:

Habitatype:

- 1110 Permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken
- 1130 Estuaria
- 1140 Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten
- 1310 Eenjarige pioniersvegetaties van slik- en zandgebieden met Zeekraal (*Salicornia* sp.) en andere zoutminnende soorten
- 1330 Atlantische schorren met kweldergrasvegetatie (*Glaucopuccinellietalia maritimae*)
- 2110 Embryonale wandelende duinen
- 2120 Wandelende duinen op de strandwal met Helm (*Ammophila arenaria*; z.g. witte duinen)

Soort:

- 1103 Fint
- 1364 Grijze zeehond
- 1365 Zeehond

Verder aangemeld voor:

Habitatype:

- 1320 Schorren met slijkgrasvegetatie (*Spartinion maritimae*)
- 2130 Vastgelegde kustduinen met kruidvegetatie (grijze duinen)

---

Soort:

- 1095 Zeeprik
- 1099 Rivierprik

**Habitatrichtlijngebied Noordzeekustzone**

Belangrijkste gebied voor:

Habitattype:

- 1110 Permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken

Soort:

- 1351 Bruinvis
- 1364 Grijze zeehond
- 1365 Zeehond

Verder aangemeld voor:

Soort:

- 1095 Zeeprik
- 1099 Rivierprik
- 1103 Fint

---

**Vogelrichtlijngebied  
Waddensee  
(kombergingsgebied van het  
Vlie)**

Kwalificerende soorten:

- Bergeend
- Bonte strandloper
- Brandgans
- Drieteenstrandloper
- Eidereend
- Goudplevier
- Kanoetstrandloper
- Kleine mantelmeeuw (broedend)
- Kleine zwaan
- Kluut (ook broedend)
- Lepelaar (ook broedend)
- Noordse stern (broedend)
- Pijlstaart
- Rosse grutto
- Rotgans
- Scholekster
- Slechtvalk
- Smient
- Toppereend
- Tureluur
- Visdief (broedend)
- Wulp
- Grote stern (broedend)
- Zilverplevier

Overige relevante soorten (zgn. begrenzingssoorten):

- Aalscholver
- Blauwe kiekendief (broedend)
- Bontbekplevier
- Brandgans (slaapplaats)
- Grauwe gans (ook slaapplaats)

- Grutto
- Kleine rietgans (slaapplaats)
- Kleine zilverreiger
- Kleine zwaan (slaapplaats)
- Krombekstrandloper
- Middelste zaagbek
- Rotgans (slaapplaats)
- Slobeend
- Steenloper
- Velduil (broedend)
- Wintertaling
- Zwarte ruiter

**Vogelrichtlijngebied  
Noordzeekustzone**

Kwalificerende soorten:

- Bonte strandloper
- Drieteenstrandloper
- Eidereend
- Kanoetstrandloper
- Parelduiker
- Roodkeelduiker
- Rosse grutto
- Toppereend
- Zilverplevier
- Zwarte zee-eend

Overige relevante soorten (zgn. begrenzingssoorten):

- Aalscholver
- Bergeend
- Bontbekplevier
- Grote zaagbek
- Kleine zwaan
- Kluut
- Middelste zaagbek
- Pijlstaart
- Scholekster
- Steenloper
- Wulp