



# **De effecten van het storten van Boorspecie in de Westerschelde**

**Deelstudie in het kader van de MER  
Boorspecie Westerscheldetunnel**

B. P. Hoogeboom  
G.J. Rotmensen

Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ  
vestiging Middelburg  
bibliotheek  
Postbus 8039 - Grenadierweg 31  
4330 EA Middelburg

**Rapport RIKZ - 98.013**

## Colofon

---

**Redactie:**

Bas Hoogeboom  
Gert Jan Rotmensen

**RIKZ projectteam MER Boorspecie Westerscheldetunnel:**

Bert van Eck  
Bas Hoogeboom  
Karien Luursema  
Gert Jan Rotmensen (projectleider)  
Jacques Vroon  
Ben de Winder

**Tekstbijdragen:**

Tammo Bult  
Dirk van Maldegem

**GIS-ondersteuning:**

Herman de Haan  
Karien Luursema  
Bram Schouwenaar

**Lay-out omslag:**

Jan van den Broeke

# Inhoud

---

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>SAMENVATTING .....</b>                                              | <b>1</b>  |
| <b>1. INLEIDING.....</b>                                               | <b>8</b>  |
| 1.1. AANLEIDING TOT DIT RAPPORT.....                                   | 8         |
| 1.2. PROBLEEMSTELLING.....                                             | 8         |
| 1.3. SAMENSTELLING VAN HET TE STORTEN MATERIAAL.....                   | 9         |
| 1.4. HET STORTEN IN DE WESTERSCHELDE.....                              | 10        |
| 1.5. LEESWIJZER.....                                                   | 10        |
| <b>2. BESTAANDE TOESTAND EN AUTONOME ONTWIKKELING .....</b>            | <b>11</b> |
| 2.1. INLEIDING.....                                                    | 11        |
| 2.1.1. Het Westerschelde-estuarium .....                               | 11        |
| 2.2. GETIJ EN MORFOLOGIE.....                                          | 17        |
| 2.2.1. Getij.....                                                      | 17        |
| 2.2.2. Morfologie .....                                                | 18        |
| 2.3. SLIBHUISHOUDING EN KWALITEIT.....                                 | 25        |
| 2.3.1. slibhuishouding.....                                            | 25        |
| 2.3.2. Water- en bodemkwaliteit.....                                   | 31        |
| 2.4. ECOLOGIE.....                                                     | 33        |
| 2.4.1. Inleiding.....                                                  | 33        |
| 2.4.2. Het Schelde estuarium .....                                     | 33        |
| 2.4.3. Geomorfologische structuur en functie.....                      | 34        |
| 2.4.4. Biodiversiteit en functioneren.....                             | 37        |
| 2.4.5. Fauna.....                                                      | 40        |
| 2.4.6. Autonome ontwikkeling.....                                      | 50        |
| 2.5. GEBRUIKSFUNCTIES.....                                             | 50        |
| 2.5.1. Inleiding.....                                                  | 50        |
| 2.5.2. Scheepvaart.....                                                | 50        |
| 2.5.3. Visserij.....                                                   | 57        |
| 2.5.4. Recreatie.....                                                  | 58        |
| 2.5.5. Overige gebruiksfuncties .....                                  | 62        |
| <b>3. BESCHRIJVING VAN DE VOORGENOMEN ACTIVITEIT.....</b>              | <b>66</b> |
| 3.1. BOORMETHODE .....                                                 | 66        |
| 3.2. HET AANBOD VAN BOORSPECIE .....                                   | 66        |
| 3.2.1. Samenstelling van het vrijkomende materiaal voor scheiding..... | 67        |
| 3.2.2. Aard van het materiaal na scheiding.....                        | 67        |
| 3.2.3. Marges en onzekerheden .....                                    | 69        |
| 3.2.4. Het storten van specie met een schip.....                       | 70        |
| 3.2.5. Het storten van specie met behulp van een pijpleiding.....      | 71        |

|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4. MILIEUEFFECTEN VAN HET STORTEN VAN BOORSPECIE .....</b>                    | <b>73</b>  |
| 4.1. INLEIDING .....                                                             | 73         |
| 4.2. GETIJ EN MORFOLOGIE .....                                                   | 73         |
| 4.2.1. Inleiding .....                                                           | 73         |
| 4.2.2. Motieven beoordelingscriteria .....                                       | 74         |
| 4.2.3. Getij .....                                                               | 76         |
| 4.2.4. De zandbalans .....                                                       | 76         |
| 4.2.5. Effecten op de morfologische dynamiek van de Westerschelde .....          | 77         |
| 4.2.6. Effecten op de morfologische structuur van de Westerschelde .....         | 78         |
| 4.3. DE EFFECTEN OP DE SLIBHUISHOUDING EN DE KWALITEIT .....                     | 79         |
| 4.3.1. effecten op de slibhuishouding .....                                      | 79         |
| 4.3.2. Effecten op de kwaliteit .....                                            | 83         |
| 4.3.3. Effecten van het storten van glauconiethoudend zand .....                 | 83         |
| 4.3.4. Effecten van het storten van Boomse klei .....                            | 85         |
| 4.3.5. De effecten van het storten van Bentoniet .....                           | 86         |
| 4.3.6. Emissies van baggerschepen (lucht) .....                                  | 86         |
| 4.3.7. Conclusies .....                                                          | 86         |
| 4.4. ECOLOGIE .....                                                              | 87         |
| 4.4.1. Inleiding .....                                                           | 87         |
| 4.4.2. Effecten van vaarbewegingen .....                                         | 88         |
| 4.4.3. Lossen en suspendering van fijn materiaal .....                           | 89         |
| 4.4.4. Sedimentatie van zand en slib .....                                       | 92         |
| 4.5. GEBRUIKSFUNCTIES .....                                                      | 95         |
| 4.5.1. Effect op verkeersveiligheid scheepvaart .....                            | 95         |
| 4.5.2. Visserij .....                                                            | 97         |
| 4.5.3. Archeologie & Scheepswrakken .....                                        | 102        |
| 4.5.4. Infrastructuur .....                                                      | 103        |
| 4.5.5. Delfstoffenwinning .....                                                  | 105        |
| 4.6. OVERZICHT .....                                                             | 109        |
| <b>5. LOCATIEKEUZE VOOR HET STORTEN VAN BOORSPECIE WESTERSCHELDETUNNEL .....</b> | <b>111</b> |
| 5.1. INLEIDING .....                                                             | 111        |
| 5.1.1. Voorgeschiedenis .....                                                    | 111        |
| 5.1.2. Aanpak .....                                                              | 111        |
| 5.2. RANDVOORWAARDEN .....                                                       | 112        |
| 5.3. UITGANGSPUNTEN .....                                                        | 114        |
| 5.4. LOCATIEGEBONDEN CRITERIA .....                                              | 116        |
| 5.4.1. Morfologie en getij .....                                                 | 116        |
| 5.4.2. Ecologie .....                                                            | 117        |
| 5.4.3. Mens .....                                                                | 118        |
| 5.4.4. Criteria die geen rol spelen bij de locatiekeuze .....                    | 119        |
| 5.5. AFWEGING TUSSEN DE BEOORDELINGSCRITERIA .....                               | 120        |
| 5.5.1. Resultaten van de gemaakte afweging .....                                 | 123        |
| 5.6. VERTALING VAN CRITERIA IN VOORKEURSGEBIEDEN MB.V. GIS .....                 | 128        |
| 5.7. GEVOELIGHEIDSANALYSE .....                                                  | 129        |
| 5.7.1. Inleiding .....                                                           | 129        |
| 5.7.2. Resultaten en conclusies .....                                            | 134        |



|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6. SAMENSTELLING VAN DE VARIANTEN.....</b>                                    | <b>137</b> |
| 6.1. INLEIDING.....                                                              | 137        |
| 6.2. DE STORTLOCATIES .....                                                      | 137        |
| 6.2.1. <i>beschrijving van de stortlocaties</i> .....                            | 137        |
| 6.2.2. <i>Randvoorwaarden aan het gebruik van de stortvakken</i> .....           | 139        |
| 6.3. DE SAMENSTELLING VAN VARIANTEN.....                                         | 140        |
| 6.3.1. <i>De hergebruiksvarianten</i> .....                                      | 140        |
| 6.3.2. <i>Het te storten materiaal</i> .....                                     | 140        |
| 6.3.3. <i>De stortvarianten</i> .....                                            | 142        |
| 6.3.4. <i>Extra stortvariant door onzekerheidsmarges</i> .....                   | 142        |
| <b>7. VERGELIJKING VAN DE VARIANTEN.....</b>                                     | <b>144</b> |
| 7.1. INLEIDING.....                                                              | 144        |
| 7.2. VAARBEGEINGEN EN GELUIDSBELASTING.....                                      | 145        |
| 7.2.1. <i>Vaarafstand en -frequentie</i> .....                                   | 145        |
| 7.2.2. <i>Geluidsbelasting</i> .....                                             | 145        |
| 7.3. VERGELIJKING VAN DE VARIANTEN PER CRITERIUM.....                            | 146        |
| 7.3.1. <i>Vergelijking van varianten - morfologie</i> .....                      | 146        |
| 7.3.2. <i>Vergelijking van varianten - kwaliteit</i> .....                       | 147        |
| 7.3.3. <i>Vergelijking van varianten - ecologie</i> .....                        | 148        |
| 7.3.4. <i>Vergelijking van varianten - mens</i> .....                            | 149        |
| 7.4. VARIANT A-GEMENGD (AG) .....                                                | 151        |
| 7.4.1. <i>Inleiding</i> .....                                                    | 151        |
| 7.4.2. <i>Vergelijking variant Ag</i> .....                                      | 151        |
| 7.4.3. <i>Vergelijking variant D*</i> .....                                      | 152        |
| 7.5. CONCLUSIES .....                                                            | 152        |
| <b>8. LEEMTEN IN KENNIS EN EVALUATIEPROGRAMMA .....</b>                          | <b>154</b> |
| 8.1. LEEMTEN IN KENNIS.....                                                      | 154        |
| 8.1.1. <i>Morfologie</i> .....                                                   | 154        |
| 8.1.2. <i>Ecologie</i> .....                                                     | 154        |
| 8.1.3. <i>Gebruiksfuncties</i> .....                                             | 154        |
| 8.2. EVALUATIEPROGRAMMA.....                                                     | 155        |
| 8.2.1. <i>MOVE - Monitoring Verdieping Westerschelde en mondingsgebied</i> ..... | 155        |
| 8.2.2. <i>SCHOON</i> .....                                                       | 156        |
| 8.2.3. <i>Evaluatieprogramma bij het storten van boorspecie</i> .....            | 156        |
| <b>9. LITERATUUR.....</b>                                                        | <b>157</b> |
| <b>BIJLAGEN.....</b>                                                             | <b>162</b> |



## Lijst van figuren en tabellen

|             |                                                                                                   |     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figuur 2-1  | Namen van geulen, platen, schorren en stortvakken voor baggerspecie .....                         | 13  |
| Figuur 2-2  | Geologische profiel Tunneltracé.....                                                              | 15  |
| Tabel 2-1   | Verdeling baggerspecie (miljoen m <sup>3</sup> ) volgens alternatief E (Baggervergunning).....    | 16  |
| Figuur 2-3  | Toename van het gemiddeld hoogwater bij Bath t.o.v. het gemiddeld hoogwater bij Vlissingen.....   | 17  |
| Figuur 2-4  | Zandbalans voor de Westerschelde voor 3 perioden.....                                             | 19  |
| Figuur 2-6  | Uitwisseling van sediment tussen Westerschelde en eb-getijdedelta van 1955 tot en met 1993.....   | 20  |
| Figuur 2-5  | Transportpaden voor het residuele zandtransport in het westelijke deel van de Westerschelde ..... | 21  |
| Figuur 2-7  | Fixatie van de geulen .....                                                                       | 22  |
| Figuur 2-9  | Opgetreden inhoudsveranderingen in de Westerschelde sinds 1955. ....                              | 24  |
| Figuur 2-10 | Areaalontwikkeling Westerschelde van 1955 tot en met 1993. ....                                   | 24  |
| Figuur 2-11 | Verschillen in troebelheid over de verticaal gedurende 1 getij. ....                              | 26  |
| Figuur 2-12 | Seizoensverschillen in troebelheid.....                                                           | 27  |
| Figuur 2-13 | Verschillen in troebelheid over de lengtes van het Schelde-estuarium. ....                        | 28  |
| Tabel 2.2   | De gemiddelde samenstelling van het zwevend materiaal in de Westerschelde.....                    | 29  |
| Figuur 2-14 | Slibbalans Beneden Zeeschelde. Twee figuren: slibbalans in de jaren 80 en in de jaren 90.....     | 31  |
| Figuur 2.15 | Waterkwaliteit Schaar van den Ouden Doel.....                                                     | 32  |
| Figuur 2-16 | Overzicht van de ligging en oppervlakte van de verschillende ecotopen uit 1996.....               | 36  |
| Figuur 2-17 | Verloop van het chlorophyl-a van het microphytobenthos in 1991 en 1992 .....                      | 37  |
| Figuur 2-18 | Jaargemiddelde microphytobenthos-chlorophyl-a-concentratie (1991,1992) in zes gebieden. ....      | 38  |
| Figuur 2-19 | Seizoensverloop van chlorofyl-a (+) en primaire produktie (lijn) op drie locaties .....           | 39  |
| Tabel 2-6   | Klassen voor soort-aantal- en biomassagegevens.....                                               | 42  |
| Figuur 2-20 | Bodemfauna (soortenrijkdom). ....                                                                 | 43  |
| Figuur 2-21 | Bodemfauna (biomassa).....                                                                        | 44  |
| Tabel 2-7   | Gemiddelde densiteit en biomassa van de epibenthische gemeenschap en van vissen .....             | 45  |
| Tabel 2-8   | Normoverschrijding (%) van internationaal belangrijke vogelpopulaties in de Westerschelde.....    | 47  |
| Figuur 2-22 | Voorkomen van broedvogels.....                                                                    | 47  |
| Figuur 2-23 | Aantallen watervogels in de Westerschelde, op basis van voedselgroepen.....                       | 48  |
| Figuur 2-24 | Aantallen watervogels per deelgebied, op basis van voedselgroepen.....                            | 49  |
| Tabel 2-9   | Aantal scheepsbewegingen in het onderzoeksgebied.....                                             | 52  |
| Figuur 2-25 | De belangrijkste scheepvaartroutes.....                                                           | 53  |
| Tabel 2-10  | Intensiteit zeevaart op trajecten binnen het radarblok Terneuzen in de periode 1990-1995.....     | 54  |
| Tabel 2-11  | Intensiteit bagger-schepen per traject, huidige en toekomstige situatie.....                      | 54  |
| Tabel 2-12  | Behandelde schepen in Braakmanhaven/Dow-Scheldesteiger in 1996.....                               | 56  |
| Tabel 2-13  | Ongevalsfrequentie per vaarwegtraject.....                                                        | 57  |
| Figuur 2-26 | Overzicht van de visgronden. ....                                                                 | 59  |
| Tabel 2-13  | Aantal vaste ligplaatsen in jachthavens.....                                                      | 60  |
| Figuur 2-27 | Sportvisserij-mogelijkheden .....                                                                 | 61  |
| Tabel 2-14  | Sluispassages pleziervaartuigen.....                                                              | 62  |
| Figuur 2-28 | Overzicht van archeologische vindplaatsen.....                                                    | 63  |
| Figuur 2-29 | Ligging van scheepswrakken.....                                                                   | 65  |
| Tabel 3-1   | Hoeveelheden en soort uitkomende grond van één tunnelbuis.....                                    | 67  |
| Tabel 3-2   | Verwachte hoeveelheden materiaal in tonnen (1 buis). ....                                         | 68  |
| Tabel 3-3   | Uit hydrocycloon vrijkomende hoeveelheden boorspecie (1 buis).....                                | 69  |
| Figuur 3-1  | Het storten van boorspecie met een splijtbak (zonder getijstroom) .....                           | 71  |
| Tabel 4-1   | Verandering in volume van plaatgebieden en geulsysteemen 1995-2005.....                           | 79  |
| Tabel 4-2   | Samenstelling glauconiet zanden formatie van Breda onder de Westerschelde tunnel (%).....         | 84  |
| Tabel 4-3   | Samenstelling Boomse klei onder de Westerschelde tunnel .....                                     | 85  |
| Tabel 4-4   | Equivalenten emissie per ton per kilometer.....                                                   | 86  |
| Tabel 4-5   | Verklaring van de waarden in de Tabel 4-4.....                                                    | 86  |
| Tabel 4-6   | Tolerantiegrenzen voor verschillende soorten bij een incidentele en een permanente begraving..... | 93  |
| Tabel 4-7   | Troebelheidsniveau's voor de effecten op visserij.....                                            | 97  |
| Tabel 4-8   | Relatieve bijdrage boorspecie (zand) aan de bagger-inspanning en storten baggerspecie.....        | 104 |
| Figuur 4-1  | Aangewezen zandwingebieden.....                                                                   | 107 |
| Figuur 4-2  | Gebieden waarvoor schelpwinconcessies zijn aangevraagd.....                                       | 108 |
| Figuur 4-3  | Criteriaboom voor het storten van boorspecie .....                                                | 110 |
| Figuur 5-1  | De stortlocaties voor het storten van baggerspecie.....                                           | 114 |
| Figuur 5-2  | Criteriastuctuur voor de boordeling van locaties op het storten van boorspecie .....              | 122 |
| Tabel 5-2   | Voorbeeld van waardering van criteria.....                                                        | 123 |

|            |                                                                                 |     |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figuur 5-3 | Criteriaboom met relatieve gewichten .....                                      | 127 |
| Figuur 5-4 | Voorkeurgebieden voor het storten van zand .....                                | 130 |
| Figuur 5-5 | Voorkeurgebieden voor het storten van slib .....                                | 131 |
| Figuur 5-6 | Voorkeurgebieden voor het storten van klei .....                                | 132 |
| Figuur 5-7 | Voorkeurgebieden voor het storten van gemengd materiaal.....                    | 133 |
| Tabel 5-3  | Veranderend aandeel per klasse bij verschillend belang morfologie-ecologie..... | 134 |
| Figuur 5-8 | Verhouding ecologie-morfologie in percentages van het totale oppervlak.....     | 134 |
| Tabel 5-4  | Veranderend aandeel per klasse bij verschillend belang Mens-Natuur.....         | 135 |
| Figuur 5-9 | Verhouding mens-natuur in percentages van het totale oppervlak .....            | 135 |
| Figuur 6-1 | Ligging van de stortlocaties.....                                               | 138 |
| Tabel 6-1  | Oppervlakte en capaciteit van de stortvakken.....                               | 139 |
| Tabel 6-2  | Beschikbare specie & hergebruikstoepassingen.....                               | 141 |
| Tabel 6-3  | Hoeveelheden te storten materialen na hergebruik .....                          | 141 |
| Tabel 6-4  | De stortvarianten.....                                                          | 142 |
| Tabel 6-5  | De varianten Ag en D*.....                                                      | 143 |
| Tabel 7-1  | Aantal vaarbewegingen vanaf werkterrein naar stortvak en v.v.....               | 145 |
| Tabel 7-2  | Vaarafstand van werkhaven tot de stortvakken.....                               | 145 |
| Tabel 7-3  | Aantal vaarkilometers per variant.....                                          | 146 |
| Tabel 7-4  | Emissiewaarden per milieu-effect en per variant .....                           | 148 |
| Tabel 8-1  | Monitoring ten aanzien van de verdieping.....                                   | 155 |

## Samenvatting

---

### Activiteit

Onder de Westerschelde, tussen Ellewoutsdijk en Terneuzen, wordt een geboorde tunnel aangelegd; de Westerscheldetunnel. Tijdens het boorproces van de tunnel, dat begin 1999 start, zullen materialen vrijkomen. Deze materialen zullen of hergebruikt worden, of op een aantal locaties in de Westerschelde worden gestort. (m.e.r.) Ten behoeve van deze laatste activiteit is de procedure voor een milieu-effect rapportage (m.e.r.) doorlopen. Het onderliggende rapport vormt een onderbouwende studie van het Milieu Effect Rapport (MER). In het rapport worden de effecten beschreven die het storten van boorspecie kan hebben op de morfologie & getij, slibhuishouding & water- en bodemkwaliteit, de ecologie en de gebruiksfuncties van de Westerschelde. De aard en ernst van deze effecten hangen af van:

- de hoeveelheid en samenstelling van het te storten materiaal;
- de wijze van storten;
- de geografische ligging van de stortlocaties.

Tijdens het boren worden diverse zand- en kleilagen doorsneden. Een aanzienlijk deel van het zand is glauconiethoudend; het gemiddelde gehalte bedraagt circa 25%. Inclusief uitlevering bedraagt de totale hoeveelheid af te voeren grond circa 1,7 miljoen m<sup>3</sup>; circa 800.000 m<sup>3</sup> zand en bijna 1.000.000 m<sup>3</sup> fijn materiaal. Tijdens het boorproces wordt bentoniet als steunvloeistof gebruikt. Om het bentoniet uit de boorspecie terug te winnen wordt een separatie-installatie ingezet. Desondanks zal in totaal circa 39.000 ton bentoniet in de boorspecie achterblijven. Na bewerking in de scheidingsinstallatie zullen de volgende fracties worden gestort:

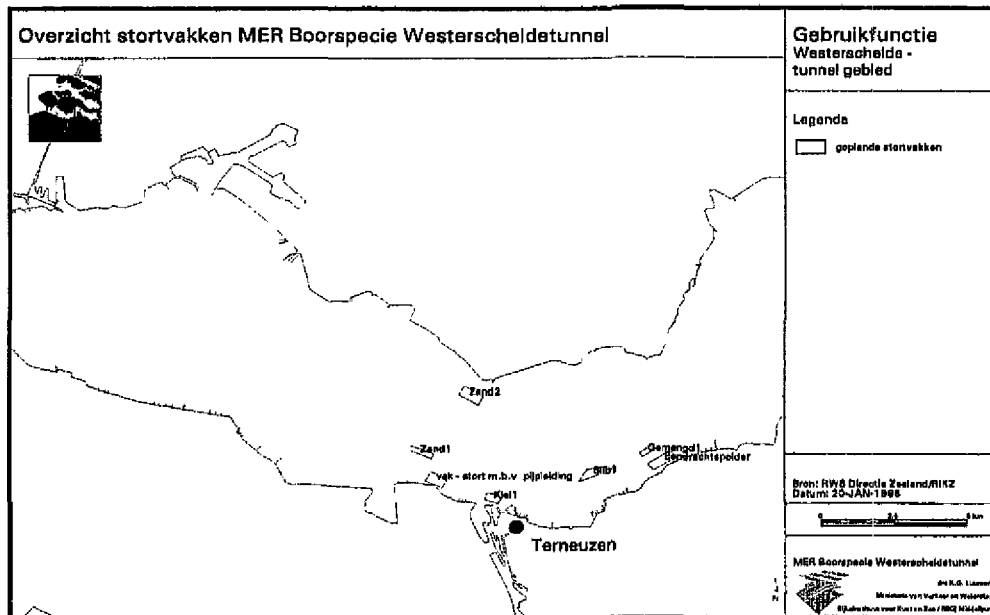
- kleibrokken; fractie groter dan 4 mm
- een zandige fractie tussen 4mm en 50 µm;
- slib en kleislurry; fractie kleiner dan 50 µm.

Samenstelling en hoeveelheden per materiaal soort zijn echter afhankelijk van diverse parameters als de voortgang van het boorproces en efficiëntie van de scheidingsinstallaties. Bovendien worden twee afzonderlijke tunnelbuizen geboord waarbij met de eerste 13 weken eerder wordt begonnen dan met de tweede. Daarom zal een groot deel van het materiaal uit een mengsel van bovengenoemde fracties zal bestaan.

Conform de voorgenomen activiteit wordt de boorspecie m.b.v. een splijtbak van circa 1000 m<sup>3</sup> inhoud gestort. Bij maximale boorsnelheid bedraagt de frequentie van storten 1 schip per 1,5 uur. Een tweede methode van storten is om het materiaal d.m.v. een pijpleiding in de Westerschelde te brengen.

### De stortlocaties

Een groot deel van de gevolgen voor het milieu en de gebruiksfuncties van de Westerschelde kunnen worden vermeden door een zorgvuldige keuze van de stortlocaties. Met behulp van een op GIS gebaseerde keuzemethodiek zijn diverse belangen, zowel inhoudelijke als beleidsmatige, tegen elkaar afgewogen. Dit heeft geresulteerd in de keuze van 6 stortlocaties verspreid over het westelijke deel van de Westerschelde. Elk vak is daarbij specifiek geschikt voor het storten van zand, slib, kleibrokken of gemengd materiaal. In de nabijheid van het werkterrein in Terneuzen is een locatie aangewezen die geschikt is voor het storten per pijpleiding.



### De stortvarianten

Een stortvariant is een verdeling van de hoeveelheden te storten boorspecie over de stortlocaties. Voor het MER zijn de opties voor hergebruik van boorspecie onderzocht en vervolgens gedefinieerd. Al het materiaal wat niet kan worden hergebruikt wordt gestort. Dit resulteert in de volgende stortvarianten:

| materiaal in ton<br>(droge stof) | A: alles storten per<br>spleijbak | B: zoveel mogelijk<br>hergebruik | C: hergebruik met<br>milieurendement | D: alles storten: slib<br>storten met pijpleiding |
|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>klei</b>                      |                                   |                                  |                                      |                                                   |
| klei 1                           |                                   |                                  |                                      |                                                   |
| <b>slib</b>                      |                                   |                                  |                                      |                                                   |
| slib 1                           |                                   | 180.000                          | 153.000                              |                                                   |
| Eendrachtspolder                 |                                   | 90.000                           | 76.000                               |                                                   |
| pijpleidinglocatie               |                                   |                                  |                                      | 300.000                                           |
| <b>zand</b>                      |                                   |                                  |                                      |                                                   |
| zand 1                           | 363.000                           | 15.000                           | 123.000                              | 563.000                                           |
| zand 2                           | 723.000                           | 31.000                           | 243.000                              | 1.127.000                                         |
| Eendrachtspolder                 |                                   |                                  |                                      | 150.000                                           |
| <b>gemengd</b>                   |                                   |                                  |                                      |                                                   |
| gemengd 1                        | 423.000                           | 70.000                           | 101.000                              |                                                   |
| Eendrachtspolder                 | 641.000                           | 105.000                          | 151.000                              |                                                   |

De effecten van de vier stortvarianten worden uiteindelijk beoordeeld.

### Het Schelde-estuarium

Het Schelde-estuarium strekt zich uit van Gent tot aan de kust bij Vlissingen. Karakteristiek voor een estuarium zijn veranderingsprocessen op allerlei ruimte- en tijdschalen. Op geologische tijdschaal zijn dat de cycli van ontstaan, uitbreiden en verlanden van estuaria. Op macro- en mesoschaal bestaan deze processen uit een verlegging van geulen waardoor continu afbraak en opbouw van platen, slikken en schorren plaatsvindt. De ruimtelijke structuur van een estuarium wordt dus bepaald door een grote veranderlijkheid op korte termijn.

In de laatste decennia is de Westerschelde echter sterk beïnvloed door menselijke ingrepen in het systeem. Inpolderingen, na 1930 is ongeveer 4000 ha, hebben geleid tot een groot verlies aan ruimte. De Westerschelde is daarnaast zeer belangrijk als scheepvaartroute naar de haven van Antwerpen. Hiervoor wordt de vaargeul continu uitgebaggerd waarna het gebaggerde materiaal weer elders wordt teruggestort. Hierdoor is de morfologie en dynamiek van de Westerschelde, met name in het oostelijk deel, verstoord.

Als referentiesituatie t.o.v. waarvan de effecten zullen worden beschreven zal worden uitgegaan van een Westerschelde met een verdiepte vaargeul die onderhouden wordt, waarbij jaarlijks 14 miljoen m<sup>3</sup> zand verplaatst wordt.

#### **Effecten van het storten van boorspecie**

Het storten van boorspecie in de Westerschelde heeft gevolgen voor de volgende aspecten:

##### *Morfologie en getij*

###### **Getij**

In het westelijke deel van de Westerschelde bedraagt de te storten hoeveelheid boorspecie gemiddeld 5% van de jaarlijks te storten hoeveelheid baggerspecie. Het storten van boorspecie vindt gedurende een periode van 2,5 jaar plaats. Hieruit wordt geconcludeerd dat het storten van boorspecie nauwelijks effect zal hebben op het getij.

###### **Zandbalans**

Het storten van boorspecie maakt maar een klein deel uit van het sediment dat door de verdieping en het storten van baggerspecie wordt verplaatst en heeft dan ook nauwelijks effect op de zandbalans.

###### **Dynamiek (beweeglijkheid) van de bodem**

Het storten van zandige boorspecie kan de dynamiek van kortsluit-geulen verminderen, terwijl de stort van kleibrokken de lokale bodem-dynamiek kan verstoren.

###### **Morfologische structuur**

In het westelijke deel kan het storten van boorspecie lokaal bijdragen aan vergroting van het ondiep water gebied, uitbreiding van plaat-complexen en afname van het areaal aan nevengeulen. Deze veranderingen zijn echter klein t.o.v. de effecten van het storten van baggerspecie.

##### *Slibhuishouding en water- en bodemkwaliteit*

###### **Verspreiding**

Er is van de veronderstelling uitgegaan dat de klei als slurry beschikbaar komt en qua eigenschappen vergelijkbaar is met het reeds aanwezige slib in de waterfase. Er zijn drie fasen in de verspreiding van slib te onderscheiden:

###### *Korte termijn verspreiding: tijdens en direct na het storten*

Uit literatuurstudie is bekend dat 95% van het gestorte materiaal de bodem zal bereiken. De maximale verspreiding van de kleislurry in de stroomrichting blijft beperkt tot 200 m. De verspreiding is vooral afhankelijk van de helling. Bij een kleine hellingshoek blijft 80 tot 90% van het materiaal binnen 150 m, bij grote hellingshoek slechts 20%. De toename in troebelheid na een doortij-springtij cyclus zal maximaal enkele tientallen procenten bedragen.

*Middellange termijn: enkele jaren*

Modelresultaten laten zien dat het slib via een voortdurend proces van opwerveling en sedimentatie stroomopwaarts wordt verplaatst. Na ongeveer twee weken wordt de B-NL grens bereikt. Het transport naar België zal naar verwachting eenmalig toenemen met 20.000 tot 100.000 ton. Het overgrote deel (90%) blijft achter in de Westerschelde. Gedurende de stortperiode neemt de troebelheid toe met maximaal 20 tot 60 mg/l, oplopend tot plaatselijk een toename van 200 mg/l in de Beneden Zeeschelde (België). Na 20 tot 30 dagen vindt er geen verdere verhoging plaats. Na het storten neemt de troebelheid snel af. Een jaar na afloop van het storten zijn de effecten op troebelheid grotendeels verdwenen. In grote delen van de Westerschelde sedimenteert in korte tijd 1,5 mm tot 1,5 cm sediment.

*Lange termijn: tot tientallen jaren*

In de Westerschelde is voldoende potentieel sedimentatiegebied aanwezig om al het slib permanent te bergen. Als al het materiaal in het oostelijke deel van de Westerschelde sedimenteert, geeft dit uiteindelijk een extra sedimentatie in geulen, op platen, slikken en schorren van respectievelijk 0,1, 0,2, 1,0 en 1,1 cm.

**Kwaliteit**

Glaucaniet bevat het spoorelement arseen. Het gemiddelde gehalte bedraagt 15 mg/kg. Het arseen is gebonden aan gereduceerde ijzersulfide verbindingen. Bij oxydatie komt een deel van het arseen als opgelost arsenaat in de waterfase terecht. Dit geeft verhoging van waarschijnlijk enkele tienden µg/l tot maximaal enkele µg/l As in omgeving van de stortlocatie. De tijdelijke verhoging blijft daarmee onder het ecotoxicologische maximaal toelaatbare risico van 10 µg/l.

Bentoniet flocculeert als gevolg van hoge magnesiumgehalten in zeewater en het gaat zich vervolgens gedragen als het verwante kleimineraal montmorilloniet dat met ongeveer 13% het meest van alle kleimineralen in de Westerschelde voorkomt.

De emissies zijn vooral afhankelijk van het aantal vaarkilometers. Bij de alternatieven waar het meest gevaren wordt zullen de emissies dus het grootst zijn.

*Ecologie*

**Verstoring van vogels en zeehonden**

Vaarbewegingen van splijtbakken kunnen tot verstoring van de aanwezige vogel- en zeehondpopulaties leiden. De belangrijkste vogel-gebieden in het beïnvloede deel van de Westerschelde zijn de Middel-plaat/Suikerplaat en de Slikken van de Everingen. Tijdelijke verstoring van vogels kan worden voorkomen door niet in de nabijheid van bovengenoemde platen en slikken te varen. Zeehonden houden zich in de Westerschelde voornamelijk op bij de platen van Ossensisse en Valkensisse. Deze gebieden zijn dusdanig ver van de stortlocaties verwijderd dat permanente effecten op de populatie niet waarschijnlijk zijn.

**Vertroebeling**

Het storten van fijn materiaal leidt tot een verhoging van de zwevende stofgehalten in het water. Dit kan invloed hebben op het vangstsucces van zichtjagers. Op basis van de literatuur kan geen uitspraak worden gedaan over de fourageerefficiëntie van vissen. Waarschijnlijk zullen volwassen vissen gebieden met hoge slibconcentraties mijden. T.a.v. dwergsterns zijn er



aanwijzingen het vangstsucces afneemt bij een doorzicht minder dan 25 cm. In de Westerschelde fourageren deze vogels voornamelijk in het Vaarwater langs de Hoofdplaat. In dit gebied zal echter niet worden gestort.

Lokaal kan de primaire produktie van fytoplankton door toename van zwevende stofgehalte belemmerd worden. Op het totale budget aan primair geproduceerd koolstof is dit echter een te verwaarlozen hoeveelheid. Naarmate het zwevende stofgehalte toeneemt, zullen aggregaten van zwevend stof en planktoncellen versneld uitzakken. Het verwachte effect zal een vermindering van kwalitatief hoogwaardig voedsel voor filtrerende organismen zijn. Dit effect zal met name optreden aan het einde van de lente en in de zomer. In de Westerschelde bestaan nu al geen optimale omstandigheden voor de groei van filteraars. Onderzoek heeft uitgewezen dat een stijging van de troebelheid naar 200 - 300 mg/l een sterk nadelige invloed heeft op de groei van kokkels. Een dergelijke stijging wordt in het gebied waar de kokkels voorkomen echter niet verwacht. Desondanks zijn de effecten op filteraars moeilijk in te schatten.

Larvale en vroeg juveniele stadia van vissen zijn het meest gevoelig voor verhoogde slibconcentraties. In rust- en fourageergebieden van deze stadia (ondiepten tussen NAP -5 en -2 m) kan er sprake zijn van vermindering van uitwisseling van gassen en respiratie. Dit kan ook optreden bij volwassen dieren, maar slechts bij sterk verhoogde concentraties gedurende lange tijd. Verwacht wordt dat volwassen vissen over voldoende ruimte beschikken om hoge concentraties te vermijden.

#### **Begraven van bodemfauna en -flora**

Vooraf dieren die aan de grond zijn vastgehecht zijn weinig bestand tegen bedekking met een laag sediment. De meeste dieren zijn gevoeliger voor de bedekking met een sliblaag dan met een zandlaag. Negatieve effecten zullen echter alleen op de stortlocatie en de directe omgeving ervan voorkomen. Na beëindiging van het storten is binnen

enkele jaren volledig herstel opgetreden. Eveneens op lokale schaal kan er sprake zijn van negatieve effecten op het microphytobenthos. Dit effect is vooral van belang in juli en augustus. De stortlocaties zijn gekozen op plaatsen waar weinig direct negatief effect op de bodemfauna is te verwachten.

#### **Versnelde ophoging schorren**

Het storten van slib kan lokaal bij dragen aan de opslibbing van schorren, waardoor deze versneld ophogen. Dit effect is permanent, maar kan bij zorgvuldige locatiekeuze vermeden worden.

#### **Zuurstofverbruik als gevolg van een verhoogde input van organisch materiaal en sulfide**

Alleen in slibsedimentatiegebieden kan een tijdelijke zuurstofloze situatie ontstaan. Deze gebieden liggen echter ver van een stortplaats verwijderd zodat het meeste materiaal bij aankomst reeds geoxydeerd zal zijn. Er worden dan ook nauwelijks effecten verwacht op het zuurstofgehalte.

### *Gebruiksfuncties*

#### **Verkeersveiligheid scheepvaart**

Het aantal bezoeken aan een stortvak ligt tussende 800 en 3500, een tijdelijke toename van de verkeersintensiteit met maximaal 10% ten opzichte van 1995. De gevolgen voor de verkeersveiligheid, die met name afhangen van de complexiteit van traject, zullen naar verwachting niet groot zijn. Een toename van de verkeersintensiteit op het traject 'Monding-Kanaal Terneuzen/Gent', waar relatief veel transport van gevaarlijke stoffen plaatsvindt is beperkt zodat het effect hier evenmin groot zal zijn.

#### **Visserij**

Sedimentatie van zandig en slibrijk materiaal op platen zal beperkt blijven, waardoor de kokkelvisserij niet tot nauwelijks beïnvloed wordt. Ook vertroebeling zal nauwelijks tot problemen leiden; kokkels kunnen zich aan verschillende concentraties gesuspendeerd fijn materiaal aanpassen. De garnaal is niet gevoelig voor bedekking. Bij frequent storten zal hij de locatie verlaten. Ook voor tong is bedelving met sediment onwaarschijnlijk. Het is wel mogelijk dat verhoogde troebelheid op bepaalde locaties in het westelijke deel de juveniele populatie verstoort.

#### **Oeverrecreatie**

De extensieve oeverrecreatie langs de Westerschelde zal niet tot nauwelijks beïnvloed worden door het transporteren en storten. De recreanten maken slechts zeer beperkt gebruik van het water en een passerende splijtbak zal waarschijnlijk niet als een storend element worden beschouwd.

#### **Sportvisserij**

Het grootste deel van de sportvissers vist vanaf de oever met een bereik van maximaal 300 meter. De hinder is daardoor zeer beperkt.

#### **Sedimentatie van slib in havens**

Bij het storten van boorspecie is de kans op extra sedimentatie voornamelijk afhankelijk van de hellingshoek voor de havenmond.

Voor slib in suspensie is de extra sedimentatie afhankelijk van de transportweg van het sediment. Door een zorgvuldige keuze van de stortlocaties kunnen gevolgen tot een minimum worden beperkt.

#### **Waterkering**

Voor een goede werking van de waterkering is niet alleen de dijk van belang maar ook een zone aan weerszijden van de kering. In de Westerschelde zijn in het verleden veelvuldig oever- en dijkvallen opgetreden. Om dit zoveel mogelijk te voorkomen moet binnen een bepaalde zone van de oever niet worden gestort.

#### **Archeologie, scheepswrakken, kabels en leidingen, zand- en schelpenwinning**

De locaties waar deze objecten zich bevinden of waar deze activiteiten plaatsvinden, worden bij de stort van boorspecie in belangrijke mate ontzien. Er worden dan ook nauwelijks effecten verwacht.

### Beoordeling van de effecten

Deze stortvarianten zijn beoordeeld op alle relevante effecten die bij het storten van boorspecie in de Westerschelde een rol spelen. Bij deze vergelijking wordt gebruik gemaakt van een vierdelige schaal:

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| 0   | verwaarloosbaar effect   |
| -   | gering (negatief) effect |
| --  | ongunstig effect         |
| --- | zeer ongunstig effect    |

Dit levert de volgende waardering op:

| Effect of deeleffect                           | variant A | variant B | variant C | variant D |
|------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Morfologie</b>                              |           |           |           |           |
| Getij                                          | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Zandbalans                                     | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Beweeglijkheid bodem                           | -         | 0         | 0         | -         |
| Structuur                                      | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>Kwaliteit</b>                               |           |           |           |           |
| Arsceengehalte                                 | -         | 0         | -         | -         |
| Emissies                                       | --        | 0         | -         | --        |
| <b>Ecologie</b>                                |           |           |           |           |
| Effect op schorren                             | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Effect op ondiepwaterleefgeb.                  | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Verstoring                                     | -         | 0         | 0         | -         |
| Vertroebeling                                  | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Zuurstofverbruik                               | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>Mens</b>                                    |           |           |           |           |
| Archeologisch belangr. vindpl.                 | -         | 0         | 0         | -         |
| Delfstoffenwinning                             | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Infrastructuur<br>(havens, kabels & leidingen) | -         | 0         | 0         | -         |
| Recreatie                                      | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Scheepvaart                                    | --        | 0         | -         | --        |
| Visserij                                       | -         | -         | -         | -         |

# 1. Inleiding

---

## 1.1. Aanleiding tot dit rapport

De Westerschelde vormt een barrière in de Zeeuwse infrastructuur. De verbinding tussen Midden-Zeeland en Zeeuws-Vlaanderen wordt nu nog gevormd door de veerdiensten Vlissingen-Breskens en Kruiningen-Perkpolder. Op 29 september 1995 heeft de Ministerraad besloten tot de aanleg van een vaste oeververbinding. Hierbij is gekozen voor een geboorde tunnel tussen Ellewoutsdijk en Terneuzen met aansluitende verbindingen.

Volgens planning zullen de boorwerkzaamheden in februari 1999 beginnen. Tijdens het boorproces komen materialen vrij, de zoge-naamde boorspecie. Deze materialen moeten naar elders worden afgevoerd. In principe zijn er twee mogelijkheden; hergebruik of storten. In eerste instantie zal naar mogelijkheden van hergebruik van het materiaal worden gekeken. Indien de materialen niet kunnen worden hergebruikt zal het materiaal worden gestort op een aantal locaties in de Westerschelde.

Om de gevolgen van het storten van boorspecie in de Westerschelde te kunnen beoordelen is de procedure voor een milieu-effect rapportage (m.e.r.) doorlopen. Voor alle aan te wijzen stortvakken zal één gezamenlijk Milieu Effect Rapport (MER) worden opgesteld.

De NV Westerscheldetunnel i.o. heeft als initiatiefnemer opdracht gegeven aan Rijkswaterstaat Directie Zeeland om zowel de hergebruiksmogelijkheden van boorspecie als de effecten van het storten te onderzoeken. In opdracht van de Dienst Weg- en Water-bouwkunde (DWW) heeft het ingenieursbureau 'Oranjewoud' B.V. de mogelijkheden voor hergebruik in kaart gebracht (DWW, 1998). Het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) heeft onderzoek verricht naar milieueffecten van het storten van boorspecie in de Westerschelde. Beide studies zijn vastgelegd in een rapport welke als onderliggende documenten zullen dienen van het uiteindelijke MER dat door de Bouwdienst wordt vervaardigd.

## 1.2. Probleemstelling

Bij het boren van de Westerscheldetunnel komen materialen vrij. Deze verschillende soorten materiaal moeten worden afgevoerd. Wanneer hergebruik niet mogelijk is, dient het materiaal elders worden geborgen. De mogelijkheden hiervoor zijn het bergen in depots op land of het storten in de Westerschelde. Definitief bergen op land van boorspecie is volgens provinciaal beleid echter niet mogelijk (Startnotitie Boorspecie Westerscheldetunnel, 1997). Om deze reden wordt deze optie niet nader onderzocht.

In dit rapport worden de milieueffecten beschreven die bij het storten van boorspecie in de Westerschelde kunnen optreden. Het storten van boorspecie in de Westerschelde kan effecten hebben op de morfologie en getij van het systeem, de kwaliteit van water en bodem, ecologie en gebruikers van het water en de oevers. De aard en omvang van de effecten zullen afhangen van:

- de samenstelling en hoeveelheid van het te storten materiaal;
- de wijze waarop de boorspecie wordt gestort;
- de geografische ligging van een stortvak in de Westerschelde

Als referentie geldt de huidige situatie in de Westerschelde inclusief grootschalige baggerwerken ten behoeve van vaargeulverdieping en onderhoud. Ook de havens aan de Westerschelde worden regelmatig gebaggerd. De baggerspecie die bij beide activiteiten vrijkomt, wordt eveneens op daarvoor aangewezen plaatsen in de Westerschelde gestort. Waar nodig wordt dan ook aandacht aan cumulatieve effecten van het storten van boor- en baggerspecie besteed.

Op voorhand zijn in de startnotitie een aantal stortlocaties aange-wezen. Gedurende de m.e.r.-procedure is echter besloten om deze locaties niet te gebruiken. In dit rapport wordt dit besluit gemotiveerd en worden de keuze van nieuwe stortlocaties beschreven.

De gekozen boormethode is in de startnotitie ten behoeve van het MER voldoende gemotiveerd, en het gekozen tracé is in eerdere besluitvorming reeds vastgelegd. Daarom zal in deze studie hierop niet verder worden ingegaan.

### **1.3. Samenstelling van het te storten materiaal**

De samenstelling en hoeveelheid van het vrijkomende materiaal is afhankelijk van, het ontwerp van de tunnel, de boormethode en de (verticale) positie van de boormachine in het bodemprofiel.

De Westerscheldetunnel zal een volledig geboorde tunnel worden. Het eigenlijke boren zal een continu proces zijn en ongeveer 2,5 jaar in beslag nemen. Bij het boren zullen verschillende grondlagen worden doorkruist, waarbij in totaal circa 1,33 miljoen m<sup>3</sup> grond vrijkomt. Onder andere door toevoeging van boorspoeling en water-opname zal het af te voeren volume grond toenemen tot circa 1,7 miljoen m<sup>3</sup>. Het geboorde materiaal zal bij Terneuzen boven de grond komen.

Het tracé van de Westerscheldetunnel doorsnijdt een aantal bodem-lagen (zie geologisch profiel, in 'intermezzo geologie', pag. 14) De volgende soorten ontgraven grond zullen bij het boren vrijkomen:

- Zand uit de Westland formatie, Formatie van Twente en Eemformatie
- Klei uit de Westlandformatie
- Zand uit de formatie van Rupel
- Klei uit de formatie van Rupel (Boomse Klei)
- Zand uit de formaties van Oosterhout en Breda

De vrijkomende materialen zijn alle anorganisch. De zanden van de formaties van Rupel en Oosterhout en Breda bevatten soms grote (tot 25% ) hoeveelheden Glauconiet.

Bij het boren wordt gebruik gemaakt van de 'slurry schild methode'. Bij deze methode wordt m.b.v. een steunvloeistof het afgegraven materiaal hydraulisch uit de boorkamer verwijderd. De voornaamste component van deze vloeistof is (in het algemeen) een geactiveerde bentoniet die men in water laat zwellen. Om het boormateriaal van de steunvloeistof te scheiden wordt een separatie-installatie ingezet. Een deel van de bentoniet suspensie zal niet uit het mengsel van bentoniet en grond kunnen worden teruggewonnen en in de boorspecie achterblijven. In totaal zal circa 39.000 ton bentoniet in de specie achterblijven.

Na bewerkingen in de scheidingsinstallatie zullen de volgende grondsoorten worden gestort:

- zand (fractie tussen 4mm en 50 µm);
- kleibrokken (klei in brokken groter dan 4mm);
- slib en zogenaamde kleislurry (fractie <50 µm);
- mengsels van deze grondsoorten.

#### **1.4. Het storten in de Westerschelde**

De boorspecie kan met behulp van één of meer zelfvarende splijt-bakken naar de diverse stortlocaties worden getransporteerd. Op de locatie aangekomen wordt de specie door middel van het splijten van de bak in het water gestort.

Een ander mogelijkheid is dat het materiaal vanaf de boorlocatie nabij Terneuzen rechtstreeks met een pijpleiding op de bodem van de Westerschelde zal worden gebracht.

De specifieke voor- en nadelen van beide methoden zullen in dit rapport nader worden toegelicht.

#### **1.5. Leeswijzer**

**Hoofdstuk 2** geeft een beschrijving van de bestaande toestand van de Westerschelde en de autonome ontwikkeling. De bestaande toestand zal dienen als referentie.

**Hoofdstuk 3** geeft een beschrijving van de voorgenomen activiteit en de vrij te komen materialen.

**Hoofdstuk 4** geeft een beschrijving van mogelijke milieueffecten van de voorgenomen activiteit.

**Hoofdstuk 5** beschrijft het proces van de keuze van de nieuwe stortlocaties.

**Hoofdstuk 6** bevat een beschrijving van de samenstelling van de verschillende stortvarianten.

In **hoofdstuk 7** worden de varianten beoordeeld aan de hand van een afweging tussen de verschillende effecten.

In **hoofdstuk 8** worden de leemten in kennis en het evaluatieprogramma beschreven.

## 2. Bestaande toestand en autonome ontwikkeling

---

### 2.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt allereerst de bestaande toestand van de Westerschelde beschreven. De bestaande toestand omvat een beschrijving van de situatie zoals ze nu in het gebied kan worden waargenomen. Het bijzondere is dat de voorgenomen activiteit plaats vindt tijdens een overgangssituatie in de Westerschelde. Medio 1997 is namelijk een aanvang gemaakt met de 48/43/38 voet verdieping. Volgens planning worden de drempels (ondiepe zones in de vaargeul) in 4 jaar tijd verlaagd. Daarna gaat het verruimingssbaggerwerk over in onderhoudsbaggerwerk. De verwachting is dat dit onderhouds-baggerwerk t.o.v. de huidige (1996) toestand zal toenemen van 8 naar 14 miljoen m<sup>3</sup> per jaar.

Wanneer met de boorwerkzaamheden wordt begonnen zal de Westerschelde *nagenoeg verdiept zijn. Als referentiesituatie t.o.v. waarvan de effecten zullen worden beschreven zal daarom worden uitgegaan van een Westerschelde met een verdiepte vaargeul die onderhouden wordt, waarbij jaarlijks 14 miljoen m<sup>3</sup> zand verplaatst wordt.* Hierbij wordt er vanuit gegaan dat stortalternatief E (MAS-baggerspeciastort Westerschelde, 1998) wordt uitgevoerd. Dit alternatief komt grotendeels overeen met de gehanteerde stortstrategie volgens de Vergunningenwet Westerschelde. Een beschrijving van dit alternatief is gegeven in tabel 2.1 en in figuur 2.1 zijn de stortvakken weergegeven die gebruikt zullen worden voor het storten van baggerspecie.

De bestaande toestand wordt aan de hand van de volgende beschreven: morfologie en getij, kwaliteit van water en bodem, ecologie en het (menselijk) gebruik van de Westerschelde. Het systeem wordt als één geheel in beschouwing genomen en tevens wordt meer in detail ingegaan op de toestand in het westelijke deel.

#### 2.1.1. *Het Westerschelde-estuarium*

De rivier de Schelde ontspringt nabij St. Quentin in Frankrijk en mondt bij Vlissingen uit in de Noordzee. Het Schelde-estuarium, gedefinieerd als het deel waar zowel de invloed van rivier- en zeewater significant is, strekt zich uit van Gent tot aan de kust bij Vlissingen over 160 km. In dit rapport wordt voornamelijk het Nederlands deel van het estuarium beschreven. Er is een nadere verdeling gemaakt in het oostelijke deel, het middendeel, het westelijke deel en het mondingsgebied. In figuur 2-1 is een overzicht gegeven van het westelijk deel van de Westerschelde.

Een kenmerk van een estuarium is dat het stroomopwaarts gaande-weg van karakter verandert als gevolg van het uitdempen van de getij-energie en de toenemende invloed van de rivier. Dit manifesteert zich in het afnemen van de gemiddelde diepte en in de aanwezigheid van een slib- en zoutgradient.

Karakteristiek voor een estuarium zijn veranderingsprocessen op allerlei ruimte- en tijdschalen. Op geologische tijdschaal zijn dat de cycli van ontstaan, uitbreiden en verlanden van estuaria. Op macro- en mesoschaal bestaan deze processen uit een verlegging van geulen waardoor continu afbraak en opbouw van platen, slikken en schorren plaatsvindt. De ruimtelijke structuur van een estuarium wordt dus bepaald door een grote veranderlijkheid.

In de laatste decennia is de Westerschelde echter sterk beïnvloed door menselijke ingrepen in het systeem. Inpolderingen, na 1930 is ongeveer 4000 ha ingepolderd, hebben geleid tot een groot verlies aan ruimte. De Westerschelde vormt daarnaast een belangrijke scheepvaartroute naar de haven van Antwerpen. Hiervoor wordt de vaargeul continu uitgebaggerd waarna het gebaggerde materiaal elders in de Westerschelde weer wordt teruggestort. Genoemde ingrepen hebben met name in het oostelijke deel geleid tot patronen en processen die onder natuurlijke omstandigheden niet of in mindere mate zouden zijn opgetreden.

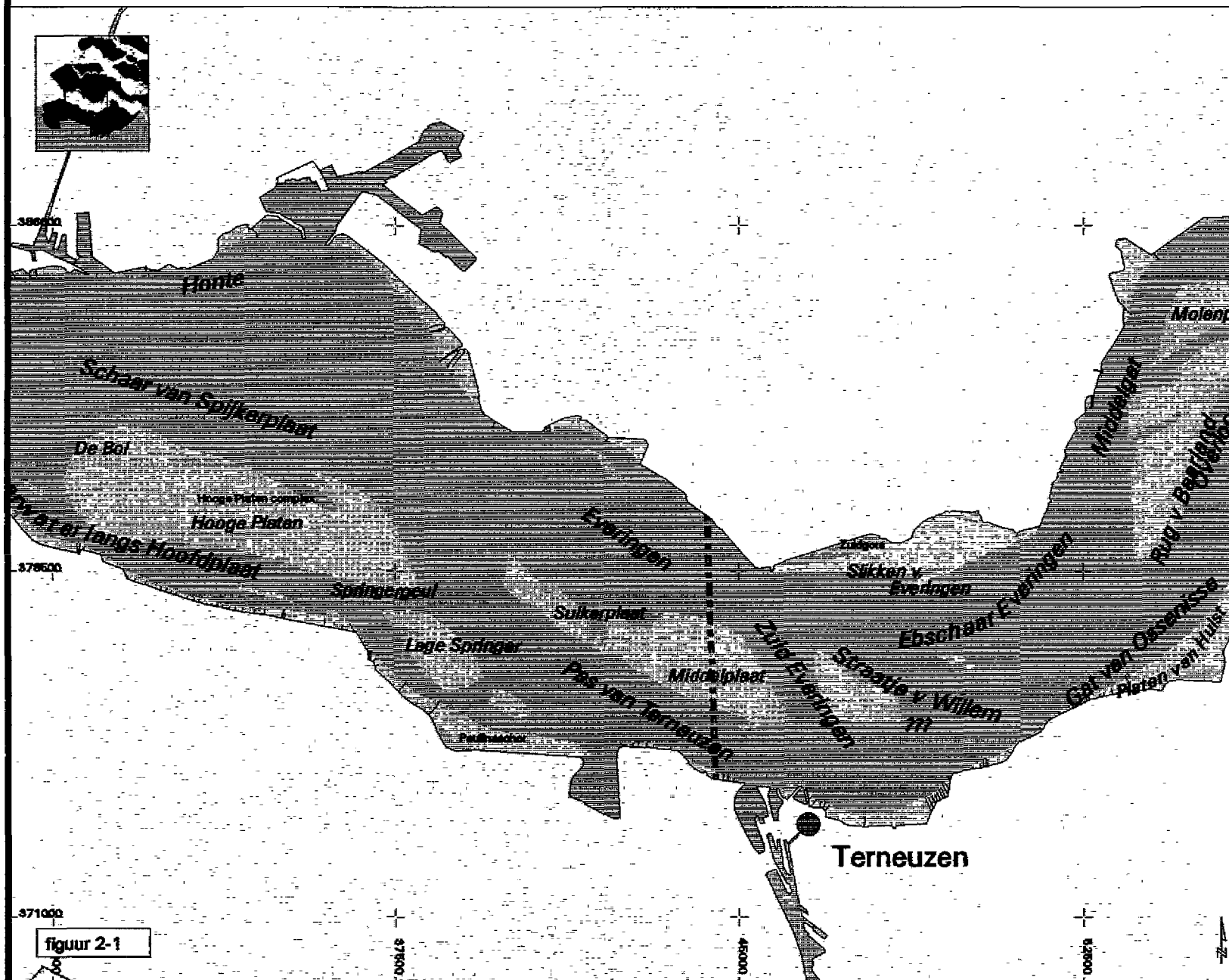


# Geulen, platen, slikken en schorren in de Westerschelde

## Gebruik Westerschelde - tunnel gebied

### Legenda

- === tracé tunnel
- lager dan NAP -2m
- hoger dan NAP -2m



Datum: 28-MAY-1998

0 2.5 5 km

MER Boorspecie Westerschelde-  
tunnel



H.T. de Haan  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijksdienst voor Kust en Zee / Rijkswaterstaat Middelburg

### Intermezzo: Geologische opbouw van de Westerschelde

De geologische opbouw van de ondergrond van ZW-Nederland is tot op een diepte van 100 tot 200 meter bepaald door geologische ontwikkelingen in het Tertiair, Kwartair en Holoceen. De situering op de rand van het Massief van Brabant heeft tot een scheefstelling in Noordoostelijke richting geleid van minder dan 1%. Gedurende het Tertiair is een sedimentopvolging ontstaan die bestaat uit transgressieve en regressieve sequenties. De Formatie van Zelzate met de zanden van Ruisbroek (ook wel de zanden van Berg genoemd) en de Formatie van Rupel met de klei van Boom, beide afgezet in het Midden Oligoceen, zijn in het Westerscheldegebied de oudst aangeboorde Formaties (Westerschelde Ingenieursbureau, 1996). In het Midden Mioceen worden in een transgressieve fase de meer zandige sedimenten van de Formatie van Breda afgezet. De laat Mioceen en vroeg Pliocene lagen zijn geërodeerd. De zandige lagen van de laat Pliocene periode van de Formatie van Oosterhout zijn nog in het gebied terug te vinden.

In het vroeg Pleistoceen worden tegelijkertijd de fluviatiele Formatie van Tegelen en de mariene Formatie van Maassluis afgezet. Een groot deel van de kwartaire lagen is geërodeerd, alleen de Eemformatie, afgezet tijdens het Eemien (laatste interglaciaal) en de Twente formatie, afgezet tijdens het Weichseien (laatste glaciaal) zijn nog te vinden.

In het Holoceen is de Westlandformatie gevormd. Deze bestaat uit een laag basisveen, de afzettingen van Calais, het Hollandveen en de afzettingen van Duinkerken. Deze afzettingen zijn ontstaan door een opeenvolging van transgressieve en regressieve fasen sinds het aflopen van de laatste ijstijd. Het grootste deel van het profiel van de Westerschelde wordt ingenomen door het jonge zeezand van de afzettingen van Duinkerken (III). De oudere formaties zijn tot op een diepte van (minimaal) 15 meter grotendeels geërodeerd.

#### *Geologie ter hoogte van het traject van de Westerscheldetunnel*

Op basis van bestaande en extra boringen is een geologisch profiel getekend specifiek voor het traject van de Westerscheldetunnel (figuur 2-2)

**Formatie van Zelzate - Zanden van Ruisbroek**

In het langsdoorsnede profiel van de Westerscheldetunnel (Westerschelde Ingenieursbureau, 1996) is te zien dat bij de bouw van de tunnel de Formatie van Zelzate aangeboord zullen worden onder de Pas van Terneuzen. De zanden van Ruisbroek bevinden zich op deze plek op een diepte van circa 40 meter -NAP.

#### *Formatie van Rupel - Klei van Boom*

De Klei van Boom komt onder het hele Westerscheldetunneltraject voor met een minimale dikte van circa 7 meter onder de Pas van Terneuzen. Hier snijdt de geul het pakket aan. De maximale dikte van deze laag is ruim 30 meter. Onder de Middelpaalt bevindt de bovenkant van de Klei van Boom zich op minder dan NAP -20 m.

#### *Formaties van Breda en Oosterhout*

Belangrijk voor de Westerscheldetunnel is, dat deze Mioceen afzettingen ontbreken in een ongeveer 3 km brede strook van Terneuzen tot onder de Middelpaalt. De zanden beginnen als een wig onder de noordkant van de Middelpaalt en de laag wordt dikker richting de Everingen tot ongeveer 20 meter.

#### *Formatie Tegelen/Formatie van Maassluis*

In de boringen die zijn gedaan om de geologie op het tracé van de Westerscheldetunnel te bepalen, is deze formatie niet aangetroffen.

#### *Eemformatie*

De Eemformatie is in het geologisch profiel samengenomen met de Formatie van Twente en de Westland Formatie. Deze formaties samen zijn in aparte lagen onderverdeeld. De onderste en oudste laag, bestaande uit zwak siltig, matig vast zand, komt voor onder het gehele tracé van de Westerscheldetunnel voor (Westerschelde Ingenieursbureau, 1996), behalve onder de Pas van Terneuzen, waar de laag volledig geërodeerd is. Aan de randen van deze geul dagzooit de laag dan ook. De laag is maximaal 20 meter dik en de top van de laag bevindt zich op een diepte van -5 tot -25 m -NAP. De bovenste en jongste laag van de onderverdeling bestaat uit overwegend los zand afgewisseld met vaste klei laagjes. Deze is afgezet als onderdeel van de Formatie van Twente en de Westland Formatie.

#### *Formatie van Twente / Westland Formatie*

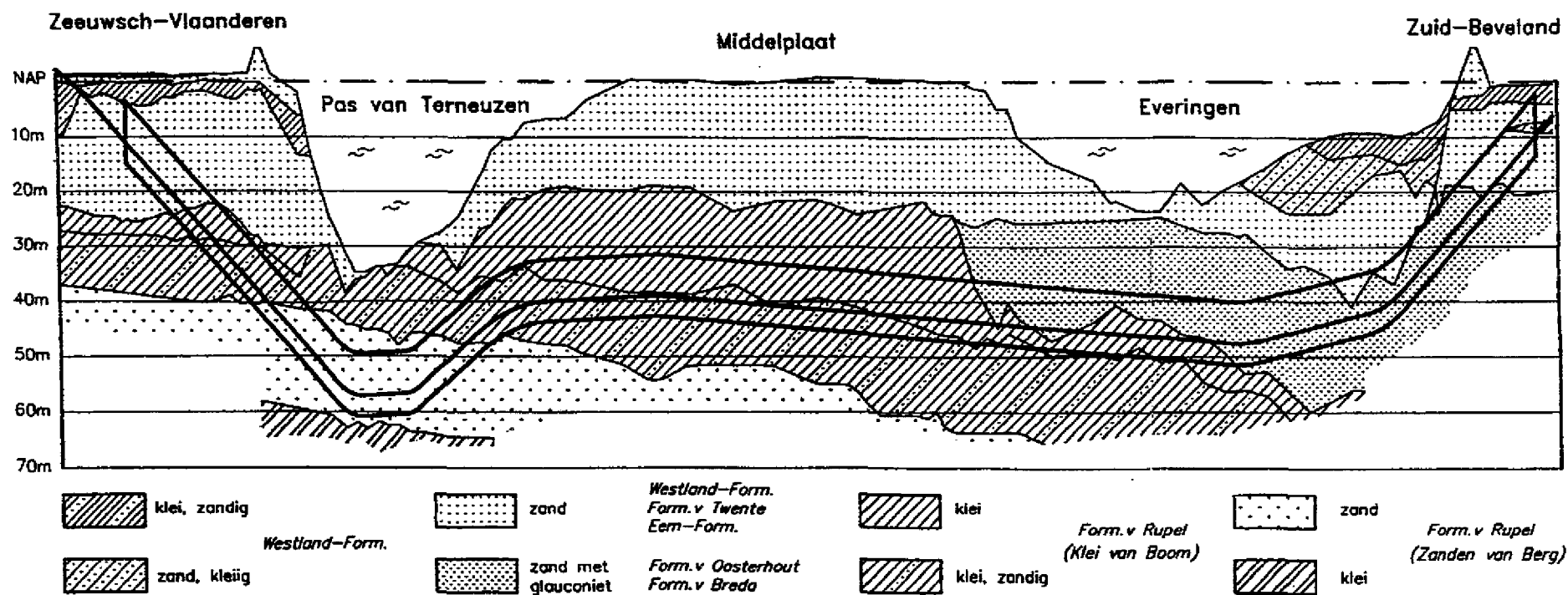
De Formatie van Twente en de Westland Formatie zijn voor een groot gedeelte verdwenen uit de ondergrond van het tracé, met name door geulerosie. Aan de oevers van de Westerschelde komt de laag nog wel voor met diktes van 0 tot 15 meter.

#### *Vergelijking van het gekozen tracé met de rest van de Westerschelde*

In Luursema (1997) is onderzocht of een andere tracékeuze andere geologische lagen en daarmee een andere verhouding in de vrijkomende materialen op zou leveren. De conclusie is dat de grondsoorten die aangeboord zullen worden op dit tracé niet veel verschillen wanneer de aanleg op een andere locatie (in dit deel van de Westerschelde) plaats zal vinden. De dikte van de verschillende lagen variëren onder de hele Westerschelde. Het gekozen tracé bevindt zich op een plaats waar de dikte van de lagen niet extreem dik of dun is vergeleken met de algemene marges in dikte.

Figuur 2-2

Geologische profiel Tunneltracé



Tabel 2-1 Verdeling baggerspecie (miljoen m<sup>3</sup>) volgens alternatief E (Baggervergunning)

| Naam stortvak                      | nr | VERRUIMING |        |        |        | ONDERHOUD<br>na verdieping | Inrichtingsmaatregelen |
|------------------------------------|----|------------|--------|--------|--------|----------------------------|------------------------|
|                                    |    | jaar 1     | jaar 2 | jaar 3 | jaar 4 |                            |                        |
| Schaar van de Noord                | 2  | 0,1        | 0,1    | 0,1    | 0,1    | 0,1                        |                        |
| Schaar van Waarde                  | 6  | 0,6        | 0,6    | 0,6    | 0,6    | 1                          |                        |
| Platen van Ossensisse              | 9  | 0,3        | 0,3    | 0,3    | 0,3    | 1                          |                        |
| Gat van Ossensisse                 | 11 | 1,7        | 1,7    | 1,7    | 1,7    | 3                          |                        |
| Biezelingse Ham                    | 19 | 1,5        | 1,5    | 1,5    | 1,5    | 2,4                        |                        |
| Ebschaar Everingen                 | 13 | 1          | 1      | 1      | 1      | 0,5                        |                        |
| Ellewoutsdijk                      | 20 | 3,3        | 4,2    | 2,9    | 2,9    | 2                          |                        |
| Everingen                          | 14 | 3,3        | 4,2    | 2,9    | 2,9    | 2                          |                        |
| Schaar v.d. Spijkerplaat           | 15 | 3,4        | 4,3    | 3,0    | 3,0    | 2                          |                        |
| Schoone Waardin                    | 21 | -          | -      | -      | -      | -                          |                        |
| Kust Vlissingen                    | 25 | -          | -      | 0,05   | -      | -                          |                        |
| Kust Zeeuws-Vlaanderen             | 22 | -          | -      | 0,45   | 0,5    | -                          |                        |
| W2 Wielingen                       | 17 | -          | -      | -      | -      | -                          |                        |
| afvoer tertiaire en kwartaire klei |    | -          | -      | 1,1    | 1,1    | -                          |                        |
| TOTAAL                             |    | 15,2       | 17,9   | 15,6   | 15,6   | 14,0                       |                        |

## 2.2. Getij en morfologie

### 2.2.1. Getij

Het getij is de belangrijkste motor voor estuariene processen in de Westerschelde. Het getij vult en leegt het estuarium twee keer per dag. Ter hoogte van Vlissingen stroomt per getij circa 1 miljard m<sup>3</sup> water de Westerschelde in en weer uit. Ter vergelijking: de rivierafvoer van de Schelde bedraagt ca. 3 miljard m<sup>3</sup> in een heel jaar.

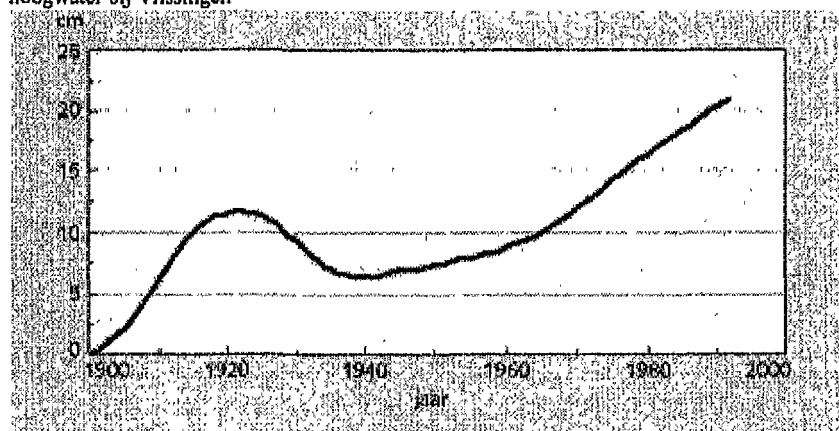
Het getij plant zich door het estuarium als een golf voort. Zo bedraagt de looptijd van het getij van Vlissingen naar Antwerpen circa 1 uur en 44 minuten. Dat wil zeggen dat het in Antwerpen 1 uur en 44 minuten later hoogwater is dan in Vlissingen. Het gemiddeld getijverschil loopt op van 3.85 m bij Vlissingen tot 5.15 m bij Antwerpen. Bovenstrooms van Antwerpen neemt het getijverschil weer af.

In deze paragraaf worden de belangrijkste waargenomen ontwikkelingen in het getij op de Westerschelde besproken. Een uitgebreide beschrijving is te vinden in Vroon et al. (1997).

#### De getijdoordringing in de Westerschelde

Doordat het estuarium dieper en smaller is geworden, met name als gevolg van inpolderingen en kunstmatige verdieping van de vaargeul, kan het getij sterker binnendringen. De voortplantingssnelheid van de getijgolf is hierdoor toegenomen. De gemiddelde hoogwaterstanden stijgen sneller dan de gemiddelde zeespiegel. Het gemiddeld laagwater stijgt minder snel dan de gemiddelde zeespiegel. Hierdoor neemt het getijverschil toe. In het westelijke deel is deze ontwikkeling echter veel minder sterk dan in het oostelijke deel (figuur 2-3).

Figuur 2-3 Toename van het gemiddeld hoogwater bij Bath t.o.v. het gemiddeld hoogwater bij Vlissingen



#### Verwachte ontwikkeling

Door het verdiepen van de hoofdgeul en het storten van baggerspecie in de nevengeul (locaties Ellewoutsdijk en Everingen) zullen de waterstanden in het beschouwde gebied niet noemenswaardig veranderen (Wang et al., 1997).

#### De debietverdeling over de geulen.

In het oostelijke deel is de watervoerende functie van de hoofdgeul toegenomen ten koste van de nevengeul. Door het verdiepen van de drempels in de periode 1970-1975 is de weerstand afgenomen en is de hoofdgeul meer

water gaan voeren. Aangezien de grootte van het doorstroomprofiel van een geul wordt bepaald door de hoeveelheid water die er doorheen stroomt, is vervolgens ook de geuldoorsnede toegenomen. De toename van het debiet in de hoofdgeul gaat ten koste van het debiet in de nevengeul, waardoor de transportcapaciteit afneemt en de geul verondiept. Dit laatste wordt bevorderd door het storten van sediment.

Behalve dat de hoofdgeul meer water is gaan afvoeren ten koste van de nevengeul, valt nog een andere ontwikkeling op. Namelijk dat het patroon van een meergeulenstelsel in het oostelijke deel van het estuarium minder uitgesproken is geworden. Het meergeulenstelsel bestaat uit een hoofdgeul met daaraan parallel één of meerdere nevengeulen waarbij door de nevengeul het grootste gedeelte van de vloed stroomt en door de hoofdgeul het grootste gedeelte van de eb.

In het middendeel nam het getijvolume in de ebgeul (Middelgat) af. In dit deel van de Westerschelde neemt het Gat van Ossensisse geleidelijk de functie over van het Middelgat. Dit (natuurlijke) proces van overname gaat gepaard met sedimentatie in het middengebied.

In het westelijke deel is door de sedimentatie van het Middelgat de vloedinvloed op de Ebschaar van Everingen toegenomen. De laatste jaren neemt echter de ebinvloed in de gehele Everingen toe waardoor de Zuid-Everingen zich verdiept.

#### *Verwachte ontwikkeling*

Doordat tijdens de huidige verdieping de stortstrategie is gewijzigd, d.w.z. dat het meeste materiaal in het westen i.p.v. het oosten wordt gestort, kan in de toekomst de ontwikkeling die in het oosten heeft plaatsgevonden zich ook in het westen gaan voordoen (Wang et al., 1997).

#### *2.2.2. Morfologie*

In deze paragraaf zal de morfologische toestand van de Westerschelde en haar monding worden beschreven en de belangrijkste veranderingen in de afgelopen decennia. De onderwerpen welke hierbij aan de orde komen zijn de morfologische structuur, de dynamiek en de zandbalans. Voor een uitgebreide beschrijving van de Westerschelde wordt weer verwezen naar Vroon et al. (1997).

De Westerschelde vormt het mariene en brakke deel van het Schelde-estuarium, met vele typisch estuariene verschijningsvormen. Kenmerkend is het meergeulenstelsel. De ligging en grootte van de hoofdgeul bepaalt de structuur van de platen, die in de binnenbochten van de geulen zijn gelegen, en de ruimte die resteert voor slikken en schorren. De hoofdgeul is het diepst in de scherpe buitenbochten (30 à 40 m). In de overgangen tussen de buitenbochten bevinden zich de aanzetten of inlopen van de typische eb- en vloedscharen. De grotere geulbreedte en het sedimentaanbod uit deze scharen veroorzaken hier ondiepe gebieden in de geul, de zogenaamde drempels. Om de vaar-diepte te handhaven moeten deze drempels voortdurend gebaggerd worden.

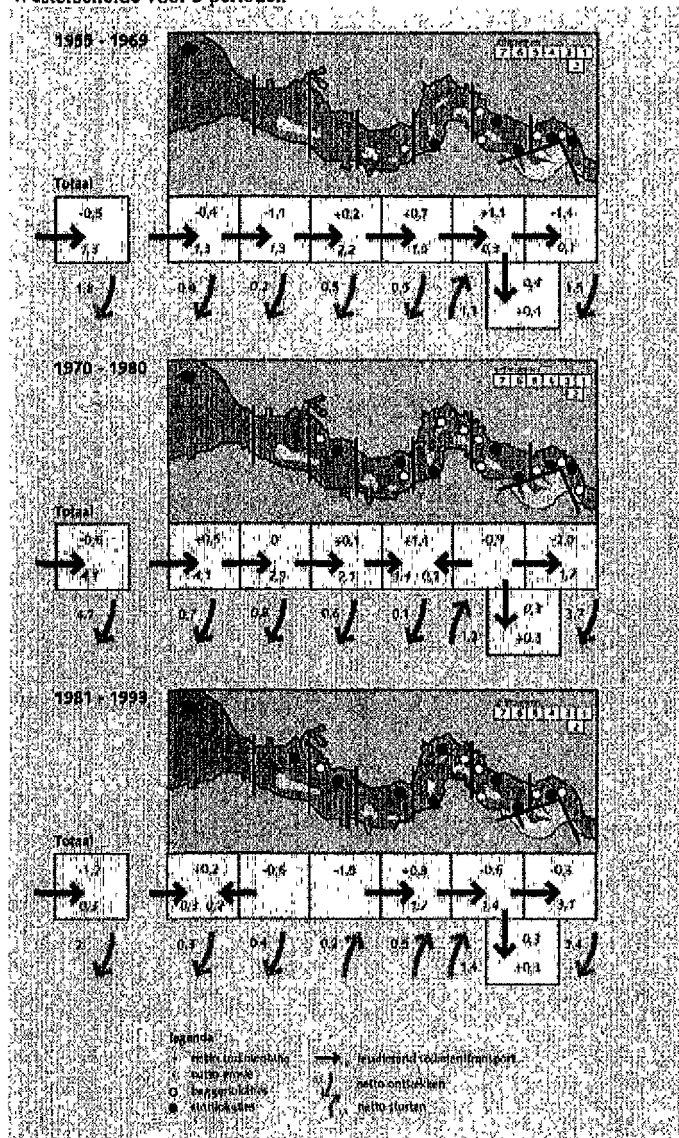
Naast de dynamische geulen vormen de platen en slikken en schorren relatief stabiele elementen in het systeem. Ze staan slechts beperkte tijd onder water met stroomsnelheden die te laag zijn voor erosie. Alleen horizontale erosie door geulen kan deze gebieden verplaatsen en opruimen. Bij de platen zijn het met name de zogenaamde kortsluit-geulen die periodiek de platen afbreken. Deze geulen verbinden dwars door de platen heen de hoofdgeul met de nevengeul.

**De zandbalans van de Westerschelde.**

De zandbalans is een morfologische boekhouding die in afgebakende periodes de netto zanduitwisselingen beschrijft tussen bepaalde gebieden.

De zandtransportcapaciteit van de geulen in de Westerschelde is relatief groot door de sterke eb- en vloedstromen en het relatief fijne sediment. De (grotere) geulen vormen de transportaders; platen, slikken en schorren hebben veelal een bergende functie.

**Figuur 2-4** Zandbalans voor de Westerschelde voor 3 perioden

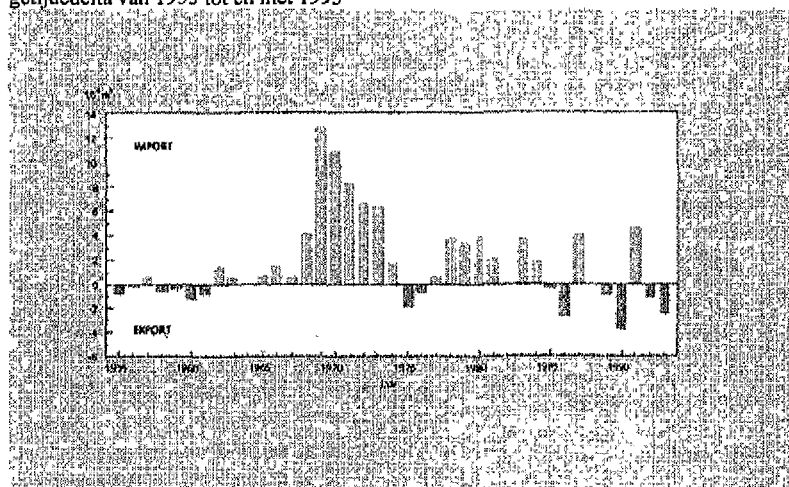


In een estuarium is vaak sprake van een vloedgedomineerd transport. Dat wil zeggen dat er door de stroming netto sediment het estuarium in en stroomopwaarts wordt getransporteerd. Deze toevoer van sediment is van invloed op de lange termijnontwikkeling van het estuarium. Uit de zandbalans van de Westerschelde blijkt dat tussen 1955 en 1993 ook sprake is van een netto landwaarts, vloed-gedomineerd sedimenttransport (figuur 2-4).

Dit transport verloopt als volgt. Het residuele sedimenttransport, het resulterende transport in een bepaalde geul, volgt meestal het patroon van de eb- en vloed-gedomineerde stroming. Deze transportpaden beginnen meestal in een geul en eindigen op een drempel of plaat. De transportpaden lopen vaak om platen heen, de zogenaamde circulatiecellen. Transport in de lengterichting vindt plaats door uitwisselingen (kortsluitingen) tussen de circulatiecellen (figuur 2-5).

Sinds 1955 is door zandwinning circa 100 miljoen m<sup>3</sup> sediment aan de Westerschelde onttrokken, terwijl de totale inhoud beneden gemiddeld hoogwater slechts met 15 à 20 miljoen m<sup>3</sup> is toegenomen. Dit betekent dat door de getijstroming sediment vanuit het mondingsgebied is geïmporteerd. De import is het grootst rond 1970; na 1980 is er nauwelijks nog sprake van import of export (figuur 2-6). Significante hoeveelheden sediment zijn in de afgelopen decennia op natuurlijke wijze geborgen in het land van Saeftinge en in de voormalige hoofd-geul het Middelgat terwijl netto erosie is opgetreden in het meest oostelijke deel van de Westerschelde.

Figuur 2-6      Uitwisseling van sediment tussen de Westerschelde en de eb-getijdedelta van 1955 tot en met 1993



Door (baggeren en) storten worden gebieden gecreëerd met een (tekort of) overschot aan sediment. Tevens kunnen zandtransporten ontstaan waardoor uitwisseling van sediment tussen het mondings-gebied en het estuarium zich kan wijzigen. Met name in het oostelijke deel wordt het west-oost transport in stand gehouden door het baggeren en storten. Vanaf midden jaren tachtig is de inhoud van het oostelijke deel niet meer groter geworden. Er is een kunstmatig onderhouden evenwicht ontstaan tussen ingrepen en morfologie.



## McLaren netto sediment transportroutes voor zand

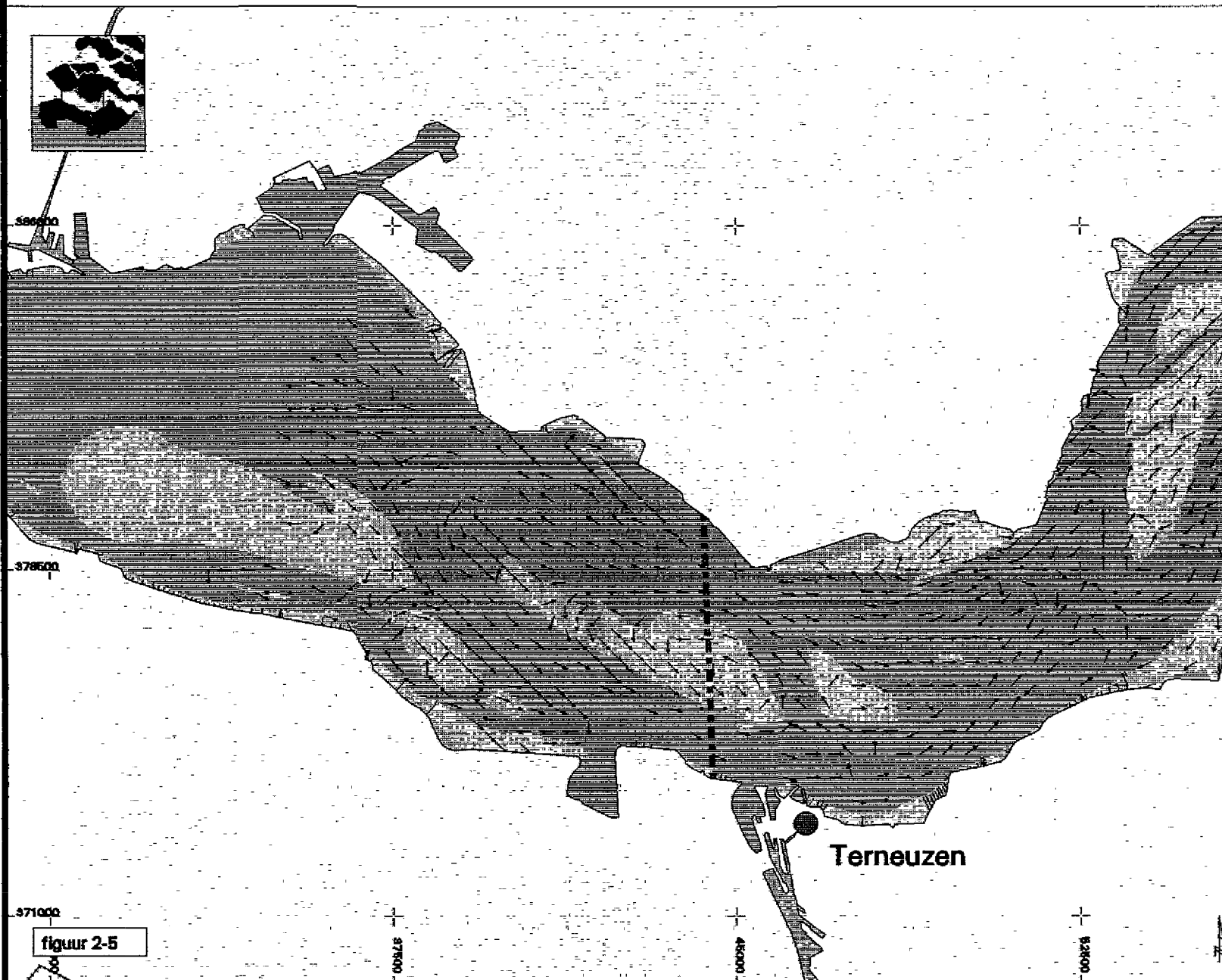
## Morfologie Westerschelde - tunnel gebied

### Legenda

=== tracé tunnel

 lager dan NAP -2m

 hoger dan NAP -2m



Bron: McLaren rapporten, juli 1993  
Datum: 28-MAY-1998

0 2.5 5 km

MER Boorspecie Westerschelde-  
tunnel



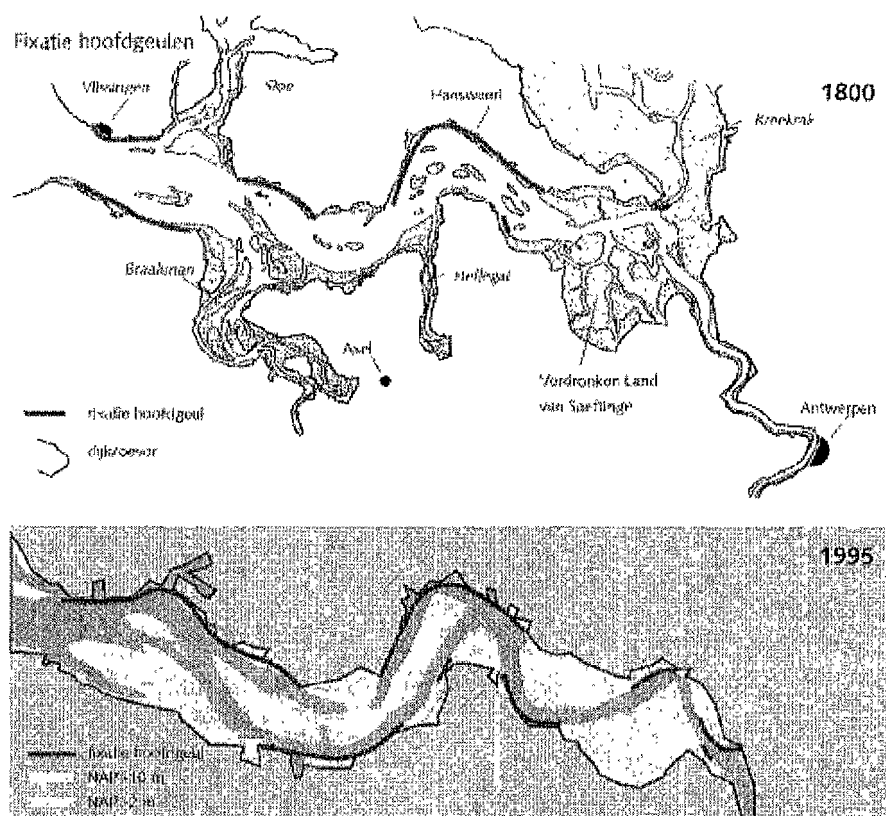
H.T. de Haan  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

### De morfologische dynamiek van de Westerschelde.

De morfologische dynamiek, de continue verandering van uiterlijk van de morfologie, is een belangrijk kenmerk van estuaria. Op grond van tijd-ruimteschalen kan de dynamiek worden onderverdeeld in macro- meso- en microdynamiek.

De macrodynamiek, migraties van hoofdgeulen en in mindere mate ook nevengeulen, is afgenomen. In de afgelopen twee eeuwen is de hoofdgeul steeds meer op een vaste plaats in het estuarium gefixeerd geraakt. Wanneer de ligging en diepte van de geulen in 1800 worden vergeleken met die van 1995 valt het op dat de hoofdgeul over een grotere lengte tegen de dijk ligt en daar ook dieper is (figuur 2-7).

Figuur 2-7 Fixatie van de geulen



De mesodynamiek, migraties van kortsluitgeulen door plaatcomplexen, is de afgelopen decennia in de gehele Westerschelde afgenomen. Aangenomen wordt dat dit vooral komt doordat de geulen aan weerszijden van de plaat minder uitgesproken eb- of vloedgeulen zijn geworden, waardoor verschillen in waterstand aan weerszijden van de platen zijn afgenomen. Dit verhang is een aandrijvende kracht voor het ontstaan van kortsluitgeulen. Daarnaast kan de activiteit van kortsluitgeulen afnemen door de aanwezigheid van stortlocaties in de omgeving waardoor zich sediment in deze geulen af kan gaan zetten.

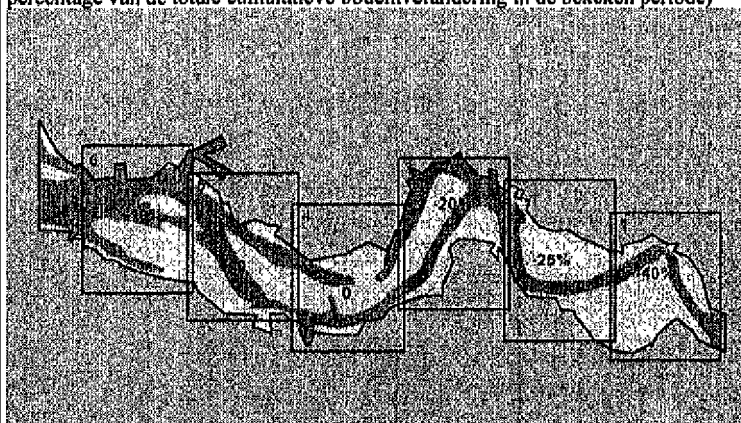
De microdynamiek is een maat voor de instabiliteit van het bovenste deel van de bodem. De microdynamiek is relevant omdat ze iets zegt over de (on)mogelijkheid van bodemorganismen om zich op de bodem te vestigen. De microdynamiek is hoog in de geulen en laag op de platen, slikken en schorren.

De macro- en mesodynamiek zijn met name in het oostelijke deel van de Westerschelde door het vaargeulonderhoud sterk onderdrukt. In het westelijke deel vinden nog wel natuurlijke geulmigraties plaats. De recente ontwikkelingen van de Schaar van de Spijkerplaat heeft zelfs gezorgd voor een toename in de morfologische dynamiek in het meest westelijke deel van de Westerschelde (zie intermezzo: dynamiek). Als gevolg van deze ontwikkeling is de hoofdgeul in het westelijke deel sterk in omvang toegenomen.

#### Intermezzo: dynamiek

De dynamiek van een gebied kan worden gekwantificeerd door de (cumulatieve) hoogteveranderingen in bodemligging ten gevolge van erosie en sedimentatie over een bepaalde periode te bepalen (Sistmans, 1996). Dit is gedaan per ladingvak voor de periode 1955-1968 (voor de eerste vaarwegverruiming) en de periode 1982-1994 (na de verruiming). Indien de twee perioden worden vergeleken dan blijkt dat in vakken 1, 2 en 3 in het oostelijke (1,2) en middendeel (3) de dynamiek is afgenomen. In de vakken 4 en 5 (westelijke deel) zijn geen veranderingen waargenomen. In het meest westelijke vak 6 is er sprake van een lichte toename van dynamiek.

Figuur 2-8 Verandering in morfologische dynamiek in 6 ladingvakken in de Westerschelde (dynamiekverandering in percentage van de totale cumulatieve bodemverandering in de bekeken periode)



#### verwachte ontwikkeling

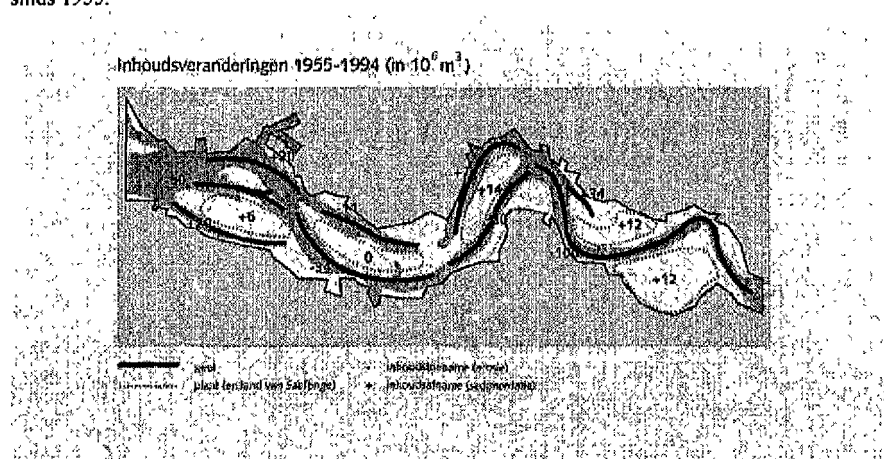
De verruiming van de hoofdgeul heeft tot gevolg dat het water steeds meer in een vastzittende geul wordt gedwongen. Dit komt door het vastleggen van de buitenbochten door geulwandverdediging en het steeds baggeren op dezelfde plaatsen (de drempels). Geulwand-verdedigingen worden vooral in het oostelijke deel aangelegd. Door het verdiepen van de drempels nemen de stroomsnelheden in de hoofdgeul geleidelijk toe. Gemiddeld bedraagt de toename (in de hele Westerschelde) niet meer dan 5%. Als gevolg hiervan zal de erosie in de buitenbochten toenemen op die gedeelten die nog niet inmiddels geulwandverdedigingen vastgelegd zijn. Na het uitruimen van de hoofdgeul neemt de stroomsnelheid weer af.

In het algemeen vermindert de dynamiek van het estuarium. Het karakteristieke patroon van hoofd- en nevengeulen raakt meer en meer verloren, platen vormen stabiele complexen zonder kort-sluitgeulen en de hoofdgeul heeft steeds minder bewegingsvrijheid (Rijkswaterstaat-DZ, 1996).

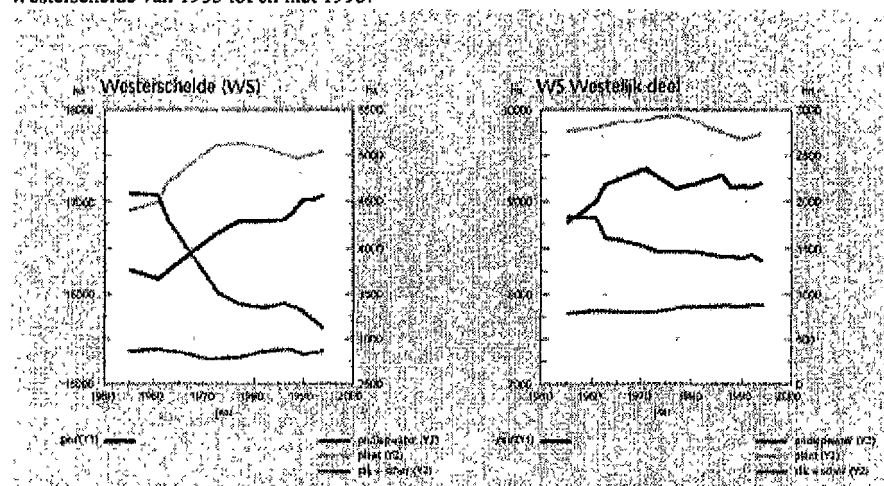
#### De morfologische structuur van de Westerschelde.

Sinds 1955 is de doorgaande hoofdgeul verdiept en verbreed. Sedi-ment is voornamelijk opgeslagen in de nevengeulen en plaat-complexen (figuur 2-9). De platen zijn hierdoor zowel in oppervlakte als gemiddelde hoogte toegenomen. Ook zijn de kortsluitgeulen door de platen heen opgevuld, hetgeen heeft bijgedragen aan de sterke achteruitgang van het areaal aan ondiep water gebieden (figuur 2-10).

**Figuur 2-9 Opgetreden**  
Inhoudsveranderingen in de Westerschelde  
sinds 1955.



**Figuur 2-10** Areaalontwikkeling  
Westerschelde van 1955 tot en met 1993.



Doordat de geulen in de loop der tijd op veel plaatsen tot aan de dijk zijn uitgebocht en daar blijven liggen, ontstaat in de as van het estuarium ruimte voor plaatgroei. Vervolgens krijgen door het minder actief worden van de kortsluitgeulen de platen ook de tijd om te groeien. Het sediment dat in de hoofdgeul wordt gebaggerd en in de nevengeul gestort draagt hieraan bij. De kleinere platen van rond 1960, die het gebied een versneden uiterlijk gaven, zijn omgevormd tot grotere en meer gestroomlijnde plaatcomplexen. Hierdoor zijn weer veel relatief flauwe plaat-geulovergangen verdwenen.

De som van slik- en schorareaal is sinds 1960 sterk in omvang afgenomen. Dit kan vrijwel geheel worden toegeschreven aan inpolderingen en havenaanleg. Daarnaast zijn de meeste slikken in de buitenbochten versmald en verlaagd en hebben dus netto sediment geleverd. De schorren hebben door ophoging en het opvullen van schorkreken sediment opgeslagen.

#### Verwachte ontwikkeling

Deze ontwikkelingen hebben voornamelijk plaatsgevonden in het oostelijke deel maar door de verdieping van de Westerschelde zal het bovengeschetste beeld ook in het westelijke en middendeel sterker op de voorgrond gaan treden (Hoogetboom & Vroon, 1998)(Wang et al., 1997). Door verbreding van de geulen worden de plaatranden steiler en eroderen de slikranden. Doordat aan de andere kant schorerosie plaatsvindt en hierbij nieuw slik

ontstaat zal het slikareaal ongeveer gelijk blijven. De platen zullen zich als grotere en hogere complexen aaneensluiten.

In het westelijke deel zal het storten aan deze plaatvergroting en -verhoging bijdragen. Het nevengeul areaal en inhoud zal daarentegen sterk afnemen. Het areaal ondiep water gebied een resultante van de plaat- en geulareaalverandering. Omdat de verwachting is dat het nevengeulareaal sterker af zal nemen dan het plaatareaal zal toenemen zal het ondiep water gebied iets vergroten (Hoozeboom & Vroon, 1998) (Wang et al., 1997).

### 2.3. Slibhuishouding en kwaliteit

#### 2.3.1. *slibhuishouding*

Troebelheid, ook wel slib, zwevend - of gesuspendeerd materiaal genoemd, is een van de meest variabele kenmerken van een estuarium. In deze paragraaf worden de verschillende ruimte- en tijdschalen van troebelheid besproken, naast andere feiten en gegevens over slib en de slibhuishouding van het Schelde-estuarium.

Slib vervult in een watersysteem twee belangrijke functies. In de eerste plaats vervult het de rol van voedsel. Met name in een estuarium speelt het aangevoerde en ter plaatse geproduceerde organische deel van het slib een belangrijke rol als voedsel voor bodemdieren zoals mossels en kokkels. In de tweede plaats vervult slib de rol als drager en transportmiddel voor verontreinigingen. Slib en bepaalde microverontreinigingen (hydrofobe, persistente en bioaccumulerende organische verbindingen en spoormetalen) hebben namelijk zodanige eigenschappen dat een aanmerkelijk deel tot vrijwel de gehele hoeveelheid van dit soort verbindingen of elementen aan slib is gebonden.

#### **Tijdschalen**

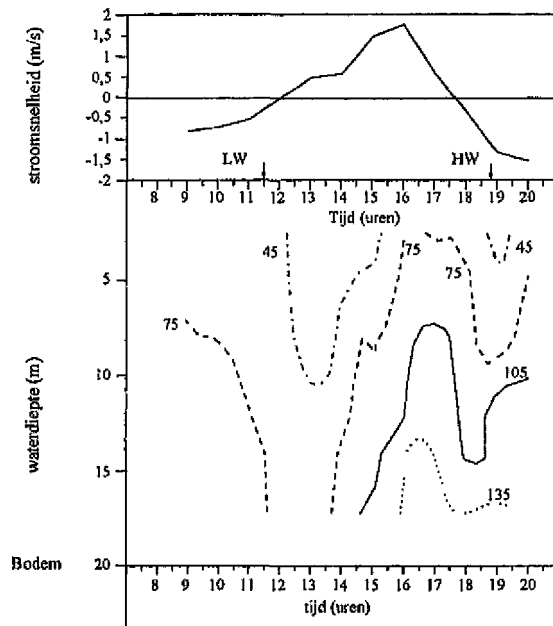
De volgende tijdschalen in troebelheid zijn te onderscheiden:

- het dagelijkse getij;
- de veertiendaagse doottij-springtij cyclus;
- de jaarlijkse seizoenen;
- en de langjarige trends.

#### *Dagelijks getij, springtij-doottij cyclus en seizoenen*

Bij de kentering tussen eb en vloed (of omgekeerd) neemt de stroomsnelheid op een punt in het estuarium af en sedimenteert zwevend materiaal uit de waterkolom op de bodem. Gemiddeld ontstaat er dan een laagje van 1 mm materiaal op de bodem. Bij vloed (of eb) neemt de stroomsnelheid weer toe en wordt het materiaal vanaf en uit de bodem opgewerveld. Dit materiaal verplaatst zich over de waterkolom. Onder invloed van de zwaartekracht ontstaat zo een verticale gradiënt met de hoogste troebelheid nabij de bodem en de laagste bovenin de waterkolom. Gemiddeld over een getij geeft dit op een locatie verschillen in troebelheid over de verticaal (figuur 2-11). In deze figuur is te zien dat bij hoge stroomsnelheden de troebelheid tot vlak onder het wateroppervlak vrij hoog is maar dat deze sterk afneemt bij lage stroomsnelheden.

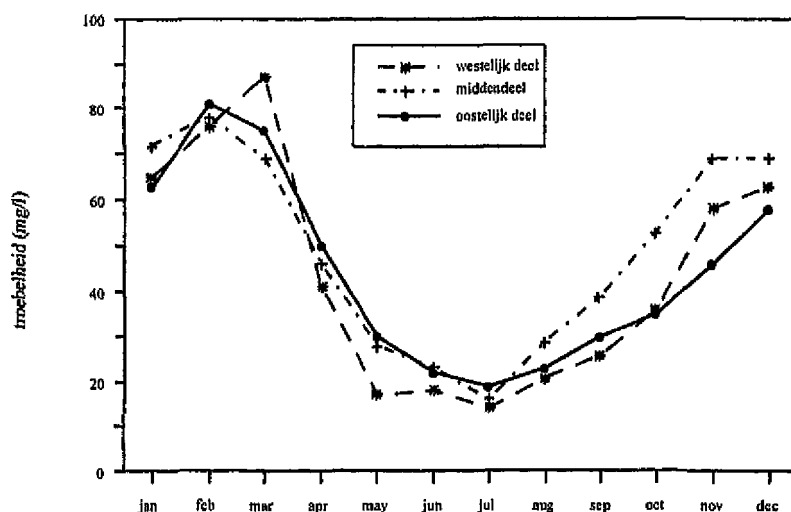
Figuur 2-11 Verschillen in troebelheid over de verticaal gedurende 1 getij. In de figuur zijn verschillende troebelheidsisolijnen (45, 75, 105 en 135 mg/l) aangegeven op verschillende tijdstippen en verschillende dieptes. De relatie met de stroomsnelheid is bovenin de figuur aangegeven.



Gedurende de veertiendaagse doottij-springtij cyclus neemt de kracht van de vloedstroom toe tijdens springtij en af tijdens doottij. Dit veroorzaakt verschillen in troebelheid in de waterkolom gedurende een doottij en springtij cyclus van een factor 2.

In de zomermaanden zijn de windsnelheden lager dan in de winter-maanden. Bovendien leggen organismen dan een deel van het slib vast. Daarom is tijdens de zomermaanden een deel van het slib in de bodem van platen en luwtegebieden opgeslagen. Dit deel bevindt zich in de winter in de waterkolom. De verschillen in troebelheid over de seizoenen bedragen ongeveer een factor 4 (figuur 2-12).

Figuur 2-12 Seizoens-verschillen in troebelheid



#### Langjarige trends

Door de veranderende stand van hemellichamen ontstaan er lang-jarige cycli in het getij op aarde. Ook de zeespiegelstijging kan hier genoemd worden. Daarnaast heeft het Schelde estuarium de af-gelopen decennia verschillende ingrepen als verdieping en inpol-deringen ondergaan die duidelijk aantoonbare invloeden hebben gehad op het getij van de Westerschelde en daarmee wellicht op de slibhuishouding van het estuarium. Ook de zijdelingse belasting van het estuarium met slib kent meerdere langjarige trends veroorzaakt door industriële- en bevolkingsgroei en, meer recent, sanerings-inspanningen. Verder spelen maatregelen als de aanleg van sedimentatiebekkens en zogenaamde gecontroleerde overstromings-gebieden stroomopwaarts een rol. Tenslotte dient de invloed van een mogelijke klimaatverandering genoemd te worden en de invloed die dit zou kunnen hebben op de hydrologie en daarmee langjarige zoetwateraanvoer naar het estuarium. Kortom, er zijn diverse (potentiële) langjarige trends die invloed kunnen hebben gehad op de slibhuishouding van het estuarium. De invloed van deze trends op de slibhuishouding en met name de vraag of er langjarige trends in de slibhuishouding of troebelheid van het estuarium zijn is echter nooit aangetoond. Dit is ook niet verwonderlijk gezien de grote fluctuaties in troebelheid in ruimte en tijd. Het vereist een uitgebreide en daarom kostbare monitorinspanning. Naar deze langjarige trends wordt overigens wel onderzoek gedaan. Met name wordt onderzocht of de invloed van de verdieping van het estuarium in de zeventiger jaren op de slibhuishouding aantoonbaar is. Dit onderzoek is op dit moment echter nog niet afgerond.

#### Ruimte schalen

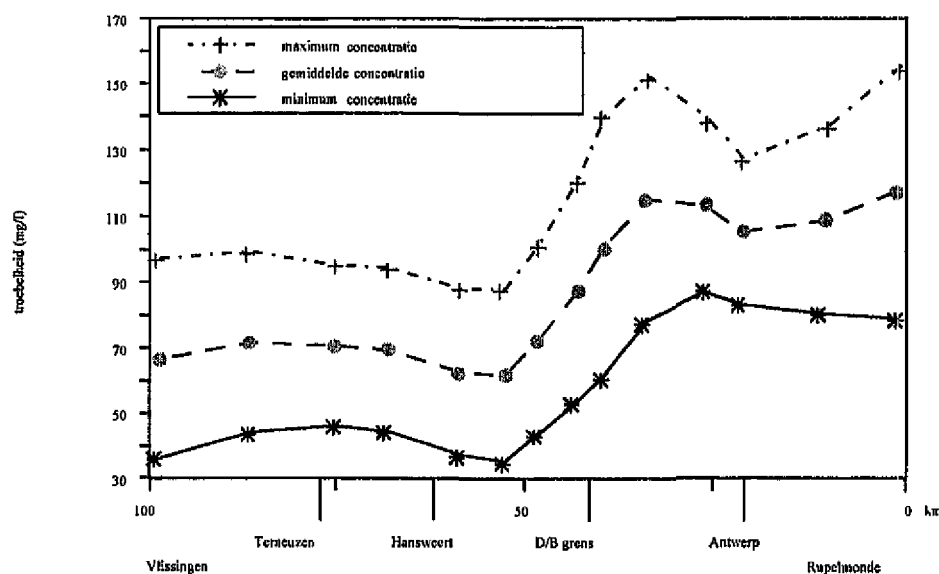
Naast verschillen in tijd komen er ook ruimtelijke verschillen voor in het Schelde-estuarium. Daarbij kan in het algemeen gezegd worden dat de bodem van het Schelde estuarium en zeker de Westerschelde slibarm is in tegenstelling tot veel andere estuaria. Het gemiddelde slibgehalte van de bodem van de Westerschelde ligt rond 3%.

De verticale (ruimte)verschillen in de waterkolom zijn hierboven al belicht. Over de breedte van het estuarium komen diverse morfologische eenheden voor met verschillende slibgehalten en wel: (vaar)geulbodern, (zand)platen, ondiepwater gebieden, slikken, schorren en (kunstmatig) havens. De geulen en platen bestaan voor ruim 90% uit zand. Slib komt vooral voor langs de randen van het estuarium in slikken, schorren en havens. Daar kan het slibgehalte van de bodem oplopen tot 75%.

Verder is er een belangrijke slib gradiënt over de lengteas van het estuarium (figuur 2-13). De reden voor deze gradiënt ligt in de fysica van het estuarium. Door een reststroom (een resultante water-beweging) nabij de bodem worden marien slib stroomopwaarts verplaatst. Daar waar deze reststroom de stroomafwaartse zoetwaterstroom ontmoet accumuleert zowel het vanuit zee als de rivier aangevoerde slib. Hier vormt zich een van de meest karakteristieke gebieden van het estuarium; het troebelheidsmaximum. In het Schelde estuarium is dit rond Antwerpen gelegen. Dit betekent ook dat in de bodem rond Antwerpen de fijnste sedimenten voor-komen. Stroomopwaarts en stroomafwaarts van het troebelheids-maximum worden de sedimenten grover.

Naast natuurlijke erosie en sedimentatie van slib wordt het Schelde estuarium gekenmerkt door aanzienlijke menselijke verplaatsing van sedimenten. Deze wordt veroorzaakt door de omvangrijke bagger- en stortactiviteiten in het estuarium ten behoeve van vaargeulonderhoud

Figuur 2-13 Verschillen in troebelheid over de lengteas van het Schelde-estuarium.



Antwerpen en het op diepte houden van de Nederlandse .De omvang van het onderhoudswerk van de vaargeul is ongeveer 14 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Daarnaast wordt er jaarlijks in de Nederlandse havens ongeveer 3,5 miljoen m<sup>3</sup> gebaggerd. Dit materiaal heeft een slibgehalte tussen de 30 en 90% en wordt teruggestort in de Westerschelde. In totaal wordt er zo'n 1 à 1,5 miljoen ton slib per jaar gestort. Daarnaast is er nog een redelijk omvangrijke zandwinning. Al deze activiteiten veroorzaken dus ook nog een aantal ruimtelijke gradiënten.

#### Slibsamenstelling

Naast grote verschillen in ruimte- en tijdschaal van de troebelheid is de samenstelling van het slib evenmin constant. Afhankelijk van ruimte en tijd bestaat het slib in de waterkolom uit een mengsel van organische en anorganische bestanddelen. Belangrijke organische bestanddelen zijn levend en dood algenmateriaal, materiaal van hogere (schor)-planten en organisch materiaal van industriële en huishoudelijke oorsprong. Belangrijke anorganische bestanddelen zijn naast ijzer- en mangaancoatings diverse



mineralen als kwarts, veldspaten, carbo-naten en diverse soorten kleimineralen. Tabel 2-2 geeft de gemiddelde samenstelling van het zwevend materiaal in het Schelde-estuarium.

Afhankelijk van tijd (zomer, winter maar ook bij maximale stroomsnel-heden en kentering) en plaats komen er afwijkingen hiervan voor maar erg groot zijn deze niet.

Tabel 2.2 De gemiddelde samenstelling van het zwevend materiaal in de Westerschelde is als volgt weer te geven:

| bestanddeel         | percentage |
|---------------------|------------|
| Carbonaten          | 16,75%,    |
| Organisch materiaal | 11,25%,    |
| kwarts              | 31 %       |
| K-veldspaat         | 4%         |
| albiet              | 3,75 %     |
| smectiet            | 13 %       |
| Illiet              | 9 %        |
| Kaolinit            | 3 %        |
| Chloriet            | 1,5 %      |
| FeOOH               | 3,5 %      |
| FeS <sub>2</sub>    | 1,25 %     |
| FePO <sub>4</sub>   | 2,5 %      |
| MnO <sub>2</sub>    | 0,2 %      |
| TiO <sub>2</sub>    | 0,55 %     |
| samen               | 100,25 %   |

Naast bovenstaande (mineralogische) verschillen in samenstelling zijn er nog verschillen in herkomst. Het slib in het estuarium kent twee herkomstgebieden. Enerzijds bestaat het slib uit fluviatiel of rivierslib dat vanuit het bovenstroomse deel van het estuarium is aangevoerd, anderzijds uit marien slib dat vanuit zee is aangevoerd. In het estuarium mengen deze twee slibsoorten. De menging en met name het percentage fluviatiel slib bepaalt voor een belangrijk deel de gehalten aan microverontreinigingen in een monster. Het fluviatiele materiaal heeft namelijk veel hogere gehalten aan micro-verontreinigingen dan het mariene zwevend materiaal. De menging in het estuarium vindt zodanig plaats dat bij Rupelmonde 30 km stroomopwaarts van Antwerpen nog ongeveer 100% fluviatiel materiaal aanwezig is. Rond Antwerpen is dit nog de helft tot tweederde. Na Hansweert is al meer dan 90% marien materiaal aanwezig. Dit geeft tevens aan dat de gehalten aan microverontreinigingen in het zwevend materiaal niet constant zijn over het estuarium maar een gradiënt vertonen overeenkomstig de menging van rivier- en zeelslib.

Het slib in de Westerschelde zit als volgt verdeeld over de diverse morfologische eenheden: geulen 20%, platen 10%, slikken 25%, schorren 25%, havens 10% en overige gebieden 10%. Voor het westelijke deel is dit: geulen 30%, platen 15%, slikken 15%, schorren 5%, havens 20% en overige gebieden 15%. Het verschil wordt met name veroorzaakt door het slibrijke Land van Saeftinghe in het oostelijke deel.

Het verschil tussen de mineralogische samenstelling van het zwevend materiaal in de waterfase en die van de sedimenten op de (zie intermezzo) is dat deze laatste veel zandiger zijn en dus veel meer kwarts bevatten. Kwartskorrels zijn gemiddeld veel groter en hebben een hogere dichtheid dan andere mineralen en zullen daardoor een hogere valsnelheid in het water hebben. Kwarts vinden we dus terug op de bodem, de andere mineralen meer in de waterfase.

#### Intermezzo: samenstelling bodem

Het geologische substratum (de bodemsedimenten van het Schelde estuarium) bestaat in essentie uit oligocene tot pliocene en kwartaire zanden, kleiachtige zanden en kleien, bedekt met een 2 m dikke Holocene veen laag met daarop kleien, de zogenaamde Duinkerken regressie (Zwolsman et al, 1996). Tussen Rupelmonde en Hoboken bevindt zich een zeer cohesieve klei laag, de zogenaamde Boomse klei laag, bedekt met kwartaire grinden. De zandfractie wordt gedomineerd door kwarts, verder zijn veldspaten, mica's, glauconiet, carbonaten en zware mineralen aanwezig. De kleimineralen bestaan uit illiet, kaolinit, montmorilloniet en "interlayered" mineralen. Op grond van de samenstelling van zijn bodemsedimenten is het Schelde estuarium in drie gedeeltes te verdelen:

- de zoet tot enigszins brakke zone bovenstrooms van Antwerpen. In deze zone snijdt de Schelde zich door de Boomse klei wat resulteert in een nauw kanaal met hoge stroomsnelheden waar zich geen fijn sediment in kan afzetten. De bodemsedimenten bestaan hier daarom uit grove zanden en soms uit grind, op andere plaatsen dagzoomt de Boomse klei zelf.
- de centrale zone rondom Antwerpen. Karakteristiek voor deze zone is het troebelheidsmaximum. De sedimenten bestaan uit zanden, zandige kleien en kleien. De kleigehaltes zijn 20 tot 30%. Op enkele plaatsen zijn er "fluid mud" lagen van 20 tot 30 cm dik.
- de mariene sedimenten van de Westerschelde. Ze bestaan uit gemiddelde tot grove zanden met aan de randen in slikken en vooral schorren kleien.

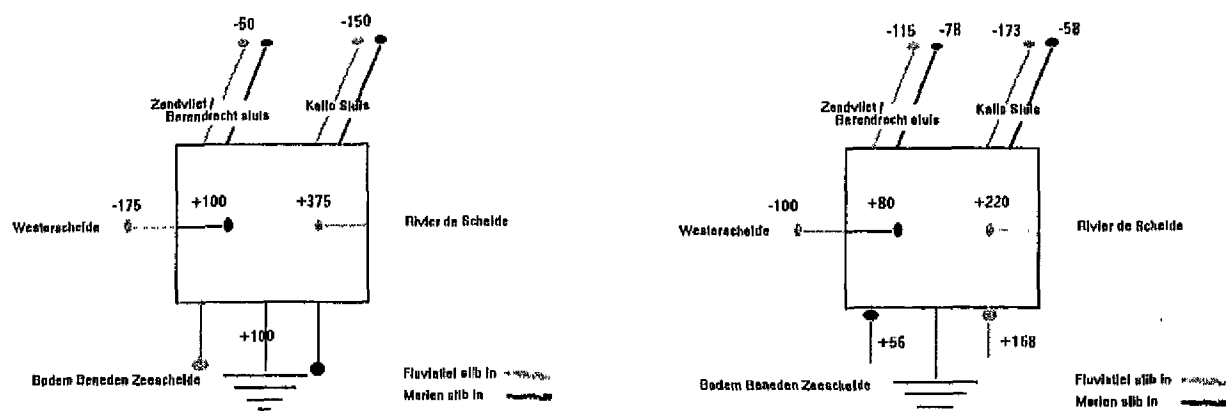
#### Autonome ontwikkeling

Het Schelde estuarium kent in de negentiger jaren enkele belangrijke autonome ontwikkelingen. De volgende kunnen genoemd worden:

1. De verminderde aanvoer van fluviaal slib vanuit het boven-stroomse deel van het stroomgebied naar het estuarium door de bouw van Afvalwater Zuiveringsinstallaties (AWZI's) en industriële zuiveringsinstallaties, sedimentatiebekkens en gecontroleerde overstromingsgebieden en door erosiebeperkende maatregelen. Deze tendens zet zich vermoedelijk nog voort. In tien jaar tijd is de aanvoer met de helft verminderd.
2. Grootschalige slibonttrekking in de Beneden Zeeschelde rondom Antwerpen. Door België is hier in de negentiger jaren ruim 2 miljoen m<sup>3</sup> klasse 3 slib verwijderd. Hierdoor is de Beneden Zeeschelde veranderd van een verslibbend naar een ontslibbend gebied. De slibverwijdering zal in de toekomst naar alle waarschijnlijkheid worden voortgezet, wellicht op een wat lager niveau.
3. Het bergen van slib uit de Antwerpse havendokken op land in plaats van terugstorten in de Schelde.

Door al deze ontwikkelingen is de aanvoer van (verontreinigd) fluviaal materiaal uit België de afgelopen tien jaren met ruim een factor twee afgenomen. Deze tendens zal zich voortzetten. Het effect van al deze maatregelen is goed weer te geven met een slibbalans van de Beneden Zeeschelde. In figuur 2-14 is de balans voor de tachtiger en negentiger jaren gegeven. De hierboven aangegeven veranderingen zijn daarin aangegeven. De invloed van de huidige verdieping van de vaargeul naar Antwerpen op de slibhuishouding is nog moeilijk te voorspellen.

Figuur 2-14 Slibbalans Beneden Zeeschelde . Het eerste Figuur is de slibbalans in de jaren 80 en de tweede in de jaren 90.



Naast bovenstaande autonome ontwikkelingen kunnen de volgende ontwikkelingen vermeld worden:

- De verlanding van het Land van Saeftinge. Door de slibsedimentatie wordt het land van Saeftinge langzamerhand opgehoogd en neemt slibsedimentatie af.
- De bouw van een getijdok nabij Antwerpen dat als een nieuwe slibvang zal gaan fungeren
- De sanering van de verontreinigde waterbodems na het in gebruik komen van de Zeeuwse bergingslocatie voor vervuilde waterbodems in de Koegorspolder
- De afname van de (rivier) slibstortingen vanuit de haven van Zeebrugge in het kustwater. Een deel van dit gestorte materiaal wordt namelijk naar de Westerschelde getransporteerd
- De uitbreiding van de havens van Vlissingen en Terneuzen
- De renovatie van het sluizencomplex bij Terneuzen

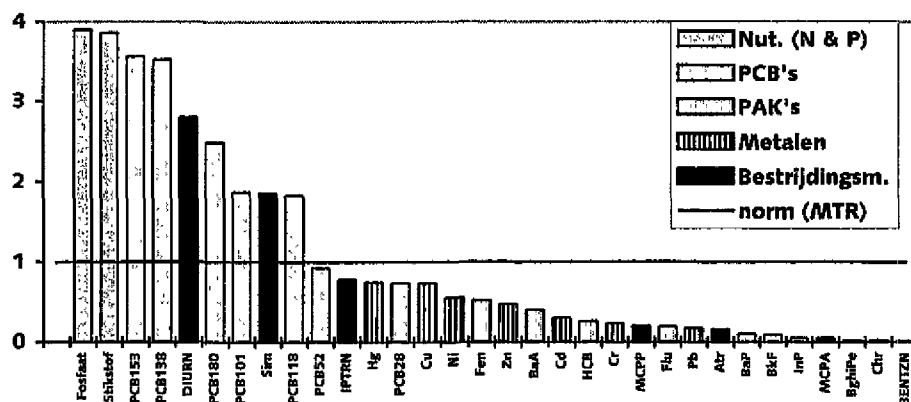
De algemene conclusie met betrekking tot de ontwikkeling van de slibhuishouding van het Schelde-estuarium is dat er vanaf de negentiger jaren een aantal ontwikkelingen plaatsvinden die ook de komende jaren nog doorgaan. Deze zullen in de nabije toekomst een substantiële invloed op de slibhuishouding van het Schelde-estuarium hebben.

### 2.3.2. Water- en bodemkwaliteit

De waterkwaliteit van het estuarium wordt voor een groot deel bepaald door de menging van het bovenstrooms aangevoerde zoete rivier-water met daarin rivierslib met het vanuit de Noordzee aangevoerde zoute water met daarin zeeslib. Zoals vermeld hebben het rivierwater en slib meestal hoge concentraties, en het zeewater en zeeslib meestal lage concentraties aan stoffen. Daarnaast spelen zijdelingse lozingen door de industrie (Antwerpen, kanaal Gent Terneuzen zone, Sloegebied), AWZI's, kanalen (Zoommeer, kanaal Gent Terneuzen), polderlozingen en een groot aantal diffuse bronnen een rol. De belasting van de Westerschelde is voor veel stoffen voor 50 tot 75% afkomstig uit België. De rest wordt in Nederland geloosd en is voor een deel afkomstig uit België omdat het kanaal Gent-Terneuzen in Nederland op de Westerschelde uitkomt.

Naast menging bepaalt een scala aan processen binnen het estuarium de concentraties van stoffen ter plaatse. Kenmerkend voor het Schelde-estuarium zijn daarbij de processen die ontstaan doordat het water stroomopwaarts van Rupelmonde een deel van het jaar geen zuurstof bevat en dus zuurstofloos of anoxisch is. Oxydatie-reductie processen zijn dus heel kenmerkend voor het brakwaterdeel van het Schelde-estuarium.

Figuur 2.15 Waterkwaliteit  
Schaar van den Ouden Doel



De huidige waterkwaliteit van de Westerschelde is redelijk. Dit wordt geïllustreerd met figuur 2-15 waarin de waterkwaliteit op de Belgisch-Nederlandse grens bij Schaar van Ouden Doel is weergegeven. In de figuur zijn voor 1997 voor een groot aantal stoffen de 90% percentiel van de opgeloste of particuliere in water gemeten concentraties (13 of 26 maal per jaar,) gedeeld door de (toekomstige) waterkwaliteitsnormen voor de korte termijn (2000). Bij een waarde onder 1 voldoet de huidige kwaliteit aan de (toekomstige) norm voor de korte termijn, bij een waarde groter dan 1 nog niet. De nutriënten, een aantal gewas-beschermingsmiddelen en PCB's voldoen niet aan de norm, PAK's en spoormetalen meestal wel. Door de toenemende invloed van de zee in de richting Vlissingen verbetert de waterkwaliteit. Bij Vlissingen voldoet de waterkwaliteit grotendeels aan de waterkwaliteitsnormen voor de korte termijn.

De kwaliteit van de waterbodem is over het algemeen goed. Vrijwel overal is de kwaliteit klasse 0, 1 of 2. Lokaal komen kleine oppervlaktes klasse 3 voor. De gehaltes van vrijwel alle stoffen in de bodem nemen naar zee toe af. De belangrijkste reden hiervoor is de menging van fluviaal met marien materiaal.

#### Autonome ontwikkeling

De komende jaren zullen de ontwikkelingen in de waterkwaliteit langs twee lijnen verlopen.

Eenzijds zal de waterkwaliteit verbeteren doordat de toevoer van stoffen naar het oppervlaktewater nog verder zal gaan afnemen. Daardoor zullen ook de gehaltes in de waterbodem verminderen. De afname vindt niet gelijktijdig plaats maar loopt in de waterbodem achter bij die in het water omdat de aanvoer van nieuw sediment naar de waterbodem klein is ten opzichte van de hoeveelheid aanwezig sediment. Eerst zullen de zuurstofbindende stoffen afnemen door de bouw van AWZI's, daarna andere stoffen uit puntbronnen en tenslotte de diffuse lozingen. Naar verwachting zal voor een deel waterbodemsanering plaatsvinden, ondermeer omdat in Zeeland een depot wordt gebouwd. Accidentele verontreinigingen (calamiteiten) zullen afnemen door internationale afspraken en controle. Door de oprichting van de Internationale

Commissie ter Bescherming van de Schelde zal dit alles naar verwachting een extra impuls krijgen.

De tweede lijn in de toekomst is de afname van oxydatieprocessen in het brakke deel van het estuarium. Dit heeft zowel positieve als negatieve aspecten. Voor de zuurstofhuishouding heeft het positieve aspecten. Voor metalen die onoplosbare sulfiden vormen heeft het negatieve effecten. De opgeloste concentraties zijn onder zuurstofrijke oxidische omstandigheden nu eenmaal hoger dan onder de huidige anoxische zuurstofloze omstandigheden. En omdat de opgeloste concentratie in belangrijke mate het ecotoxicologische effect van een stof bepaalt zullen de ecotoxicologische risico's toenemen.

## **2.4. Ecologie**

### *2.4.1. Inleiding*

Estuaria spelen een dominante rol in de ecologie van kustzeeën, waardoor ze op veel plaatsen in de wereld van doorslaggevend belang zijn voor de zeevisserij. Een essentiële eigenschap van een estuarium is het zichzelf kunnen "hernieuwen". De van nature optredende fysische, chemische en biologische processen hebben daarvoor de ruimte nodig. Het instandhouden van voldoende leefgebieden voor kenmerkende plant- en diersoorten en gradiënten is een voorwaarde voor het duurzaam functioneren van het estuariene voedselweb. Estuaria staan vrijwel overal op de wereld onder zware menselijke druk, door intensieve scheepvaart, visserij, delfstofwinning en vervuiling.

Planten en dieren stellen eisen aan hun omgeving. Deze eisen bepalen hun karakteristieke plaats van voorkomen, de leefomgeving. De morfologische en chemische condities ter plaatse bepalen de geschiktheid of kwaliteit van de leefomgeving voor haar bewoners als leefgebied. Functies van leefgebieden zijn: paai- en opgroei gebied, broed-, rust-, rui- en fourageergebied en in sommige gevallen refugium (uitwijkplaats) voor planten of dieren. De verschillende plant- en diergroepen die in de Westerschelde voorkomen zijn afhankelijk van elkaar. Het voedselweb wordt gevormd door alle in het Westerschelde estuarium aanwezige diergroepen inclusief hun onderlinge relaties.

De aanwezige soorten en hun relaties binnen het estuariene voedselweb vormen samen met de verschillende typen van leefgebieden een eenheid, het ecosysteem.

De volgende niet-biologische sleutelfactoren bepalen voor een groot deel of planten en dieren zich daadwerkelijk in het estuarium gaan vestigen, of er tijdelijk verblijven:

- getij (eb en vloed stroom),
- zoutgehalte en zoutdoordringing,
- troebelheid (hoeveelheid slib, detritus en algen in het water),
- bodemsamenstelling (gehalte aan zand en slib, vlakke of reliëfrijke bodem, aanwezigheid en type bestortingen),
- hydrodynamiek,
- trofiegraad (voedselarm tot voedselrijk),
- zuurstof-concentratie,
- temperatuur en klimaat,
- vervuilingstoestand.

#### 2.4.2. *Het Schelde estuarium*

De Westerschelde is het enige overgebleven estuarium in het Deltagebied en één van de weinige grote estuaria in West-Europa.

De belangrijkheid wordt nog eens onderstreept door de voor West-Europa centrale ligging van de Westerschelde. Ze ligt op het knooppunt van drie ecologische verbindingswegen:

1. de trekroute voor vogels in noord-zuid richting,
2. de migratieroute vis in oost-west richting,
3. kinderkamer voor larven van vis en jonge garnaal uit de Noordzee en het Kanaal.

In de volgende paragrafen wordt ingegaan op het specifieke gebruik van het Schelde estuarium als ecosysteem. De beschrijving is op gezet vanuit twee invalshoeken:

1. Als eerste wordt ingegaan op de geomorfologisch herkenbare structuren en wordt besproken welke de belangrijkste functies voor het gebruik zijn,
2. als tweede wordt de biodiversiteit van het hele van het Westerschelde estuarium beschreven.

#### 2.4.3. *Geomorfologische structuur en functie*

##### **Inleiding**

Een ecosysteem is onder te verdelen in geomorfologische eenheden, de ecoseries (geulen, ondiep water, platen, slikken en schorren). De ecoseries kunnen onderverdeeld worden in zogenaamde ecotopen. Een ecotoop is een ruimtelijke eenheid die binnen zekere grenzen homogeen is ten aanzien van de voornaamste hydromorfologische en fysisch-chemische omgevingsfactoren die voor de biota van belang zijn.

In de Westerschelde worden de patronen waarin ecotopen voorkomen en de oppervlakte-verhoudingen constant beïnvloed door abiotische processen. Daarnaast is er een wisselwerking tussen de abiotische processen en de levende natuur zelf, zo kan begroeiing sediment vasthouden en daardoor ophoging bevorderen. Biotische en abiotische processen samen hebben tot gevolg dat in een natuurlijke situatie de patronen waarin de ecotopen voorkomen steeds veranderen. Hierbij worden bepaalde ecotopen steeds opnieuw gevormd, maar ook door afbraak tot een 'jonge', meer dynamische situatie gebracht. Voor de werking van het systeem is verder belangrijk, dat er allerlei onderlinge (biotische) relaties in de verschillende ecotopen zijn. Zo kunnen vissen die in een bepaald ecotoop opgroeien na een bepaalde periode vooral in andere ecotopen verblijven en daar voedsel zoeken.

In de huidige situatie zijn met name de sturende abiotische processen sterk door menselijke ingrepen bepaald en dus niet meer volledig natuurlijk. Het nastreven van een zo groot mogelijke natuurlijkheid, binnen de randvoorwaarden die de maatschappelijke functies stellen, wordt echter wel als een belangrijk beleidsdoel gezien.

##### **Ecoseries**

###### *A Geul en geulbodem (>NAP -5 m)*

De geulen vormen de transportroutes van het estuarium. Zand, slib en daaraan gehechte voedingsstoffen vinden hun weg naar luwere plaatsen. Algen, bacteriën, dierlijk plankton, larven en zwevend organisch materiaal vormen in dit dynamische milieu de basis van het estuariene voedselweb. Vis dient als voedsel voor onder meer Fuut, Middelste Zaagbek, Aalscholver en zeezoogdieren.

*B Ondiep water (NAP -2 m tot NAP -5 m): plaatranden, nevengeulen en monding van grote schorrekreeken*

De veel lagere dynamiek in dit milieutype maakt het mogelijk dat jonge schol, tong en bot maar ook garnalen en andere kreeftachtigen kunnen opgroeien. Voedsel is er volop. Bodemdieren, van klein tot groot, leven van algen, bacteriën en het organisch materiaal aan-gevoerd door getijdestromingen. Dat het bodemleven gevarieerd is blijkt uit de aanwezigheid van wormen, schelpdieren en kleine kreeft-achtigen zoals het slijkgarnaaltje en het kniksprietkreeft. Het ondiep water areaal is de laatste tientallen jaren sterk achteruit gegaan.

*C Platen en slikken (NAP -2 m tot NAP +2 m), littoraal.*

Dit milieutype kenmerkt zich door de dagelijkse rechtstreekse invloed van eb en vloed. Dit garandeert een continue aanvoer van voedsel. Op de bij eb droogvallende platen en slikken bestaat het bodemgebonden leven uit algen, planten en dieren. Naast het door het getij aangevoerde en gesedimenteerde organische materiaal dienen deze als voedsel voor vogels, jonge vis en nabij de bodem levende dieren. Veel soorten steltlopers als scholekster, kluut, bonte strandloper, steenloper en tureluur, vinden hun voedsel op de slikken. De platen worden door zeehonden gebruikt om te rusten en hun jongen te zogen, door steltlopers en de bergeend als rust- en voedselgebied. De slikken staan momenteel onder grote druk. Gedurende de laatste decennia zijn grote arealen verdwenen.

*D Schorren*

De schorren liggen boven de gemiddelde hoogwaterlijn en worden alleen bij hoge vloed overspoeld. Kenmerkend is de lage, aaneengesloten vegetatie en het fijne netwerk van kreek en prieltjes waarlangs het getijwater in- en uitstroomt. De schorren in de Wester-schelde zijn brakwater- of zoutwaterschorren met specifieke soorten. Als eerste vestigen zich de pionierssoorten zoals Engels slijkgras en Zeekraal, daarna Zeeaster, Lamsoor en Zeebies. Eenden en ganzen gebruiken schorren als rust-, broed-, rui- en fourageergebied.

De uitwisseling van voedingsstoffen en organismen tussen schorren, slikken en ondiep watergebieden vormt de motor van het bodem-gebonden voedselweb. Het complex van ecoseries 'schor-slik-ondiep water' is essentieel voor het ecologisch optimaal kunnen functioneren van het estuarium.

De ecoseries worden verder ingedeeld in ecotopen aan de hand van de volgende abiotische criteria:

- sedimentsamenstelling (slibrijk, slibarm)
- dynamiek (hoog/laag dynamisch)
- de ligging in de zoet - zout gradiënt (marien, overgang).
- trofieniveau (eutroof, mesotroof)
- lichtconditie (doorzicht als functie van slibgehalte).

Figuur 2-16 geeft een overzicht van de verschillende ecotopen in 1996.

# Ecotopen (Leefgebieden) 1996

## Ecologie Westerschelde - tunnel gebied

### Legenda

-  tracé tunnel
-  schorren
-  laagdynamisch slibrijk < NAP
-  laagdynamisch slibrijk > NAP
-  laagdynamisch slibarm < NAP
-  laagdynamisch slibarm > NAP
-  hoogdynamisch
-  geulen
-  ondiepe gebieden  $v = > 0.5 \text{ m/s}$
-  ondiepe gebieden  $v = < 0.5 \text{ m/s}$
-  duinen, wegen, etc.

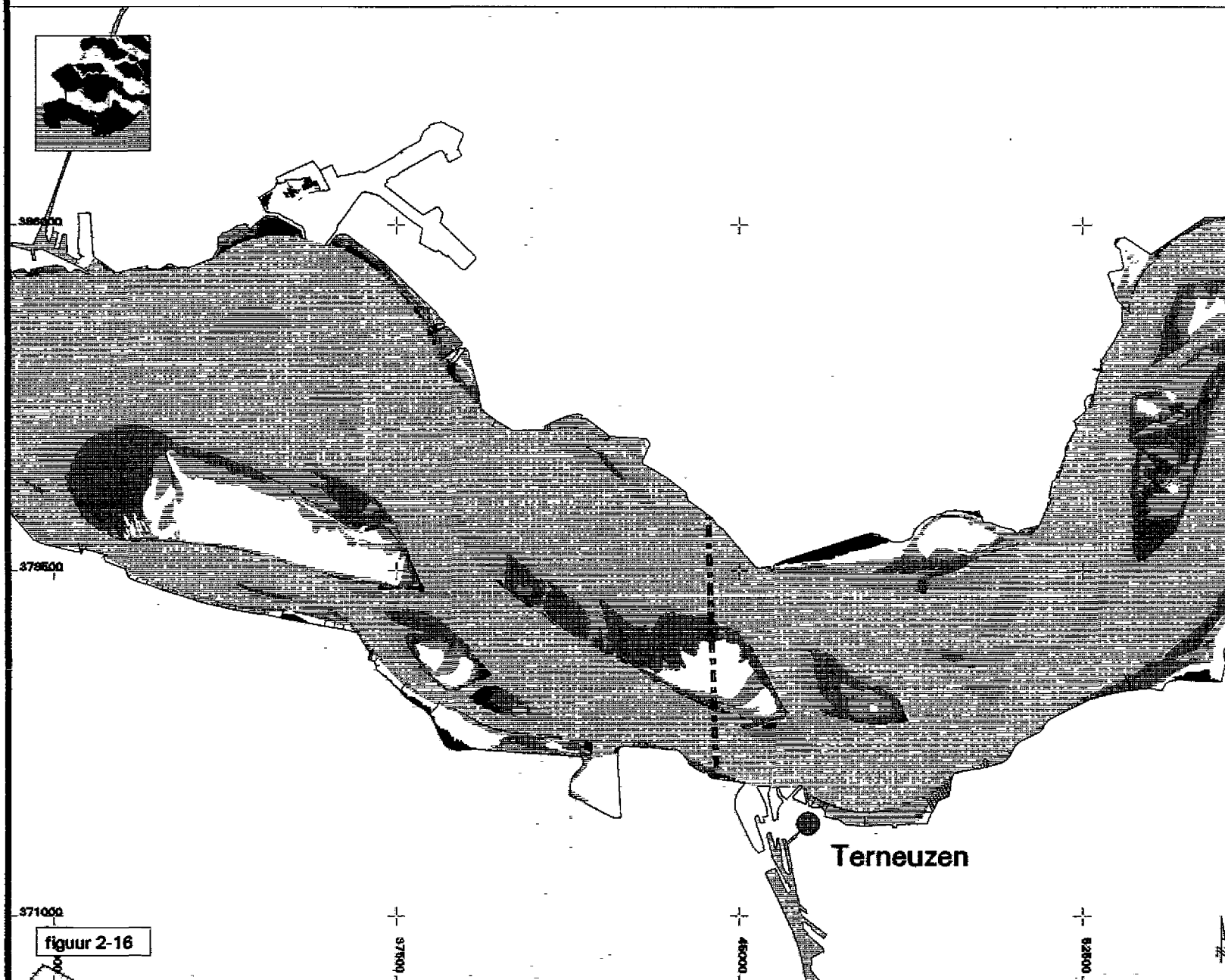
Bron: vakiedingen RWS, 1996  
Meetkundige Dienst  
Datum: 28-MAY-1998

0 2.5 5 km

MER Boorspecie Westerschelde-  
tunnel



H.T. de Haan  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg





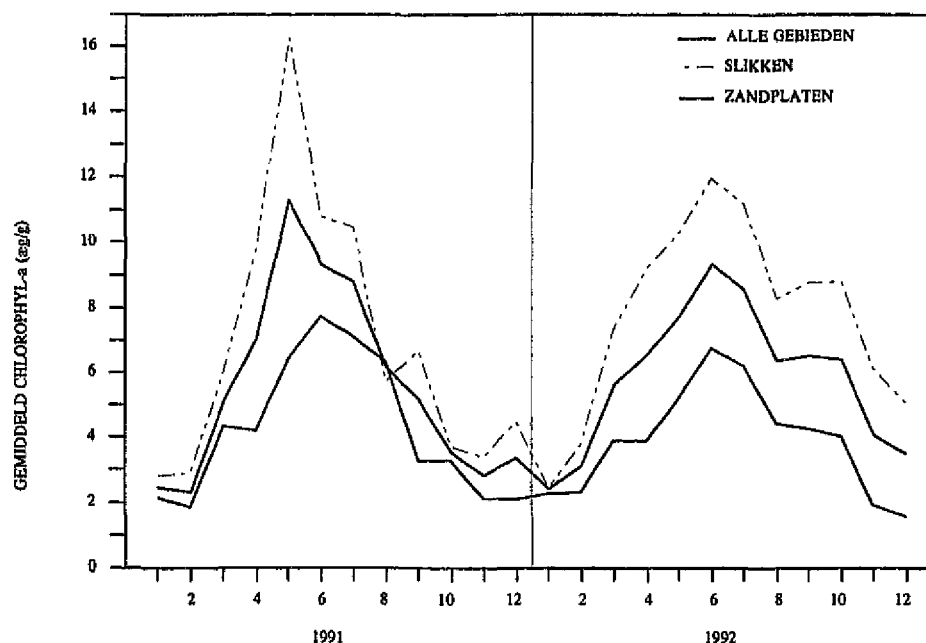
## 2.4.4. Biodiversiteit en functioneren.

## Flora

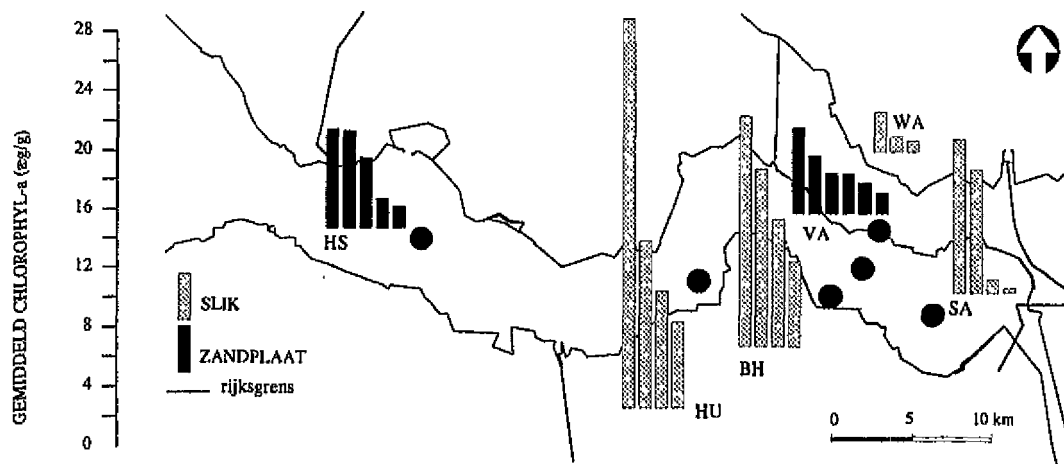
*Microphytobenthos*

Onder microphytobenthos wordt verstaan alle eencellige algen die op de bodem of op een ander substratum leven. Tot 1989 waren voor de Westerschelde geen gegevens voorhanden over het microfyto-benthos. Vanaf 1991 is een systematisch programma uitgevoerd. (De Jong & De Jonge 1994). De gemiddelde chlorofyl-a concentratie van het microphytobenthos in het intergetijdegebied (in casu platen en slikken) kan worden berekend op 7,3 mg chlorofyl-a/g droog sediment, of 113,1 mg/nf. Voor een totaal oppervlak intergetijdegebied van 63,3 km<sup>2</sup> betekent dit dat er 7,2 ton chlorofyl-a of 286 ton organisch koolstof aanwezig is. In het algemeen kent de biomassa één grote piek in mei/juni/juli (figuur 2-17). Daarnaast kan er ofwel een kleine piek ofwel een tijdelijke onderbreking in de afname in de nazomer worden onderscheiden. Er bestaan grote verschillen in chlorofyl-a concentraties tussen de slikken en platen. Het onderling verschil wordt veroorzaakt door verschil in dynamiek; het verloop binnen een raai is een gevolg van hoogteverandering en daarmee samenhangend de beschikbaarheid van licht (figuur 2-18).

Figuur 2-17 Verloop van het chlorofyl-a van het microphytobenthos in 1991 en 1992 (De Jong & De Jonge, 1995)



Figuur 2-18 Jaargemiddelde microfytobenthos-chlorophyl-a-concentratie (1991,1992) in zes gebieden. Per gebied is de concentratie gegeven van laag naar hoog in het intergetijdegebied.



Verklaring gebieden: HU: Hulst; BH: Baalhoek; SA: Saeftinge-oost; WA: Waarde-oost (slikken); HS: Hoge Springer; VA: Valkenisse-west (zandplaten) (De Jong & De Jonge, 1994)

Het microphytobenthos in het intergetijdegebied (in casu slikken en platen) neemt ongeveer 15-20% van de totale primaire produktie in het estuarium voor zijn rekening. De bijdrage kan onder zeer dynamische omstandigheden oplopen tot 100%, omdat de netto primaire produktie van het fytoplankton vrij gering is als gevolg van de hoge troebelheid.

De jaarlijkse geschatte primaire produktie berekend uit het chlorofyl-a, geeft een gemiddelde jaarlijkse bruto primaire produktie van ongeveer 136 g C/m<sup>2</sup>, ofwel 8611 ton organisch koolstof per jaar.

#### Fytoplankton

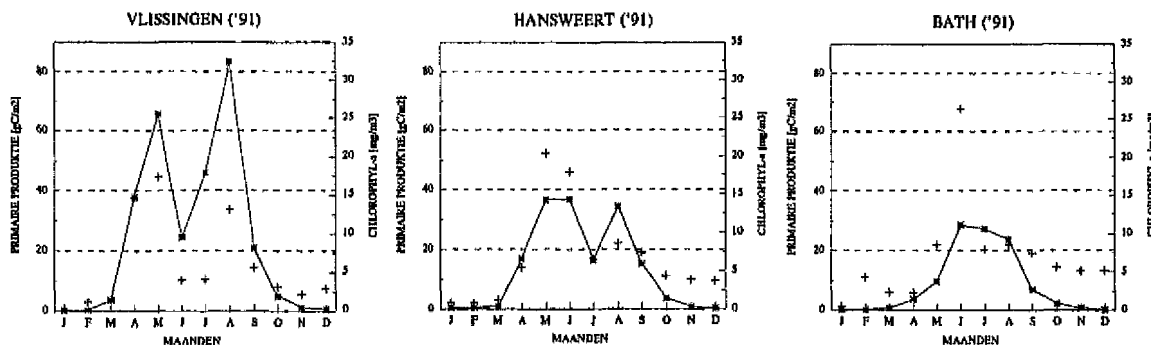
Het fytoplankton bevat alle algen die in de waterkolom zweven.

Voor de chlorofyl-a concentraties in het plankton geldt evenals bij de primaire produktie een seizoensaspect, dat wordt gekarakteriseerd door één of twee zomerpieken. De relatie tussen chlorofyl-a en de primaire produktie wordt stroomopwaarts minder duidelijk (figuur 2.19). De jaargemiddelde waarden zijn vrij constant en de verschillen tussen de diverse locaties zijn niet groot (maximaal 5 mg/m<sup>3</sup>). De hoogste jaargemiddelden in de periode 1990-'95 werden gevonden ter hoogte van Zuidergat/ Lamswaarde; de jaargemiddelde chlorofyl-a-concentraties bedroegen 6-12 mg/m<sup>3</sup>. Zowel bij Schaar van Ouden Doel (landsgrens) als Honte (ter hoogte van Borssele) werden lage jaargemiddelde waarden gevonden (5-7,5 mg/m<sup>3</sup>). Naast de jaargemiddelden zijn de maxima interessant. Nabij Vlissingen en Zuidergat werden de hoogste jaarmaxima gemeten (50 mg/m<sup>3</sup> in 1993 respectievelijk 72 mg/m<sup>3</sup> in 1990); hier traden ook de grootste verschillen op. De laagste jaarmaxima werden nabij Ouden Doel in het oosten gemeten (16-19 mg/m<sup>3</sup> in 1990, 1992, 1993 en 1994).

Onder mariene omstandigheden is er een temporele ontwikkeling in de produktie (en de biomassa) zichtbaar die bestaat uit een voorjaarspiek en een nazomerpiek. Stroomopwaarts is het maximum beperkt tot de zomerperiode. Figuur 2.19 toont aan, dat er van Vlissingen tot Hansweert twee zomerpieken optreden in de primaire produktie, en wel in mei en augustus.

Stroomopwaarts echter wordt maar één zomerpiek waargenomen (juni/ juli), als gevolg van een lichtbeperking.

Figuur 2-19 Seizoensverloop van chlorofyl-a (+) en primaire produktie (lijn) op drie locaties (Kromkamp e.a. 1995)



De primaire produktie was van Vlissingen tot circa Hansweert ongeveer gelijk (tussen de 150 en 300 g C/m<sup>2</sup> in het westelijke deel);. Tot Zandvliet was er een dalende lijn (minder dan 100 g C/m<sup>2</sup>), gevolgd door hogere waarden stroomopwaarts na de landsgrens (500 g C/m<sup>2</sup>) (Kromkamp & Peene, 1995b, Van Spaendonk et al. 1993). De afname vond niet gelijkmatig over het estuarium plaats. In de stations Margarethapolder bij Terneuzen, Perkpolder en Boei 105 (België) werden verhoogde produkties berekend, hoewel de waarden beneden de berekende waarden van Vlissingen lagen.

#### Hogere planten

Van de huidige overgebleven schorren in de Westerschelde is het Verdrongen Land van Saeftinghe veruit het grootste. De vegetatie-geschiedenis van dit grootste brakwaterschor van Europa is een verhaal van natuurlijke successie van vegetatietypen die behoren bij een zich uitbreidend en ophogend schor.

In het westelijke en middendeel van de Westerschelde komen verschillende kleinere schorren (en slikken) voor. De verschillen in zoutgehalte, tezamen met het verschil in getijhoogte, zorgt voor een duidelijke west-oost gradiënt in schorvegetatie. In het algemeen kan gezegd worden dat de bedekking van Zeebies en Riet in oostelijke richting toeneemt. Daarnaast vindt opslibbing plaats op de schorren waardoor minder vaak overspoeling met zeewater plaatsvindt. Het gevolg is een vergrassing van de schorren door met name strand-kweek.

De schorren en slikken van Rammekenshoek zijn de enige plaatsen in het gebied waar naast Engels slijkgras op de slikken populaties Klein zee gras zijn aangetroffen. Daarnaast is het de enige plaats waar een relatief grote bedekking met dunstaart is te vinden. Op het schor van Kaloot komen een aantal soorten in het Westerschelde-gebied alleen hier voor. Dit is o.a. het gevolg van de overgangen tussen duin en schor. Het gebied heeft het karakter van een sluffer. Daarnaast zijn de zeldzame gelobde melde (rode lijst 3) en de zeewinde (rode lijst 4) vrij regelmatig aangetroffen.

De schorren van Zuidgors worden gekenmerkt door sterke dominantie van Strandkweek. Daarnaast komt veel zoutmelde, schorrezoutgras en kweldergras voor. De Schor van Baarland heeft een interessantere vegetatie met een gevarieerde begroeiing (roodzwenkgras, lamsoor, zeeveegbree) en weinig vergrassing.

De schorren aan de zuidelijke Westerscheldeoever (Hoofdplaat, Paulinapolder) worden gekenmerkt door grote velden met gewone zoutmelde, vaak in slechte conditie, op de schorren en aan de randen grote velden engels slijkgras.

Naast de schorvegetatie komt er op verschillende plaatsen op de dijk-taluds vegetatie voor die in dit gebied een soort laatste schuilplaats (refugium) hebben gevonden (Rode lijst 3). Op vrij grote schaal zijn in het gebied aangetroffen: IJzerhard, Dubbelkelk, Aardbeiklaver, Zee-vetmuur, Viltig kruiskruid, Pijlkruiskruid, en een aantal *Lepidium* soorten.

#### 2.4.5. Fauna

##### Macrozoöbenthos

###### *Bodemfaunagegevens*

Voor de ecologische karakterisering van de Westerschelde is gebruik gemaakt van de bij het RIKZ aanwezige biomonitoring-gegevens van bodemfaunadie in de jaren 1990-1995 zijn verzameld. Ten behoeve van de karakterisering zijn de bodemfaunamonsters geclusterd op grond van abiotische parameters.

- zoutgehalte: er zijn drie klassen onderscheiden, te weten marien, overgangsgebied (tussen marien en brak) en brak; voor de ligging van beide grenzen is de bij de morfologie gehanteerde grens van Huijs (1996) aangehouden,
- hoogteligging: er zijn vier diepteklassen onderscheiden, namelijk hoger dan NAP - 2 m (litoraal), van NAP - 2 m tot NAP - 5 m (ondiep water gebied of ondiep sublitoraal), van NAP - 5 m tot NAP - 8 m (sublitoraal) en dieper dan NAP - 8 m (diepe sublitoraal of geulen),
- sedimentklasse: er zijn 5 klassen onderscheiden, te weten veen (en stenen), slib/klei, fijn zand, middel zand en grof zand.

###### Soortenrijkdom

Uit Bijlage 1 blijkt dat het gemiddelde aantal soorten per monster per cluster sterk kan verschillen: de laagste waarde is 1,0 de hoogste 11,5. Bij de meeste clusters is het gemiddelde aantal soorten echter lager dan 3. Uit deze bijlage wordt een aantal algemene conclusies getrokken:

###### Diepteklasse

- het litoraal, de zone ondieper dan NAP - 2 m, is het rijkst aan soorten,
- de sublitorale zones (de overige 3 onderscheiden diepteklassen) zijn qua soorten-rijkdom vergelijkbaar,

###### Sedimenttype

- grofzandige bodems zijn het armst aan soorten,

###### Seizoen

- soms zijn er verschillen in soortenrijkdom tussen het voor- en najaar; in die gevallen is het najaar het soortenrijkst,

###### Diepteklasse-zoutgehalte

- in het litoraal neemt de soortenrijkdom af met het zoutgehalte.

#### Biomassa

De resultaten zijn opgenomen in Bijlage 2. Hieruit kunnen de volgende (algemene) conclusies getrokken worden:

##### Diepteklasse

- in het litoraal komen de hoogste biomassa's voor,

##### Sedimentklasse

- middel en grofzandige bodems herbergen de laagste biomassa's,
- In venige en slibbige/kleiïge bodems komen de hoogste biomassa's voor,

##### Seizoen

- er treden grote verschillen op tussen voor- en najaar.

#### Overeenkomsten soortenrijkdom en biomassa

De conclusies ten aanzien van de soortenrijkdom en de biomassa vertonen een aantal overeenkomsten:

##### Diepteklasse

- het litoraal is zowel het rijkst aan soorten als aan biomassa,

##### Sedimentklasse

- grofzandige bodems zijn het soortenarmst en herbergen tevens de laagste biomassa's,

Om een ruimtelijk beeld te krijgen zijn voor zowel de soortenrijkdom als de biomassa verspreidingskaarten opgesteld. Met behulp van GIS zijn hiertoe de onderscheiden abiotische clusters gelokaliseerd, waarna de gegevens over soortenrijkdom en biomassa hierop geprojecteerd zijn. In principe zijn er in totaal 60 clusters te onderscheiden ( $3 \text{ (zoutgehalte)} \times 4 \text{ (diepteklasse)} \times 5 \text{ (sedimentklasse)}$ ) (bijlage 1 en 2). De voor- en najaar-gegevens zijn gemiddeld, omdat er geen onderscheid is gemaakt tussen deze monsterperioden. Ten behoeve van de presentatie zijn de gegevens in de onderstaande 'arbitraire' klassen verdeeld (tabel 2.6).

De resultaten zijn weergegeven in figuur 2-20 en figuur 2-21. De kaartbeelden berusten op een interpretatie van fysische eenheden (sedimentklassen per diepte en zonering op basis van zoutgehalte) in termen van bodemfauna, op basis van de kenmerken van de clusters. Daarom wordt er nadrukkelijk op gewezen dat de kaartbeelden alleen als een grove indicatie kunnen worden beschouwd.

Bij vergelijking van de biomassa- en soortenrijkdomkaarten zijn er in het algemeen een aantal overeenkomsten te ontdekken:

- gebieden met een biomassa's tot  $10 \text{ gr AFDW/m}^2$  zijn het soorten-armst (gemiddeld minder dan 3 soorten per monster)
  - gebieden met een vrij hoge biomassa ( $10 - 20 \text{ gr AFDW/m}^2$ ) zijn vrij soortenarm (gemiddeld 3 - 5 soorten per monster)
  - gebieden met een hoge biomassa ( $20 - 30 \text{ gr AFDW/m}^2$ ) zijn soortenrijk (gemiddeld 5 - 10 soorten per monster)
- gebieden met een zeer hoge biomassa ( $> 30 \text{ gr AFDW/m}^2$ ) zijn zeer soortenrijk (gemiddeld meer dan 10 soorten per monster)

Tabel 2-6                      Klassen voor  
soortaanal- en biomassagegevens  
(Stikvoort, 1997, Bijlage 1 en 2)

| Soortaanalgegevens                | Biomassagegevens                                     |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------|
| - gemiddeld > 10 taxa per cluster | - gemiddeld > 30 gr AFDW/m <sup>2</sup> per cluster  |
| - gemiddeld 5-10 taxa per cluster | - gemiddeld 20-30 gr AFDW/m <sup>2</sup> per cluster |
| - gemiddeld 3-5 taxa per cluster  | - gemiddeld 10-20 gr AFDW/m <sup>2</sup> per cluster |
| - gemiddeld 1-3 taxa per cluster  | - gemiddeld 5-10 gr AFDW/m <sup>2</sup> per cluster  |
|                                   | - gemiddeld 1-5 gr AFDW/m <sup>2</sup> per cluster   |
|                                   | - gemiddeld < 1 gr AFDW/m <sup>2</sup> per cluster   |

#### Vissen

Om de functies voor vissen van het Westerschelde estuarium weer te geven, wordt het bekken meestal onderverdeeld in een meso- en een polyhaliene zone (Hostens e.a. 1996). De grens tussen die gebieden ligt bij een gemiddelde saliniteit van 18 g/l. Deze grens ligt tussen Hansweert en Perkpolder wat betekent dat het onderzochte gebied geheel binnen de polyhaliene zone ligt. Verder word het gebied onderverdeeld in verschillende diepteseries, dezelfde dieptes waarop de ecoseries zijn gebaseerd (zie hiervoor). De biologische scheiding tussen inter- en subgetijde ligt rond de gemiddeld laagwaterlijn.

#### Ruimtelijke variatie

De Westerschelde herbergt hoge dichtheden aan epibenthische organismen (gemiddeld 2250 individuen per 100 m<sup>2</sup>), maar het systeem is duidelijk gekenmerkt door een verarmde fauna. Er worden 40 soorten gevonden waarvan er 8 abundant en 9 algemeen zijn. De grijze garnaal is de meest algemene, daarnaast worden platvissen, grondels en krabben veel aangetroffen. De polyhaliene zone wordt gekenmerkt door een lagere dichtheid (dan de mesohaliene zone), behalve voor krabben, maar ook door een lagere soortenrijkdom. In deze zone is de gemeenschapsstructuur eerder gecorreleerd met de hydrodynamiek.

#### Temporele variatie

Een classificatie op basis van het belangrijkste seizoen waarin de verschillende epibenthische soorten afhankelijk zijn van het estuarium, toont aan dat de meerderheid van de soorten in specifieke seizoenen gebruik maken van de Westerschelde en dat ze vaak slechts gedurende korte perioden abundant zijn. De soortenrijkdom is het hoogste tussen juli en oktober met een maximum in september. Het is de periode dat de meeste juveniele en oudere mariene individuen het estuarium binnenkomen, en dat de zomerresidente soorten hun maximale dichtheid hebben bereikt. Tot deze laatste groep behoren onder andere de ongewervelde (onder de noemer macrofauna vallende) soorten, grondels, kabeljauwachtigen en zeenaalden.

Een aantal abundante soorten vertoont een maximale dichtheid tussen oktober en februari. Dit zijn voornamelijk de overwinterende, juveniele mariene soorten. Hiertoe behoren vooral de platvissen en de zandspiering. De temporele veranderingen in dichtheid, soortenrijkdom en soortensamenstelling kunnen volledig verklaard worden door de seizoensgebonden veranderingen in temperatuur, saliniteit, zuurstofconcentratie en troebelheid (id est voedelaanbod).

# Bodemfauna (soortenrijkdom)

## Ecologie Westerschelde - totale gebied

### Legenda

-  arm  
gem. < 3 soorten  
per monster
-  vrij arm  
gem. 3-5 soorten  
per monster
-  rijk  
gem. 5-10soorten  
per monster
-  zeer rijk  
gem. > 10 soorten  
per monster

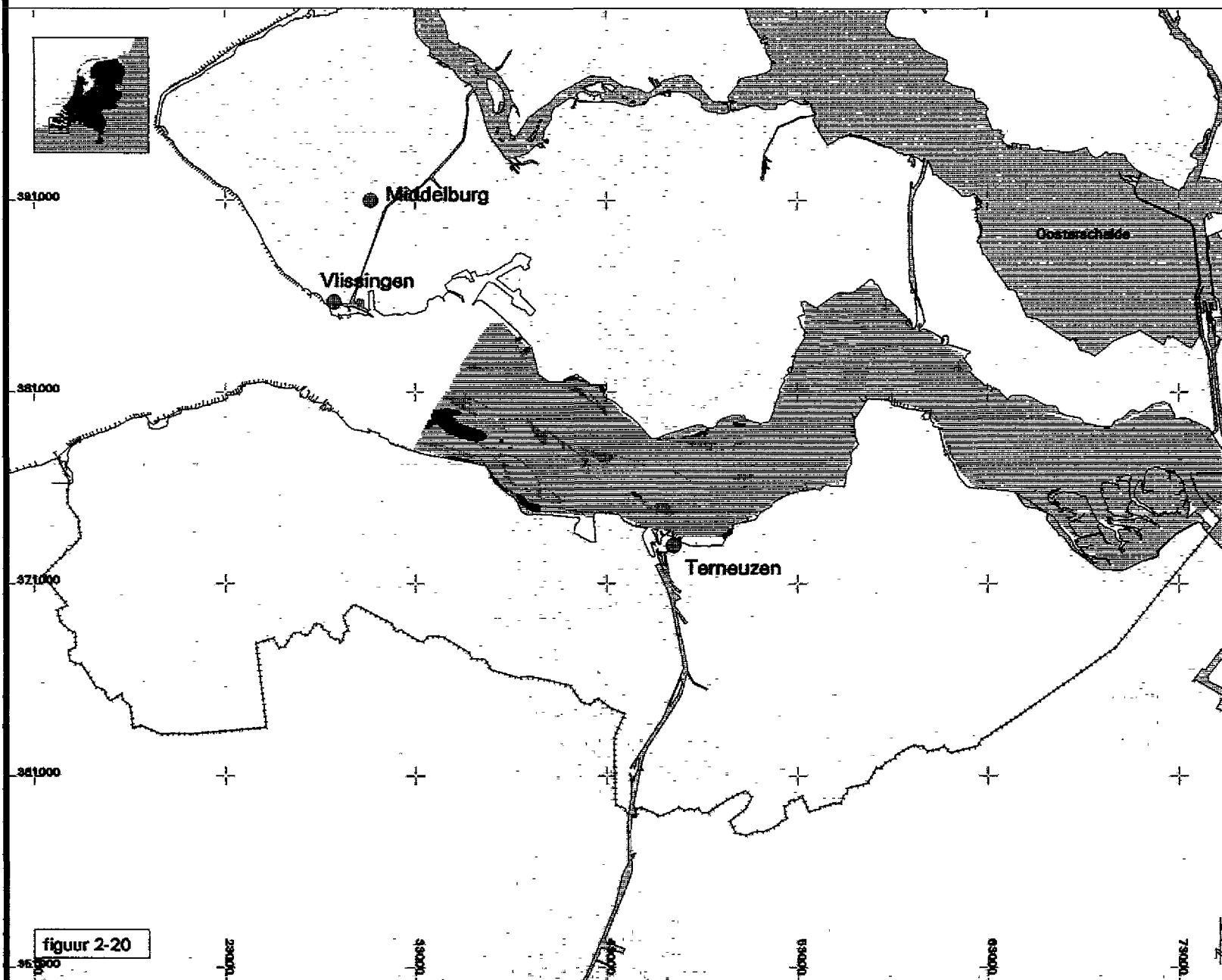
Bron: vakkodngen RWS, 1996  
Habitat-kartering (Stikvoort, 1996)  
Geomorfologische grenzen (Huijs)  
Datum: 28-MAY-1998

0 5 10 km

MER Boorspecie Westerschelde-  
tunnel



H.T. de Haan  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg



figuur 2-20

# Bodemfauna (Biomassa)

## Ecologie Westerschelde - totale gebied

### Legenda

-  zeer laag  
gem. < 1 in g AFDW/m<sup>2</sup>
-  laag  
gem. 1-5
-  vrij laag  
gem. 5-10
-  vrij hoog  
gem. 10-20
-  hoog  
gem. 20-30
-  zeer hoog  
gem. > 30

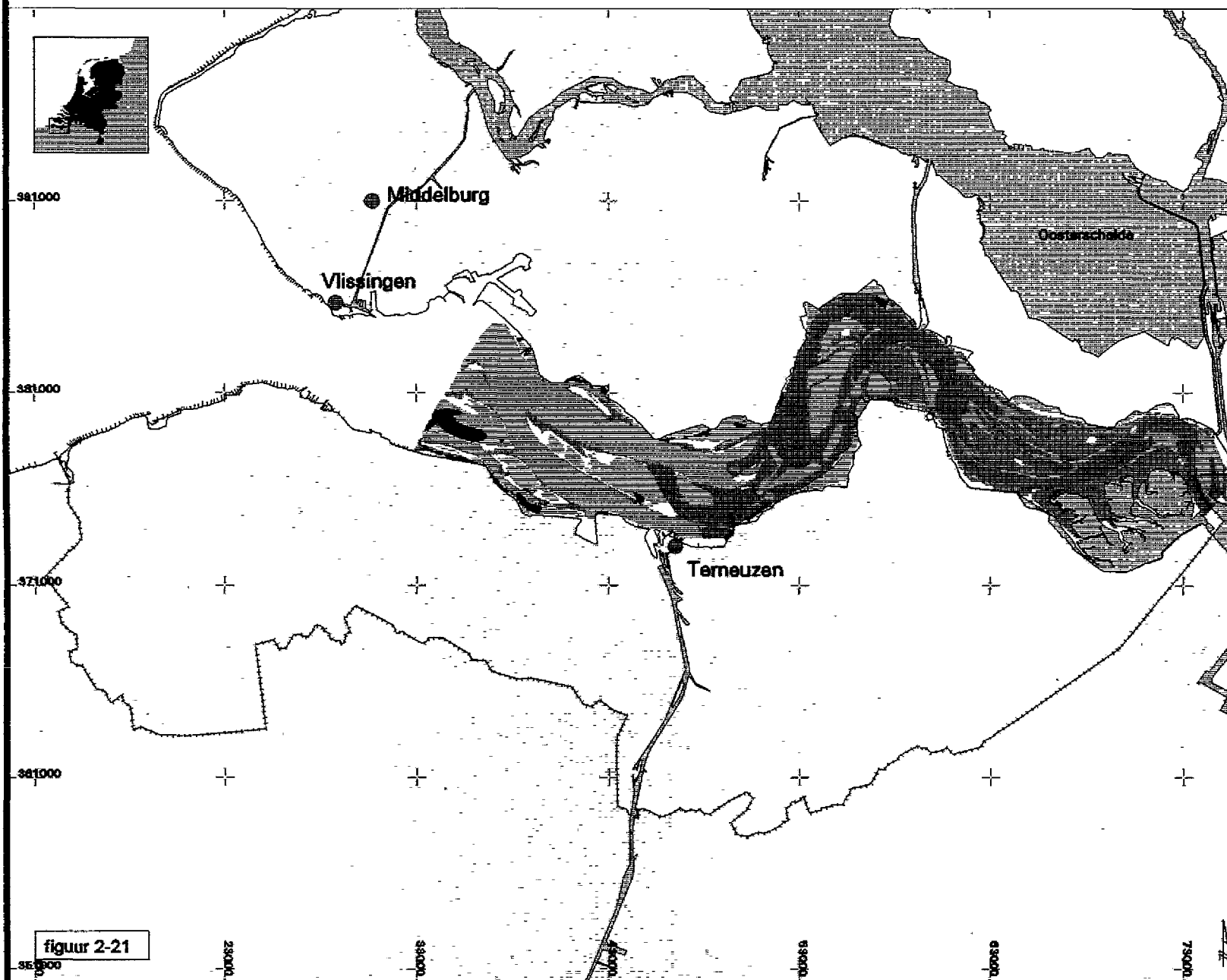
Bron: vaklodingen RWS, 1996  
Habitat-kartering (Stikvoort, 1996)  
Geomorfologische grenzen (Huijs)  
Datum: 28-MAY-1998

0 5 10 km

MER Boorspecie Westerschelde-  
tunnel



H.T. de Haan  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg



figuur 2-21



Tabel 2-7 Gemiddelde densiteit (ind./1000m<sup>2</sup>) en biomassa (gADW/1000m<sup>2</sup>) van epibenthische organismen en vissoorten, en Hill's diversiteitsgetallen (N0, N1) (Hostens et al., 1996)

| Station<br>km vanaf monding | 1<br>3 | 2<br>8 | 3<br>11 | 4<br>13 | 5<br>16 | 6<br>23 | 7<br>26 | 8<br>30 | 9<br>34 | 10<br>38 | 11<br>40 | 12<br>43 | 13<br>47 | 14<br>52 |
|-----------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| tot.gem.densiteit           | 1900   | 2220   | 1370    | 1490    | 1000    | 1390    | 1250    | 1650    | 2380    | 4440     | 4130     | 2810     | 1950     | 3310     |
| tot.gem.dena.vis            | 170    | 320    | 90      | 200     | 150     | 160     | 250     | 300     | 450     | 1070     | 750      | 330      | 220      | 770      |
| tot.gem.biomassa            | 1000   | 610    | 500     | 580     | 480     | 480     | 430     | 500     | 670     | 2430     | 1880     | 940      | 790      | 1860     |
| tot.gem.biom.vis            | 320    | 130    | 120     | 220     | 200     | 160     | 180     | 180     | 500     | 1630     | 1080     | 340      | 370      | 1280     |
| soorten (N0)                | 25     | 26     | 27      | 25      | 28      | 29      | 25      | 23      | 30      | 23       | 29       | 28       | 25       | 27       |
| diversiteit (N1)            | 2.1    | 1.9    | 1.6     | 2.1     | 2.3     | 1.9     | 2.4     | 2.2     | 2.2     | 2.7      | 2.3      | 1.8      | 1.8      | 2.4      |

*De kinderkamer- en doortrekfunctie voor vissen en garnalen*

- **kinderkamerfunctie:** Een kinderkamer kan worden omschreven als een gebied waar de overlevingskansen voor de jonge stadia groter zijn en waar de groeisnelheid wordt bevorderd. De rol als kinderkamer kan onderverdeeld worden in drie andere functies: de jonge levenstadia moeten in het estuarium (i) leefgebieden vinden (aanvoerfunctie), waar (ii) de predatiedruk laag blijft (beschermingsfunctie) en waar (iii) het voedselaanbod groot is (eetkamerfunctie). Binnen de aanvoer functie is het vooral van belang te weten vanaf welk levensstadium de verschillende soorten worden aangetroffen in de diverse dieptezones en zones van het estuarium. Voor residente soorten is de Westerschelde zelf een kraamkamer. Daarnaast worden de larvale stadia van mariene migranten en van garnalen en krabben in hoge aantallen aange-voerd naar de ondiepe schorkreken en geulen. De Westerschelde vervult een beschermingsfunctie voor postlarvale en juveniele stadia in de mesohaliene ondiepe schorkreken. De hoge dicht-heden aan juvenielen zijn rechtstreeks gekoppeld aan de eet-kamerfunctie die de Westerschelde vervult voor de belangrijkste soorten. Het grote voedselaanbod, in de vorm van hyperbenthos en het zoöplankton in het subgetijde en het macrobenthos in het intergetijdegebied, draagt in grote mate bij tot het belang en de draagkracht van de mesohaliene zone als kinderkamer. Bovendien vormen de kleine juvenielen zelf een bron van voedsel voor grotere vissen.
- **doortrekfunctie:** De doortrekfunctie voor de zogenaamde diadrome vissen wordt zo goed als niet vervuld. De verarming van de visfauna ten opzichte van 50 jaar geleden kan in grote mate worden toege-schreven aan de zware organische belasting van het systeem. Door deze belasting blijft het systeem stroomopwaarts van de Belgisch-Nederlandse grens gedurende lange perioden zuurstof-loos. Daarmee gecorreleerd is de aanwezigheid van typisch estuariene anadrome soorten en zoetwater organismen, doordat het optimale leefgebied voor deze soorten niet meer bereikbaar is. De Westerschelde kan echter bij een geleidelijke sanering van het bekken, vlot gekoloniseerd worden door een aantal soorten vanuit naburige systemen zoals de Oosterschelde.

**Vogels**

[Tenzij anders vermeld worden alle gegevens ontleend aan (Meininger et al. 1997)].

Vogels zijn een voor iedereen waarneembaar onderdeel van het ecosysteem. Omdat ze aan het eind van de voedselketen staan, zijn ze gevoelig voor allerlei veranderingen in het watersysteem.

De internationale betekenis van de Westerschelde wordt duidelijk gemaakt aan de hand van criteria voor watervogelpopulaties. Deze criteria voor natte gebieden (wetlands) zijn voor het West-Palearctisch gebied uitgewerkt onder de Ramsar Conventie (Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat), die van kracht werd in 1975. Onder deze conventie zijn naast twee criteria in algemene bewoordingen ook numerieke criteria geformuleerd voor een wetland van internationale betekenis. Wetlands zijn onder andere van internationaal belang, wanneer er 1) regelmatig meer dan 20.000 watervogels voorkomen, of 2) regelmatig meer dan 1% van een totale geografische populatie van een watervogelsoort van het gebied gebruik maakt (Rose & Scott, 1994 in: Meininger et al., 1995).

In de Westerschelde wordt de 1%-norm in alle seizoenen voor een aantal soorten overschreden (Tabel 2-8). De hoogste normoverschrijding werd in de periode 1991-1995 bereikt in het najaar (1994/1995) of de winter (1991-1992). Het gebied is van internationale betekenis voor twaalf soorten watervogels, waarvan grauwe gans, smient en pijlstaart de belangrijkste zijn. Van jaar tot jaar kunnen er soorten van de lijst afvallen of worden toegevoegd. Zo kon in verge-lijking met 1991-1994 de kolgans in 1994-1995 worden geschrapt, maar de drieteenstrandloper worden toegevoegd aan de lijst.

#### *Broedgebied*

De Nederlandse Deltawateren herbergen grote aantallen kustbroed-vogels, die zowel op nationaal als op internationaal niveau belangrijk zijn. Ongeveer driekwart van alle Nederlandse strandplevieren en dwergsterns, de helft van de bontbekplevieren, een derde van de kluten en visdieven en een kwart van de grote sterns broedde in 1995 in het Deltagebied. In Noordwest-Europees verband zijn vooral kluut (13% in de Delta), strandplevier (27%), grote stern (10%), visdief (5%) en dwergstern (5%) van belang. Binnen de Delta functioneert de Westerschelde voor met name kluut, plevieren (kleine plevier, bont-bekplevier, strandplevier), meeuwen (kokmeeuw, kleine mantel-meeuw, zilvermeeuw) en sterns (grote stern, visdief, dwergstern) als broedgebied.

#### *Voerageer- en rustgebied*

De ontwikkeling van de maximum aantallen vogels van soorten die voerageren in het intergetijdegebied, levert geen aanwijzingen op dat de veranderingen in ecotopen in dit deel van de Westerschelde doorwerken in de voeragemogelijkheden voor deze vogels.

Naast het verlies van geschikte ecotopen worden de aantallen water-vogels, die jaarlijks overwinteren of doortrekken, sterk beïnvloed door natuurlijke fenomenen zoals strenge winters en de ontwikkelingen in de Noordwest Europese populaties. Daarom is het lastig vast te stellen in hoeverre veranderingen aan één factor zijn toe te schrijven.

Van de droogvallende delen zijn de slikken belangrijke voerageer-gebieden, met name voor steltlopers en de bergeend. Voor de steltlopers is de Westerschelde tijdens de voor- en najaarstrek één van de belangrijkste pleisterplaatsen in de Delta. De schorren aan de rand van het watersysteem fungeren als rust- en voerageergebied voor eenden en ganzen. Vooral Saeftinge speelt hierbij een grote rol (Meininger et al., 1995, 1997). Verder heeft de Westerschelde een functie als rustgebied voor veel vogels. In de nazomer ruien veel vogels hier de lichaamsveren en slagpennen (Meininger et al., 1995).

Tabel 2-8 Normoverschrijding (%) in 1994/95 tot 1996/97 van internationaal belangrijke vogelpopulaties in de Westerschelde per seizoen (Meininger et al., 1997)

| Soort               | Najaar | Winter | Voorjaar | Zomer | Maximaal |
|---------------------|--------|--------|----------|-------|----------|
| Grauwe Gans         | 20.6   | 17.7   | 1.1      | -     | 20.6     |
| Pijlstaart          | 3.8    | 3.5    | -        | -     | 3.8      |
| Lepelaar            | 3.6    | -      | -        | -     | 3.6      |
| Smient              | 3.3    | 3.0    | -        | -     | 3.3      |
| Zilverplevier       | 2.8    | 1.5    | 3.1      | -     | 3.1      |
| Bergeend            | 1.7    | -      | -        | 2.4   | 2.4      |
| Scholekster         | 2.3    | 1.9    | 1.1      | 1.1   | 2.3      |
| Bonte Strandloper   | 1.5    | 2.1    | -        | -     | 2.1      |
| Drieteenstrandloper | 1.1    | -      | 1.8      | -     | 1.8      |
| Kluut               | 1.5    | -      | 1.1      | -     | 1.5      |
| Wulp                | 1.3    | -      | -        | 1.1   | 1.3      |
| Kanoetstrandloper   | -      | 1.2    | -        | -     | 1.2      |
| Bontbekplevier      | 1.0    | -      | -        | -     | 1.0      |
| Som                 | 44.5   | 30.8   | 8.1      | 4.7   |          |

#### Voedseltypen

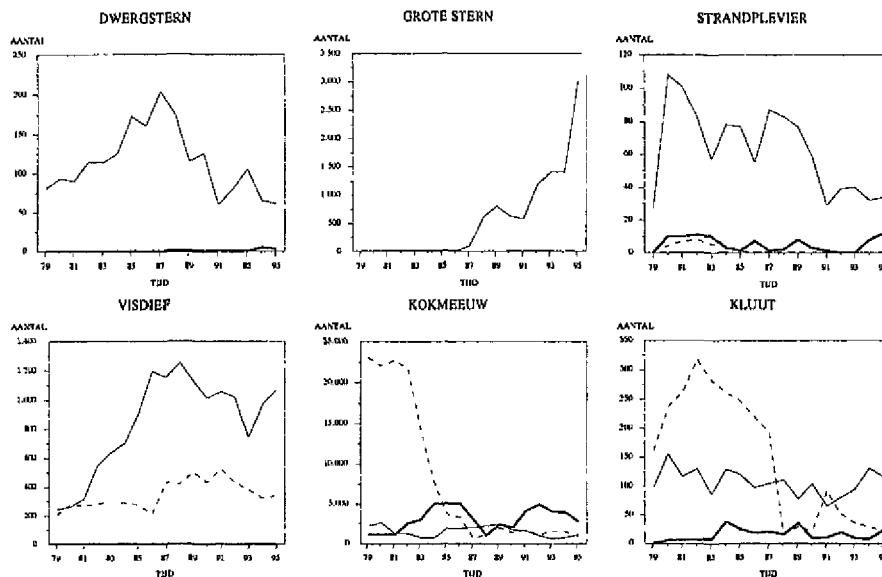
Er zijn in principe 4 groepen vogels te onderscheiden met een verschillend fourageergebied (Arts, 1995):

1. De benthos-eters: Deze soorten fourageren op droogvallende platen en slikken. Tot deze groep behoren: alle steltlopers en de bergeend.
2. De viseters: Deze soorten vangen zwemmend of duikend tijdens hoogwater hun prooi. Tot deze groep behoren: dwergstern, grote stern, visdief en fuut.
3. De benthosetende duikeenden: toppereend, zwarte zeeëend en brilduiker. Een opmerkelijke ontwikkeling is het verdwijnen van duikeenden uit de Westerschelde, sinds het begin van de eeuw. Dit is het gevolg van het verdwijnen van uitgestrekte schelpdier-banken die aanwezig waren in de monding (Sloe en Kaloot) en de Braakman.
4. De plantenetende watervogels: Deze soorten fourageren op kwelders en soms op slikken. Tot deze groep behoren: de grauwe gans, de kolgans, de rotgans, de smient, de wintertaling en de wilde eend. De plantenetende watervogels zijn in het westelijke deel afgenomen. Ganzen (vooral grauwe gans) zijn de laatste jaren sterk toegenomen in Saeftinge. Door het verdwijnen van de schorren van Sloe en Braakman zijn de aantallen smient en wintertaling op die plaatsen sterk afgenomen. Ook de rotgans nam in aantal af, maar dan in het oosten.

#### Broedvogels

Het westelijke deel is belangrijk als broedgebied voor de grote stern (Hooge Platen), visdief en kokmeeuw. Het aantal grote sterns bijvoorbeeld bedroeg in 1990-1995 vele honderden; in 1995 werden zelfs 3000 broedparen geteld. Bij de visdief en de kokmeeuw betreft het de laatste jaren circa 1000 broedparen. Het westelijke deel van groot belang voor de populaties bontbekplevier (circa 10 broedparen), strandplevier (enkele tientallen), dwergstern (circa 60-100) en kluut (circa 65 tot 130) (figuur 2-22).

Figuur 2-22 Voorkomen van  
broedvogels (dunne lijn: west, dikke lijn:  
midden, stippellijn: oost)



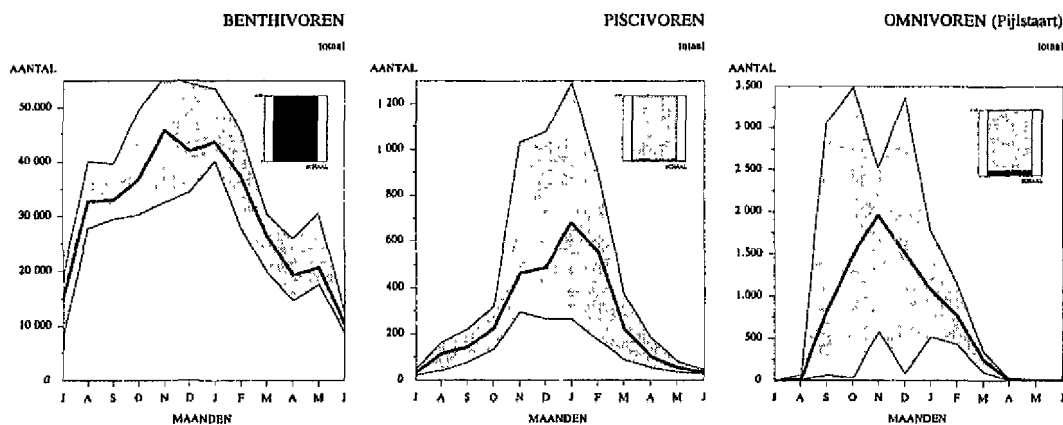
Het middendeel is vooral van belang voor de kokmeeuw (circa 4000 broedparen), en in mindere mate voor bontbekplevieren, strand-plevieren, dwergsterren en kluten (enkele broedparen).

#### Watervogels

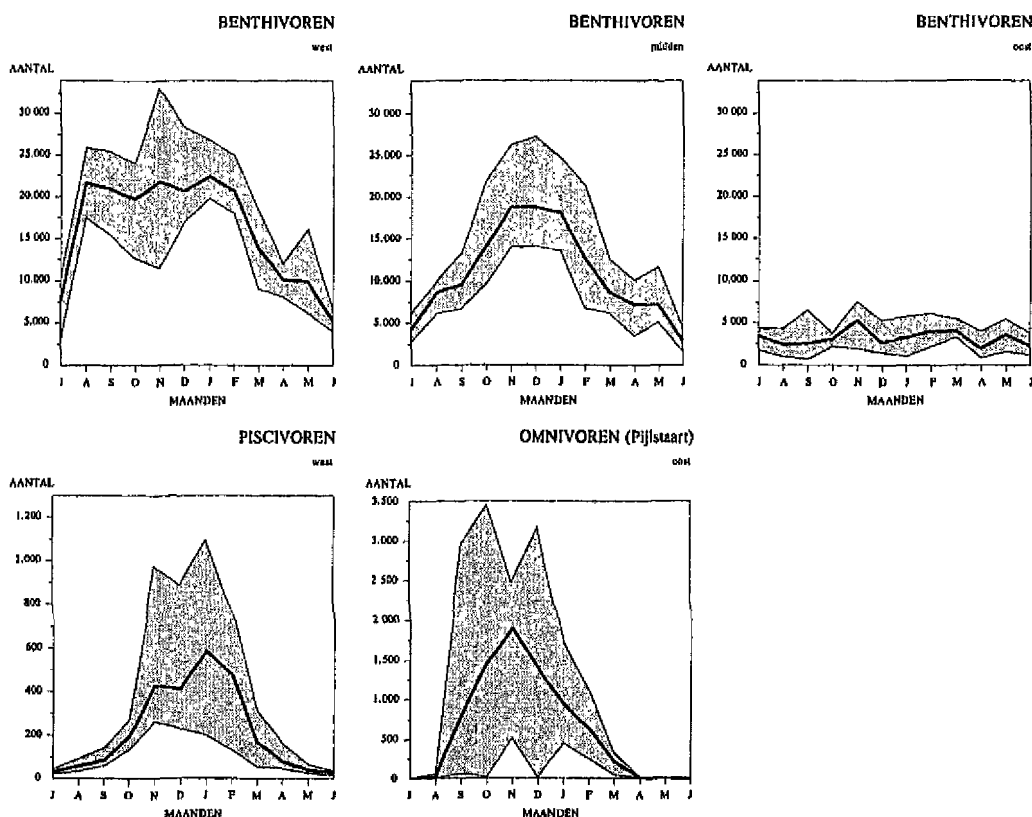
In grote lijnen kan geconstateerd worden, dat er voortdurend veranderingen optreden in de omvang en samenstelling van watervogel-populaties van de zoute wateren in Zuidwest-Nederland. In de winter-maanden waren in de eerste helft van de jaren 1990 gemiddeld 400.000-440.000 watervogels aanwezig, waarvan globaal 45% in de Westerschelde.

Wat betreft de samenstelling van dit aantal is geconstateerd, dat de benthivoren de belangrijkste groep vormen (figuur 2-23). Ze komen vooral in het westen en midden van de Westerschelde voor, met name in de periode oktober tot maart (figuur 2-24).

Figuur 2-23 Aantallen water-  
vogels in de Westerschelde, op basis van  
voedselgroepen



Figuur 2-24 Aantallen water-  
vogels per deelgebied, op basis van  
voedselgroepen



Onder de visetende vogels (piscivoren), waaronder fuut, middelste zaagbek en in mindere mate de aalscholver, is een toename geconstateerd. Deze toename vond vooral plaats in de monding, waar de groep vooral voorkomt, en gedurende de wintermaanden (globaal van oktober tot maart). De belangrijkste gebieden voor deze soorten zijn beschut gelegen gebieden van de Westerschelde, waar het doorzicht van het water groter is dan elders in het estuarium. Het zijn bijvoorbeeld het vaarwater langs Hoofdplaat, de Sloehavens, de Braakmanhaven en de haven van Terneuzen (Meininger et al., 1995 en 1997). Vanaf 1990 is er een relatief grote spreiding per maand tussen de minimaal en maximaal gevonden aantallen.

De pijlstaart, die als enige in de groep omnivoren is onderzocht, is qua aantallen belangrijker dan de viseters tezamen. De soort kent de hoogste dichtheden in de periode september tot februari en komt met name in het oostelijke deel van de Westerschelde voor. Er is een relatief grote spreiding vanaf 1990 in de aantallen per maand.

#### Zeezoogdieren

De gewone zeehond, waarvan in de jaren 50 nog zo'n 100 tot 150 exemplaren geteld werden, is vrijwel verdwenen. Dit wordt voor-namelijk in verband gebracht met ophoping van vervuilende stoffen (PAK's en PCB's) in de voedselketen. Momenteel telt de populatie zeehonden in de Westerschelde ongeveer 10 exemplaren, waarbij in 1996 2 jongen werden geboren en in 1997 1. Deze groep zeehonden houdt zich voornamelijk op bij de platen van Ossensisse en Valkenisse. De verwachting is dat de populatie zich zal uitbreiden mits er voldoende rustgebied wordt gehandhaafd.

#### *2.4.6. Autonome ontwikkeling*

Zoals eerder in dit hoofdstuk is aangegeven functioneert een eco-systeem op een gezonde en duurzame manier door de aanwezigheid van habitats en de bewoners daarvan. De habitat geeft ruimte voor de processen die nodig zijn om het voedselweb in stand te houden. Waarnemingen wijzen er niet op dat de bewoners zijn verdwenen, er zijn nog voldoende verschillende soorten aanwezig. Uit de morfologische veranderingen kan echter worden afgeleid dat de beschikbare ruimte afneemt. Het oostelijke deel van de Wester-schelde verlandt en er is in het hele gebied een versteiling van de gradiënt. Dit uit zich in een achteruitgang van ondiep water gebied en met name in de achteruitgang in de laagdynamische slibrijke gebieden. Omdat dit de voedselrijke gebieden zijn en daarmee de gebieden met de hoogste en meest diverse biomassa, houdt een areaalgrootte hiervan een verlies in van de belangrijkste schakel in het Wester-schelde ecosysteem. Door de afname in morfologische dynamiek en de hiermee gepaard gaande verstarring, is de kans klein dat verloren gegane ondiep water gebieden elders op natuurlijke wijze zullen ontstaan.

#### **Effecten verruiming en bijkomende werken.**

De verruiming van de vaarweg betekent in het algemeen dat de er een verdere afname van het ondiep water gebied optreedt en een verdere afname in dynamiek. Door het storten van zand in het westelijke deel wordt verwacht dat het ondiep water gebied in het beschouwde gebied zal toenemen. Het areaal aan platen zal in het westelijke deel sterk toenemen. Dit kan i.v.m. de fourageer- en rustfunctie voor vogels en zeehonden als positief gezien worden. Door geulwandverdedigingen wordt voorkomen dat door het opdringen van de hoofdgeul gebieden langs de rand zullen verdwijnen. Het nadeel is echter dat door deze werken de natuurlijke dynamiek verder zal afnemen. Omdat in het westelijke deel weinig geulwandverdedigingen worden aangelegd zal door de verruiming het slik- en schorareaal in het westelijke deel verder afnemen.

### **2.5. Gebruiksfuncties**

#### *2.5.1. Inleiding*

De beschikbare ruimte in het Westerscheldegebied wordt door diverse menselijke gebruiksfuncties intensief benut. De belangrijkste gebruiker van het estuarium is de scheepvaart met de daaraan verwante activiteiten in de havens. Visserij en recreatie vormen eveneens belangrijke gebruikers van de Westerschelde. Naast voorgenoemde functies biedt de Westerschelde ruimte voor gebruikers als: zandwinning, schelpenwinning, koelwater voor industriële doeleinden en archeologie. Het overzicht van de gebruiksfuncties is evenwel niet uitputtend. Alleen de functies die mogelijk door de stort van boorspecie worden gehinderd, worden genoemd.

#### *2.5.2. Scheepvaart*

##### **Vaarroutes**

De Westerschelde vormt voor vijf grote zeehavens; Zeebrugge, Vlissingen, Terneuzen, Gent en Antwerpen vrijwel de enige verbinding met de Noordzee. De vaarroute begint reeds op de Noordzee, circa 50 km ten westen van Vlissingen. In dit gebied leiden twee geulen naar de monding van de Westerschelde. Het Oostgat vormt de noordelijke toegangsgedul. De zuidelijke gul wordt in eerste instantie gevormd door het Scheur, maar deze gaat in de nabijheid van de monding over in de Wielingen. Vanaf de monding bij Vlissingen tot aan de Belgisch Nederlandse grens omvat de vaarroute door de Westerschelde een traject van circa 60 km.

De hoofdvaarroute loopt daarbij door de zogenaamde 'ebgeul', ook wel als hoofdgeul aangeduid. In het westelijke- en middendeel van de Westerschelde loopt deze 'ebgeul' door de Pas van Borssele, de Pas van Terneuzen, het Gat van Ossensisse naar de Overloop van Hansweert. Ter hoogte van de Pas van Borssele is de vaargeul relatief nauw. Daarom gelden er voor bepaalde vaarweggebruikers aanvullende regels.

De diepte van deze ebgeul varieert sterk. Om een veilige toegang van grotere, diepstekende, schepen te garanderen worden de drempels, voortdurend op diepte gehouden. Medio 1997 is een nieuw verdiepingsprogramma gestart. Na voltooiing van dit zogenaamde 48'/43'/38 voet programma rond het jaar 2000, kunnen schepen met een maximale diepgang van 38 voet onafhankelijk van het getij de Westerschelde bevaren. Ook na voltooiing van de verdieping is permanent vaargeulonderhoud noodzakelijk om de gewenste diepte van de geul te behouden.

In tegenstelling tot het nauwere oostelijke deel van de Westerschelde, waar het scheepsverkeer vrijwel alleen van de hoofdgeul gebruik maakt, worden in het westelijke en middendeel tevens enkele nevengeulen als vaarweg gebruikt. Omdat ondiepten in deze geulen niet worden weggebaggerd, zijn deze alleen voor schepen met een relatief beperkte diepgang toegankelijk. Intensief gebruikt worden de nevengeulen door de Schaar van de Spijkerplaat-Pas van Borssele/Terneuzen, de Everingen-Zuid Everingen en de Everingen- Straatje van Willem. Het Vaarwater langs Paulinapolder en de geul tussen de Pas van Terneuzen en het Middelgat zijn wel betond maar worden slechts in beperkte mate gebruikt. Ook door het vaarwater langs de Hoofdplaat/Springergeul wordt weinig gevaren; voornamelijk door de recreatievaart. Een overzicht van de belangrijkste scheepvaartroutes staat afgebeeld in figuur 2-25.

#### **Veerdiensten**

Totdat de Westerscheldetunnel voor verkeer geopend wordt, onderhouden twee veerdiensten, te weten 'Vlissingen-Breskens' en 'Kruiningen-Perkpolder,' een dagelijkse verbinding tussen Walcheren en Zuid-Beveland enerzijds en Zeeuws-Vlaanderen anderzijds. De veerboten volgen een vaste vaarroute. In 1995 waren er vanuit de Buitenhaven in Vlissingen 10.043 afvaarten; vanuit de Kruiningen bedroeg het aantal afvaarten 9.501 (Scheepvaart bij bruggen en sluizen, kerncijfers 1995). Na het ingebruik nemen van de tunnel zal het veer Kruiningen-Perkpolder verdwijnen en wordt het veer Vlissingen-Breskens door een (veel kleiner) fiets-voetgangersveer vervangen.

#### **Complexiteit vaargebied**

De werkzaamheden ten behoeve van de tunnel zullen grotendeels plaatsvinden binnen het radarblok Terneuzen. Dit blok dat ruwweg het gebied van de Pas van Borssele tot de overloop van Hansweert omvat, is een zeer gecompliceerd vaargebied.

#### *Intensiteit reguliere scheepvaart*

In de eerste plaats is de intensiteit van het reguliere scheepsverkeer in het gebied zeer hoog. In tabel 2-9 wordt de intensiteit van het reguliere scheepvaartverkeer weergegeven. Daarbij is een onderscheid gemaakt in verschillende vaartrajecten binnen het radarblok. Uit de tabel valt af te lezen, dat het traject Terneuzen-Hansweert in totaliteit het drukst bevaren gedeelte van de Westerschelde is. De zeevaart, die in de monding het meest intensief is, neemt richting Belgisch-Nederlandse grens geleidelijk af. Binnen het radarblok is de intensiteit op het traject Sloehaven-Braakmanhaven het hoogst. De binnenvaart maakt zeer intensief gebruik van het traject Terneuzen-Hansweert. Dit traject vormt een belangrijk schakel in de

zogenaamde 'noord-zuid' verbinding, bestaande uit ondermeer een traject over de Ooster-schelde, via het Kanaal door Zuid-Beveland naar de Westerschelde, vervolgens door het Kanaal Terneuzen-Gent en eventueel verder, richting Frankrijk.

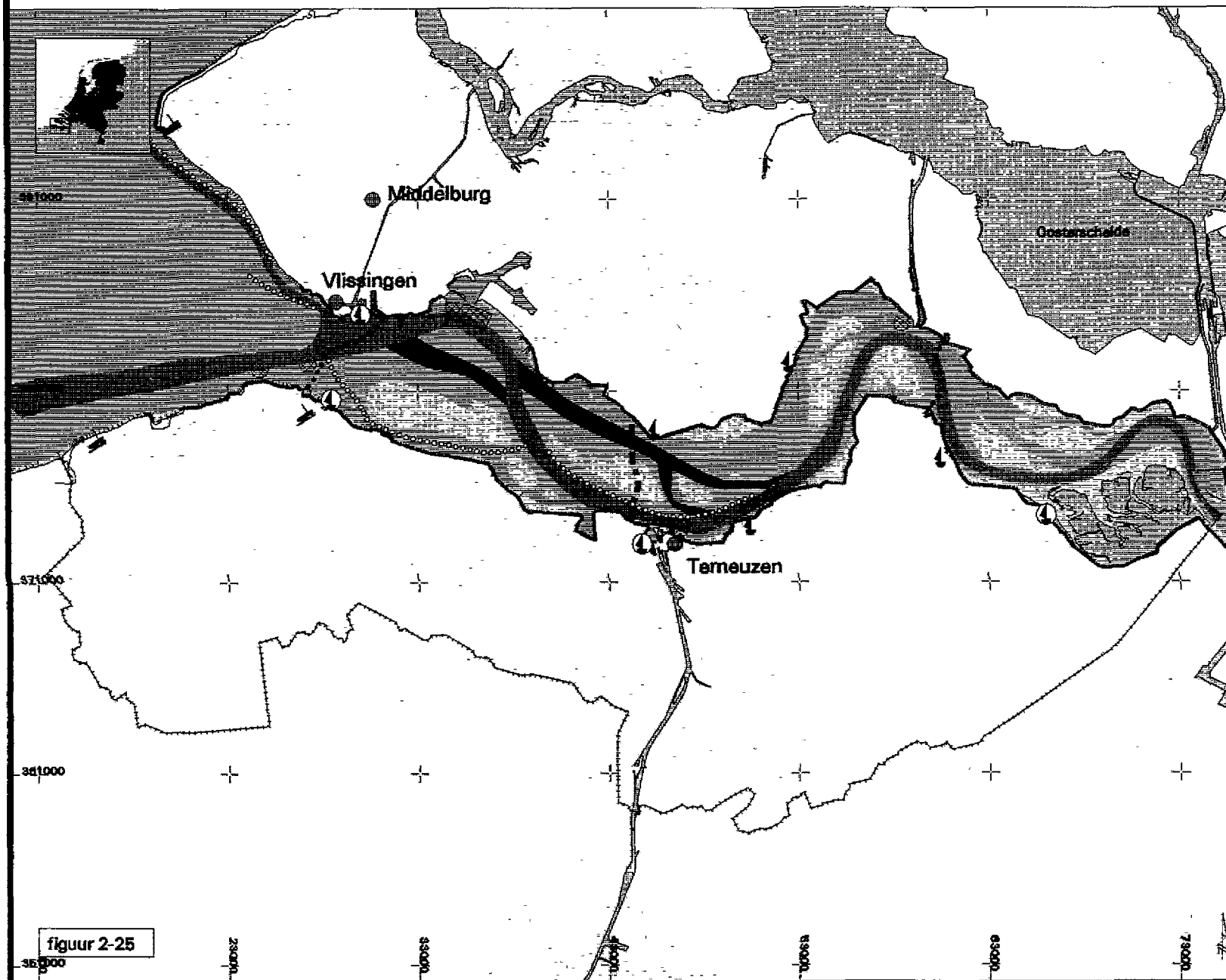
Het Kanaal Terneuzen-Gent is toegankelijk via een sluizencomplex (de West-Midden- en Oostsluis). Van deze sluizen maken zowel de zee-, binnen- als recreatievaart gebruik. Het totaal aantal geschutte schepen bedroeg in 1996 63.200. Hiervan vielen 873 zeeschepen in de categorie "bovenmaats zeeschip" (schriftelijke mededeling RWS Dir. Zeeland, afd. NWS). Deze categorie schepen is met name belangrijk omdat deze in het algemeen op tijgebonden condities varen en geschut moeten worden. Frustratie van het schutproces is bij deze type schepen ontoelaatbaar. Een deel van de zeeschepen die op Gent varen bestaat uit auto-carriërs. Deze grote en hoge autoschepen zijn (zeer) windgevoelig waardoor de manoeuvreerbaarheid bij hogere windsnelheden sterk afneemt.

Tabel 2-9                   Aantal scheepsbewegingen (exclusief recreatievaart, veerdiensten en vaarten loodsdiensden) in het onderzoeksgebied. (Hengst en Meur, 1995)

| Traject                 | Lengte<br>(in km) | aantal scheepsbewegingen |          |        |
|-------------------------|-------------------|--------------------------|----------|--------|
|                         |                   | Binnenvaart              | Zeevaart | Totaal |
| Sloohaven-Braakmanhaven | 12                | 25.000                   | 42.600   | 67.600 |
| Braakmanhaven-Terneuzen | 3                 | 25.500                   | 41.500   | 67.000 |
| Terneuzen-Hansweert     | 19                | 48.000                   | 31.400   | 81.400 |



# Scheepvaart



## Gebruiksdoeleinden Westerschelde - totale gebied

### Legenda

- lager dan NAP -2m
- hoger dan NAP -2m
- ankergebied
- keer - cq wachtgebied
- hoofdvaarroute
- nevenvaarroute
- zeekering
- vrije vaarroute verboden
- trace Westerschelde oeververbinding
- route kleine vaartuigen (bestaand)
- bestaande jachthaven > 100 ligplaatsen
- bestaande jachthaven < 100 ligplaatsen
- bestaande trailerhelling

Bron: kaart z/nw 1995-1126,  
beleidsplan 1991.  
Datum: 28-MAY-1998

0 5 10 km

**MER Boorspecie Westerschelde-  
tunnel**



H.T. de Haan  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

figuur 2-25

De intensiteit van de zeevaart neemt in de periode 1990-1995 licht af (tabel 2-10). Toch kan niet zonder meer de conclusie worden getrokken dat deze ontwikkeling zich in de toekomst zal doorzetten. Na de verdieping kunnen ook (zeer) grote zeeschepen de Westerschelde bevaren. Het aantal schepen dat in deze categorie valt, zal ongetwijfeld toenemen. Daarentegen mag op grond van een wereld-wijde 'trend' verondersteld worden dat het aantal kleinere zeeschepen zal afnemen. Een sterke algehele toename in het scheepsverkeer op de Westerschelde wordt gedurende de periode van de tunnetaanleg dan ook niet verwacht.

Tabel 2-10 Intensiteit zeevaart op trajecten binnen het radarblok Terneuzen in de periode 1990-1995. (kerncijfers, diverse jaren)

| traject                 | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Sloehaven-Braakmanhaven | 46000 | 45000 | 44000 | 42000 | 43000 | 42600 |
| Braakmanhaven-Terneuzen | 46000 | 44750 | 43500 | 41500 | 41500 | 41500 |
| Terneuzen Hansweert     | 33472 | 32972 | 32472 | 30472 | 30472 | 29872 |

#### *Intensiteit overige scheepsverkeer (werkverkeer)*

De verkeersdrukte in dit deel van de Westerschelde zal nog aanzienlijk toenemen als gevolg diverse werkzaamheden die voor de komende jaren staan gepland. Zoals vermeld is inmiddels begonnen met de verdieping van de Westerschelde. Deze verdieping en het onderhoud brengen nogal wat scheepsverkeer met zich mee. In vergelijking met de situatie voor de verdieping zal het scheepsverkeer aanzienlijk toenemen. In tabel 2-11 staat deze toename vermeld. Daarbij is de vergroting van het aantal vaarbewegingen ten behoeve van onderhoud permanent.

Tabel 2-11 Intensiteit baggerschepen per traject, huidige en toekomstige situatie

| Traject                 | huidige situatie 89-95 | vergroting aantal vaarbewegingen t.o.v. 89-95 |           |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------------------------|-----------|
|                         |                        | verdieping                                    | onderhoud |
| Sloehaven-Braakmanhaven | 0                      | 4240                                          | 2120      |
| Braakmanhaven-Terneuzen | 0                      | 560                                           | 320       |
| Terneuzen-Hansweert     | 1528                   | 3472                                          | 1912      |

#### *Wrakkenberging*

Ten behoeve van de verdieping worden in de komende jaren wrakken uit de hoofdvaargeul verwijderd. Deze wrakopruiming zal naar verwachting beperkingen voor de scheepvaart opleveren. Dit kunnen zowel stremmingen (filevorming en extra ankerliggers) als lokale beperkingen in vaarsnelheid zijn. Het is nog niet bekend welke wrakken en obstakels waar en wanneer worden geruimd. Aard en omvang van effecten op het reguliere scheepsverkeer zijn op dit moment dan ook moeilijk in te schatten.

Tevens worden in het gebied in de periode 1997 t/m 2001-2002 oeverbestortingen met stortsteen uitgevoerd. Hoewel niet exact bekend, zal dit gedurende deze periode tot een tijdelijke verhoging van circa 2800 vaarbewegingen leiden. De vaarroutes tussen laad- en losplaats zullen echter sterk afhangen van de herkomst van de stenen: IJmuiden, Duitsland, Ardennen, Sloehaven of van Sidmar/Gent (schriftelijke informatie RWS Dir Zeeland, afd. NWS).

#### *Aanleg Westerscheldetunnel*

De bouw van de Westerscheldetunnel leidt tot diverse transportstromen over het water. In de eerste plaats zullen grondstoffen en (bouw)materialen voor een deel per schip worden aangevoerd. Volgens opgave van de Combinatie Middelpaas Westerschelde v.o.f. worden er circa 5.756 vaarbewegingen voorzien. Verdeeld naar bestemming is de verdeling als volgt: naar Zuid-Beveland circa 4.226 vaarbewegingen, naar Zeeuws-Vlaanderen circa 1.350 (schriftelijke informatie RWS Dir. Zeeland, afd. NWS). Daarnaast zal de boorspecie moeten worden afgevoerd. De omvang van dit transport zal echter sterk afhangen van de mogelijkheden voor hergebruik van de boorspecie.

#### *Havens en aanlegsteigers*

Een andere factor die de complexiteit van een vaarwater verhoogt, is de aanwezigheid van havens en aanlegsteigers. Het in- en uitvarende scheepsverkeer en de relatief grote verschillen in vaarsnelheid dragen in hoge mate bij aan de complexe situatie bij een haveningang.

In het westelijke deel van de Westerschelde liggen een aantal, voor de beroepsvaart belangrijke, havens. Van west naar oost zijn dit de Handelshaven van Breskens, de Buitenhaven van Vlissingen, de Sloehaven, de Braakmanhaven en de Oost- en Westbuitenhavens van Terneuzen. In Terneuzen bevinden zich tevens twee voorhavens ten behoeve van de sluizen. Bovendien heeft DOW Benelux N.V. nabij Terneuzen een eigen aanlegsteiger, de DOW-Scheldesteiger, waar schepen met gevaarlijke stoffen afgemeerd liggen. De aanleginrichtingen van veerdiensten bevinden zich buiten het gebied waar de boorspecie gestort zal worden.

#### *Ankergebieden*

Ook ankergebieden verhogen de complexiteit van een vaarroute. In dit deel van de Westerschelde zijn er een aantal gesitueerd. In de eerste plaats bevindt zich in de Springergeul een ankerplaats bedoeld voor schepen geladen met gevaarlijke stoffen. In de Put van Terneuzen liggen drie ankergebieden bedoeld voor overslag van zee- naar binnenschepen en duwbakken. Dit kan gepaard gaan met driften van (combinaties van) schepen. Ook in de Everingen liggen 5 ankerplaatsen die ondermeer deze functie hebben (schrift. informatie RWS Dir. Zeeland, afd. NWS). In het kader van de verdieping worden op diverse plaatsen in de Westerschelde tevens 13 anker-, noodanker-, wacht- en keer-gebieden gerealiseerd, dat wil zeggen op voldoende vaardiepte gebracht. Deze gebieden zijn vrij beperkt van omvang; vakken van 150 bij 600 meter of (halve) cirkels met een straal van 450 meter. De vakken bevinden zich direct aansluitend aan de vaargeul. Voor een gedetailleerd overzicht wordt naar de verleende baggervergunning verwezen (baggervergunning, 1996).

#### **Transport van gevaarlijke stoffen**

Minimaal 5% (9 à 10 miljoen ton) van de totale goederenstroom over de Westerschelde bestaat uit gevaarlijke stoffen. Als ook de lading vervoerd met binnenschepen wordt meegerekend dan bestaat deze hoeveelheid uit circa 18 miljoen ton (Vroon et al., 1996).

Aan het transport van gevaarlijke stoffen is een zeker risico voor zowel het milieu van de Westerschelde als voor de omwonenden verbonden. Het grootste risico kleeft aan het vervoer van ammoniak, vloeibaar propaan en butaan per zeeschip (DGSM, 1994). De hoeveelheden van deze stoffen die per zeeschip worden vervoerd zijn vele malen groter dan de hoeveelheden per binnenschip. De risico's die gepaard gaan met het transport van gevaarlijke stoffen per binnenschip zijn verwaarloosbaar in vergelijking tot de risico's die aan het transport per zeeschip kleven (AVIV, 1994).

Hoewel er over de gehele Westerschelde transport van gevaarlijke stoffen plaatsvindt, kan men een zekere concentratie signaleren in het gedeelte vanaf de monding tot aan de havens van Terneuzen. Veel schepen hebben als bestemming de Braakmanhaven en de steiger van DOW. In tabel 2-12 staat weergegeven hoeveel schepen hier in 1996 zijn behandeld. Onder gevaarlijke stoffen wordt in dit geval verstaan chemicaliën en vloeibare gassen. Het aantal vaarbewegingen van deze schepen is relevant voor de omvang van het risico voor milieu en omgeving van de Westerschelde. In principe geldt dat hoe groter het aantal transportbewegingen van schepen met gevaarlijke stoffen hoe groter de kans is dat een dergelijk schip bij een scheepsongeval betrokken raakt.

Tabel 2-12      Behandelde schepen  
in Braakmanhaven/Dow-Scheldesteiger in  
1996 (schriftelijke informatie RWS Dir.  
Zeeland, afd. NWS)

| Type          | Aantal | Vaarbewegingen |
|---------------|--------|----------------|
| Zeeschepen    | 639    | 1.278          |
| Binnenschepen | 1.795  | 3.590          |
| Totaal        | 2.424  | 4.868          |

#### Verkeersveiligheid

De verkeersveiligheid op de Westerschelde wordt door een complex van met elkaar samenhangende factoren bepaald. De boven-genoemde complexiteit van de vaarroute speelt hierbij een belangrijke rol. Ook meteorologische omstandigheden, type en grootte van het schip zijn van invloed op de verkeersveiligheid. Het verschil in complexiteit van diverse vaarroutes komt duidelijk tot uiting in de sterk uiteenlopende ongevalsfrequentie op de diverse deeltrajecten. De ongevalsfrequentie is met behulp van ongevals-statistieken over de periode 1990 - 1994 bepaald. Het betreft hier de registratie van ongevallen met zeeschepen. Vooral dit soort schepen is bepalend voor de mogelijke gevolgen van een ongeval. De ongevalsfrequentie wordt weergegeven in het aantal 'klasse 4' aanvaringen per vaartuigkilometer per jaar en per traject (AVIV, 1997). Een klasse 4 aanvaring gedefinieerd in de Kodeerinstructie scheepsongevallen 1986 van de Dienst Verkeerkunde (DVK) wil zeggen zware schade aan het schip met deuken van meer dan 40 cm diepte en/of gaten en scheuren met een oppervlakte van meer dan circa 1000 cm<sup>2</sup>. Tot deze klasse wordt ook het breken van de romp en uitbranden van het schip tot gerekend (AVIV, 1997).

In tabel 2-13 wordt de ongevalsfrequentie per vaarwegdeel weer-gegeven. De indeling in vaarwegdelen is vergelijkbaar met de traject-indeling zoals in tabel 2-9, maar maakt daarbinnen nog nader onderscheid.

Uit deze tabel blijkt dat de kans op een zware tot zeer zware aanvaring erg klein is ( $10^{-7}$  wil zeggen 1 op de 10 miljoen). Niettemin zijn er vaartrajecten en/of locaties op de Westerschelde aan te wijzen met een beduidend hogere ongevalsfrequentie dan gemiddeld. Dit betreft met name de vaartrajecten aan weerszijden van Hansweert en de locatie 'de Rede van Vlissingen', wat een veel gebruikte ankerlocatie is. Ook op het traject dat loopt van de monding van het Kanaal Gent - Terneuzen tot aan Hansweert is sprake van een enigszins hogere ongevalsfrequentie.

Tabel 2-13      Ongevalsefrequentie  
per vaarwegtraject

| Vaarwegdeel                      | Gem. verkeersintensiteit<br>1991-1994 | Ongevalsefrequentie<br>(vtg.km.jaar-1) |
|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| Wielingen                        | 36.000                                | $2,22 \cdot 10^{-7}$                   |
| Oostgat                          | 16.000                                | $2,21 \cdot 10^{-7}$                   |
| Rede van Vlissingen              | 52.000                                | $8,81 \cdot 10^{-7}$                   |
| Bultenhaven Vlissingen-Sloehaven | 52.000                                | $3,35 \cdot 10^{-7}$                   |
| Sloehaven-Kanaal Terneuzen- Gent | 43.500                                | $1,34 \cdot 10^{-7}$                   |
| Kanaal Tern./Gent-Hansweert      | 33.125                                | $4,12 \cdot 10^{-7}$                   |
| 1.5 km voor Hansweert-Hansweert  | 33.125                                | $9,78 \cdot 10^{-7}$                   |
| Hansweert- 1.5 km na Hans-weert  | 32.812                                | $9,78 \cdot 10^{-7}$                   |
| Hansweert-Antwerpen              | 32.812                                | $2,71 \cdot 10^{-7}$                   |

### 2.5.3. Visserij

Op verschillende plaatsen in de Westerschelde wordt commercieel gevestigd op garnaal, tong en kokkels. Daarnaast wordt lokaal in zeer beperkte mate op paling gevestigd. Naast het directe belang voor de visserij is het indirecte belang mogelijk nog groter. De Westerschelde vormt namelijk een belangrijk gebied waarin jonge garnaal, jonge tong en in mindere mate jonge schol opgroeit, de zogenaamde kinderkamergebieden (Ravensbergen & Scheele, 1990).

Op basis van gegevens aangeleverd door de vissers is een overzicht gemaakt van de visgronden in het onderzochte gebied. Dit overzicht is weergegeven in figuur 2-26.

#### Garnaal

Jonge garnaallarven gebruiken de getijdenbewegingen om de Westerschelde binnen te komen en vestigen zich dan in de ondiepe, voedsel-rijke gebieden. De garnalen worden voornamelijk aan de randen van de (neven)geulen gevestigd (figuur 2-26, rood gearceerde gebieden). Hoewel enkele (kleinere) kustvissers het gehele jaar door de garnalenvisserij beoefenen, loopt het 'seizoen' van de garnalenvisserij van mei/juni tot ongeveer oktober/november. De topmaanden zijn augustus en september. Op de Westerschelde wordt de visserij voornamelijk 's nachts uitgevoerd (Ravensbergen en Scheele, 1990).

#### Tong

Tong wordt aangetroffen in zout water met een diepte variërend van 1 tot 200 meter. De dieren leven in een zachte modderbodem of op plaatsen met fijn zand en slib. Overdag liggen de dieren meestal ingegraven in de bodem. 's Nachts worden ze actief en gaan op zoek naar voedsel. Wanneer er door vertroebeling minder licht tot op de bodem doordringt zijn de dieren overdag ook actief (van Beek et. al., 1989).

In de Westerschelde komt tong voornamelijk in het mondingsgebied voor. De jonge tong trekt in het voorjaar de Westerschelde op tot ver naar het oosten, tot in het zoete Scheldewater. Met name in deze periode, maart tot juni, wordt op tong gevestigd. In het najaar verlaat de tong de zeearm weer. De volwassen tong gebruikt het mondingsgebied als paaigebied. De visserij op tong concentreert zich vooral in de monding en in het westelijke deel van de Westerschelde (figuur 2-26, blauw gearceerde gebieden).

#### **Kokkels**

Kokkels bevinden zich voornamelijk op zandige platen in het westelijke- en middendeel van de Westerschelde. Op kokkels mag alleen in een vastgestelde periode in het najaar worden gevist. Sinds 1996 is het mechanisch vissen van kokkels aan vergunningen gebonden.

Het belang van diverse visgebieden voor de kokkelvisserij verschilt zeer. Het gemiddeld belang van een gebied voor de kokkelvisserij wordt in figuur 2-26 weergegeven. Een belang van 1 - 5 % wil zeggen dat globaal ongeveer 1 tot 5 procent van de totale vangst in de Westerschelde uit dat gebied afkomstig is.

#### **2.5.4. Recreatie**

De recreatie is een naast scheepvaart en visserij een andere belangrijke gebruiksfunctie van de Westerschelde. Recreatie bestaat in de Westerschelde in hoofdzaak uit oeverrecreatie, met name zonnen en zwemmen, sportvisserij en recreatievaart.

#### **Oeverrecreatie**

De recreatieve druk op de oevers langs de Westerschelde is gering vergeleken met de drukte aan bezoekers van de stranden langs de monding. Op een gemiddelde zomerse dag in juli of augustus bezoeken circa 85.000 mensen de stranden van Zeeuws-Vlaanderen en circa 60.000 personen de stranden van Walcheren. Het aantal bezoekers dat op een 'drukte' dag de oevers van de Westerschelde bezoekt, wordt geschat op 3000 à 4000 (schattingen op basis van onder meer recreatietellingen uit de lucht). Daarbij zijn wel enkele concentratiegebieden aan te wijzen: Rammekenshoek, Baarland, Borssele en Kruiningen, Terneuzen, de Griete en Paulinapolder. Voor een deel is dit natuurrecreatie, zoals bijvoorbeeld een bezoek aan het Verdrongen Land van Saeftinghe (Beems, et al. 1988).

# Visgronden voor kokkel, tong en garnaal (globaal aangegeven door vissers).

## Gebruiksdoeleinden Westerschelde - tunnel gebied

### Legenda

- === tracé tunnel
-  lager dan NAP -2m
-  hoger dan NAP -2m

### Kokkelvisserij, gemiddeld belang:

-  1 - 5%
-  5 - 10%
-  10 - 15%
-  15 - 20%
-  tong visgebieden
-  garnaal visgebieden

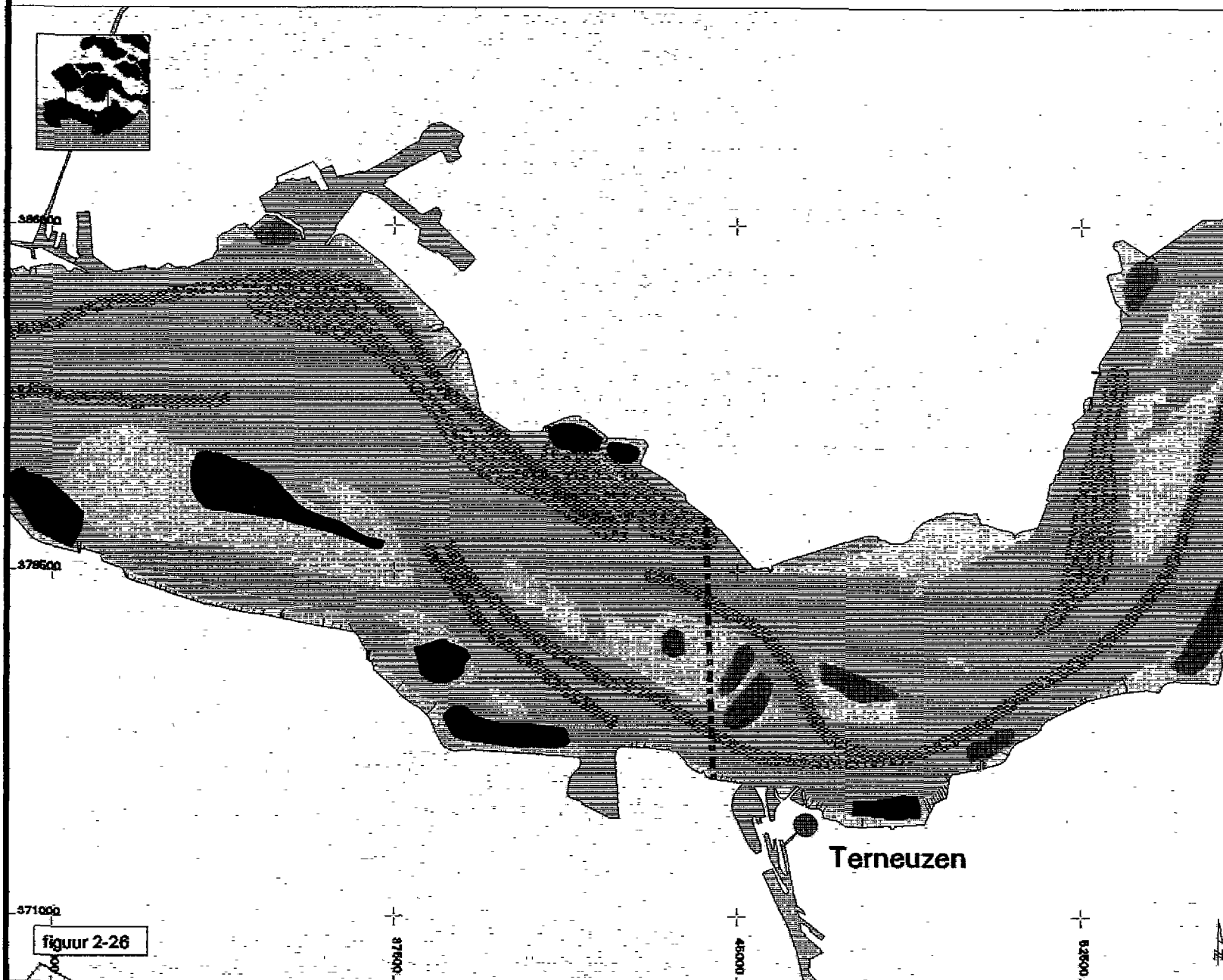
Bron: bijeenkomst vissers,  
28 februari 1997  
Datum: 28-MAY-1998

0 2.5 5 km

MER Boorspecie Westerschelde-  
tunnel



H.T. de Haan  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg



figuur 2-26

**Sportvisserij**

Verspreid langs de gehele Westerschelde wordt door sportvisserij gevestigd. Door de sterke stroming en het intensieve scheepvaartverkeer wordt er weinig vanaf sportvisbootjes op de Westerschelde gevestigd. Verder worden er pieren ten behoeve van de sportvisserij gestoken. Voor een overzicht van de belangrijkste vislocaties zie figuur 2-27.

**Recreatievaart**

De recreatievaart veroorzaakt 's zomers extra drukte op het vaarwater in de Voordelta en de Westerschelde. Het zeilen concentreert zich voornamelijk in de monding van de Westerschelde. Vooral in de buurt van de jachthavens van Vlissingen, die tevens toegang geeft tot het Kanaal door Walcheren kan het druk zijn met schepen en zeiljachten.

Het aantal ligplaatsen in de jachthavens rondom de Westerschelde vormt een indicatie voor de populariteit van de recreatievaart (tabel 2-13).

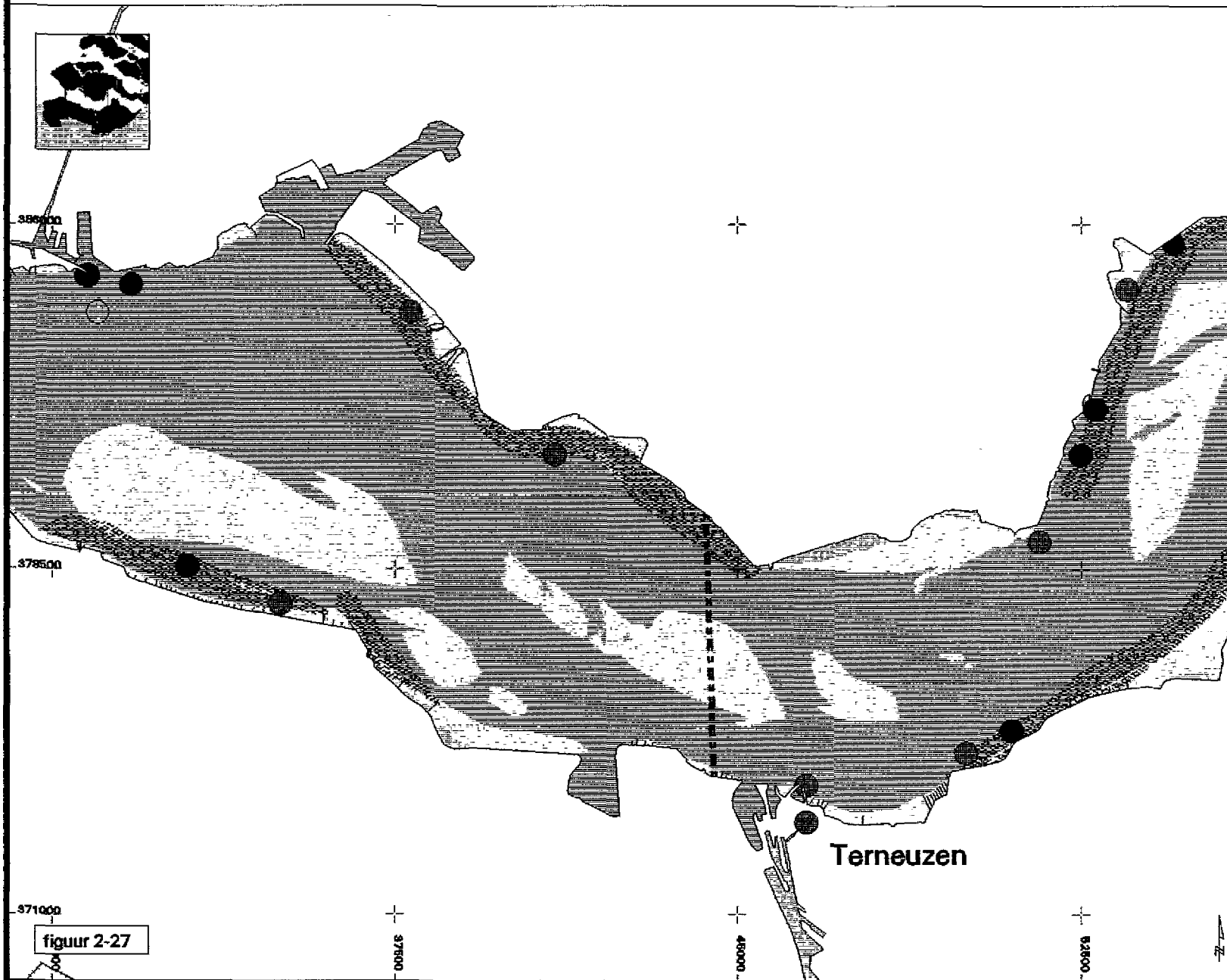
Tabel 2-13      Aantal vaste  
ligplaatsen in jachthavens (Pettersen, 1990,  
respektievelijk telefonische informatie)

| Aantal vaste ligplaatsen |                                  | Rapport | Tel. informatie              |
|--------------------------|----------------------------------|---------|------------------------------|
| Vlissingen               | VWV Schelde                      | 80      | 85                           |
| Breskens                 | WV Breskens (incl. vish. ca. 80) | 510     | ± 610 (+ 50 passanten)       |
| Middelburg               | WSV de Arne                      | 390     | 275 (+ 275 in Veere)         |
| Ellewoutsdijk            | WV Ellewoutsdijk                 | 30      | 30                           |
| Terneuzen                | St. Jachthaven Terneuzen         | 130     | 100 (+ 30 passanten)         |
| Terneuzen                | WV Neusen                        | 95      | 95                           |
| De Griete                |                                  | 28      | 28                           |
| Hoedekenskerke           | WV haven de Val                  | 25      | 25                           |
| Walsoorden               | WV de Oude Haven                 | 28      | 28                           |
| De Paal                  | WV Saeftinge                     | 150     | 150                          |
| totaal                   |                                  | ± 1466  | 1426 (+ 355 passanten/Veere) |

Tellingen van het aantal passages van recreatievaartuigen bij bruggen en sluizen geven ook een beeld van de gebruiksintensiteit. In tabel 2-14 wordt het aantal passages voor de jaren 1992, 1994, 1995 weergegeven. Deze schepen passeren sluizen en/of bruggen die naar en van de Westerschelde leiden. Dat wil niet zeggen dat deze schepen vervolgens ook daadwerkelijk hier te vinden zijn. Een deel van de schepen is bijvoorbeeld op doortocht, zoals passanten bij Vlissingen, die het Kanaal door Walcheren invaren en verder trekken naar het Veerse Meer. Er zijn ook recreanten die normaal gesproken op de Oosterschelde verblijven, maar voor een dag de Westerschelde bezoeken. Gegeven het manco van deze data mag niettemin geconcludeerd worden dat van het mondingsgebied, met telpunt Vlissingen, verreweg het meest gebruik gemaakt wordt.



## Sportvisserij-mogelijkheden



## Gebruiksdoeleinden Westerschelde - tunnel gebied

### Legenda

- === tracé tunnel
- lager dan NAP -2m
- hoger dan NAP -2m
- visrijke gebieden
- platvis (bot/schol/schar)
- paling
- kabeljauw
- zeebaars
- geep
- tong

Bron: Viskaart Zeeland  
tot 1997 aangepast  
Datum: 28-MAY-1998

0 2.5 5 km

MER Boorspecie Westerschelde-  
tunnel



H.T. de Haan  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijksinrichting voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

figuur 2-27

Tabel 2-14 Sluispassages  
pleziervaartuigen. bron: Scheepvaart bij  
sluizen en bruggen in Zeeland; Kerncijfers  
1992, 1994 en 1995

|              | Vlissingen |       |       | Hansweert |      |      | Terneuzen |      |      |
|--------------|------------|-------|-------|-----------|------|------|-----------|------|------|
|              | 1992       | 1994  | 1995  | 1992      | 1994 | 1995 | 1992      | 1994 | 1995 |
| motorjacht   | 3433       | 2535  | 2901  | 1877      | 2378 | 2674 | 1676      | 1733 | 1914 |
| speedboot    | 191        | 97    | 294   | 83        | 93   | 147  | 232       | 150  | 169  |
| zeilboot     | 18350      | 19065 | 20029 | 2395      | 2916 | 4117 | 892       | 857  | 926  |
| sportvisboot | 1185       | 841   | 829   | 40        | 48   | 38   | 52        | 6    | 9    |
| bruine vloot | 309        | 332   | 355   | 146       | 111  | 147  | 136       | 61   | 89   |
| overig       | 126        | 191   | 169   | 30        | 40   | 47   | 24        | 29   | 29   |
| TOTAAL       | 23594      | 23061 | 24577 | 4571      | 5586 | 7170 | 3012      | 2836 | 3136 |

#### 2.5.5. Overige gebruiksfuncties

##### Archeologie & Scheepswrakken

In de Schelde estuarium bevinden zich een aantal archeologisch belangrijke terreinen en vindplaatsen. Een overzicht hiervan is gegeven in figuur 2-28.

De informatie is gebaseerd op informatie van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB) te Amersfoort. De nummers van de locaties staan voor de volgende terreinen en vindplaatsen:

##### Terreinen

- (4) Verdrongen gebied bij voormalig fort Zoutman
- (6) Verdrongen land bij de Biezelingse Ham, ligging voormalige dorp Oostende of Vinninge
- (8) Verdrongen dorp Wolfertsdorp.

##### Vindplaatsen

- (3) vondst uit de steentijd.
- (5) vondst uit de romeinse tijd.
- (7) vondst van 19e eeuwse schip.
- (14) vondst uit de steentijd.
- (15) vondsten uit de steentijd en bronstijd.
- (12) vondsten uit de vroege middeleeuwen.

Vindplaatsen 9 en 16 niet nader gedefinieerd

In het gebied zijn ook enige tientallen scheepswrakken te vinden, voornamelijk voor de havens van Terneuzen en Vlissingen. In figuur 2-29 zijn alle gelokaliseerde scheepswrakken aangegeven.

##### Zandwinning

Naast bagger- en stortactiviteiten om de vaarwegen in stand te houden vindt er in de Westerschelde ook zandwinning plaats. Om het morfologische evenwicht niet te verstoren is er een maximum grens gesteld aan de te winnen hoeveelheden. Sinds 1990 is deze grens gesteld op 2,6 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Van deze hoeveelheid wordt zowel voor de Nederlandse als voor de Belgische overheid 300.000 m<sup>3</sup> gereserveerd. Dit zand wordt gebruikt voor de uitvoering van infrastructurele werken. Het overige, jaarlijks 2 miljoen m<sup>3</sup>, is beschikbaar voor de zandhandel. De zandwinning concentreert zich de laatste jaren in het oostelijke deel van de Westerschelde.

# Archeologisch belangrijke terreinen en vindplaatsen

## Gebruiksfunctie Westerschelde - tunnel gebied

### Legenda

=== tracé tunnel

 lager dan NAP -2m

 hoger dan NAP -2m

 voor archeologie  
interessante gebieden

Bron: RWS Directie Zeeland

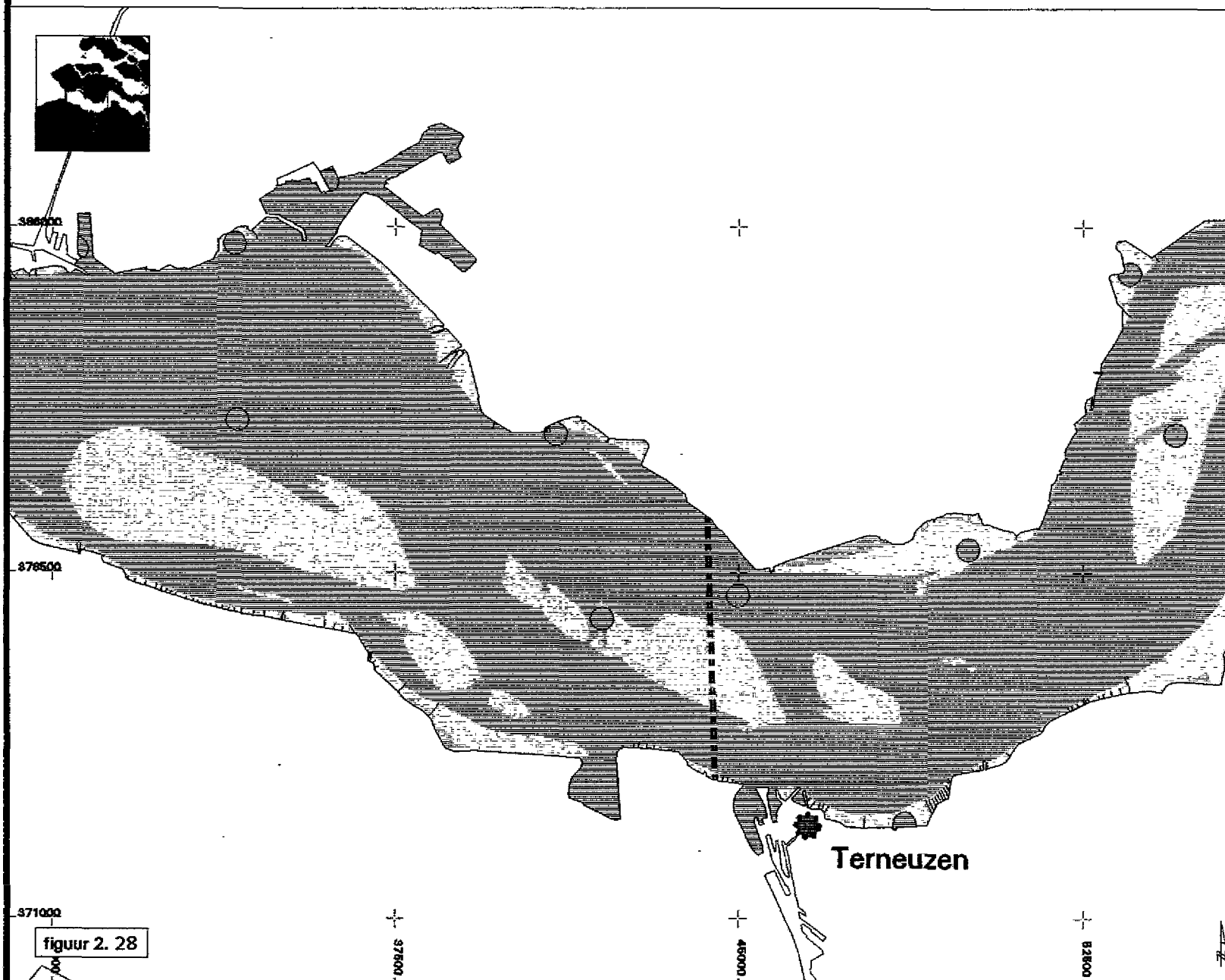
Datum: 04-JUN-1998

0 2,5 5 km

MER Boorspecie Westerschelde-  
tunnel



drs. K.G. Loursma  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg



figuur 2. 28

#### **Schelpenwinning**

In de Westerschelde heeft één bedrijf een vergunning om schelpen te winnen. Het betreft voornamelijk kokkels (*Cerastoderma edule*) en strandschelpen (*spisula* soorten). Traditioneel wordt onderscheid gemaakt tussen kleischelpen en schone schelpen, dat zijn schelpen die vanuit zandafzettingen worden gewonnen. In de Westerschelde wordt vrijwel uitsluitend dit laatste type gewonnen. De schelpen worden met een sleephopperzuiger gewonnen. Het is niet exact bekend op welke locaties de schelpen gewonnen worden. Voor zover bekend betreft de winning voornamelijk het westelijke deel van de Westerschelde; globaal genomen het gebied ten oosten de Hooge Platen en ten westen van de Rug van Baarland. Aan de locaties waar schelpenwinning mag plaatsvinden zijn evenwel een aantal voorwaarden gesteld:

- de winning mag alleen plaatsvinden in gebieden in gebieden beneden NAP - 5 meter;
- winning binnen een strook van 100 meter van de waterkering of daartoe behorende kunstwerken is evenmin toegestaan;
- Natuurbeschermingsgebieden zijn van winning uitgesloten;
- om morfologische redenen (plaatrandinstabiliteit) is de westelijke geulrand van de Zuid-Everingen van winning uitgesloten.

De winning betreft zowel 'nieuwe' als fossiele schelpen. Onder fossiele schelpen wordt in dit geval ook verstaan; schelpenbanken die in de laatste 10 - 10.000 jaar in het estuarium zijn gevormd. Nieuwe schelpen zijn het restprodukt van kokerijen, de zogenaamde kokkeltarra, die op speciaal aangewezen locaties in het water worden gestort. Pas nadat de schelpen onderwater zijn 'schoongegeten' kunnen ze gewonnen worden. In de Westerschelde zijn drie locaties hiervoor aangewezen: Vaarwater langs de Hoofdplaat, een strook langs de Plaat van Baarland en nabij Hansweert (Storm, 1997).

De winning van fossiele schelpen vindt plaats op reeds aanwezige schelpenbanken. Deze komen vaak bloot komen te liggen als de stroomgeul zich verlegt. Het merendeel van de schelpen die nu in de Westerschelde worden gewonnen bestaat hoofdzakelijk uit deze fossiele soorten.

#### **Waterkering**

De Westerschelde ten oosten van de lijn Westkappele-Zwin wordt begrensd door 182 km zeedijk. Deze dijken zijn op Deltahoogte gebracht, dat wil zeggen dat zij een stormvloed met een overschrijdingsfrequentie van 1:4000 jaar kunnen weerstaan.

#### **Koelwater**

Energiecentrales en andere bedrijven langs de Westerschelde oevers betrekken en lozen hun koelwater op de Westerschelde.

# Ligging van scheepswrakken

## Gebruiksfunctie Westerschelde - tunnel gebied

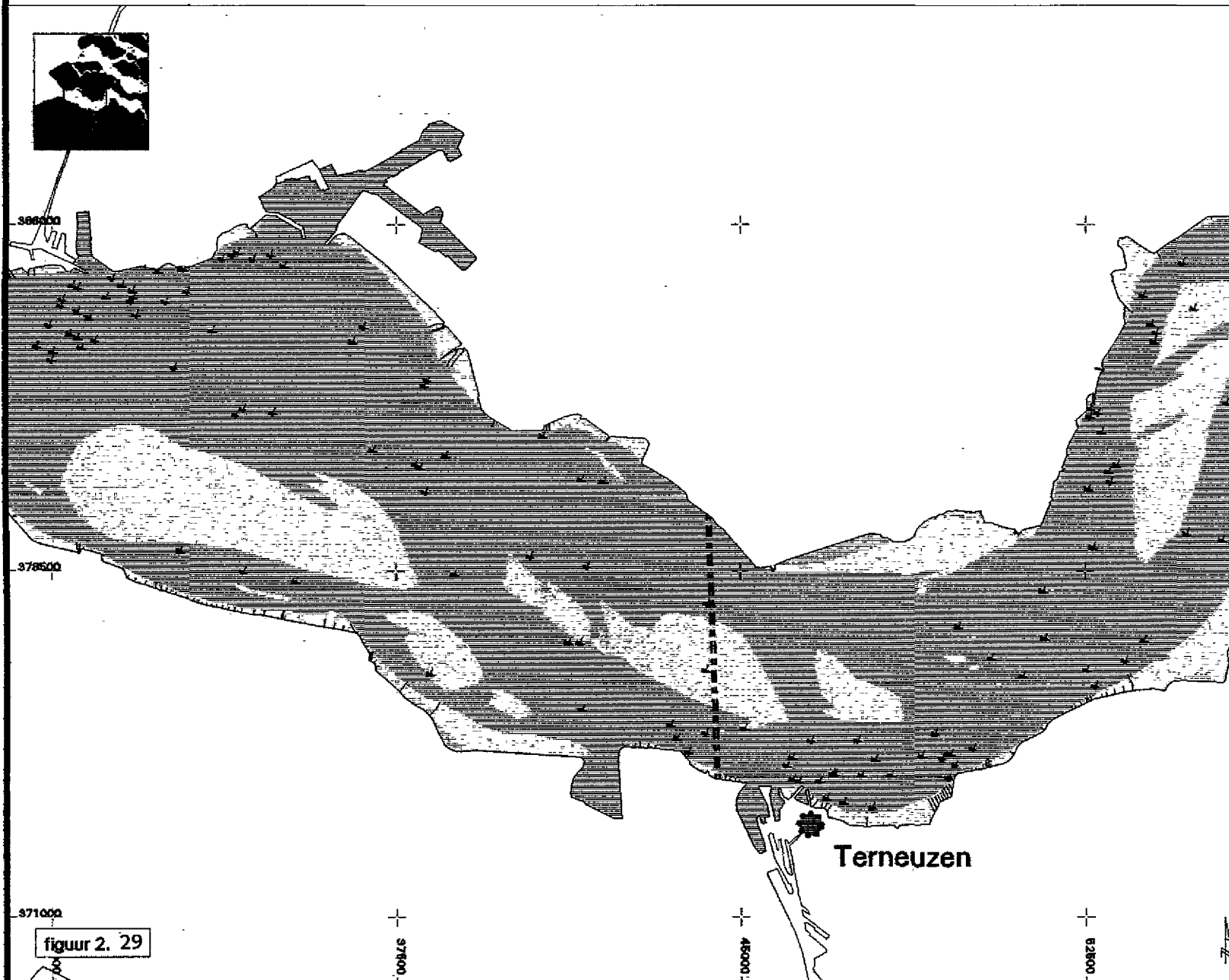
### Legenda

=== tracé tunnel

 lager dan NAP -2m

 hoger dan NAP -2m

 Scheepswrak



Bron: RWS Directie Zeeland

Datum: 04-JUN-1998

0 2.5 5 km

MER Boorspecie Westerschelde-  
tunnel



dra. K.G. Luuikma  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

### 3. Beschrijving van de voorgenomen activiteit

#### 3.1. Boormethode

De te boren tunnel zal bestaan uit twee afzonderlijke tunnelbuizen met een diameter van bijna 11,5 meter en een lengte van 6,6 km. De beide tunnelbuizen zullen niet gelijktijdig worden geboord. Ten behoeve van de stabiliteit van de tunnelwand zal er een tijdsverschil van ongeveer 13 weken worden aangehouden. Op grond van de gegeven geo-logische en hydrologische omstandigheden is besloten een schild-boormethode met vloeistofgesteund ontgravingsfront (slurry schild methode) toe te passen. Bij deze methode wordt een steunvloeistof, in dit geval een bentoniet suspensie, gebruikt om het boorfront te ver-zegelen en af te steunen. Bentoniet is van oorsprong een tufsteen die door geologische omzetting en natuurlijke processen is omgezet in een mineralenmengsel met als hoofdbestanddeel het kleimineraal montmorilloniet. Om bentoniet terug te kunnen winnen en het gebruik van proceswater te verminderen worden separatie-installaties ingezet. Met behulp van deze installaties kunnen diverse vaste bestanddelen van de vloeistof gescheiden worden. Voor iedere tunnelboormachine zal bovengronds een separatie-installatie worden opgesteld.

Het afgescheiden materiaal van beide installaties wordt bij elkaar via één lopende bandsysteem afgevoerd. In principe zal de gesepareerde specie rechtstreeks in een zelfvarende of geduwde splijtbak worden gestort. Om te voorkomen dat discontinuïteit in de afvoer, ten gevolge van het niet (tijdig) aanwezig zijn van een schip of omdat storm of ijsgang het uitvaren onmogelijk maken, tot stagnatie van het boor-proces leidt, wordt er een tijdelijke tussenopslag op het werkterrein aangelegd. Het betreft één bassin, met een capaciteit van 60.000 à 75.000 m<sup>3</sup> boorspecie, waarin de afvoer van beide installaties wordt opgevangen. Deze tussenopslag heeft als bijkomend voordeel dat de specie waarschijnlijk nog verder zal ontwateren.

#### 3.2. Het aanbod van boorspecie

Het aanbod van boorspecie dat na het boorproces van de Westerscheldetunnel afgevoerd moet worden, wordt bepaald door de boormethode, het bodemprofiel en de bewerking van het vrijkomend materiaal.

Het boren zal na aanvang in februari 1999 een continu proces zijn wat ongeveer twee en een half jaar in beslag neemt. Gedurende deze periode zal in totaal circa 1,3 miljoen m<sup>3</sup> grond vrijkomen. Door uitlevering<sup>1</sup> leidt dit tot een hoeveelheid van 1,7 miljoen m<sup>3</sup> af te voeren materiaal. Tijdens het boorproces worden diverse grondsoorten doorsneden. In tabel 3-1 worden deze grondsoorten inclusief de hoeveelheden vermeld. De vermelde hoeveelheden hebben betrekking op één tunnelbuis.

De hoeveelheid materiaal dat per tijdseenheid vrijkomt, is afhankelijk van de snelheid waarmee het boorfront zich verplaatst. In de berekeningen van de aannemer, de Kombinatie Middelplaat Westerschelde (KMW), wordt uitgegaan van een gemiddelde snelheid van 12 meter per etmaal (KMW, 1998). De werkelijk gerealiseerde voortgang kan per traject echter sterk afwijken van de veronderstelde boorsnelheid. Daarnaast kan de voortgang van de ene buis sneller zijn dan van de andere.

<sup>1</sup> Uit de praktijk blijkt dat sterk geconsolideerde grond nadat deze door het boorfront is afgeschrapt, sterk in volume toeneemt. Dit wordt uitlevering genoemd

Tabel 3-1 Hoeveelheden en soort  
uitkomende grond van één tunnelbuis  
(KMW, 1998)

| Grondsoort          | lithostratigrafische<br>laag | textuur                                  | m <sup>3</sup> vast | m <sup>3</sup> incl.<br>uitlevering |
|---------------------|------------------------------|------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| 100% 1C+1D          | Afzetting v.Duinkerken       | zand met kleilaagjes                     | 21.047              | 29.342                              |
| 50% 1C+1D, 50% klei | Afzetting v.Duinkerken       | zand met kleilaagjes, klei (veen)        | 20.904              | 29.952                              |
| 100% klei           | Formatie van Rupel (Boom)    | klei                                     | 141.472             | 17.561                              |
| 50% 1E+8, 50% klei  | Formatie van Rupel (Boom)    | zand met schelpen, klei                  | 28.241              | 36.656                              |
| 100% 1E+8           | Formate van Breda            | zand met schelpen (glauconietrijk), klei | 57.285              | 69.018                              |
| 50% 1E+8, 50% klei  | Formatie van Rupel (Boom)    | zand met schelpen, klei                  | 28.140              | 36.525                              |
| 100% klei           | Formatie van Rupel (Boom)    | klei                                     | 228.638             | 277.447                             |
| 57% 1E+8, 43% klei  | Formatie van Rupel (Boom)    | zand met schelpen, klei                  | 122.208             | 172.687                             |
|                     | Formatie van Breda           |                                          |                     |                                     |
| 100% 1E+8           | Formatie van Breda           | zand met schelpen (glauconietrijk), klei | 46.029              | 50.655                              |
|                     | Afzetting v.Duinkerken       |                                          |                     |                                     |
| 22% 1C+1D, 78% 1E+8 | Formatie van Breda           | zand met schelpen (glauconietrijk), klei | 38.592              | 47.808                              |
|                     | Afzetting v.Duinkerken       |                                          |                     |                                     |
| 100% 1E+8           | Formatie van Breda           | zand met schelpen (glauconietrijk), klei | 20.201              | 22.231                              |
| 50% 1C+1D, 50% 1E+8 | Afzetting v.Duinkerken       | zand met kleilaagjes (veen)              | 23.718              | 29.311                              |
| 100% 1C+1D          | Afzetting v.Duinkerken       | zand met kleilaagjes                     | 13.266              | 18.183                              |

### 3.2.1. Samenstelling van het vrijkomende materiaal voor scheiding

De samenstelling van het vrijkomende materiaal, voordat het in de scheidingsinstallaties terechtkomt, hangt af van de positie van de beide boorfronten in het geologisch profiel en de lagen die worden doorsneden. In tabel 3-2 staan per tunnelbuis de verwachte hoeveelheden van de verschillende grondsoorten die gedurende het boorproces naar de oppervlakte zullen komen. Deze verwachting is gebaseerd op bepalingen van korrelgrootte van bodemonsters uit het boorprofiel (KMW, 1995). Naast de grondsoorten die tijdens het boorproces vrijkomen zal ook de afgewerkte steunvloeistof, i.c. bentoniet, afgevoerd moeten worden.

### 3.2.2. Aard van het materiaal na scheiding

Zoals vermeld dient de scheidingsinstallatie om zoveel mogelijk bentoniet uit de boorspecie terug te winnen. Gedurende het separatie-proces worden verschillende fracties door middel van zeven en cycloonscheiding uit de boorspecie verwijderd. Het is echter niet eenvoudig om een exacte, kwantitatieve, beschrijving van dit proces te geven. Belangrijke variabelen als scheidingsrendementen en watergehalten zijn nog niet gekarakteriseerd. In de berekeningen wordt voornamelijk uitgegaan van de gegevens verstrekt door KMW (KMW, 1998).

Tabel 3-2 Verwachte hoeveelheden materiaal in tonnen (1 buis).

| Grondsoort                 | periode (week) | materiaal (ton) |                 |             |           |
|----------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------|
|                            |                | zand (4mm-50µm) | slib (50µm-2µm) | klei (<2µm) | bentoniet |
| Z: 100% 1C + 1D            | 1-3            | 29367           | 909             |             | 429       |
| BK/Z: 50% 1C+1D, 50% klei  | 4-6            | 24454           | 3594            | 3635        | 318       |
| BK: 100% klei              | 7-8            | 12288           | 4176            | 4360        | 552       |
| BK/GZ: 50% 1E+8, 50% klei  | 9-12           | 29846           | 6116            | 5940        | 1260      |
| GZ: 100% 1E+8              | 13-21          | 95780           | 6672            | 1607        | 3096      |
| BK/GZ: 50% 1E+8, 50% klei  | 22-25          | 26235           | 7406            | 8903        | 1408      |
| BK: 100% klei              | 26-60          | 72525           | 117689          | 170532      | 2310      |
| BK/Z: : 57% 1E+8, 43% klei | 61-79          | 115313          | 38475           | 45707       | 6023      |
| GZ: 100% 1E+8              | 80-86          | 58194           | 5754            |             | 2100      |
| GZ/Z: 22% 1C+1D, 78 1E+8   | 87-91          | 59811           | 3356            |             | 870       |
| GZ: 100% 1E+8              | 92-94          | 29665           | 2660            |             | 369       |
| GZ/Z: 50% 1C+1D, 50% 1E+8  | 95-97          | 29349           | 1764            |             | 456       |
| 100% 1C+1D                 | 98-100         | 24915           | 5078            |             | 267       |
|                            |                | 607742          | 203649          | 240684      | 19458     |

GZ=glaconiethoudend zand

BK= Boomse Klei

Z= zand

Het separatieproces geschiedt in principe in vier stappen die achtereenvolgens worden doorlopen. Gedurende elke stap wordt een fractie afgescheiden en vervolgens afgevoerd. Het betreft hier de volgende stappen:

| separatiestap                | afgevoerde fractie |
|------------------------------|--------------------|
| 1. Grof zeven                | > 4 mm             |
| 2. Eerste cycloontrap        | 100µm-4mm          |
| 3. Tweede cycloontrap        | 40µm-100µm         |
| 4. Derde trap (multicycloon) |                    |

Na de tweede cycloontrap blijft er een restmengsel achter bestaande uit materiaal kleiner dan 40 µm. Dit mengsel bestaat voor een groot deel uit bentoniet. Ondanks scheiding zal deze bentoniet-suspensie naar verloop van tijd met gronddeeltjes (fractie <40µm) verontreinigd raken. De niet meer bruikbare, afgewerkte, bentoniet wordt dan (voor een deel) afgevoerd en rechtstreeks in een splijtbak gestort. Volgens KMW gaat op deze manier 39.000 ton bentoniet verloren. Daarnaast blijft een klein deel van de bentoniet achter in de fracties groter dan 40 µm. De verdeling over de verschillende fracties is echter niet bekend.

In trajecten waar klei voorkomt en grote hoeveelheden van deze klei gesuspendeerd worden kan een derde cycloontrap worden ingezet om meer bentoniet terug te kunnen winnen en her te gebruiken. Deze derde cycloontrap heeft geen invloed op de hoeveelheden van de te storten materialen. De werking van deze cycloon is gegeven in KMW (1998).

KMW heeft een inschatting gemaakt van de verdeling van de twee belangrijkste grondsoorten over de verschillende fracties die door de separatie-installatie worden afgescheiden (KMW, 1998).

| Grondsoort                              | Afgescheiden deelstroom (gewichtsperscentage) |             |            |             |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------|------------|-------------|
|                                         | kleibrokjes                                   | zandfractie |            | slibfractie |
|                                         | > 4 mm                                        | 4mm-100µm   | 100µm-40µm | < 40µm      |
| Glaconiet en niet glaconiethoudend zand | 0%                                            | 90%         | 10%        | 0%          |
| Boomse klei                             | 15%                                           | 30%         | 30%        | 25%         |

De verwachting is dat de Boomse klei voor een deel (15%) als brokjes vrijkomt en wordt uitgezeefd als fractie groter dan 4 mm. Voor de



fracties 4 mm-100  $\mu$ m en 100  $\mu$ m-40  $\mu$ m is het opgegeven aandeel (60%) groter dan op grond van de korrelgrootteverdeling mag worden verwacht<sup>2</sup> (KMW, 1995). De kans bestaat daarom dat de zandfractie voor een deel uit kleibrokjes met een diameter tussen 4mm en 40 $\mu$ m zal bestaan. Het aandeel klei in een zandfractie hangt af van het dispergeergedrag<sup>3</sup>. Volgens KMW zal er bij de separatie van zand of glauconiethoudend zand geen slib (< 40  $\mu$ m) worden afgescheiden.

N.B., de grens tussen de fracties 100  $\mu$ m-40  $\mu$ m en <40  $\mu$ m wordt hier gezien als de grens tussen zand en slib. De normaal gehanteerde grens, gebaseerd op korrelgrootte, ligt echter bij 50  $\mu$ m (zie ook tabel 3-2). Formeel zal dus een deel van de zandfractie uit slib (korrelgrootte 50  $\mu$ m- 40  $\mu$ m) bestaan. Volgens KMW mag echter worden verwacht dat de scheidingsefficiëntie van de installatie dichter bij de 50  $\mu$ m dan bij de 40  $\mu$ m zal liggen (KMW, 1998). Dat betekent dat nu als 'zand' aangeduide fractie in de praktijk ook uit 'zand' zal bestaan.

Op basis van de geschatte verdeling over de fracties en de hoeveelheden per grondsoort zoals vermeld in tabel 3-1 kan de afgescheiden hoeveelheid per fractie worden berekend. Om te komen van kuubs naar tonnen (droge stof) wordt van een gemiddelde dichtheid voor alle grondsoorten van 1,25 ton/m<sup>3</sup> uitgegaan. Ook in tabel 3-3 betreft het de hoeveelheid per tunnelbuis

Tabel 3-3 Uit hydrocycloon vrijkomende hoeveelheden boorspecie (1 buis) (DWW, 1998)

| afgescheiden fractie                                | grondsoort                | hoeveelheid (ton) | totaal (ton) |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------|
| >4mm<br>(kleibrokjes)                               | BK: 100% klei             | 56355             | 78217        |
|                                                     | BK/GZ: 50% 1E+8, 50% klei | 19747             |              |
|                                                     | BK/Z: 50% 1C+1D, 50% klei | 2115              |              |
| 4mm-100 $\mu$ m<br>100 $\mu$ m-40 $\mu$ m<br>(zand) | BK: 100% klei             | 231009            | 841847       |
|                                                     | Z: 100% 1C + 1D           | 60477             |              |
|                                                     | GZ: 100% 1E+8             | 207712            |              |
|                                                     | BK/GZ: 50% 1E+8, 50% klei | 223502            |              |
|                                                     | BK/Z: 50% 1C+1D, 50% klei | 24851             |              |
|                                                     | GZ/Z: 1C+1D, 1E+8         | 94297             |              |
| <40 $\mu$ m<br>(slib)                               | BK: 100% klei             | 93926             | 130362       |
|                                                     | BK/GZ: 50% 1E+8, 50% klei | 32911             |              |
|                                                     | BK/Z: 50% 1C+1D, 50% klei | 3525              |              |
|                                                     |                           |                   | 1050426      |

GZ=glauconiethoudend zand

BK= Boomse Klei

Z= zand

### 3.2.3. Marges en onzekerheden

Ondanks grondige studie van het geologisch profiel en de boormethode blijven er een aantal onzekerheden bestaan omtrent de aard van het materiaal, de vorm waarin het materiaal afgevoerd zal worden en de hoeveelheden van de verschillende fracties.

De aard van het materiaal kan tijdens het boren afwijken van het boorprofiel zoals deze aan de hand van proefboringen is bepaald. Deze afwijkingen zullen naar verwachting marginaal zijn.

De vorm waarin het materiaal afgevoerd zal worden blijft vooralsnog een onzekere factor. Uit de praktijk van de, op vergelijkbare wijze geboorde, 2e Heinoorttunnel bleek dat klei, zelfs na verkneding direct na het boorfront,

<sup>2</sup> Vergelijk tabel 3-2 en 3-3. Hieruit blijkt dat na scheiding de zandfractie groter is, terwijl de slib/kleifracie (<50 $\mu$ m) kleiner is.

<sup>3</sup> Het dispergeergedrag is de mate van het in oplossing gaan van klei. Wanneer de klei volledig in oplossing gaat, dus als slurry uit de boor komt, zal er geen fijn materiaal in de zandfractie achterblijven. Wanneer dit niet het geval is blijft een deel van de klei in de vorm van brokjes achter in de zandfractie.

steeds weer tot kleibrokken samenklonterde. Ook bij de Westerscheldetunnel heerst er grote onzekerheid over de wijze waarop Boomse klei uit de boormachine zal komen.

De boorsnelheid vormt eveneens een grote factor van onzekerheid. In alle berekeningen wordt van een gemiddelde snelheid van 12 meter per etmaal uitgegaan. Indien mogelijk, streeft KMW ernaar om sneller te boren. Het is dus goed mogelijk, dat er op bepaalde momenten meer boormateriaal per dag vrij komt, dan in de berekeningen is aangenomen. Het omgekeerde kan eveneens het geval zijn. In geval van een werkonderbreking, door welke oorzaak dan ook, zal de gemiddelde boorsnelheid lager zijn dan aangenomen. In de notitie van KMW (1998) worden twee extreme situaties doorgerekend: een langzame gemiddelde voortgang van 8 meter per dag en een snelle voortgang met 16 meter per dag.

Doordat beide boormachines met een onderling tijdsverschil worden ingezet en de boorspecie uit beide separatieinstallaties gezamenlijk in het schip of de tussenopslag wordt gestort, treedt er aanzienlijke vermenging van het materiaal op. Ook binnen een separatieinstallatie zullen de afgescheiden deelstromen weer voor een deel vermengd raken; m.u.v. de waterrijke slurry-fractie worden de drogere fracties met één transportband naar het schip of de tussenopslag worden afgevoerd. In de praktijk betekent dit dat het materiaal niet als zand, slib of kleibrokken wordt gestort, maar als mengsel.

#### *3.2.4. Het storten van specie met een schip*

Een gebruikelijke methode voor het storten van specie is het gebruik van onderlossers zoals splijtbakken. Met deze methode wordt de boorspecie vlak beneden het wateroppervlak losgelaten. Onder invloed van het volumegewicht 'valt' de specie naar de bodem. Bij deze methode van storten gaat een deel van de specie over naar de waterfase. Deze vertroebeling ontstaat door entrainment van water, turbulente uitwisseling en het ontwijken van lucht. Uit literatuurstudie (van Vliet, 1997) is gebleken dat in de meeste gevallen zo'n 1 à 5 % van het materiaal in vertroebeling gaat (zie ook Bokuniewicz, 1978). vertroebelingspercentages tot 15 % zijn echter ook waargenomen. In deze MER wordt uitgegaan van een bovengrens van 5%.

De vertroebelingswolk zakt uit met de valsnelheid van de individuele deeltjes. Door de getijstroom kan deze wolk tot ver buiten het oor-spronkelijke stortgebied tot bezinking komen.

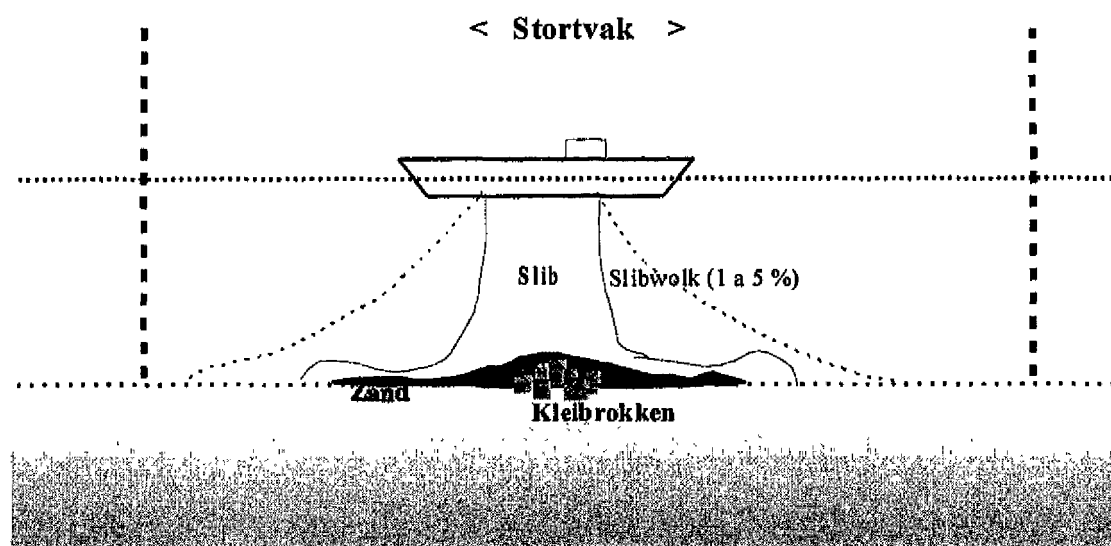
De meeste specie zakt echter als een dichtheidsstroom naar de bodem. Al naar gelang de dichtheid en consistentie van de te storten specie kan hierbij de valsnelheid oplopen tot 3 à 5 m/s. De specie bereikt binnen enkele seconden de bodem. De inslag van de specie op de bodem zal resulteren in erosie en opwerveling van bodem-materiaal. In bepaalde situaties kunnen putten in de bodem ontstaan.

Na de inslag van de stort ontstaat door de plotselinge blokkade een ombuiging van de verticale beweging naar een radiale, horizontale verspreiding. De invloed van de hoofdstroom op deze dichtheids-stroom is vaak marginaal. Door de grote interne turbulentie in deze dichtheidstroom vindt vaak een grote uitwisseling van het gestorte materiaal met het omgevingswater plaats. Door de radiale verspreiding zal na de stort een ring ontstaan met veel gesuspendeerd materiaal en een centrum met minder sediment.

Het bovenstaande proces geldt voor alle mengsels van slib en zand. Wanneer klei als brokken wordt gestort zal zich nauwelijks ver-spreiding van materiaal voordoen. Het grootste deel van de kinetische energie gaat bij het raken van

de bodem verloren in de deformatie van de brokken. Figuur 3-1 geeft een schematische schets van het storten.

Figuur 3-1 Het storten van boorspecie met een splijtbak (zonder getijstroom)



Afhankelijk van de boorsnelheid worden één of twee splijtbakken ingezet. Bij de inzet van twee schepen ligt het ene schip voor de wal terwijl het andere vaart of lost. De in te zetten schepen hebben een lengte van 70 tot 90 meter, een breedte van 10 tot 12 m en een maximale diepgang van circa 3,5 meter. De laadcapaciteit bedraagt circa 1000 m<sup>3</sup>. Het gebruik van grotere schepen is in principe niet mogelijk omdat de beschikbare ruimte in de haven hiervoor te klein is. Voor de frequentie van laden, varen en lossen wordt bij maximale boorsnelheid gerekend op één schip per 1,5 uur. Er wordt bij voorkeur overdag gestort; indien nodig wordt er echter ook 's nachts gestort.

### 3.2.5. Het storten van specie met behulp van een pijpleiding

Een tweede mogelijkheid van storten is met behulp van een pijpleiding. Als de persleiding onder water uitmondt kan de vertroebeling met 10 à 15 procent gereduceerd worden, ten opzichte van het storten met een pijpleiding boven water (Neal, 1978)(Pennekamp en Bosland, 1992). Wanneer de persleiding verticaal naar de bodem gericht wordt kan een reductie van vertroebeling van 50 tot 60 procent bereikt worden.

Om de uitwisseling met de omgeving te minimaliseren kan aan de pijpleiding een diffusor worden geplaatst. Met deze diffusor wordt de snelheid van de aanstromende boorspecie zodanig gereduceerd dat er zo min mogelijk vertroebeling ontstaat en de specie zo snel mogelijk bezinkt. Ten opzichte van het storten met een schip en het storten met een pijpleiding zonder diffusor zorgt deze ervoor dat er minder water met de baggerspecie wordt gemengd (Van Vliet, 1997).

Ook bij het gebruik van de diffusor ontstaat soms vertroebeling vlak onder het wateroppervlak boven het stortpunt. De laagdikte van deze wolk is slechts enige decimeters. De totale hoeveelheid baggerspecie in deze

vertroebelingswolk bedraagt slechts enkele promille van de totale stortvracht (van Vliet, 1997).

Bij het storten met een pijpleiding kan in principe gekozen worden uit twee varianten:

1. een leiding over de bodem van de Westerschelde tot in de stortlocatie. Aan de mond dient een constructie aangebracht te worden om te voorkomen dat tijdens het spuiten bodemerosie optreedt. Daarbij is het belangrijk om voldoende aandacht te besteden aan de positie van de mond; indien de uitmonding te diep is gesitueerd bestaat het risico dat de pijp wordt dichtgestort. Een nadeel van deze variant is dat de pijpmond niet gemakkelijk verplaatst kan worden. Een voordeel is dat de scheepvaart er geen hinder van ondervindt.
2. een leiding die d.m.v. drijvers en een ponton tot boven de stort locatie gebracht wordt waarna de specie juist onder het wateroppervlakte wordt gestort. Op deze wijze kan flexibeler met het proces worden omgesprongen; verplaatsingen van de pijpmond zijn eenvoudiger te realiseren. Een nadeel vormt de eventuele hinder voor de scheepvaart.

## 4. Milieueffecten van het storten van boorspecie

---

### 4.1. Inleiding

In dit hoofdstuk zullen de effecten worden besproken van het storten van boorspecie in de Westerschelde. In de bespreking zal onderscheid worden gemaakt in zand, slib en klei. Een reden voor het onderscheid is onder andere het verschil in gedrag van het materiaal nadat het gestort is.

Het Westerscheldesysteem omvat voor een groot gedeelte (morfologische) processen van zandig materiaal. Het storten van zand betekent dat in principe geen 'systeemvreemd' materiaal wordt toegevoegd. Bovendien zijn de hoeveelheden zand afkomstig uit het boorproces klein in vergelijking tot de hoeveelheden zand die tijdens de verdieping en verruiming van de vaargeul binnen het systeem worden verplaatst. Niettemin betreft het bij de stort van zandige boorspecie wel de inbreng van extra zand van buiten het systeem.

Door jarenlange ervaring met vaargeulonderhoud en het terugstorten van deze baggerspecie in het systeem, is al veel bekend over de effecten van het storten van zand. Om de effecten van het storten van zand te beoordelen wordt in belangrijke mate gebruik gemaakt van de MAS Baggerspeciéstort Westerschelde (1998). In deze studie worden de effecten van het storten van zand van de nieuwe verdieping en het toegenomen onderhoud van de Westerschelde in 1997-2000 beschreven.

De situatie t.a.v. slib en kleibrokken is geheel anders. Dit fijnere materiaal komt van nature in veel kleinere hoeveelheden voor; de Westerschelde is een slibarm systeem (een slibgehalte van zo'n 2 à 3%). Grotere hoeveelheden slib zijn alleen te vinden in luwtegebieden, als schorren en havens. Vaste klei komt nauwelijks in het systeem voor. Alleen in enkele geulranden in het oostelijke deel komen kleilagen aan de oppervlakte. Toch zijn slibstortingen in de Westerschelde niet nieuw, aangezien er regelmatig havenspecie wordt gestort. De hoeveelheid slib afkomstig uit de tunnel komt ongeveer overeen met de hoeveelheid havenslib die jaarlijks gestort wordt. Echter ook hier geldt dat de stort van slibrijke boorspecie een toevoeging van materiaal aan de Westerschelde inhoudt, terwijl bij de stort van havenspecie alleen sprake is van verplaatsing binnen het systeem.

De effecten van het storten worden beoordeeld op 4 hoofdniveaus, namelijk *getij & morfologie, slibhuishouding & kwaliteit, ecologie* en de *gebruiksfuncties*. Zoals vermeld gaat het bij de morfologische effecten voornamelijk om de effecten van het storten van zandig materiaal. Bij de effecten op de slibhuishouding, kwaliteit en ecologie zijn voornamelijk de effecten van het storten van slib van belang.

### 4.2. Getij en morfologie

#### 4.2.1. Inleiding.

In deze paragraaf worden de gevolgen van de voorgenomen ingreep op het getij en de morfologie van het estuarium beschreven. De effecten die hierbij in beschouwing worden genomen zijn in te delen in de volgende hoofdaspecten:

- effecten op het getij;
- effecten op de zandbalans;
- effecten op de morfologische dynamiek;
- effecten op de morfologische structuur;

De vijf hoofdaspecten zijn verder onderverdeeld in de volgende beoordelingscriteria.

#### Getij

- de verandering in de getijstanden in het estuarium
- de verandering van de komberging en getijvolume
- verandering van debietverdeling en stroomsnelheden

#### De zandbalans:

- de sedimentuitwisseling tussen het mondingsgebied en het Schelde-estuarium.

#### De morfologische dynamiek:

- de toe- of afname in de bewegingsvrijheid van de hoofd- en nevengeulen
- De beweeglijkheid van de kortsluitgeulen en lokale geulen
- verandering van de bodemdynamiek (verticale bodemvariatie) ter plaatse en in de omgeving van de stortlocaties.

#### De morfologische structuur:

- de oppervlakteverhouding tussen de verschillende geomorfologische eenheden
- De aanwezigheid van een meergeulenstelsel.

De motieven die hebben geleid tot de hierboven gepresenteerde criteria, zijn te vinden in hoofdstuk 2 waar de bestaande toestand en autonome ontwikkeling is beschreven. Zij worden hier nogmaals kort samengevat.

#### *4.2.2. Motieven beoordelingscriteria.*

##### **Effecten op het getij**

De waterbeweging is bepalend voor het ecologisch functioneren en de ontwikkelingen van de morfologie. Daarnaast is ze van belang voor meerdere maatschappelijke functies zoals scheepvaart, visserij, recreatie en voor de veiligheid van de omwonenden.

##### **Effecten op de zandbalans**

De Westerschelde staat niet op zichzelf, maar is ter plaatse van Belgisch-Nederlandse grens verbonden met de Zeeschelde en mondt bij Vlissingen uit in de Noordzee. Met het getij mee wordt slib en zand de Westerschelde in of uitgevoerd. Deze uitwisseling van sediment is morfologisch gezien van groot belang, omdat hierdoor de geometrie zich op natuurlijke en kunstmatige ontwikkelingen kan aanpassen.

##### **Effecten op de morfologische dynamiek en structuur**

Kenmerkend voor de morfologische structuur van de Westerschelde is het meergeulenstelsel, een hoofdgeul met daaraan parallel één of meerdere nevengeulen, waartussen de platen liggen ingeklemd.

De geulen staan met elkaar in verbinding via de zogenaamde kort-sluitgeulen, welke dwars door de platen lopen. De geulen bepalen samen met de dijken, de ruimte die resteert voor slikken en schorren langs de rand van het estuarium. De geulen, platen, ondiepwater-gebieden, slikken en schorren zijn de geomorfologische eenheden met elk hun eigen functie binnen het ecosysteem.

In een natuurlijk systeem verplaatsen de hoofd- en nevengeulen zich en treden functiewisselingen op: nevengeul wordt hoofdgeul en omgekeerd. De kortsluitgeulen "wandelen" veelal cyclisch door de platen. Hierbij nemen zij eerst in omvang toe en later weer af om uiteindelijk te verzanden. Geulverplaatsingen zorgen enerzijds voor afbraak van platen, slikken, schorren en ondiep water gebieden, maar creëren anderzijds ook ruimte voor het opnieuw ontstaan van deze gebieden. Deze morfologische dynamiek, die zorgt voor een continue proces van verandering en vernieuwing, is karakteristiek voor een estuarium. Door het storten van sediment kan ook op kleine schaal de morfologische dynamiek veranderen. De bodemdynamiek ter plaatse en in de omgeving van de stortlocaties kan toenemen. De dynamiek van de bodem is een belangrijke maat voor het ecosysteem. Regelmatige grote bodemvariaties kunnen sterk beperkend zijn voor het aantal bodemdieren. Door de natuurlijke dynamiek ter plaatse en in de omgeving van de stortlocaties te vergelijken met de dynamiek door het storten, wordt de verstoring aangegeven die het storten op het natuurlijk systeem heeft.

Om de omvang van de effecten goed te kunnen beoordelen zijn de volgende zaken van belang:

1. Het grootste deel van de bodem van de Westerschelde is continu in beweging. Direct na het storten gaat het materiaal deel uitmaken van de (zandige) bodem van de Westerschelde. Daarvan gaat de bovenste laag elk getij in suspensie en wordt door de stroom verplaatst. Alleen de kleibrokken zijn hiervoor te zwaar en zullen blijven liggen op de plaats waar deze zijn neergekomen. Op grotere tijd- en ruimteschaal zal het materiaal dat met het getij wordt mee-gevoerd zich afzetten in de gebieden waar de omstandigheden dusdanig zijn dat er door de stroom netto meer materiaal wordt aan- dan afgevoerd. Dat kunnen geulen zijn die sedimenteren, de platen, slikken of schorren. Het grovere zand zal zich sneller af-zetten dan het fijnere slib. Dit laatste materiaal zal zich in kortere tijd over een veel groter gebied verspreiden en uiteindelijk voor- namelijk in de schorgebieden of de havens terecht komen (zie paragraaf 4.3.1). Het materiaal blijft geborgen tot het moment dat de omstandigheden zich wijzigen en de netto sedimentatie omslaat in netto erosie. Bijvoorbeeld geulen die (weer) gaan uitruimen of plaatgebieden die door geulmigraties worden afgebroken. Op dat moment gaat het materiaal weer actief deel uitmaken van het grootschalig sedimenttransport.
2. De hoeveelheid te storten zand bedraagt slechts 1 á 2 % van wat er jaarlijks wordt gestort in het kader van de verdieping en het onderhoudsbaggerwerk. Dit betekent dat de morfologische effecten van het storten van de boorspecie in veel gevallen binnen de onzekerheidsmarges vallen van de veranderingen die optreden als gevolg van het verdiepen van de vaargeul en storten van baggerspecie. Kwantificering van de effecten zal dan ook veelal niet mogelijk zijn. Daarnaast is het zo dat het storten van boorspecie een eindige ingreep is terwijl het baggeren en storten ten behoeve van het vaarwegonderhoud in principe permanent is.

#### 4.2.3. *Getij*

Door de ingrepen in de Westerschelde zal de bodemligging veranderen, hetgeen zal doorwerken in het getij. Zo zal door de verruiming van de hoofdgeul het getij sterker gaan doordringen. Indien dit gepaard gaat met een stijging van de hoogwaterstanden onder extreme omstandigheden, kan dit consequenties hebben voor de veiligheid. Ook kan de debietverdeling tussen hoofd- en nevengeul zich wijzigen ten gunste van eerst genoemde.

Een veranderde getijdoordringing kan weer gevolgen hebben op de bodemligging. Zo kunnen de faseverschillen tussen hoofd- en nevengeul veranderen waardoor kortsluitgeulen door de platen meer of minder actief worden. In het eerste geval wordt de plaatafbraak versterkt, in het tweede geval verzwakt. Verder zullen bij toename van de getijslag de geulen in omvang toenemen. En als gevolg van een gewijzigde debietverdeling over hoofd en nevengeul, zullen de stroom-snelheden ter plaatse van de stortlocaties afnemen en hiermee ook het transporterend vermogen (van gestort materiaal).

#### **Veranderingen in de getijstanden in het estuarium**

Ten behoeve van de MAS baggerspeciéstort zijn met een water-bewegingmodel de effecten van de verdieping 48'/43' en verschillende stortstrategieën op het getij gesimuleerd (Wang et al., 1997). Uit de berekeningen volgt dat het wel of niet storten van de baggerspecie in het westelijke deel geen invloed heeft op de waterstanden. Omdat de extra te storten hoeveelheid boorspecie maar een fractie van de al gestorte hoeveelheid zal bedragen kan worden geconcludeerd dat het storten van boorspecie geen effect zal hebben op de getijstanden.

#### **Verandering van de komberging en getijvolume**

Door sedimentatie in intergetijdengebieden neemt de komberging af. Deze afname in komberging kan weer gevolgen hebben voor het getij-volume. De hoeveelheid te storten is echter dermate gering en boven-dien tijdelijk dat verwacht mag worden dat het effect van het storten van boorspecie op de komberging en het getijvolume minimaal is.

#### **Verandering in de debieten en stroomsnelheden**

Zoals in hoofdstuk 2 is vermeld, zal naar verwachting de afmeting van de hoofdgeul in de toekomst verder toe gaan nemen. Waarschijnlijk zal deze geul dan ook meer debiet gaan trekken, ten koste van het debiet in de nevengeul. Dit wordt nog versterkt door het storten van baggerspecie in verschillende locaties in de Everingen. Door het afnemen van het debiet in de nevengeul zullen enerzijds de stroomsnelheden afnemen, terwijl anderzijds, doordat het storten het doorstroomprofiel vernauwt, de stroomsnelheden toenemen. Aangenomen wordt dat op termijn de profielvernauwing ten gevolge van het storten zal gaan domineren waardoor de stroomsnelheden toenemen en het gestorte sediment (deels) zal worden getransporteerd naar elders. Het tijdelijk storten van zandige boorspecie in de nevengeulen zal gezien de geringe hoeveelheid nauwelijks invloed hebben op dit proces.

#### *Conclusie*

Het storten van boorspecie zal nauwelijks enige invloed hebben op het getij.

#### 4.2.4. *De zandbalans*

Om de vaarweg naar Antwerpen op diepte te houden wordt met name in het oostelijke deel van de Westerschelde gebaggerd. Tijdens de verruiming vindt in deel zo'n 70% van het totale baggerwerk plaats; in de aansluitende



onderhoudsperiode stijgt dit aandeel zelfs naar ca. 80%. Een groot deel van dit materiaal wordt teruggestort in het westelijke deel. Er ontstaan aldus gebieden met een overschot aan sediment (westelijke deel) en met een tekort aan sediment (oostelijke deel). Het gevolg hiervan is dat in de Westerschelde een retourstroom van sediment van west naar oost op gang gaat komen. Deze retourstroom zal op termijn de verruiming van het oostelijke deel gaan afremmen.

Hoe groter het overschot in het westelijke deel hoe groter de kans dat er niet alleen een retourstroom op gang komt naar het oostelijke deel, maar dat er ook sediment naar het mondingsgebied geëxporteerd zal worden. Hoe meer boorspecie er dus extra in het westen wordt gestort, hoe groter de kans is dat er export naar het mondingsgebied optreedt.

Het storten van boorspecie zal het sedimentoverschot in het westen doen toenemen en bijdragen aan het op gang komen van de sedimentuitwisseling tussen het westelijke en oostelijke deel en tussen de Westerschelde en het mondingsgebied. Gezien de relatief geringe hoeveelheden (enkele procenten) en het tijdelijke karakter van de stortingen zal de invloed echter gering zijn.

#### *Concluste*

Het storten van boorspecie heeft maar een geringe invloed op de zandbalans.

#### *4.2.5. Effecten op de morfologische dynamiek van de Westerschelde.*

Door de aanleg van geulwandverdedigingen en het continu baggeren en storten is in het oostelijke deel van de Westerschelde de morfologie verstard. De macrodynamiek, de bewegingsvrijheid van de hoofdgeul, de neven- en kortsluitgeulen, is aan banden gelegd. De morfologische ontwikkelingen in dit deel van de Westerschelde worden met name bepaald door het baggeren en storten (Vroon et al., 1997).

Bij de komende verdieping zullen de geulwandverdedigingen verder worden uitgebreid en zal het onderhoudsbaggerwerk toenemen. Hierdoor zal de dynamiek in principe verder afnemen. Omdat het gebaggerde materiaal verder naar het westen wordt gebracht is de verwachting dat in dit deel van het systeem een ontwikkeling op gang komt welke mogelijk vergelijkbaar is met de ontwikkelingen in het oostelijke deel ten tijde van de vorige verdieping (Vroon et al., 1997).

Door het storten van boorspecie (zand) in de nevengeul in het westelijke deel zal dit proces worden versterkt. Het storten van boor-specie is echter een eindige ingreep, terwijl het vastleggen van de dynamiek vooral komt door het permanente karakter van het baggeren en storten ten behoeve van het vaarwegonderhoud en het permanent vastleggen van een groot deel van de oevers.

In zijn algemeenheid kan daarom worden gesteld dat het storten van boorspecie nauwelijks effect zal hebben op de vastlegging van de hoofd- en nevengeulen (macrodynamiek).

Met betrekking tot de dynamiek van kortsluitgeulen (mesodynamiek) dient rekening te worden gehouden met de lokale zandtransportbanen, zodat zoveel mogelijk wordt voorkomen dat het gestorte sediment vanaf de stortlocatie naar de kortsluitgeul wordt getransporteerd. Hiermee wordt voorkomen dat deze geulen door sedimentatie hun functie verliezen.

Verder kan door het storten van kleibrokken ter plaatse de bodem-dynamiek (microdynamiek) veranderen. Lokaal kan de bodem gestabiliseerd worden,

maar in de omgeving van de gestorte brokken kan de bodem meer dynamiek krijgen.

*Conclusie*

Het storten van zand kan de dynamiek van kortsluitgeulen verminderen en het storten van kleibrokken kan de lokale bodemdynamiek verstoren.

*4.2.6. Effecten op de morfologische structuur van de Westerschelde.*

**Oppervlakteverhouding tussen de verschillende morfologische eenheden.**

*Geulen*

In de laatste decennia is de geul de Pas van Terneuzen-Gat van Ossensisse verruimd. Verwacht wordt dat deze ontwikkeling zich zal voortzetten. Tegelijk zullen de nevengeulen (Everingen en het Middelgat) in volume afnemen (Wang, 1997 et al., (tabel 4-2) Het storten van boorspecie in de nevengeulen zal de inhoudsafname versterken.

*Platen*

Modelberekeningen (Wang et al., 1997) voorspellen in het westelijke deel een plaatuitbreiding, die ruim boven de trend 1960-1990 ligt. Dit als gevolg van het storten van de baggerspecie die vrijkomt bij de verdieping en het onderhoud van de vaargeul. In Tabel 4-2 staat de volume toename van de platen gegeven. Door het storten van de boorspecie zal extra sediment worden ingebracht en in principe deze trend versterkt worden

*Ondiep water*

In de Westerschelde is in de afgelopen 30 jaar door geul- en plaatuitbreiding veel ondiep water verdwenen. De sterkste vermindering trad op in het oostelijke deel.

Verwacht wordt dat door verruiming van het geulstelsel en de groei van de platen het areaal aan ondiepwatergebied in de totale Wester-schelde verder zal afnemen. In het westelijke deel zal het areaal aan ondiep water door het storten van baggerspecie echter toenemen, ten koste van de nevengeulen (Hoogeboom & Vroon, 1998). Het storten van boorspecie zal dit proces versterken.

*Conclusie*

Het storten van boorspecie kan lokaal bijdragen aan vergroting van het ondiep water gebied, uitbreiding van plaatcomplexen en afname van het areaal aan nevengeulen. Deze veranderingen zijn echter klein t.o.v. de effecten van het storten van baggerspecie en vallen binnen de onzekerheidsmarges hiervan.

Tabel 4-1 Verandering in volume van  
plaatgebieden en geulsystemen 1995-2005  
(Wang, 1997)

| Gebied                                   | volume 1995 (m <sup>3</sup> *106)<br>voor geulen beneden<br>NAP-2 en voor platen<br>boven NAP-2 | volume 2005 (m <sup>3</sup> *106) |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Pas v. Terneuzen Oost<br>/Zuid Everingen | 140                                                                                             | 145,4                             |
| Pas van Terneuzen West                   | 334                                                                                             | 360,6                             |
| Everingen                                | 312                                                                                             | 298,6                             |
| Middelgat                                | 187                                                                                             | 105,9                             |
| Plaat van Baarland                       | 4,4                                                                                             | 5,8                               |
| Middelplaat                              | 16,3                                                                                            | 21,4                              |
| Hooge Platen                             | 39,6                                                                                            | 45,4                              |

#### Aanwezigheid van het meergeulensysteem.

Door het storten van baggerspecie (zand) in de nevengeul neemt deze in omvang af. Indien het (baggeren en) storten alsmaar toeneemt, komt er een moment dat de nevengeul geen dienst meer doet en dat het estuarium van een systeem met een meergeulensysteem verandert in een estuarium met een enkele geul.

Uit berekeningen blijkt dat met name het storten invloed heeft op de stabiliteit van het meergeulensysteem en dat de kritische waarde van de omvang van het storten in een van de geulen wordt bereikt als deze ongeveer 10% van het totale eb- en vloedtransport bedraagt (Wang et al., 1997). Relevante kritieke gebieden zijn: Everingen-Pas van Terneuzen en Middelgat (+Ebschaar van Everingen)-Gat van Ossensisse (+Pas van Terneuzen oost).

Door het storten van extra zand (of klei) in deze gebieden zal de kritische waarde sneller worden bereikt. Omdat slib niet in de geulen sedimenteert zal het storten van slib geen invloed hebben.

#### conclusie

Door het storten van boorspecie, en dan voornamelijk de zandfractie, in de nevengeulen is de kans dat het meergeulensysteem verdwijnt groter dan wanneer dit materiaal elders gestort zal worden.

### 4.3. De effecten op de slibhuishouding en de kwaliteit

Bij het boren van de Westerscheldetunnel zullen zand, glauconiet-houdend zand, veen en Boomse klei vrijkomen. Voor de bepaling van effecten van het storten van deze materialen in de Westerschelde dient zowel de mate van verspreiding als het chemische gedrag van de diverse materiaalstromen na stort bekend te zijn. In deze paragraaf wordt het fysische verspreidingsgedrag van slib beschreven en het chemisch gedrag van de te storten materialen. De verspreiding van zand is in paragraaf 4.2 behandeld.

#### 4.3.1. effecten op de slibhuishouding

##### Verspreiding

Na het storten worden de Boomse klei en bentoniet verspreid. Belangrijk hierbij is om te realiseren dat het storten slechts eenmalig gedurende de stortperiode wordt uitgevoerd. Van groot belang voor verspreiding zijn verder de eigenschappen van het materiaal tijdens het storten. Het is nog onduidelijk of een kleislurry of kleibrokken gestort zullen worden. In deze paragraaf is uitgegaan van de veronderstelling dat het een kleislurry betreft met eigenschappen die overeenkomen met dat van het huidige slib in de

waterfase. Indien er kleibrokken gestort gaan worden, zal de mate van verspreiding veel minder zijn en zullen de kleibrokken grotendeels ter plaatse van de stortlocatie blijven liggen.

Er zijn drie fasen in de verspreiding van slib te onderscheiden.

1. De fase tijdens het storten en in de eerste dagen na het storten. Het halfdaagse getij bepaalt daarbij in belangrijke mate de verspreiding.
2. De middellange termijn verspreiding van het materiaal. Deze fase duurt naar verwachting een aantal jaren omdat het slib (de klei-slurry) zich niet als een opgeloste stof gedraagt maar veel trager wordt verspreid via een continu proces van opwerveling en sedimentatie. In deze fase wordt het slib vaak tijdelijk tijdens kentering opgeslagen in havens, geulen, platen en luwtegebieden. Het slib zal ook niet permanent in de havens blijven omdat het na enige tijd weer door regulier onderhoud teruggestort wordt en op-nieuw verspreid gaat worden. Bedacht moet verder worden dat dit proces van geleidelijke verspreiding zich niet uniform gedraagt. Niet al de gestorte kleislurry zal via dezelfde routes en in dezelfde tijd de meer permanente sedimentatiegebieden bereiken. Een deel van het slib zal dit veel sneller doen, een ander deel veel langzamer.
3. De lange termijn verspreiding, waarin een evenwicht is bereikt en de meeste slib definitief is afgezet op slikken en schorren. Deze evenwichtstoestand zal naar verwachting na een tiental jaren zijn bereikt. Er zijn voldoende sedimentatiegebieden in de Westerschelde om al het materiaal te laten sedimenteren.

#### *Korte termijn verspreiding*

Uit de literatuur is bekend dat een groot deel van het gestorte materiaal de bodem zal bereiken. Hier wordt aangenomen dat dit 95% is (van Vliet, 1997). Het gedrag van de kleislurry dat de bodem bereikt, wordt daarna bepaald door het gedrag van de dichtheidsstroom, de bodemhelling en in mindere mate de stromingsrichting.

De afstand waarover het sediment direct na het storten wordt verspreid op de mogelijke stortlocaties is berekend met het model 'DELWAQ' (Mulder, 1997). De resultaten van het model zijn als volgt:

De sedimentatie van het gestorte materiaal duurt enkele minuten. De dikte van de sedimentlaag op de bodem wordt 1 tot 4 cm. De straal van de gestorte laag is ongeveer 100 m. De maximale verspreiding van de kleislurry in de stroomrichting blijft beperkt tot 200 m. De maximale verspreiding in de hellingsrichting is variabel. Bij een kleine hellingshoek blijft 80 tot 90% van het materiaal binnen 150 m, bij grotere hellingshoek slechts 20%. De bodemhelling van de stortlocatie is dus van belang. Een eerste indruk van de effecten op de in de eerste dagen na het storten geeft de volgende (empirische) berekening (van Eck & van Maldegem, 1998)

De invloedssfeer van de stort is ongeveer gelijk aan:  $\text{getijweg} \times \text{breedte estuarium}$ . Dit is ongeveer 50 km<sup>2</sup>. In dit gebied is voor het storten ongeveer 40.000 ton zwevend materiaal in suspensie. Per getij wordt ongeveer 3000 ton gestort. Als 5% van de stort in suspensie gaat (zie hiervoor) wordt de troebelheid in het eerste getij na de eerste stort met 0,4 % verhoogd. Als we het transport buiten één getijweg lengte en de resuspensie van het gesedimenteerde materiaal verwaarlozen is de toename van de troebelheid na een maand dan ongeveer 10 %. Door resuspensie van de 95% gesedimenteerde materiaal zal dit in werkelijkheid hoger zijn. Als wordt aangenomen dat een

<sup>5</sup> Dit betekent dat de ebduur en vloedduur niet meer gelijk zijn maar dat de ebduur langer wordt en de vloedduur korter. Omdat er tijdens eb evenveel water naar buiten gaat als tijdens vloed naar binnen betekent dit dat tijdens vloed de stroomsnelheden groter zijn dan tijdens eb.

redelijk deel van de 95% die gesedimenteerd is weer in suspensie gaat, kan de toename tijdelijk gemakkelijk enkele tientallen procenten bedragen.

Voor het effect op de bodem is ook een eerste ruwe berekening te maken. Het areaal dat binnen de invloedssfeer van een getij ligt (50 km<sup>2</sup>, zie hierboven) bevat in de bovenste 0,5 m ongeveer 2 miljoen ton slib. In een doottij-springtij cyclus zal maximaal 90.000 ton gestort worden. Rondom de stortlocatie zal het gehalte fijn sediment in de bodem dus met  $\pm 5\%$  toenemen.

*Middellange termijn*

Doordat de stort plaatsvindt in de geul zal er direct sprake zijn van een vrij grote verspreiding van het gestorte materiaal in de Westerschelde. Vanaf de stortlocatie zal de invloed van de stort zeewaarts en land-waarts snel veel minder worden. Door de getijassymetrie<sup>5</sup> van het estuarium zal in werkelijkheid het zwaartepunt van deze verdeling oostwaarts komen te liggen van de stortlocatie.

De verspreiding van de kleislurry is nagegaan met een 3-dimensionaal slibtransportmodel (Salden, 1998). Er is gerekend met een drietal stortscenario's voor de verschillende stortlocaties zoals ze in de startnotitie zijn beschreven, en een stort-hoeveelheid van 1,5 miljoen ton slib (1.000.000 m<sup>3</sup> met een dichtheid van 1500 kg/m<sup>3</sup>). De uitkomsten van de rekenresultaten blijken vergelijkbaar. De exacte ligging van de stortlocatie lijkt dus niet erg belangrijk voor de effecten op de troebelheid en sedimentatie. Gezien de omvang en duur van de stort blijkt er ook geen effect te zijn van het tijdstip in het getij waarin wordt gestort. De resultaten van de afzonderlijke stortscenario blijven hier dan ook buiten beschouwing.

De modelresultaten gelden voor gemiddelde getijomstandigheden. De resultaten van het model zijn als volgt. Het gestorte materiaal blijft kort op de stortlocatie en zal snel via resuspensie via de waterfase met name in oostwaartse richting worden getransporteerd. Na ongeveer twee weken wordt de Belgisch Nederlandse grens al bereikt. Het model laat ook zien dat het overgrote deel van het gestorte slib in het estuarium achterblijft. Tijdens de stortperiode neemt troebelheid in de Westerschelde toe met 20 tot 60 mg/l, oplopend tot plaatselijk een toename van 200 mg/l in het troebelheidsmaximum in de Belgische Beneden Zeeschelde. De aanwezige troebelheid neemt dus afhankelijk van de plaats toe met 25 tot 100% tijdens het storten. Na 20 tot 30 dagen wordt een maximum bereikt in de verhoging van de troebelheid. Ondanks het feit dat daarna nog wordt gestort neemt de concentratie niet meer toe.

Het model laat verder zien dat grootste deel van het gestorte slib niet alleen sedimenteert in de slibsedimentatiegebieden maar ook op platen. De figuur laat zien dat in korte tijd in grote delen van de Westerschelde 0,1 tot 10 kg sediment per m<sup>2</sup> sedimenteert of te wel 1,5 mm tot 1,5 cm sediment. De sedimentatie op platen zal vermoedelijk een tijdelijk karakter hebben en in de winter of door stormen weer grotendeels teniet worden gedaan. In werkelijkheid zal de sedimentatie door het verwaarlozen van de doottij- 'springtij'cyclus en stormen in het model naar alle waarschijnlijkheid kleiner zijn dan hier berekend. Het effect van de boorspecie op de slibconcentratie blijkt tijdelijk te zijn. Na het stoppen van de stort neemt de troebelheid weer snel af. De afname in de Beneden Zeeschelde verloopt trager omdat nog sediment naar dit gebied wordt aangevoerd. Een jaar na afloop van het storten lijken de effecten grotendeels uitgewerkt.

De bovenstaande resultaten zijn slechts een redelijke indicatie van wat er met het slib gebeurt nadat het gestort is. Bij de berekeningen is er namelijk van uitgegaan dat er 1,5 miljoen ton in 3 maanden wordt gestort. Dit is een

hoeveelheid van 125.000 ton slib per week. In werkelijkheid zal er maximaal zo'n 20.000 ton slib per week worden gestort. De modelresultaten geven daarom een veel groter effect weer dan wat er in werkelijkheid zal plaatsvinden. Daarnaast is in het model de sedimentatie op schorren en slikken onderschat.

Tevens wordt er jaarlijks al een ongeveer even grote hoeveelheid slib uit de havens in de Westerschelde gestort. Er is nooit gebleken dat het storten van dit slib tot dezelfde verhoogde vertroebeling leidt als hierboven is weergegeven. De sedimentatie van slib zal dus waarschijnlijk hoger zijn dan is aangegeven en de vertroebeling minder.

#### *Transport naar België*

Van belang voor de bepaling van de effecten is ook de grootte van het extra transport naar België. De reden hiervan is dat vanwege de WVO vergunning van Nederland aan België voor het onderhoudsbagger-werk door Vlaanderen in de negentiger jaren inmiddels al 2,5 miljoen ton slib verwijderd is uit de Beneden Zeeschelde. Deze invloed is op twee manieren nagegaan.

De eerste methode gaat uit van de resultaten van het 3-dimensiomaal slibtransportmodel (Salden, 1998). Volgens de modelberekeningen bedraagt de verhoging in de Beneden Zeeschelde als gevolg van het storten bedraagt ca. 100 mg/l. Een groot deel van dit slib zal sedimenteren in de toegangseulen naar de zeesluizen in de Beneden Zeeschelde. De berekende sedimentatie in de toegangseulen bedraagt ongeveer 100.000 ton.

Een tweede, empirische, manier van het berekenen van de extra toevoer naar de Beneden Zeeschelde wordt hieronder gegeven (van Eck & van Maldegem, 1998).

De Westerschelde heeft in grote lijnen de volgende slibbalans:

|                                             |                              |
|---------------------------------------------|------------------------------|
| netto aanvoer van marien slib uit zee       | ca. 0,3 miljoen ton per jaar |
| netto stortingen door baggerwerk van havens | ca. 0,1 miljoen ton per jaar |
| slibstortingen door baggerwerk vaargeul     | ca. 0,1 miljoen ton per jaar |
| aanvoer van rivierslib                      | ca. 0,1 miljoen ton per jaar |

Totaal wordt de Westerschelde nu belast met 0,6 miljoen ton. In suspensie is in het estuarium gemiddeld 0,3 miljoen ton. De hoeveelheid in suspensie is ongeveer de helft van wordt aangevoerd. Ongeveer 10% van de aanvoer gaat naar België, ongeveer 60.000 ton dus. De rest sedimenteert in de Westerschelde zelf.

In het jaar van storten van de boorspecie wordt de Westerschelde extra belast met 1 miljoen ton kleifg sediment. Deze massa wordt over ruim een jaar gestort. Verondersteld wordt dat 20% van deze stort of te wel 0,2 miljoen ton werkelijk meedoet in het slibtransport. De totale sedimentaanvoer neemt daardoor in het jaar van storten toe naar 0,8 miljoen ton (0,6 + 0,2). Als weer wordt aangenomen dat 10% van de totale aanvoer over de grens wordt getransporteerd, wordt de sedimentaanvoer over de grens zo eenmalig met minimaal 20.000 ton of te wel 33 % vergroot. De verwachting is dus dat het transport naar België eenmalig zal toenemen met 20.000 tot 80.000 ton.

Bovenstaande twee methoden laten dus zien dat de eenmalige extra toename van slib in de Beneden Zeeschelde in het jaar van storten tussen de 20.000 en 100.000 ton zal liggen.

#### *Lange termijn*

In de Westerschelde is in principe voldoende potentieel sedimentatie-gebied aanwezig om al het slib te bergen. De Westerschelde bevat momenteel in de

bovenste 0,5 m die de actieve bodemlaag vormt 25 miljoen ton slib. Er wordt in werkelijkheid in totaal ongeveer 1 miljoen ton kleislurry gestort. Dit betekent dat als al het materiaal in de Westerschelde blijft dit een toename van de fijne sedimenten inhoudt met 4% in een jaar. Indien al de gestorte klei gelijkmatig over de Westerschelde wordt verdeeld komt er een laagje van ongeveer 0,35 cm op de bodem van de Westerschelde. Zoals hiervoor al opgemerkt blijft het overgrote deel van het gestorte materiaal in het estuarium. Het materiaal wordt tevens grotendeels naar het oosten verplaatst. De snelheid waarmee dit gebeurt is redelijk hoog. Vermoedelijk is al in een aantal jaar het evenwicht bereikt. Met de hiervoor gegeven aanwezigheid van slib in diverse morfologische eenheden van de Westerschelde is voor het oostelijke deel van de Westerschelde te berekenen waar zich in het oostelijke deel het slib bevindt. Dit levert de volgende resultaten op: geulen 10%, platen 5%, slikken 35% en schorren 45%. In het ongunstigste geval blijft al het gestorte slib in dit gebied achter. Dit betekent dat respectievelijk in geulen, platen, slikken en schorren van het oostelijke deel van de Westerschelde maximaal 0.10, 0.05, 0.35 en 0.45 miljoen ton sediment zal sedimenteren. Met oppervlaktes van respectievelijk 4196, 1494, 2198 en 2367 ha geeft dit extra sedimentatie van respectievelijk 0.1, 0.2, 1.0 en 1.1 cm. De huidige slibsedimentatie van de schorren is 1-2 cm per jaar.

#### 4.3.2. *Effecten op de kwaliteit*

In deze paragraaf wordt het chemisch gedrag van de te storten materialen behandeld. Het betreft het chemisch gedrag van glauconiethoudend zand, Boomse klei en bentoniet met eventuele toevoegingen. Het chemisch gedrag van zand en veen wordt hier verder niet meer besproken omdat zand chemisch vrijwel inert is en omdat het bij veen slechts om zeer kleine hoeveelheden gaat.

Het zand bestaat voor ongeveer 25% uit glauconiet. Zand komt voornamelijk de eerste 20 en laatste 50 weken van de 2,5 jaar dat gestort zal worden vrij. De glauconiet houdende zanden komen vooral rond week 20 en tussen week 80 en 100. Voor Boomse klei geldt dat het vooral tussen week 30 en 90 vrijkomt. Er komt maximaal 20.000 m<sup>3</sup> per week vrij. De bentoniet zal vooral vrijkomen als er door (glauconiet) houdend zand wordt geboord.

Het chemisch gedrag van een sediment wordt bepaald door het chemisch gedrag van de mineralen waaruit het sediment is opgebouwd. Bij het storten van sediment hoeft dus slechts gekeken te worden naar het gedrag van de mineralen die chemisch reactief zijn. Het chemisch gedrag van glauconiethoudend zand wordt bijvoorbeeld in zijn geheel bepaald door het gedrag van het mineraal. Bij het kijken naar het chemisch gedrag van het sediment glauconiethoudend zand in water is het dus voldoende om alleen naar het gedrag van glauconiet te kijken en de hoeveelheden glauconiet te beschouwen.

#### 4.3.3. *Effecten van het storten van glauconiethoudend zand*

Glauconiet is een ter plaatse gevormd marien mineraal. Het wordt vermoedelijk gevormd door contact van zeewater met de bovenste laag van het sediment. Deze (dunne) laag bestaat uit twee delen, de anoxische laag met daarboven de oxische laag. De hieronder gelegen dikke gereduceerde laag wordt bepaald door de sulfaatreductie. Een belangrijke rol in het ontstaan van glauconiet wordt toegedicht aan de uitwerpselen van sedimentetende bodembewoners, maar ook hydro-thermale activiteiten worden in de literatuur genoemd. In glauconiet komt vermoedelijk verder pyriet voor en het materiaal is verkit met carbonaat en goethiet. Glauconiet is sterk verwant aan het klei-mineraal illiet. Illiet is een van nature voorkomend kleimineraal in de

Westerschelde. Het sediment in de waterfase bestaat voor 9% uit illiet (zie hoofdstuk 2).

Glauciethoudend zand zal meer ijzer (Fe) en kalium (K) bevatten dan gewoon zand. Verder bevat Glaucioniet meer ijzer en minder aluminium (Al) dan Illiet. Gezien de samenstelling van de huidige sedimenten in de Westerschelde betekent de stort van glaucioniet in de Westerschelde dat op zich geen elementen worden ingebracht die geheel vreemd zijn aan de huidige samenstelling van de bodem-sedimenten van de Westerschelde.

In het mineraal glaucioniet kunnen sommige spoorelementen in hogere gehalten dan in gemiddeld Westerschelde sediment en zwevend materiaal voorkomen. Deze hogere gehalten zijn ontstaan door processen die optreden bij de overgang van oxisch naar anoxisch en gereduceerd sediment in het bovenste laagje sediment op de bodem. Gegeven de analyses in Flink (1985) gaat het vermoedelijk slechts om het spoorelement arseen (As) dat sterk aan ijzer is gebonden en vermoedelijk ook voorkomt in het pyriet ( $\text{FeS}_2$ ) of andere ijzersulfiden die ook in de glaucioniet houdende zanden voorkomen. Als het ijzer uit het glaucioniet en/of pyriet gaat oxyderen komt ook het aan het ijzer gebonden arseen vrij en gaat zich in het zuurstofrijke Westerschelde water opnieuw verdelen over water en sediment volgens de heersende chemische omstandigheden. Dit betekent dat een groot deel van het vrijkomende arseen dan opgelost zal worden.

Van drie bodemonsters van glauciethoudende zanden is de chemische (bijlage 3) en mineralogische samenstelling bepaald. De resulterende mineralogische samenstelling van de drie monsters is in tabel 4-2 weergegeven.

Tabel 4-2 Samenstelling  
glaucioniet zanden formatie van Breda  
onder de Westerschelde tunnel (%)

| monster          | b28 | b31 | b34a |
|------------------|-----|-----|------|
| kwarts           | 57  | 55  | 50   |
| veldspaat        | 2   | 1   | 5    |
| biotiet          | 1   | 1   | 2    |
| muscoviet/illiet | 1   | 3   | 4    |
| calciet          | 2   | 2   | 1    |
| klei-mineralen   | 5   | 10  | 3    |
| glaucioniet      | 25  | 20  | 30   |
| gips             | 5   | 5   | 1    |
| pyriet           | 2   | 3   | 4    |

Kwarts en glaucioniet maken het overgrote deel van het materiaal uit. Het aandeel illiet en klei-mineralen is ontstaan uit diverse reacties waarbij kleimineralen als chloriet, illiet en zout water onder reducerende omstandigheden een rol spelen. In de monsters is daarnaast ook nog haliet (of keukenzout) aangetoond. Het zoutgehalte dat berekend is uit het natrium en watergehalte geeft aan dat het zoutgehalte in de monsters vrijwel hetzelfde is als ter plaatse in de Westerschelde. Het glaucioniet is dus waarschijnlijk onder dezelfde omstandigheden ontstaan als nu in de Westerschelde heersen. Na het storten van het glauciethoudend zand zal het materiaal snel bezinken en komt in een reducerend milieu terecht. In dit reducerende milieu is het glaucioniet stabiel is omdat het onder deze omstandigheden is gevormd.

Uit mineralogisch onderzoek blijkt dat arseen niet is gebonden aan glaucioniet maar aan andere mineralen als ijzersulfiden. Het meest waarschijnlijke effect van het storten van glauciethoudende zanden wordt daarom weergegeven door de maximale verhoging van het arseengehalte van het water.



**Maximale verhoging van de arseenconcentratie in water**

Een extreme situatie is als door oxidatie van de ijzersulfiden al het arseen vrijkomt. Het arseengehalte van de glauconiethoudende zanden bedraagt ongeveer 15 mg/kg (van Eck & van Maldegem, 1998). In de weken waar glauconiethoudend zand zal worden gestort zal per week maximaal 20.000 ton worden gestort, en daarmee 300 kg arseen aan de Westerschelde worden toegevoegd. Dit wordt herverdeeld met de thans geldende distributiecöefficient omdat het storten deze naar verwachting niet zal beïnvloeden. Deze distributiecöefficient bedraagt ongeveer 2 l/g voor het middendeel van de Westerschelde. Wanneer aangenomen wordt dat er aan het zand geen arseenadsorptie plaats vindt, gaat het toegevoegde arseen bij een zwevend materiaal concentratie van 100 mg/l voor slechts 15% aan het sediment zitten. De andere 85 % zal in oplossing gaan. Dit geeft een verhoging van het huidige arseengehalte van enkele tienden µg tot maximaal enkele µg As rond de stortplaats. De huidige concentraties in de Westerschelde rond Terneuzen zijn ongeveer 3 µg/l. De ecotoxicologische maximaal toelaatbare risico concentratie is 10 µg/l, de streefwaarde concentratie is 5 µg/l (Evaluatienota Water). Door de het storten blijft de maximale verhoging dus duidelijk onder het maximaal toelaatbare risico. Op dit moment wordt ook de streefwaarde gehaald maar in de Vierde Nota Waterhuishouding zal deze worden aangescherpt. Na afloop van de stort zal de concentratie overigens weer snel dalen tot ongeveer de huidige concentratie.

**Conclusies van het storten van glauconiet**

Het storten van glauconiet houdende zanden zal weinig effecten geven. Het zand (kwarts) is vrijwel chemisch inert. Ook het glauconiet zal niet snel oxyderen omdat het op zich vrij resistent is tegen verwerking en omdat het na de stort weer snel, zoals het zand, zal bezinken en dan weer in een milieu zal komen waar het stabiel is omdat het in dit milieu gevormd is. Een uitzondering vormt het gedrag van ook aanwezige gereduceerde ijzersulfiden waaraan het arseen is gebonden en dat als vrijwel enige sporelement in natuurlijk hogere gehalten voorkomt in de glauconiet zanden. Er is een grote kans dat deze gaan oxyderen en dat daarbij het arseen in de waterfase komt. Het effect dat verwacht kan worden is een verhoging van de arseenconcentratie met enkele tienden µg/l tot maximaal enkele µg As in het water rond de stortplaatsen.

**4.3.4. Effecten van het storten van Boomse klei**

Van de Boomse klei is de chemische (bijlage 4) en mineralogische samenstelling bepaald en wel op dezelfde manier als van de glauconiet zanden. De mineralogische samenstelling is in tabel 4-3 gegeven.

Tabel 4-3 Samenstelling  
Boomse klei onder de Westerschelde tunnel  
(%)

| monster          | b13 | b19a |
|------------------|-----|------|
| kwarts           | 10  | 20   |
| veldspaat        | 5   | 5    |
| biotiet          | 5   | 2    |
| muscoviet/illiet | 10  | 10   |
| calciet          | 2   | 5    |
| klei-mineralen   | 60  | 50   |
| glauconiet       | 5   | 5    |
| gips             | 2   | 2    |
| pyriet           | 1   | 1    |

Kleimineralen maken het grootste deel uit van de Boomse klei. Verder komen er geen elementen in (natuurlijk) hogere gehalten voor en heeft ook dit sediment een zoutgehalte dat overeenkomt met dat van de Westerschelde. Dit blijkt ook uit de klasse van de Boomse klei monsters die allemaal klasse 0 zijn voor de spoorelementen. Dit betekent dat de stort van Boomse klei kleimineralen aan de Westerschelde zal toevoegen die al in de Westerschelde aanwezig zijn. Chemisch zijn er dus geen grote effecten te verwachten van de stort van Boomse klei in de Westerschelde.

#### 4.3.5. De effecten van het storten van Bentoniet

Bentoniet is een smectiet gevormd uit vulkanische as afzettingen in meren en estuaria. Het wijze waarop het ontstaat is niet goed bekend. De bentonieten uit zoetwater zijn Ca-bentonieten, uit zeewater Na-bentonieten. Bentonieten zijn dus niet allemaal hetzelfde.

Zowel Ca- als Na-bentonieten in zeewater zullen flocculeren door met name de hoge magnesiumgehalten. Het zal zich dan gaan gedragen als het verwante kleimineraal montmorilloniet dat (met ongeveer 13%) van alle kleimineralen in de Westerschelde het meest voorkomt. Bij het gebruik van een Ca-bentoniet zal het calcium uitwisselen met het natrium in zeewater. De effecten van deze uitwisseling op de waterkwaliteit zijn verwaarloosbaar.

#### 4.3.6. Emissies van baggerschepen (lucht)

Door emissies van baggerschepen wordt de luchtkwaliteit beïnvloed. Voor de varianten van hergebruik zijn emissies berekend in Oranjewoud (1997a). Om een gelijkwaardige vergelijking tussen de hergebruiksvarianten en de stortvarianten te kunnen maken wordt in dit rapport gebruik gemaakt van deze berekeningen om de invloed van de vaarbewegingen van baggerschepen op de luchtkwaliteit te bepalen.

De milieu-effecten die veroorzaakt zullen worden berekend per vervoerde ton materiaal per kilometer. De milieu-effecten die in deze berekening zijn meegenomen zijn: broeikas-effect, verzuring, vermesting, aantasting van de ozonlaag, ecotoxiciteit, smogvorming en humane toxiciteit. In tabel 4.4 zijn de equivalenten per ton per kilometer gegeven. De betekenis van de equivalenten staat gegeven in tabel 4.5

Tabel 4-4 Equivalenten emissie per ton per kilometer

|                         | broeikas | verzuring | vermest. | ozonl. aant. | ecotoxiciteit | smogvorm. | humane tox. | emissies |
|-------------------------|----------|-----------|----------|--------------|---------------|-----------|-------------|----------|
| locatief onafh. storten | 0,0137   | 0,0696    | 0,0968   | 0,0036       | 0,2462        | 0,0759    | 0,1394      | 0,6452   |
| stort per km schip      | 0,0036   | 0,0153    | 0,0163   | 0,0012       | 0,0792        | 0,0157    | 0,0316      | 0,1628   |

#### 4.3.7. Conclusies

Bij de aanleg van de Westerschelde tunnel zal ongeveer 1,7 miljoen ton sediment vrijkomen en wel (glauconiet) houdende zanden, Boomse klei, veen en bentoniet. Voorgenomen is om deze sedimenten in de Westerschelde te storten. Bij de stort van deze materialen in de Westerschelde zijn geen grote chemische effecten te verwachten. Een uitzondering vormt wellicht de oxydatie van gereduceerde ijzerver-bindingen met hoge natuurlijke arseengehaltes. Hierdoor kan de concentratie opgelost arseen maximaal met enkele µg/l stijgen wat nog duidelijk onder de maximaal toelaatbare arseen concentratie van 10 µg/l is. De emissies van splijtbakken kunnen pas na de keuze van de locaties (hoofdstuk 5) bepaald worden omdat de vaarafstand bepalend is.

Tabel 4-5 Verklaring van de waarden in de tabel 4-4 (Rijks-waterstaat, 1996 en Heijungs, 1992)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>broeikas-effect</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Het broeikas-effect wordt uitgedrukt in CO <sub>2</sub> -equivalenten. Hiermee wordt de Global Warming Potential uitgedrukt in verhouding tot het adsorptievermogen van CO <sub>2</sub> .                                                                                                                                                                     |
| <i>verzuring</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| De verzuring wordt uitgedrukt in de verzuringsequivalent. Dit geeft de verzuring per hectare per jaar en komt overeen met 32 gram SO <sub>2</sub> , 46 gram Nox of 17 gram NH <sub>3</sub> .                                                                                                                                                                  |
| <i>vermesting</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Vermesting wordt uitgedrukt in de vermestingsequivalent en geeft de hoeveelheden fosfor en stikstof weer die jaarlijks in het milieu terecht komen. Aangezien fosfor een groter vermestend effect heeft worden weegfactoren gebruikt voor de berekening van hoeveelheden. Een vermestingsequivalent is gelijk aan een kiloton fosfor en 0,1 kiloton stikstof. |
| <i>ozon-aantasting</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| De ozon-aantasting wordt uitgedrukt in de ozonaantastingsequivalent en het ozonaantastend vermogen wordt uitgedrukt in verhouding tot het ozonaantastend vermogen van CFK-11.                                                                                                                                                                                 |
| <i>ecotoxicologie</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Bij de bepaling van het ecotoxicologisch effect wordt gewerkt met een drempelwaarde voor stoffen die bij het overschrijden ervan toxisch zijn. De gegeven waarde in de tabel is een aantal mg dat een verontreiniging tot de drempelwaarde veroorzaakt in een m <sup>3</sup> water.                                                                           |
| <i>zomer smog</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| De zomer smog wordt uitgedrukt in etheen-equivalenten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <i>humane toxicologie</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Dit effect wordt uitgedrukt in aantallen mg die een toxisch effect veroorzaken binnen 1 kg van levend organisme.                                                                                                                                                                                                                                              |

#### 4.4. Ecologie

##### 4.4.1. Inleiding

Effecten van het storten van boorspecie treden op over een continue reeks van tijd en ruimteschalen, van enkele meters tot tientallen kilometers en van enkele minuten tot vele jaren. Bij het beoordelen van deze effecten dient voorop te staan dat een estuarium een dynamisch ecosysteem is, d.w.z. een systeem dat continu onderhevig is aan veranderingen welke worden gestuurd door een wisselwerking tussen biologie en fysica. Een dergelijk systeem is tot op zekere hoogte in staat om veranderingen op te vangen. Echter, wanneer een kritische grens wordt overschreden, wordt het evenwicht tussen biologie en fysica dusdanig beïnvloed dat een leefgebied zijn oorspronkelijke functies niet meer kan vervullen: Het voorkomen, de grootte en de geschiktheid van bepaalde leefgebieden en daarmee eveneens de ecologie zal blijvend aangetast worden. Veranderingen in het leefmilieu door menselijk ingrijpen zullen dus niet te groot of te plotseling mogen zijn. Bij het evalueren van mogelijke effecten van het storten boorspecie is het daarom van belang om te onderkennen in hoeverre veranderingen in het Westerschelde ecosysteem permanent zullen zijn, of dat herstel mogelijk is en veranderingen tijdelijk.

In het vervolg zullen de effecten worden behandeld naar de volgorde van gebeurtenissen tijdens de stortactiviteiten. De belangrijkste activiteiten en effecten die behandeld zullen worden zijn:

A. vaarbewegingen.

- Rustverstoring van vogels en zoogdieren

B. Lossen en suspendering van fijn materiaal.

- Vertroebeling en de gevolgen voor zichtjagers.
- Vertroebeling en de gevolgen voor de primaire productie.
- De gevolgen voor filtrerende organismen en vissen.

C. Sedimentatie van zand en slib (kleislurry)

- begraven van bodemfauna en flora
- versnelde ophoging van schorren
- uitwisseling van stoffen uit boorspecie

#### 4.4.2. *Effecten van vaarbewegingen*

Gedurende een periode van 2.5 jaar zullen baggerschepen tussen stort- en boorlocaties varen (1-8 km enkele reis). Deze werkzaamheden kunnen leiden tot verstoring van de aanwezige vogel- en zeehondpopulaties. Deze verstoring bestaat ten eerste uit de invloed van de fysieke aanwezigheid van de splijtbakken en ten tweede uit een verstoring door het geluid dat de splijtbakken produceren.

Bij het bepalen van de effecten van de scheepsbewegingen op de fauna is in het algemeen aansluiting gezocht bij onderzoek naar het gedrag van vogels en zeehonden. Dit onderzoek geeft inzicht in de afstand waarbinnen verstoring door scheepsactiviteiten optreden.

##### **Effecten op vogels**

De afstand die diverse vogelsoorten zullen bewaren is afgeleid van de kritische vluchtafstand (KVA). In de KVA's is rekening gehouden met de beweging en het geluid van de baggerschepen. Deze is bepaald voor het MER proefboringen in de Waddenzee (naar: Davidson & Rothwell, 1993). Verder is het belangrijk rekening te houden met de duur van de overschrijding van een bepaald geluidsniveau.

De meest verstoringsgevoelige vogels in het gebied zijn ruiende berg-eenden. Deze bevinden zich echter voornamelijk op en nabij de Hooge Springer en de Hooge Platen (Meininger & Snoek, 1992), een gebied waar de splijtbakken niet zullen komen. De belangrijkste vogel-gebieden in het beïnvloede deel van de Westerschelde zijn de Middel-plaat/Suikerplaat en de Slikken van de Everingen.

De meeste vogels wennen echter aan regelmatige bewegingen van schepen, zeker in een intensief bevaren estuarium als de Westerschelde. Van permanente verstoring zal daarom waarschijnlijk geen sprake zijn. Om eventuele tijdelijke verstoring van vogels te voorkomen is het verstandig zo ver mogelijk van de bovengenoemde platen en slikken te varen, en dan bijvoorkeur alleen met hoogwater.

#### Effecten op zeehonden

Zeehonden prefereren gebieden met weinig menselijke activiteiten. Verstoring door boten is van invloed op de ligplaatskeuze. In de zoogtijd, die loopt van de tweede helft van juni tot en met de eerste helft van augustus, zijn de zeehonden het meest gevoelig voor verstoring. Er bestaat een grote variatie in verstoringstanden, waarbij er geen herstel meer optreedt. De verstoringbron bepaalt voor het grootste gedeelte de reactie; kleine geruisloze boten kunnen de zeehond dichter naderen. Echter, juist bij deze bronnen wordt nagenoeg geen herstel waargenomen. Pleziervaart veroorzaakt op de grootste afstand een eerste reactie. Bij beroepsvaart, grote boten, is de waargenomen verstoringafstand minder en treedt er sneller herstel op. In de belangrijkste tijd, de zoogtijd, is een ongestoord gebied echter een voorwaarde voor het instandhouden van een gezonde populatie (Brasseur en Reijnders, 1994) (De Boer 1996).

De volgende effecten zijn van belang:

verhoogde jeugdmortaliteit door:

- verlies van ouders door pubs,
- slechte conditie als gevolg van een verstoorde voedselopname
- verkorte rust- en zoogtijd
- ontsteking van de navelwond door het schuiven over de plaat
- stress en energieverlies

Zeehonden in het Westerscheldegebied houden zich voornamelijk op bij de platen van Ossensisse en Valkenisse. Deze gebieden zijn dusdanig ver verwijderd van het gebied waarin baggerschepen zullen varen dat permanente effecten op de zeehondenpopulatie niet waarschijnlijk zijn.

#### Conclusie

Baggerschepen kunnen een geringe verstoring van devogel- en zeehondenpopulatie veroorzaken. Permanente effecten zijn niet waarschijnlijk.

#### 4.4.3. Lossen en suspendering van fijn materiaal.

Het storten van fijn materiaal kan leiden tot een verhoging van de zwevend stofgehalten in het water zowel lokaal als in grotere gebieden. Dit kan gevolgen hebben voor organismen die hun voedsel verkrijgen door filtratie. Tevens zal door de verhoogde troebelheid minder licht in de waterkolom door kunnen dringen. Dit kan gevolg hebben voor organismen die voor hun levensfuncties afhankelijk zijn van voldoende licht (primaire produktie, zichtjagers; Essink, 1993).

#### Vertroebeling en de gevolgen voor op zichtjagers

Vertroebeling door het storten kan een directe of indirecte invloed hebben op het vangstsucces van zichtjagers. Direct, doordat vertroebeling het doorzicht vermindert. Indirect, doordat prooipopulaties reageren op veranderende omstandigheden. De belangrijkste zichtjagers voor deze studie zijn vogels en vissen.

Op basis van de literatuur zijn geen uitspraken mogelijk over het directe effect van vertroebeling op de fourageerefficiëntie van vissen. Waarschijnlijk (Cattrijsse, 1997, Essink, 1993) heeft een verhoogde troebelheid vooral invloed op pelagische, visuele predatoren als haring, sprat en spiering. Volwassen vissen zullen gebieden met hoge concentraties aan slib mogelijk vermijden (Cattrijsse, 1997).

Er is enig onderzoek verricht naar mogelijke directe effecten van troebelheid op vangstsucces van vogels: Van de dwergster en visdief is niet aangetoond dat er een significant verband bestaat tussen het doorzicht en het vissucces, hoewel er aanwijzingen zijn dat voor dwergsters een beperkende diepte lijkt te bestaan van 25 cm doorzicht (Stienen & Brenninkmeijer, 1994). Het vissucces van de grote ster neemt wel toe met het doorzicht van het water (Stienen & Brenninkmeijer, 1994). Deze soort heeft echter een actieradius van 5-40 km en fourageert voornamelijk in de Voordelta, waar vertroebeling door de stort van boorspecie minimaal zal zijn. Negatieve effecten op de grote ster zijn dan ook in veel mindere mate te verwachten.

#### *Conclusie*

Vertroebeling door het storten van boorslib kan effect hebben op het vangstsucces en de fourageerefficiëntie van zichtjagers.

#### **Vertroebeling en de gevolgen voor de secundaire en primaire produktie.**

##### *Licht*

Primaire produktie van fytoplankton is afhankelijk van de beschikbaarheid van licht. Een maat hiervoor is de dikte of diepte van de eufotische zone. Dit is de doordringingsdiepte voor licht waarbij nog produktie optreedt. De lichtintensiteit neemt exponentieel af met de diepte. De exponent  $K_d$  (de uitdovingscoëfficiënt veroorzaakt door detritus en slib) is een functie van het getij (mondelinge mededeling Kromkamp NIOO-CEMO).

Van de monding tot Vlissingen, dus in het zoute gedeelte is er sprake van een voorjaarsbloei van diatomeeën en phaeocystis. In dit gebied is het zwevend stofgehalte relatief laag (tot 100 mg/l). Primaire produktie in die lokale gebieden kan daarom belemmerd worden. Op het totaal budget aan primair geproduceerd koolstof is dit echter een te verwaarlozen hoeveelheid.

##### *Uitzakken fytoplankton*

Fytoplankton, met name diatomeeën, scheiden plakstoffen af die aanleiding geven tot de vorming van aggregaten van zwevend stof en planktoncellen. Naarmate deze aggregaten groter worden en de zwevend stof concentratie toeneemt zullen deze aggregaten versneld uitzakken. Doordat er gedurende het storten veel schone klei in de waterkolom komt is te verwachten dat er versnelde sedimentatie optreedt. Het verwachte effect zal zijn een vermindering van kwalitatief hoogwaardig voedsel voor filtrerende organismen.

Dit effect zal met name optreden bij het storten van (anorganisch) slib gedurende perioden van exponentiële fytoplankton groei. Deze groei vindt plaats aan het einde van de lente en in de zomer. Het effect zal dus tijdelijk zijn. De grootte van dit effect is onbekend.

Doordat er tijdens het storten een verwacht verhoogde nutriënten aanbod is, kan dit van invloed zijn op de ontwikkeling van fytoplankton. Gezien het feit dat de Westerschelde licht gelimiteerd is wordt hiervan geen effect verwacht.

#### *Conclusie*

Aan het einde van de lente en in de zomer kan door lichtreductie en achteruitgang van de voedselkwaliteit een negatief effect op de secundaire en primaire produktie optreden. De grootte van dit effect is onbekend.

## De gevolgen voor filtrerende organismen en vissen

### *voedselfiltratoren*

Voedselfiltratoren voeden zich met de verteerbare fractie van het zwevend stof, fytoplankton, bacteriën en verteerbaar detritus. De fysiologische en morfologische adaptaties van deze dieren maken het mogelijk om in troebele omstandigheden te leven (Catrijsse 1997).

Mossels en kokkels neutraliseren het effect van een verhoogde concentratie gesuspendeerd materiaal op efficiënte wijze door de eliminatiesnelheid en de consumptiesnelheid te verhogen, door organisch materiaal gebonden aan klei te gebruiken en/of door een verbeterde assimilatie van de opgenomen algen (Kjörboe et al. 1981). Het blijft de vraag in hoeverre deze fysiologische aanpassing over-leving mogelijk blijft maken onder steeds toenemende concentraties onverteerbaar gesuspendeerd materiaal.

Onderzoek heeft uitgewezen dat een tijdelijke verhoging met 20% (van het totale zwevend stof) de groei van kokkels niet nadelig beïnvloedt. Een stijging naar 200 - 300 mg per liter kan echter een sterk nadelige invloed op de groei hebben (Essink, 1993). De voorjaarsperiode is in dit verband het meest risicovol, omdat de dieren dan al meer energieverlies hebben i.v.m. de reproductie.

In sterk troebele omstandigheden zijn deze mossels en kokkels zo goed als afwezig. In de Westerschelde ligt de grens ongeveer bij Hansweert (Ysebaert et al. 1993). Wanneer de concentraties in het mariene deel zo hoog zouden worden als in het brakke deel kan men dus verwachten dat de populaties kokkels en oesters, en mossels voor zover die voorkomen in de Westerschelde, vooral zullen afnemen in het westelijke deel van de Westerschelde. Zo'n stijging wordt echter niet verwacht in het westelijke deel (Salden, 1998). Onderzoek heeft aangetoond dat bij zwevend stof concentraties boven 50 mg/l het vermogen tot optimaal benutten van het voedselaanbod af neemt (Prins & Smaal, 1989). In de Westerschelde bestaan dus nu al geen optimale omstandigheden voor de groei van filteraars.

Het nonnetje (*Macoma balthica*) en de platte slijkgaper (*Scrobicularia plana*) zullen in minder mate onder stress staan dan mossels en kokkels, aangezien nonnetje en slijkgaper ook materiaal op de bodem opnemen (deposit en filter feeding). In het algemeen zullen generalisten minder te lijden hebben van de boorspeciestort dan specialisten bij het vergaren van voedsel.

Door het feit dat het materiaal gestort zal worden in het diepe subtidaal waar weinig bodemfauna aanwezig is, is een direct effect in deze gebieden van waarschijnlijk geringe betekenis. Blijven de kleipartikels lang in suspensie en verhogen ze het aandeel particulier anorganisch materiaal in de intergetijden van het mariene deel tot op het niveau van het brakwaterdeel dan is het niet uitgesloten dat de filteraars op die plaatsen zullen verdwijnen. Wanneer de totale concentratie gesuspendeerde (onverteerbare) klei gemiddeld genomen niet sterk zal stijgen dan zijn er weinig negatieve effecten te verwachten. Welke extreem hoge concentraties gesuspendeerd klei deze soorten kunnen verdragen op korte en lange termijn blijft vooralsnog onbekend.

### *Conclusie*

Verhoogde sedimentatie kan effecten hebben op voedselfiltratoren. De ernst van deze effecten is echter moeilijk in te schatten.

#### **Vissen**

Vooraf de larvale en vroeg juveniele stadia van vissen zijn gevoelig voor verhoogde concentraties van slib. Het meest voorkomende negatieve effect van verhoogde slibgehalten is vermindering van uitwisseling van gassen en respiratie bij larven. Vooraf langdurige blootstelling aan verhoogde slibgehalten hebben een negatieve invloed. Op basis van de literatuur is er echter geen informatie voorhanden om tolerantiegrenzen voor Westerschelde vissoorten te stellen (Cattrijsse 1997). Jonge vis is vooral kwetsbaar via hun ademhalingsstroom. Verminderde respiratie kan ook optreden bij volwassen dieren, maar slechts bij sterk verhoogde concentraties gedurende lange tijd (> 200 mg/l). Vissen in estuaria zijn echter vaak fysiologisch aan hoge troebelheid aangepast. De mate van aanpassing verschilt per soort. Bruton (1985) vermeldt dat voor bepaalde soorten concentraties van meer dan 100 mg/l al lethaal kunnen zijn.

Een tweede effect op larvale stadia van verhoogde slibconcentraties is een verandering in de verticale distributie. Larvale vissen gebruiken de lichtintensiteit als diepteregulatie en bij verhoogde troebelheid komen de larven in ondieper water voor (Cattrijsse, 1997). In de Westerschelde laten de larvale vissen zich bij de ebstroom op de bodem zakken met als nettoresultaat een immigratie naar de kinderkamer van de brakwaterzone. Door verhoogde troebelheid in het westelijke deel kan dit proces worden verstoord. Negatieve effecten van het storten van slib kunnen dus voorkomen in gebieden die belangrijk zijn als rust en fourageergebied van larvale en juveniele stadia. Een permanente verhoging van de slibconcentratie wordt daar echter niet verwacht (Salden, 1998).

Verwacht wordt dat volwassen vissen over voldoende ruimte beschikken om hoge concentraties te vermijden (Cattrijsse, 1997). Wel zullen gebieden tijdelijk ongeschikt worden voor de visserij, omdat in de slibstortgebieden weinig vissen meer aanwezig zullen zijn.

#### *Conclusie*

Negatieve effecten van verhoogde slibconcentraties kunnen optreden in gebieden die belangrijk zijn als rust en fourageergebied van larvale en juveniele stadia van vissen (ondiepten tussen -5 en -2 m NAP).

#### *4.4.4. Sedimentatie van zand en slib*

Na het storten zal slib zich verspreiden over het estuarium en uiteindelijk sedimenteren in de slibsedimentatiegebieden. Berekningen (Salden, 1998) tonen aan dat deze sedimentatielaag maximaal ongeveer 2 cm bedraagt.

#### **Begraven van bodemfauna en -flora**

De mate waarin bodemorganismen gevoelig zijn voor bedekking hangt af van de dikte van de laag en het vermogen van deze dieren om door sediment omhoog te kruipen of te groeien zodat ze weer in contact komen met het water erboven. Het vermogen van verschillende organismen om zich aan verhoogde sedimentatie aan te passen is zeer verschillend. Elke soort heeft een maximale dikte van de sedimentlaag, de "fatale dikte", die niet kan worden overwonnen door zich naar het oppervlak toe te graven. Vooraf dieren die aan de grond zijn vastgehecht zoals de mossel en de kokkel zijn weinig bestand tegen bedekking met een laag sediment.

Naast de dikte van de bedekking is ook de samenstelling van de bedekking van belang. De meeste dieren zijn gevoeliger voor de bedekking met een sliblaag dan met een zandlaag (tabel 4-6)



*Herstel*

Herstel van de bodemfauna kan optreden door rekolonisatie van adulte organismen of de vestiging van larven. Rekolonisatie van adulten kan het gevolg zijn van passieve inspoeling of actieve migratie van buiten de stortlocatie. Daarnaast kan een beperkt aantal organismen mogelijk toch kans zien door de gestort boorspecie heen te kruipen. De actieve migratie van adulte schelpdieren zal naar verwachting gering zijn, rekolonisatie van adulte wormachtigen zal waarschijnlijk sneller optreden. Op basis van onderzoek in de Oude Westereems (Kleef et al., 1992) geeft Essink (1993) aan dat herstel voor een belangrijk deel door voortplanting zal moeten plaatsvinden, hetgeen betekent dat herstel pas na een op de boorspeciéstort volgende voorjaar-zomerperiode kan optreden. Op de stortlocatie in de Oude Westereems bleek dat bij een stortfrequentie van éénmaal per jaar geen volledig herstel van de bodemfauna kan optreden. Bij een tussenliggende periode van twee jaar is de kans op herstel aanmerkelijk groter. Uit onderzoek in zandwinputten (Van der Veer, 1979) bleek biomassaherstel van de bodemfauna in geulen relatief snel te geschieden, één tot enkele jaren. Herstel van de soortenrijkdom bleek langer te duren dan biomassaherstel, maar toch na een paar jaar te zijn opgetreden.

Tabel 4-6 Tolerantiegrenzen in cm zand of slib voor verschillende soorten bij een incidentele en een permanente (Bijkerk, 1988).

| soort       | incidentele<br>begroving zand | incidentele<br>begroving slib | permanente<br>begroving zand | permanente<br>begroving slib |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| strandgaper | 12                            | 8                             | 5                            | 2                            |
| capitella   |                               |                               | 5                            |                              |
| wapenworm   | 50                            | 50                            | 10                           |                              |
| kokkel      | 16                            | 12                            | 17                           |                              |
| nonnetje    | 50                            | 40                            | 17                           | 15                           |
| zandzager   | 90                            | 60                            | 17                           | 35                           |
| wadpier     |                               |                               | 17                           | 10                           |
| draadworm   |                               |                               |                              | 11                           |
| mossel      | 2                             | 1                             |                              |                              |
| bathyporeia | 40                            | 20                            |                              |                              |
| slijkgaper  | 50                            | 40                            |                              |                              |

*Conclusie*

Op basis van de berekeningen van de verspreiding van boorspecie na het storten (van Vliet, 1997; Mulder, 1997) en de bovenstaande informatie worden geen permanent negatieve effecten verwacht. Tijdelijk negatieve effecten door bedekking komen alleen op de stortlocatie en in de directe omgeving voor.

**Begraven van microfytobenthos**

Storten van klei en slib heeft geen direct effect op de bodemflora (microphytobenthos) omdat alle stortlocaties per definitie, de schepen moeten er kunnen varen, een dusdanige diepte hebben dat fyto-benthos daar niet voorkomt. Wel kan er slib sedimenteren op intergetijdegebieden. Een groot deel van de voorkomende diatomeeën waaruit 99% van het microphytobenthos bestaat bezitten het vermogen om over korte afstanden naar het licht toe te migreren. Verwacht wordt dat het materiaal dat in een getijperiode sedimenteert te weinig is voor een effectieve begraving van het benthos. Lokaal kan er echter een te grote sedimentatie optreden, dit heeft een indirect effect voor de voedselbeschikbaarheid van ruiende bergeenden.

Bedekking, tijdelijk of permanent, van platen door slib is vooral van belang in juli en augustus wanneer ruiende bergeenden gebruik maken van diatomeeën als voedsel.

*Conclusie*

Lokaal kan door begraving negatieve effecten optreden op het micro-phytobenthos. Dit effect is vooral van belang in juli en augustus wanneer ruiende bergeenden gebruik maken van diatomeeën als voedsel.

**Versnelde ophoging van schorren**

Zonder het storten van boorspecie is de verwachting dat het areaal van de slikken in het westelijke deel stabiel zal blijven en in het midden deel licht zal toenemen. In het westelijke deel zijn de slikken bij Terneuzen, voor het Paulinaschor, langs de Hoofdplaat en bij de Staartse Nol min of meer stabiel. Slikverlies treedt in het laatste decennium vooral op langs de slikken van Zuidgors en Baarland.

De verwachting is dat het storten van slib lokaal bij kan dragen aan de opslibbing van slikken en schorren, waardoor deze versneld ophogen. Deze ophoging zal vooral op schorgebieden plaatsvinden en in veel mindere mate op slikgebieden. Door ophoging van schorren zullen deze minder snel overspoelen. Dit leidt tot een verandering in vegetatie waardoor met name Strandkweek zal gaan overheersen.

De schorophoging gaat verder gepaard met een vermindering van het oppervlak aan schorkreken, een verstelling van dieptegradiënten en daarmee een afname van het ondiep water areaal. Deze ondiep water gebieden zijn met name belangrijk voor jonge vissen en garnalen. Deze organismen zijn van groot belang als voedsel voor vogels. Daarom kunnen ook effecten optreden op vogelpopulaties.

*Conclusie*

Het storten van slib kan bijdragen tot een versnelde ophoging van schorren. Dit effect is permanent.

**Uitwisseling van stoffen uit baggermateriaal.**

*Zuurstofverbruik als gevolg van een verhoogde input van organisch materiaal en sulfide.*

Wanneer boorspecie gestort wordt zal er een hoeveelheid organisch materiaal in de waterkolom terecht komen. Bij eventuele oxydatie van dit materiaal zal er een zuurstofbehoefte ontstaan. Effecten op het zuurstofgehalte worden echter niet verwacht omdat de mineralisatie-snelheid klein is ten opzichte van de snelheid waarmee zuurstof beschikbaar komt.

Door storting van boorspecie zal sulfide in het systeem worden gebracht. Dit sulfide wordt snel geoxideerd. Dit heeft een effect op de zuurstofbalans. Echter, gegeven de grote dynamiek in het Schelde-estuarium wordt verwacht dat een eventueel tijdelijk optredende zuurstofloosheid op de stortlocaties door menging snel ongedaan wordt gemaakt. Alleen in slibsedimentatiegebieden zoals slikken en havens kan een tijdelijke zuurstofloze situatie ontstaan door sedimentatie van slib. Dit is van belang in schorkreken omdat hier veel (juvenile) garnalen voorkomen (Theede, 1973). De meeste schor-gebieden liggen echter dusdanig ver van de stortplaats af dat de verwachting is dat het meeste materiaal bij aankomst in deze gebieden reeds geoxydeerd zal zijn.

*Conclusie*

Er worden nauwelijks effecten verwacht op het zuurstofgehalte door het storten van boorspecie.

## 4.5. Gebruiksfuncties

### 4.5.1. *Effect op verkeersveiligheid scheepvaart*

#### **Risico van verkeersdrukte**

Zoals in hoofdstuk 2 is vermeld, vormt de Westerschelde een complexe, en zeer druk bevaren vaarroute. Indien de boorspecie per schip naar de verschillende stortlocaties wordt afgevoerd, zal de verkeersintensiteit op diverse vaarroutes verder toenemen. Elk bezoek van een splijtbak aan een stortvak leidt tot twee vaarbewegingen: met lading heen en leeg weer terug. De toename van de verkeersdrukte kan aanzienlijk zijn: Als de totale hoeveelheid van ruim 3 miljoen m<sup>3</sup> ('natte' kuubs) boorspecie met een schip met een inhoud van 1000 m<sup>3</sup> wordt gestort, dat leidt dit tot ruim 3000 bezoeken aan een stortlocatie en dus tot een totale toename van de verkeersdrukte met ruim 6000 vaarbewegingen. Afhankelijk van de huidige verkeersintensiteit (zee- en binnenvaart) op een traject kan dit ten opzichte van de situatie in 1995, een stijging van circa 7 tot 10% betekenen<sup>6</sup>.

De mate waarin een toename van de verkeersdrukte en de manoeuvres op stortlocaties tot een mogelijke toename van het aantal aanvaringen (de ongevalsfrequentie) leidt, valt op voorhand evenwel niet te bepalen. In hoofdstuk 2 (tabel 2.12) is de ongevalsfrequentie per deeltraject van de Westerschelde weergegeven. Bij onderlinge vergelijking van deze data blijkt dat er geen een eenduidige relatie bestaat tussen het aantal vaarbewegingen en de ongevalsfrequentie per traject. Men mag dan ook concluderen dat vooral de complexiteit van de vaarroute (breedte en diepte vaarweg, aanwezigheid van ankerplaatsen, kruisingen met in- en uitvarend havenverkeer en andere vaarwegen en (tijdelijke) werkzaamheden) bepalend is voor de kans op ongevallen.

Eén van deze 'tijdelijke werkzaamheden' is het per schip storten van de boorspecie op een stortlocatie. Eenmaal op de juiste plaats aangekomen zal het schip snelheid minderen en, al varend, zijn lading storten. Er is dus geen sprake van stilliggende schepen die een extra risico op aanvaringen vormen voor het reguliere scheepsverkeer. Niettemin zal de kans op aanvaringen als gevolg van het verschil in vaarsnelheid tussen een splijtbak en het reguliere scheepsverkeer en het manoeuvreren van de splijtbak (keren, oversteken van de vaarroute etc.) in beperkte mate toe kunnen nemen. Indien bij de locatiekeuze de huidige complexe vaargebieden worden vermeden, zullen de gevolgen voor de verkeersveiligheid echter zeer beperkt blijven.

Let wel, de mogelijke cumulatieve gevolgen van de extra werkzaamheden en activiteiten in de nabije toekomst zijn uiteraard nog niet in de ongevalsstatistieken verwerkt. Het betreft:

- de toename in verkeersintensiteit van baggerschepen ten gevolge van de verdieping en aansluitend het permanente vaargeulonderhoud. Deze toename verschilt per deeltraject;
- de in de komende jaren geplande toename van andere werkzaamheden in dit deel van de Westerschelde (steenbestortingen, wrakkenbergings);
- de aanvoer van materialen ten behoeve van de bouw van de tunnel (zand etc.)

<sup>6</sup> Bij deze berekening is nog geen rekening gehouden met aantal en ligging van de stortlocaties. Er is aangenomen dat totale toename in vaarbewegingen zich op één traject concentreert. Dit is echter niet het geval; door spreiding zal de werkelijke toename per traject slechts enkele procenten bedragen.

#### *Conclusie*

Het transport van boorspecie per schip leidt tot een beperkte, tijdelijke, toename van de verkeersintensiteit met maximaal 10% ten opzichte van de situatie in 1995. De mogelijke gevolgen voor de kans op ongevallen hangen echter met name af van de complexiteit van het traject en niet zozeer van de verkeersintensiteit. Doordat de splijtbakken al varende zullen storten, en indien bij de locatiekeuze de huidige complexe vaargebieden worden ontzien, zullen de gevolgen voor de verkeersveiligheid zeer beperkt blijven.

#### **Risico van transport van gevaarlijke stoffen**

Naast de gevolgen voor de algemene verkeersveiligheid, wordt specifiek aandacht besteed aan de invloed van het transport van boorspecie op het risico aan het transport van gevaarlijke stoffen (toxisch en explosief) op de Westerschelde. Het risico van een scheepsongeval waarbij een schip met gevaarlijke stoffen is betrokken, kan met behulp van onderstaande formule bepaald worden. Volgens deze formule is dit risico het produkt van:

- de kans op een aanvaring waarbij een dergelijk schip is betrokken;
- en de gevolgen van deze aanvaring voor milieu en omgeving,

oftewel: **RISICO (R) = KANS (k) maal GEVOLG (g)**

Conform deze formule is het evident dat het risico van een scheepsongeval op twee manieren geminimaliseerd kan worden, en wel:

- door de kans op een aanvaring zo klein mogelijk te laten zijn;
- en de eventuele gevolgen van een ongeval zo beperkt mogelijk te houden.

#### *De gevolgen van een aanvaring*

De gevolgen van een zwaar scheepsongeval voor het aquatische milieu en de directe omgeving van de Westerschelde zullen hoofdzakelijk afhangen van de lading van de betrokken schepen. Met name als een zeeschip dat gevaarlijke stoffen vervoert bij een aanvaring betrokken raakt, kunnen de gevolgen aanzienlijk zijn. De in te zetten splijtbak zal echter alleen schone specie vervoeren. Mocht de bak onverhoopt bij een aanvaring betrokken raken, dan levert het vrijkomen van de lading geen problemen op voor het aquatische milieu noch voor de directe omgeving van de Westerschelde.

#### *De kans op een aanvaring*

Volgens bovenstaande formule kan het transport van boorspecie ook door middel van de faktor 'kans' invloed hebben op het 'risico' dat kleeft aan het vervoer van gevaarlijke stoffen. Zoals vermeld draagt het transport van boorspecie bij aan de verkeersdrukke en daarmee ook in beperkte mate aan de kans op aanvaringen. Een toename van kans op aanvaringen leidt, bij gelijkblijvende gevolgen, tot een stijging van het risico dat kleeft aan het vervoer van gevaarlijke stoffen.

Het transport van gevaarlijke stoffen over de Westerschelde concentreert zich enigszins op het traject dat loopt vanaf de monding tot aan het Kanaal Terneuzen-Gent (Braakmanhaven, aanlegsteiger DOW). De mogelijkheid dat bij een ernstig ongeval ook een schip met een gevaarlijke lading betrokken raakt, is op dit traject dus groter dan elders op de Westerschelde. De kans op aanvaringen op dit traject is evenwel gering gezien de huidige, relatief lage, ongevalsfrequentie van  $3,35 \cdot 10^{-7}$  op het traject 'Buitenhaven Vlissingen-Sloehaven' en  $1,34 \cdot 10^{-7}$  op het traject 'Sloehaven-Kanaal Terneuzen/Gent'.

#### *Conclusie*

Gezien de relatief lage ongevalsfrequentie zal een toename van de vaardrukke van maximaal 10% op het traject waarop het transport van gevaarlijke zich concentreert, het traject 'Monding-Kanaal Terneuzen/Gent', geen gevolgen hebben voor de directe omgeving van de Westerschelde.

#### 4.5.2. Visserij

De commerciële visserij op de Westerschelde bestaat vrijwel uitsluitend uit tong-, kokkel- en garnalvisserij. De stort van boorspecie kan de vis- en schelpdierstand op verschillende manier beïnvloeden. Als het storten zandig materiaal betreft, dan zijn twee aspecten belangrijk: de plaats waar het materiaal sedimenteert en de hoeveelheid sediment per tijdseenheid die op deze plaats terecht komt. Op plaatsen met een voortdurend verhoogde sedimentatie kan een bedekking voorkomen die groter is dan de zogenaamde "fatale diepte" voor de kokkel en de garnaal. De stort van slibrijk materiaal kan leiden tot vertroebeling, tijdelijke zuurstofloosheid en de daaraan gerelateerde toename van het sulfidegehalte van de bodem. Vooral de garnaal is hier gevoelig voor.

#### Algemeen

De 'European Inland Fisheries Advisory Commission' heeft algemene troebelheidsniveaus vastgesteld voor de effecten op visserij (Bruton, 1985). Deze waarden gelden enkel voor zoetwaterfauna's maar kunnen indicatief zijn voor de fauna in het Westerschelde-estuarium. Deze niveaus zijn aangegeven in tabel 4-7.

Tabel 4-7 Troebelheidsniveau's voor de effecten op visserij (Bruton, 1985)

| concentratie SS (mg/l) | Resultaat                                    |
|------------------------|----------------------------------------------|
| < 25                   | geen                                         |
| 25-80                  | goede tot gemiddelde visserij                |
| 81-400                 | visserij soms mogelijk bij lagere grens      |
| 401-2000               | enkel arme visserij                          |
| > 2000                 | vissen overleven tijdelijk bij blootstelling |

Berekeningen (Salden, 1998) tonen aan dat de mogelijkheid bestaat dat vooral in het westen door het storten de troebelheid zo wordt vergroot dat tijdelijk een lagere klasse voor visserijkwaliteit wordt bereikt. Het huidige zwevend stofgehalte (SS) ligt tussen de 25-80 mg/l. Omdat deze waarden gelden voor zoetwater en niet voor meer (van nature) troebele estuaria zal dit effect waarschijnlijk niet erg groot zijn.

#### Kokkel

##### Bedekking

Het gevaar van begraven worden door boorspecie is voor kokkels in litorale banken zeer gering omdat het storten voornamelijk in de geulen plaats zal vinden. Het is wel mogelijk dat de fijnere fractie van de boorspecie zich verspreidt over de platen en de randen van de geulen in de buurt van een stortlocatie. Is er, zoals hier het geval is, sprake van frequente stortingen, dan kunnen de kokkels in nabijge-legen banken onder sediment bedolven raken. Uit literatuurstudie is gebleken dat de kokkels dit nog overleven wanneer de gemiddelde snelheid waarmee de bedekking plaatsvindt, niet meer bedraagt dan circa 15 tot 19 cm per maand (Bijkerk, 1988). In meer slikkig bedekingsmateriaal kost het de kokkels echter veel meer moeite om naar de bovenlaag te ontsnappen dan wanneer het gesedimenteerde materiaal (fijn) zandig is. In dezelfde studie wordt bij sedimentatie van slibrijk materiaal van 8 tot 10 cm per maand sterfte onder kokkels vastgesteld. Van Dalfsen (1994) constateert een hoge mortaliteit onder kokkels bij een directe lozing van zeer slibrijk baggerretourwater (30 tot 50 g slib per liter) op een litorale kokkelbank op het wad in Fer-werderadeel. Meer nog dan de bedekking houdt van Dalfsen echter de veranderende structuur van de bovenste sedimentlaag, tezamen met de lage zuurstofconcentraties in het retourwater, verantwoordelijk voor deze massale sterfte.

Overigens wordt een geringe bedekking van de kokkelbanken met slib als gunstig voor de visserij ervaren. Kokkels bevinden zich dan meer in de bovenlaag van de banken en kunnen eenvoudiger worden opgevist. Uit informatie (mondeling) van beroepsvissers wordt duidelijk dat een laagje slibrijk materiaal van circa 2 tot maximaal 5 cm op een zandige kokkelbank als positief wordt ervaren.

*Bedekking door zandig materiaal*

Met behulp van de sediment-transportmethode volgens McLaren kan bepaald worden waar het sediment, i.c. zand, na storting in een stortvak, uiteindelijk terecht komt. De McLaren methode is echter niet geschikt om de hoeveelheid sediment die op deze gebieden terecht komt, te bepalen. De mate en tijdsduur van de bedekking van kok-kellocaties is daarom gebaseerd op gemeten veranderingen in het verleden. In de MAS Baggerspeciestort Westerschelde is op basis van meetgegevens voor de periode '55 -'94 gekeken naar de relatie tussen gebruik van stortlocaties en veranderingen van plaathogten. Hieruit blijkt dat de gemiddelde jaarlijkse verhoging van de platen niet meer bedroeg dan maximaal zeven cm per jaar (Plaat van Ossensisse in de periode '78 - '82). Dit bij gemiddelde storthoeveelheden van circa 0,5 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar in dezelfde periode op de nabijgelegen (gelijknamige) stortlocatie (MAS Baggerstort Westerschelde, 1998). Dit is dus aanzienlijk minder dan de 'kritieke grens' van 15 à 19 cm per maand. Wel moet hierbij rekening gehouden worden met het feit dat geen van de locaties waar gestort zal gaan worden (zie hoofdstuk 5) is gebruikt als stortlocatie (voor zand) en dat bovengenoemde effecten dus niet rechtstreeks vertaalbaar zijn naar deze locaties.

Gegeven de marge tussen kritieke grens en gemeten verschil is het niet waarschijnlijk dat kokkelbanken negatief beïnvloed zullen worden als gevolg van sedimentatie van zandig materiaal. Bovendien is de totale hoeveelheid zand dat afkomstig is uit de tunnel aanzienlijk geringer dan de hoeveelheden die als gevolg van vaargeulonderhoud verplaatst worden.

*Bedekking van fijn materiaal*

De McLarenmethode is onbruikbaar om aan te geven waar gestort slib uiteindelijk sedimenteert. Normaal gesproken zal slib echter niet op de zandige kokkelbanken sedimenteren. Echter in de zomerperiode, met langere perioden van rustig weer, is het mogelijk dat een deel van het slib dat gestort is op nabijgelegen locaties, tijdelijk op de platen terecht komt. Waarschijnlijk zijn dit beperkte hoeveelheden die in het najaar ook weer verdwijnen. Berekeningen (Salden, 1998) hebben aangetoond dat de slibsedimentatie niet boven de 5 cm uit zal komen. Een negatief effect van slibsedimentatie wordt dan ook niet verwacht.

*Vertroubling als gevolg van het storten van slibrijk (anorganisch) materiaal*

Uit de studie van het WL (van Vliet, 1997) blijkt dat storten van klei en bentoniet slechts tot een beperkte, dat wil zeggen een lokale verhoging van de troebelheid tot gevolg is. Door vermenging en verspreiding neemt de concentratie snel af tot het normale achter-grondsniveau (Hoogeboom en Vroon, 1998).

Effecten die kokkels als gevolg van troebelheid kunnen ondervinden zijn:

- Een verminderd voedselaanbod. De lichtintensiteit in het water neemt af, waardoor de groei van fytoplankton vermindert. Dit effect is evenwel verwaarloosbaar (Cattrijsse, 1997).
- Wanneer er veel slib in het water komt moet de kokkel veel energie steken in het verwerken (uitscheiden) van ingevangen deeltjes, zodat hij onvoldoende toe komt aan de eigenlijke voedsel-voorziening.

De fysiologische en morfologische adaptaties van mossel en kokkel maken het voor deze soorten mogelijk om in troebele omstandigheden te leven. Wanneer de totale concentratie gesuspendeerde klei gemiddeld genomen niet sterk zal stijgen dan zijn er natuurlijk weinig negatieve effecten te verwachten. Berekeningen (Salden, 1998) tonen aan dat de stijgingen binnen de natuurlijke variatie liggen. Welke extreem hoge concentraties gesuspendeerd klei deze soorten kunnen verdragen op korte en lange termijn blijft voorlopig onbekend. Mossels en kokkels neutraliseren het effect van een verhoogde concentratie gesuspendeerd materiaal op efficiënte wijze door de eliminatie-snelheid en de consumptiesnelheid te verhogen, door organisch materiaal gebonden aan het slib te gebruiken en/of door een verbeterde assimilatie van de opgenomen algen (Kiorboe et al. 1981). Het blijft de vraag in hoeverre deze fysiologische aanpassing overleving mogelijk blijft maken onder steeds toenemende concentraties gesuspendeerd materiaal.

*Conclusie*

Sedimentatie van zandig en slibrijk materiaal op platen zal beperkt blijven, waardoor de kokkelvisserij niet tot nauwelijks beïnvloed zal worden door de stort van boorspecie. In het algemeen zal ook vertroebeling nauwelijks tot problemen leiden. Kokkels zijn in staat om zich aan te passen aan verschillende concentraties gesuspendeerd fijn materiaal.

**Garnaal**

De (gewone) garnaal is weinig gevoelig voor de bedekking met sediment omdat deze bij verhoogde sedimentatie onmiddellijk zijn positie verlaat en weg zwemt. Wel is bekend dat de garnaal niet bestand is tegen blootstelling aan lage zuurstof (en hoge sulfide) gehalten gedurende een periode langer dan 2 uur (Bijkerk, 1988). Lage zuurstofgehalten wil in dit geval zeggen, gehalten lager dan 0,2 mg/l (Theede, 1973). Dit is een vrijwel zuurstofloze situatie. Een verhoogd sulfidegehalte betekent een concentratie groter dan 7 mg/l (Theede, 1973). De beschikbaarheid van sulfide is gekoppeld aan zuurstofloosheid.

Door de grote dynamiek in het Schelde-estuarium kan verwacht worden dat de eventueel optredende zuurstofloosheid op de stortlocaties door menging snel ongedaan wordt gemaakt. Alleen in slibsedimentatiegebieden (slikken, havens) kan een tijdelijke zuurstofloze situatie ontstaan door sedimentatie van slib. Dit is alleen van belang in schorkreken omdat hier veel (juvenile) garnalen voorkomen.

Bij het storten van sediment op locaties waar garnalen voorkomen zullen deze (tijdelijk) verjaagt worden. Bij veelvuldig storten zal de verstoring navenant groter zijn.

#### *Conclusie*

De garnaalvisserij zal nauwelijks worden beïnvloed door het storten van boorspecie. De garnaal is niet gevoelig voor bedekking en gezien het feit dat de garnaalvisserij vooral plaatsvindt in de diepere en meer dynamische gebieden is de kans op langdurige zuurstofloosheid zeer gering. Een mogelijk gevolg is dat de garnaal een mogelijke visserij-locatie verlaat. Bij frequent storten zal deze verstoring navenant groter zijn.

#### **Tong**

Tong wordt aangetroffen in zout water met een diepte variërend van 1 tot 200 meter diepte. De dieren leven in een zachte modderbodem of op plaatsen met fijn zand en slik. Overdag liggen de dieren meestal ingegraven in de bodem. 's Nachts worden ze actief en gaan op zoek naar voedsel. Wanneer er door vertroebeling minder licht tot op de bodem doordringt zijn de dieren overdag ook actief (van Beek et al., 1989).

De piek van het paaiseizoen van de tong ligt in het zuidelijk Noordzee-gebied in mei. Het (belangrijkste) paaigebied van de tong in het Westerschelde gebied ligt op de Vlakte van Raan. Ook het estuarium wordt gebruikt als paaigrond, maar wel in mindere mate dan het Noordzeegebied. De eieren worden in de geulen (pelagisch) afgezet en worden meegevoerd met de stroming naar de opgroeigebieden. Het relatieve belang van de Westerschelde als opgroeigebied voor jonge tong is betrekkelijk gering. In de periode oktober-november trekken zowel de jonge als de oude vissen weer richting dieper water (Bruyne, 1990).

De effecten van het storten op tong worden gering geacht. Volwassen tong leeft in diepe geulen en ligt overdag ingegraven in de bodem. Daardoor zou deze door storten eventueel bedolven kunnen worden. Dit effect is evenwel niet onderzocht. Volwassen tong komt echter alleen in het mondingsgebied in grotere aantallen voor (Hostens et al, 1996), en daar zal zeer weinig gestort worden. Jonge tong leeft in ondiepe gebieden als schorkreken, waar de directe invloed zeer gering zal zijn. Effecten zijn voornamelijk te verwachten in de periode dat de jonge tong via de (diepere) geulen de opgroeigebieden in de Westerschelde intrekt. Dit gebeurt (vooral) in april en mei (Hostens et al, 1996). Larvale vissen gebruiken de lichtintensiteit als diepteregulatie en bij verhoogde troebelheid komen de larven in ondieper water voor. In de Westerschelde laten de larvale vissen zich bij de ebstroom op de bodem zakken met als nettoresultaat een immigratie vanuit het zoute water naar de kinderkamer van de brakwaterzone. Door verhoogde troebelheid in het westelijke deel kan dit proces worden verstoord.

#### *Conclusie*

Voor de tongvisserij zijn er vrijwel geen directe effecten te verwachten. Bedelving met sediment lijkt onwaarschijnlijk en indien dit zich voor zou doen, alleen lokaal van aard. Het is wel mogelijk dat verhoogde troebelheid in het westelijke deel de juvenile populatie verstoort.



## Recreatie

### *Oeverrecreatie*

De stort van boorspecie van met name slibrijk materiaal kan een tijdelijke, lokale, verhoging van de troebelheid tot gevolg hebben. Een dergelijke lokale verhoging van het slibgehalte kan dikwijls vanaf de oever als een (slib)patroon in het water worden waargenomen. Oever-recreanten langs de Westerschelde maken echter weinig gebruik van het water (bijv. om te zwemmen) zodat de eventuele hinder voornamelijk visueel van aard is. Dergelijke patronen komen als gevolg van onder andere dichtheidsverschillen (zoet en zout water) en niet gelijk-matige vermenging van slibrijk en slibarm water ook van nature in de Westerschelde voor. Het is dan ook niet waarschijnlijk dat een lokale en tijdelijke verhoging van de troebelheid, in de vorm van dergelijke slibpatronen recreanten zal afschrikken om van het water gebruik te maken, laat staan dat dit effect heeft op andere vormen van oeverrecreatie.

Zoals in hoofdstuk 2 vermeld bevinden zich verspreid langs de Westerschelde kleine zandstrandjes die extensief gebruikt worden. In theorie is het mogelijk dat een deel van het gesuspendeerde fijne materiaal op deze strandjes sedimenteert. De kans daarop is echter gering. Bij het storten van specie komt maar een klein deel in de waterkolom, de rest komt op de bodem terecht. Het bodemdeel zal zeer waarschijnlijk niet terecht komen op de strandjes omdat daar op dit moment ook geen slib sedimenteert. Een deel van het slib in de waterkolom kan tijdelijk op de strandjes terecht komen. Dit zal echter ook weer snel (bij een volgende overspoeling) verwijderd worden.

Daarnaast kunnen oeverrecreanten ook hinder ondervinden van de aanwezigheid, dat wil zeggen visuele en geluidshinder, van een splijtbak in hun directe nabijheid. In de MER ten behoeve van proefboringen in de Waddenzee is het bepaald dat een afstand van circa 500 meter of minder van de recreatiegebieden als storend wordt beschouwd (MER proefboringen, 1996). Daarbij past evenwel de kanttekening dat deze afstand voor een specifieke situatie in de Waddenzee werd gehanteerd. Het is zeer de vraag of oeverrecreanten in de Westerschelde ten aanzien van visuele en/of geluidshinder dezelfde perceptie hebben. De situatie in de Westerschelde, met een panorama van intensief scheepsverkeer (inclusief permanent achtergrondgeluid) is wezenlijk anders dan in de Waddenzee. Het huidige achtergrondgeluidsniveau van ten gevolge van de scheepvaart bij de oevers ligt boven de 40 dB(A). Berekeningen (Oranjewoud, 1997b) tonen aan dat het geluidsniveau ten gevolge van baggeractiviteiten gelijk blijft of slechts licht zal stijgen. Een deel van de bezoekers brengt juist vanwege het scheepsverkeer een bezoek aan de Westerschelde (Beems, et. al., 1988).

### *Conclusie*

De extensieve oeverrecreatie langs de Westerschelde zal niet tot nauwelijks beïnvloed worden door het transporteren en storten van boorspecie. De recreanten maken slechts zeer beperkt gebruik van het water en een passerende splijtbak zal waarschijnlijk niet als een storend element worden beschouwd.

### *Sportvisserij*

De effecten op de sportvisserij komen in dit document specifiek aan de orde. In tegenstelling tot andere oeverrecreanten, waarbij duidelijk van enkele (beperkte) concentratiegebieden sprake is, zijn sportvissers langs de oevers van de gehele Westerschelde te vinden (hoofdstuk 2). Als gevolg van sterke stroming en druk scheepsverkeer is de sportvisserij vanuit bootjes daarentegen beperkt (Beems et al., 1988).

Volgens onderzoek in de Waddenzee ervaren sportvissers bewegingen van baggerschepen op een afstand van minder dan 500 meter als negatief (MER proefboringen, 1996). Met de apparatuur die sportvissers in de Westerschelde gebruiken, vissen sportvissers tot maxi-maal 300 meter buiten de oever. Indien bij het transport en het storten van boorspecie deze marge van 300 meter wordt gehanteerd voorzien de sportvissers geen effecten (expert judgement Nederlandse Vereniging Van Sportvisfederaties, NVVS, ten behoeve van MAS Baggerspecie 1998). Er zijn echter weinig plaatsen langs de oevers van de Westerschelde waarbij de splijtbak zich dichterbij deze afstand bij de oever kan begeven. Op plaatsen waar dit wel mogelijk is, zal de omvang van de hinder voor de sportvissers zeer beperkt, slechts van tijdelijke aard en indien nodig eenvoudig te vermijden zijn.

#### *Conclusie*

Aangezien het grootste deel van de sportvissers vanaf de oever vist, is de mogelijke hinder zeer beperkt.

#### **Recreatievaart**

De recreatievaart concentreert zich voornamelijk in het mondings-gebied, in de nabijheid van Vlissingen en Breskens en in mindere mate rondom Terneuzen. De ruimtelijke spreiding van de recreatievaart op de Westerschelde is moeilijk in beeld te brengen omdat recreatie-vaartuigen, ten opzichte van de beroepsvaart, minder aan (betonde) vaarroutes gebonden zijn. Uit enquêtes eind jaren tachtig gehouden komt naar voren dat circa de helft van de recreatievaarders binnen de betonnen blijft varen (Pettersen, 1990). Er zijn geen aanwijzingen dat hierin verandering is opgetreden. In hetzelfde onderzoek komt ook naar voren dat er weinig door nevenwateren wordt gevaren, m.u.v. 'het vaarwater langs de Hoofdplaat en de Springergeul'. Toch kan men ook op deze route niet spreken van een concentratie aan recreatie-vaartuigen.

De hinder die de recreatievaart kan hebben van het transport per splijtbak van boorspecie is de toegenomen vaardruk op de trajecten van en naar de stortlocaties. Doordat recreatievaarders en de beroepsvaart dikwijls andere vaarpatronen hebben kunnen er gevaarlijke situaties ontstaan. Hoe drukker de beroepsvaart, al dan niet als gevolg van vaarbewegingen van splijtbakken, hoger groter de kans dat tussen beide watergebruikers hinder ontstaat. Deze hinder resulteert vrijwel nooit in daadwerkelijke aanvaringen (Petersen, 1990).

#### *Conclusie*

De recreatievaart kan mogelijk geringe hinder ondervinden van de vaardruk als gevolg het transport van boorspecie per splijtbak. Gezien de ruimtelijke spreiding van de recreatievaart zijn er in het zoekgebied geen gebieden aan te wijzen waarbij de kans op hinder groter is (behalve in de directe nabijheid van recreatiehavens). Als de boorspecie in de monding wordt gestort (in de nabijheid van Vlissingen en Breskens) dan neemt de hinder voor de recreatievaart aanzienlijk toe).

#### *4.5.3. Archeologie & Scheepswrakken*

##### **Archeologie**

Van negatieve beïnvloeding van archeologische of cultuurhistorische waarde is sprake wanneer archeologisch interessante locaties blootstaan aan erosieën, in mindere mate, sedimentatieprocessen. Daarnaast kan op lokale schaal schade aan het bodemarchief ontstaan als de gestorte boorspecie met kracht de bodem raakt. Ten behoeve van de MAS baggerspeciéstort Westerschelde heeft de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB Zeeland) informatie geleverd over de belangrijkste archeologische

terreinen/vindplaatsen in en langs de Westerschelde (MAS Baggerspeciéstort Westerschelde, 1998) (zie figuur 2.28). Als kan worden vermeden dat de boorspecie op deze vindplaatsen, of de directe nabijheid daarvan, wordt gestort dan zullen er naar verwachting geen negatieve effecten optreden.

*Conclusie*

Bij zorgvuldige locatiekeuze zullen er naar verwachting geen negatieve effecten m.b.t. de archeologie optreden.

**scheepswrakken**

In het kader van de verdieping van de vaargeul worden de in de vaargeul gelegen scheepswrakken vanaf begin 1998 geborgen. Omdat de bergingsactie in dezelfde periode plaatsvindt als het storten van de boorspecie zal het storten op locaties waar de scheeps-wrakken liggen deze bergingsactie belemmeren. De locaties waar scheepswrakken liggen is aangegeven in figuur 2-29.

*Conclusie*

Het (gelijktijdig) storten van boorspecie op locaties waar zich scheepswrakken bevinden, kan de berging ervan belemmeren.

**4.5.4. Infrastructuur**

**Sedimentatie van slib in havens**

Doordat de stroomsnelheid van het water in havens veel geringer is, krijgt slib in suspensie er de kans om te sedimenteren. Samen met de natuurlijke sedimentatieplaatsen zoals schorren en slikken vormen havens dan ook de belangrijkste gebieden waar slib sedimenteert.

Berekeningen (Mulder, 1997) geven aan dat met name de bodem-helling van invloed is op de verspreiding van slib over de bodem (95% van het geheel). Alleen bij een kleine hellingshoek is de stromings-richting van belang. De invloed van de stroming op een gestorte hoeveelheid van 1000 m<sup>3</sup> beperkt zich tot een maximale verspreiding van 200 meter in de stromingsrichting. Bij een grote hellingshoek verspreidt de specie zich tot 800 meter in de hellingsrichting. De helling voor de haven bepaald dus de grootte van de mogelijke extra sedimentatie in havens wanneer voor de havenmond gestort zou worden.

Om een oordeel te kunnen geven over een eventuele toename van de sedimentatie in havens van slib in suspensie moet de transportweg van het gestorte slib berekend worden. Deze transportweg wordt gedefinieerd als de maximale afstand waarover het slib zich binnen één getij verplaatst na stort op een locatie. Als vervolgens deze transportweg van slib is bepaald, kunnen de afstand geselecteerd waarbinnen directe sedimentatie naar de havens niet waarschijnlijk is.

*Conclusie*

Bij het storten van boorspecie is de kans op extra sedimentatie voornamelijk afhankelijk van de hellingshoek van de bodem voor de havenmond. Voor slib in suspensie is de extra sedimentatie afhankelijk van de transportweg van het sediment.

**Aanzanding van drempels in de hoofdgeul**

Het storten van zand in de hoofdgeul is vanuit baggertechnisch oogpunt niet gewenst. In de hoofdgeul bevinden zich drempels die op diepte worden gehouden. Als een drempel en een stortlocatie (te) dicht bij elkaar liggen, in ieder geval binnen de transportweg van zand, zal de retourstroom van zand vanuit de stortlocatie rechtstreeks op de drempel terecht komen. Naast de gebaggerde drempels zijn er nog vele andere natuurlijke

sedimentatiegebieden. Bij een lange(re) transportweg tussen drempel en stortlocatie zal een aanzienlijk deel van de gestorte specie in deze gebieden sedimenteren. Dus hoe verder de stortlocaties van de drempels af liggen, hoe kleiner de kans is dat het zand op deze drempels terecht komt. Indien de boorspecie in hoofdgeul wordt gestort, is de transportafstand tot de drempels relatief kort; bij stort in een nevengeul neemt deze afstand aanzienlijk toe.

De mate waarin de stort van boorspecie tot een versnelde aanzanding van drempels leidt en daarmee tot extra baggerinspanning, valt met de huidige kennis niet te voorspellen. Bij de verdieping en onderhoud van de vaargeul wordt beleidsmatig een afstand van minimaal 2,5 km tussen stortlocatie en dichtstbijzijnde drempel gehanteerd. De inschatting is dat deze afstand voldoende is om versnelde sedimentatie op drempels te beperken.

Bovendien blijkt uit tabel 4-8 dat de relatieve bijdrage van zandige boorspecie aan de stort van onderhoudsbaggerspecie een stuk kleiner is dan de relatieve bijdrage aan de baggerinspanning.

#### *Conclusie*

De stort van boorspecie kan tijdelijk tot een toename van de baggerinspanning leiden. Deze toename zal beperkt zijn omdat de totale hoeveelheid te storten zandige boorspecie relatief klein is. De aanzanding kan verder worden beperkt als er voldoende afstand tussen stortlocatie en drempel wordt aangehouden.

#### **Kabels en leidingen**

Door het storten van boorspecie kunnen door de kracht waarmee de dichtheidsstromen de bodem raken kuilen ontstaan. Daarnaast kan het storten van kleibrokken ontgrondingskuilen doen ontstaan. Hierdoor bestaat de kans dat leidingen die in de bodem van de Westerschelde liggen bloot komen te liggen. Deze kans is echter niet groot.

#### *Conclusie*

Het storten van boorspecie op, of in de directe nabijheid van, leidingenstraten in de Westerschelde vergroot in beperkte mate de kans op beschadiging.

Tabel 4-8 Relatieve bijdrage boorspecie (zand) aan de baggerinspanning en storten baggerspecie

Stort zandige boorspecie in miljoenen m<sup>3</sup> en als percentage van de baggerinspanning

| jaar | hoeveelheid baggerwerk<br>Plaat.v.Terneuzen | hoeveelheid baggerwerk<br>drempel v. Borssele | hoeveelheid te storten zandige<br>boorspecie | stort in % van de<br>baggerinspanning |
|------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1999 | 0,2                                         | 1,2                                           | 0,3                                          | 21                                    |
| 2000 | 0,2                                         | 1,2                                           | 0,4                                          | 29                                    |
| 2001 | 0,2                                         | 1,2                                           | 0,1                                          | 7                                     |

Stort zandige boorspecie in miljoenen m<sup>3</sup> en als percentage van de hoeveelheid te storten baggerspecie in nevengeulen

| jaar | storthoeveelheid<br>baggerspecie in<br>nevengeulen | storthoeveelheid<br>boorspecie | boorspecie in %<br>baggerspecie |
|------|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1999 | 5,8                                                | 0,3                            | 5                               |
| 2000 | 5,8                                                | 0,4                            | 7                               |
| 2001 | 4                                                  | 0,1                            | 3                               |

#### **Waterkering**

Duurzaam behoud van veiligheid van het achterliggende polderland tegen overstromingen is de voorwaarde van de in de Wet op de Waterkering vastgestelde veiligheidsnorm. De waterkerende functie in de Westerschelde wordt vervuld door zeedijken al dan niet in combinatie met vooroeververdediging.

Voor een goede werking van de waterkering is niet alleen de dijk van belang maar ook een zone aan weerszijden van de kering. De bodem-ligging in deze beschermingszones is direct van invloed op het water-kerend vermogen en/of op de grondmechanische stabiliteit van de kering (Beleidsplan voor de Zeeuwsche kust en Westerscheldeoevers, 1995).

In de Westerschelde zijn in het verleden veelvuldig oever- en dijkvallen opgetreden. De valgevoeligheid hangt voornamelijk af van de verwekingsgevoeligheid van de bodem. Verwekingsgevoelige gebieden zijn gebieden waar de dijk is gelegen op gebieden waar de ondergrond voornamelijk bestaat uit jong zeezand (losse pakking, hoge porositeit). Om dijk- en oeverwallen te voorkomen moet binnen een bepaalde zone van de oever niet gestort worden.

#### *Conclusie*

Storten van boorspecie binnen een bepaalde zone van de oever kan bij verwekingsgevoelige gebieden tot dijkval leiden. Door bij de locatiekeuze hiermee rekening te houden kan dit effect vrijwel worden voorkomen.

#### *4.5.5. Delfstoffenwinning*

##### **Zandwinning**

In 1996 waren 5 gebieden in het westelijke deel als zandwingebied aangewezen (zie Figuur 4-1). De zandwinning is echter in het oostelijke deel van de Westerschelde geconcentreerd zodat er in deze gebieden slechts weinig gewonnen zal worden. Daarnaast is er nog 1 zandwingebied aangewezen voor zand te gebruiken bij de tunnelaanleg. Het storten van slib, kleibrokken in zandwingebieden zal het zand tijdelijk 'verontreinigen'. Omdat 'Westerschelde-zand' juist als kwalitatief hoogwaardig zand op de markt gebracht wordt, wordt zandwinning in deze wingebieden commercieel minder aantrekkelijk. Door de tijdelijke 'vervuiling' met fijnere deeltjes wordt het zand minder bruikbaar voor verschillende toepassingen. Het is niet aan te geven of de stort van het glauconiethoudend zand in zandwingebieden ook gevolgen heeft. In een studie van het ingenieursbureau Oranjewoud is het onzeker of dit zand geschikt is voor toepassing als constructieve ophoging (DWW, 1998). Storten van glauconiethoudend zand op zandwinlocaties zal daarom de (commerciële) aantrekkelijkheid van dit zand negatief beïnvloeden.

#### *Conclusie*

De stort van slib, kleibrokken en glauconiethoudend zand op zandwinlocaties zal een negatief effect hebben op de hoogwaardige kwaliteit van het zand dat er wordt gewonnen wordt. Naar verwachting is dit een tijdelijk effect.

##### **Schelpenwinning**

De winning van schelpen betreft zowel 'nieuwe' als fossiele schelpen. Nieuwe schelpen, de zogenaamde kokkeltarra, worden op aangewezen locaties in de Westerschelde gestort. Hiervoor zijn drie locaties aangewezen: het Vaarwater langs de Hoofdplaat, een strook langs de Plaat van Baarland en een locatie nabij Hansweert (Storm, 1997).

Een mogelijke interactie tussen de 'schelpenlocaties' en de stort van boorspecie is een verhoogde sedimentatie op deze locaties. Daarbij is een beperkte sedimentatie niet hinderlijk, met name omdat het bij de huidige winningsmethode door middel van een sleepopperzuiger, een beperkte bedekking van de schelpen met zand geen probleem oplevert.

Het merendeel van de schelpen die nu in de Westerschelde wordt gewonnen, bestaat uit deze fossiele soorten op reeds aanwezige schelpenbanken. De exacte winningslocaties zijn echter niet bekend. Er zijn wel gebieden waar voor schelpwinconcessies zijn aangevraagd (Figuur 4-2).

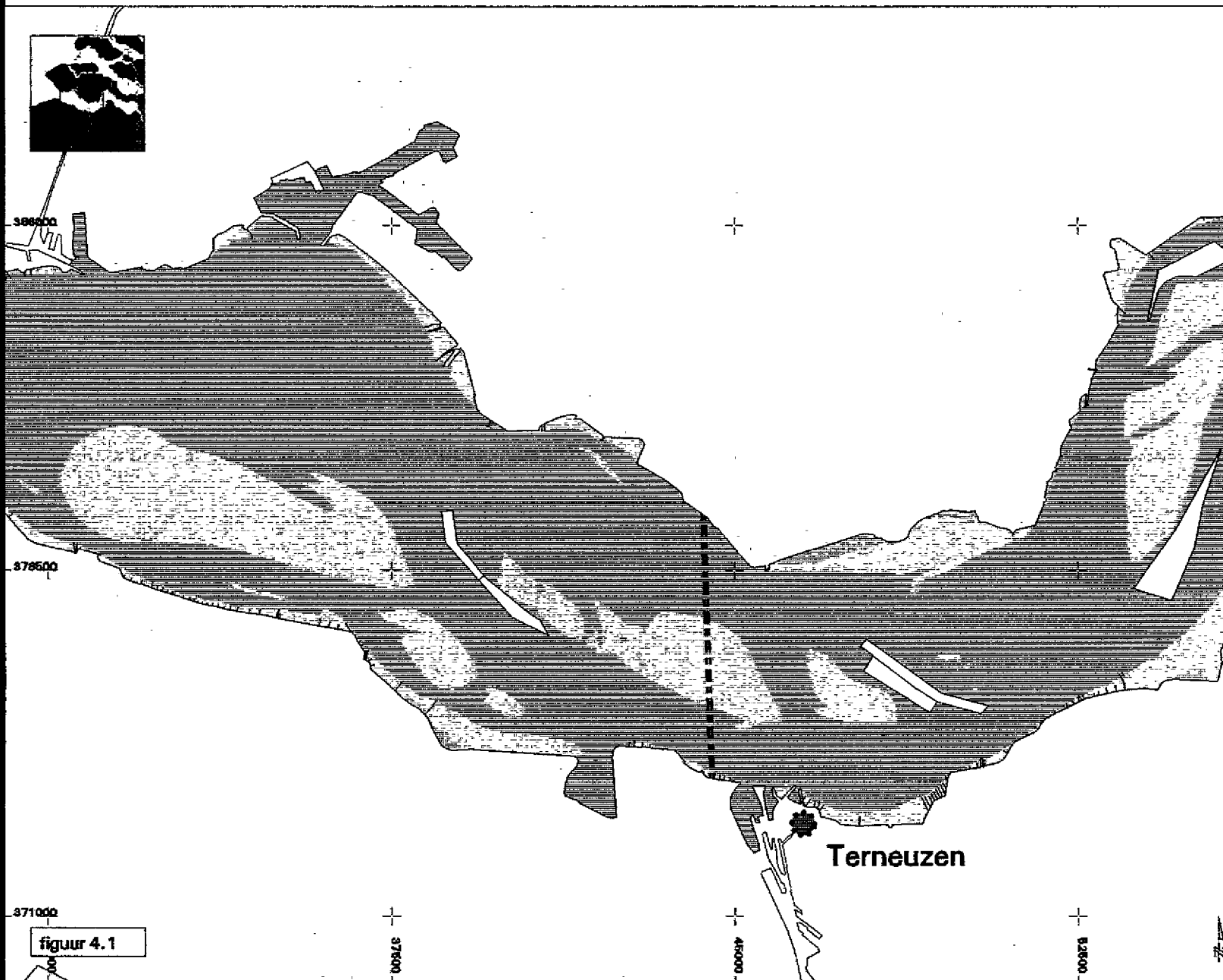
De verwachting is echter dat de effecten op schelpenwinning gering zijn. Schelpenwinning vindt plaats in een dynamisch milieu. Sterk wisselende omstandigheden, zoals zich verplaatsende stroomgeulen, leiden ertoe dat bestaande schelpenbanken wederom onder het sediment kunnen verdwijnen en dat nieuwe banken bloot komen te liggen. Het is goed mogelijk dat de stort van sediment op bepaalde locaties dezelfde gevolgen heeft

#### *Conclusie*

De stort van boorspecie op schelpenwinlocaties kan de winning tijdelijk belemmeren.

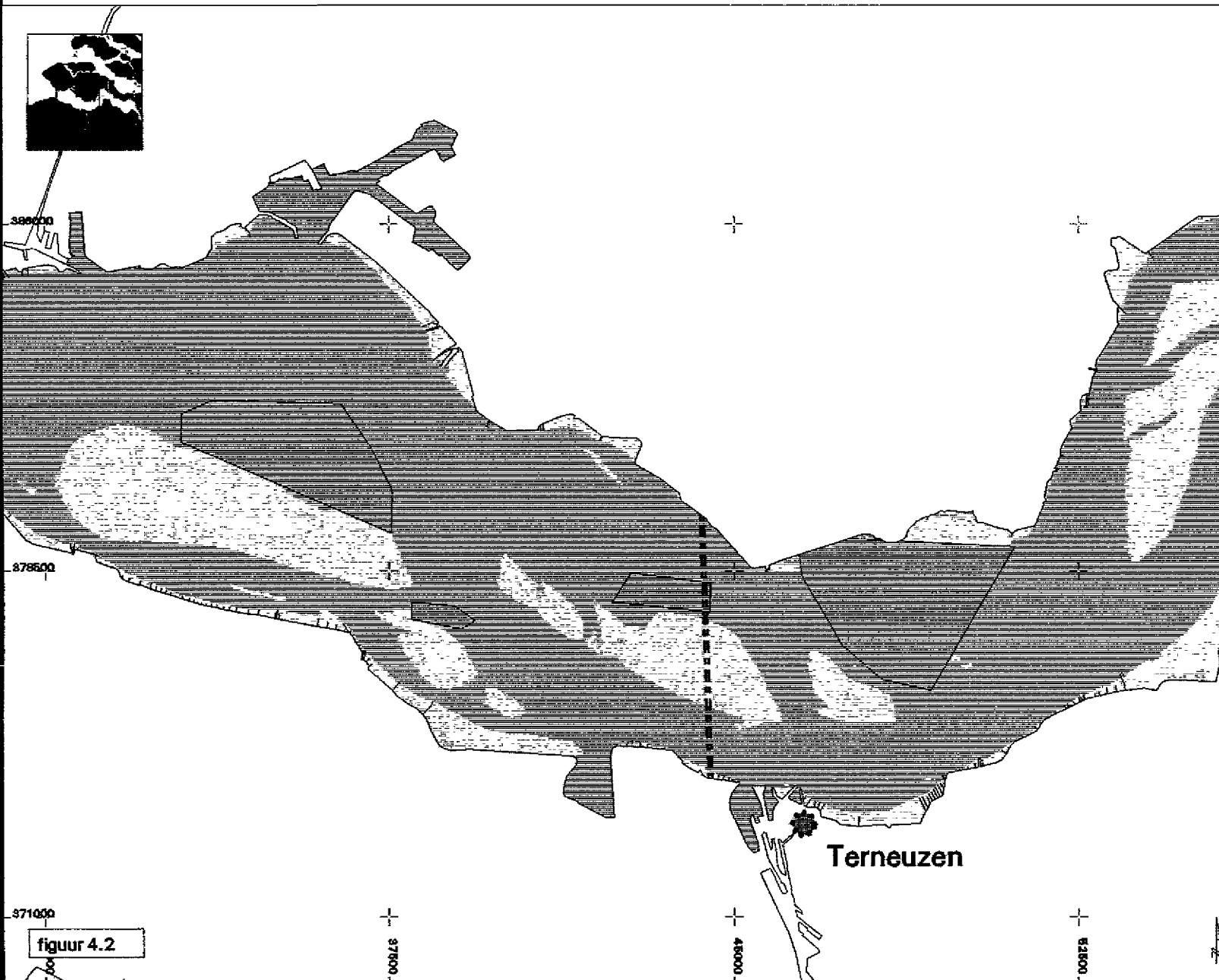
# Zandwingebieden (concessiehouders 94-96)

## Gebruiksfunctie Westerschelde - tunnel gebied



# Schelpwingebeden

## Gebruiksfunctie Westerschelde - tunnel gebied



### Legenda

== tracé tunnel

lager dan NAP -2m

hoger dan NAP -2m

schelpwingebeden

Bron: RWS Directie Zeeland

Datum: 04-JUN-1998

0 2,5 5 km

MER Boorspecie Westerschelde-  
tunnel



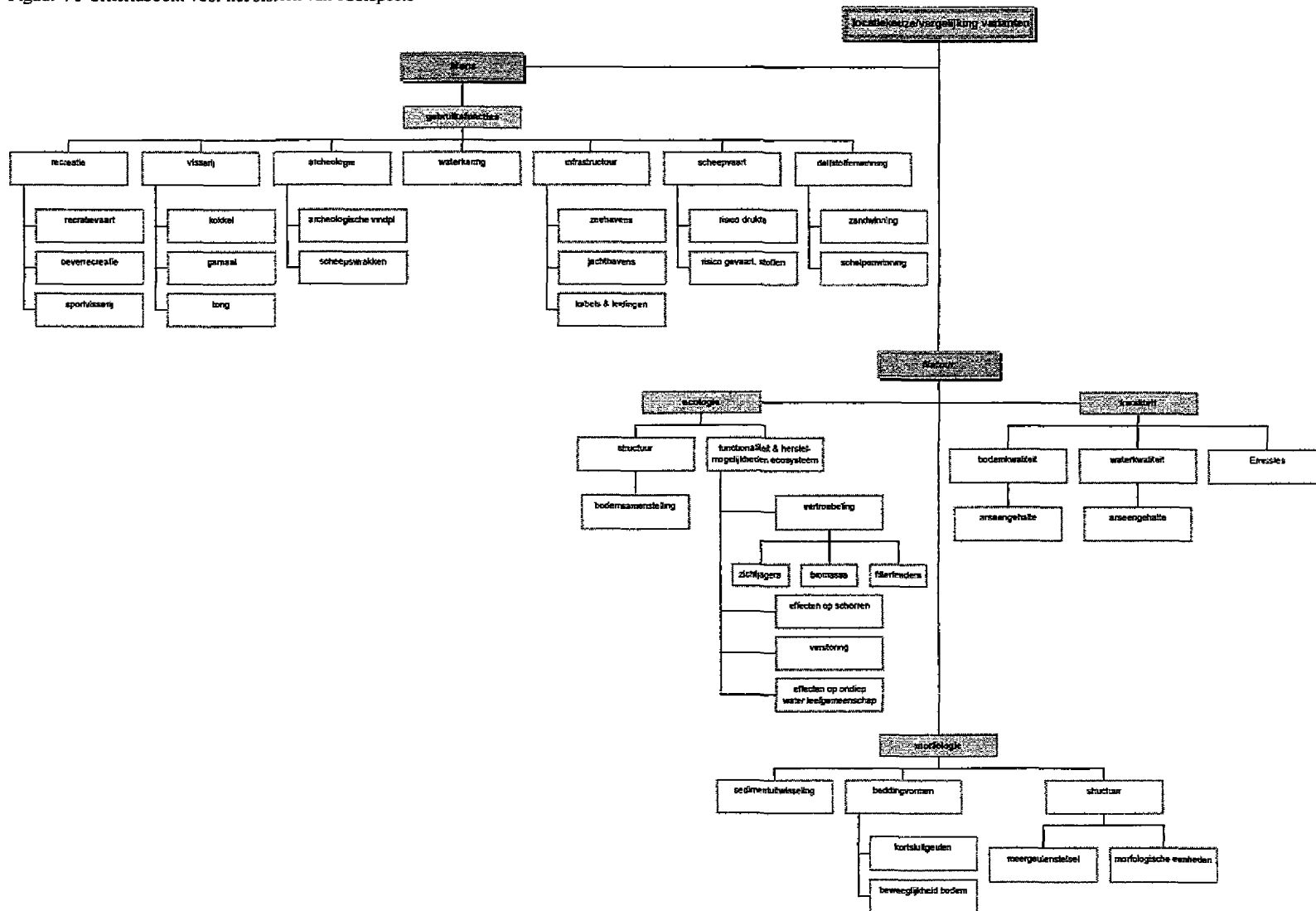
drs. K.G. L. L. L.  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / Rijkswaterstaat Middelburg



#### 4.6. overzicht

De effecten van het storten die in dit hoofdstuk zijn bekeken, zullen in hoofdstuk 5 worden gebruikt bij het vaststellen van de criteria voor de keuze van de stortlocaties, en in hoofdstuk 7 voor het vergelijken van de onderscheiden stortvarianten. Deze effecten, c.q. criteria, kunnen hiërarchisch in een criteriastructuur worden weergegeven. Figuur 4-3 geeft hiervan een overzicht; deze zogenaamde criteriaboom. Elk criterium op het laagste niveau, de onderste vertakking in de boom, is verbonden aan een in dit hoofdstuk beschreven milieu-effect. Aspecten, het bovenliggende niveau, vormen een samenvoeging van enkele criteria. Op een nog hoger niveau staan de disciplines die zijn behandeld; morfologie & getij, kwaliteit, ecologie en gebruiksfuncties. Op het hoogste niveau worden twee invalshoeken onderscheiden: natuur en mens. De disciplines morfologie & getij, kwaliteit en ecologie vallen onder de invalshoek natuur, de discipline gebruiksfuncties onder de invalshoek mens. Door de 1 op 1 relatie tussen mens en gebruiksfuncties zal de extra stap van de gebruiksfuncties verder in het rapport worden weggelaten.

Figuur 4-3 Criteriaboom voor het storten van boorspecie



## 5. Locatiekeuze voor het storten van boorspecie Westerscheldetunnel

---

### 5.1. Inleiding

In dit hoofdstuk komt de keuze van de stortlocaties van boorspecie aan de orde. Deze locatiekeuze wordt gemaakt op basis van de in hoofdstuk 4 beschreven effecten. Een belangrijk deel van deze effecten kan vermeden c.q. gemitigeerd worden door een zorgvuldige, goed afgewogen, keuze van de stortlocaties. De doelstelling daarbij is om alleen die locaties te kiezen waar de effecten op het functioneren van de Westerschelde (ook m.b.t. het menselijke gebruik) zo minimaal mogelijk zijn.

#### 5.1.1. Voorgeschiedenis

In de startnotitie 'Boorspecie Westerscheldetunnel' zijn 14 locaties geselecteerd waar boorspecie gestort kan worden. Deze locaties zijn gekozen op basis van zowel algemene- als ook specifieke criteria voor de stort van drie verschillende materialen: zand, slib en kleibrokken. Deze voorlopige keuze van stortlocaties diende in het MER nader gemotiveerd te worden. Gedurende de MER-procedure is echter besloten van deze eerdere keuze af te zien. Deze beslissing is genomen om de volgende redenen:

1. Bij de locatiekeuze in de startnotitie werd er van uitgegaan dat het materiaal gescheiden gestort zou kunnen worden. Nieuwe inzichten hebben echter duidelijk gemaakt dat het meeste materiaal uit de tunnel in gemengde vorm beschikbaar komt.
2. De criteria waarop de locaties werden gekozen, waren soms te algemeen geformuleerd waardoor een duidelijke onderbouwing niet goed mogelijk was.
3. Gezien de vele belangen in het Westerscheldegebied is het onvermijdelijk dat enkele criteria tot tegenstrijdige conclusies leiden. Een nadere afweging is dan noodzakelijk, maar werd in (de onderbouwing) van de startnotitie niet gemaakt.

Om bovengenoemde bezwaren te ondervangen is besloten om een nieuwe locatiekeuze uit te voeren. Daarbij is getracht om een werkwijze te hanteren die transparant en reproduceerbaar is.

#### 5.1.2. Aanpak

Bij de keuze van stortlocaties spelen veel factoren een rol. Voor een weloverwogen keuze dient rekening te worden gehouden met inhoudelijke, juridische en beleidsmatige aspecten. Dit veelvoud aan aspecten maakt het keuzeproces evenwel ondoorzichtig. Dikwijls is het onduidelijk welk argument een doorslaggevende rol heeft gespeeld. Een systematische aanpak betekent dan ook een ordening van de voor het keuzeproces relevante aspecten. Daartoe kunnen in eerste instantie de volgende vragen worden gesteld:

**Waar kunnen de schepen niet storten en waar mag niet gestort worden?**  
Met andere woorden: welke *fysieke* en *juridische* beperkingen kleven er aan de stort van boorspecie. Het antwoord op deze vraag levert de randvoorwaarden voor de locatiekeuze op.

**Zijn er nog meer gebieden die op voorhand dienen te worden uitgesloten?**

Het gaat hier om gebieden waarvoor geen directe fysieke of wettelijke beperkingen gelden, maar die op grond van geldend beleid of beleidsvoornemen van de waterbeheerder, i.c. Rijkswaterstaat Directie Zeeland, toch worden uitgesloten. Dit levert de *uitgangspunten* voor de locatiekeuze.

**Welke in hoofdstuk 4 beschreven effecten zijn mede afhankelijk van plaats van de stortlocatie?**

Het storten van de boorspecie heeft effect op het natuurlijke systeem van de Westerschelde en de mogelijkheden voor menselijk gebruik. De aard en omvang van deze effecten worden aan de hand van criteria beoordeeld. In feite vormen de beoordelingscriteria een vereenvoudigde weergave van milieueffecten; een effect wordt 'vertaald' in een meetbare en eenduidige eenheid. Daarbij is een deel van de effecten mede afhankelijk van de plaats van de stortlocatie. Criteria die deze effecten weergeven, worden *locatiegebonden criteria* genoemd. Deze locatiegebonden criteria spelen een belangrijke rol bij de keuze van de stortlocaties.

De uiteindelijke keuze van de stortlocaties vindt plaats op basis van deze randvoorwaarden, uitgangspunten en locatiegebonden criteria. De rol van de randvoorwaarden en uitgangspunten is relatief simpel. Gebieden in de Westerschelde waarop een randvoorwaarde of een uitgangspunt van toepassing is, worden voor de stort van boorspecie uitgesloten. Het zoekgebied waarbinnen locaties kunnen worden gekozen, wordt daardoor (drastisch) verkleind.

Binnen het resterende zoekgebied worden op basis van locatie-gebonden criteria de meest geschikte gebieden geselecteerd, de zogenaamde voorkeursgebieden. Daartoe wordt elk criterium afzonderlijk gekwantificeerd en vervolgens gevisualiseerd m.b.v. GIS (ARC-Info) in een kaart. Elke kaart geeft daarbij gebieden weer waar de boorspecie op grond van het betreffende criterium bijvoorkeur niet of daarentegen juist wel gestort kan worden. Tevens is aan elke kaart een wegingsfactor gekoppeld die het belang van het criterium aangeeft. Deze wegingsfactor is bepaald op basis van expert-judgement.

Een volgende stap is de samenvoeging (in feite sommatie) van de afzonderlijke kaarten tot één overzichtskaart (per materiaalsoort) met voorkeursgebieden voor stortlocaties. Daarbij is het relatieve belang van het criterium bepalend voor de mate van invloed op de totaalkaart. Als laatste stap wordt, binnen de weergegeven voorkeursgebieden, de fysieke en definitieve begrenzing van de stortlocaties vastgesteld.

## **5.2. Randvoorwaarden**

Als er aan de stort in een bepaald gebied in de Westerschelde (aanzienlijke) juridische en fysieke beperkingen kleven, dan worden deze gebieden door middel van randvoorwaarden voor het storten van boorspecie uitgesloten. Het betreft de volgende randvoorwaarden:

1. Het waterniveau op een stortlocatie is dieper dan -6 meter. In ondieper vaarwater kunnen de splijtbakken niet lossen. Het niveau wordt bepaald door de diepgang van het schip, i.c. een splijtbak met een inhoud van 1000 m<sup>3</sup>, en de minimaal benodigde losruimte tussen waterbodem en schip. Uitwerking van deze randvoorwaarde resulteert in drie verschillende gebieden in de Westerschelde. Het eerste is het gebied boven Gemiddeld Hoog Waterstand (GHW) -6 meter, waar nooit gestort kan worden. Het tweede gebied bevindt zich beneden Gemiddeld Laag

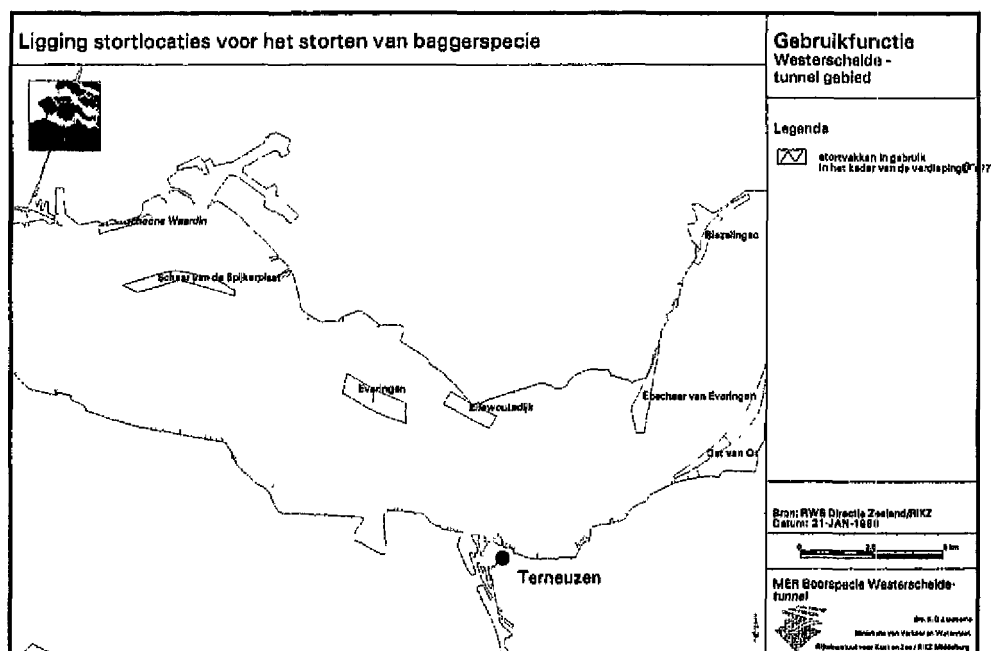
Waterstand (GLW) -6 meter waar het altijd mogelijk is om te storten. In het derde gebied tussen GLW -6 meter en GHW -6 meter is de mogelijkheid om te storten afhankelijk van het getij.

2. Er wordt niet gestort in gebieden aangewezen als staatsnatuur-monument, stilte- en natuurgebieden die onder beheer staan van een particuliere organisatie. Dit betreft de volgende gebieden:

| gebied                     | betekenis                                                                                                                                                                                                                                                                              | beheerder          |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Zuidgors                   | Oorspronkelijk schorrengebied met krekens, kommen en oeverwallen. Het Zuidgors geeft een goed beeld hoe Zeeland eruit zag voor de inpolderingen. Rust- en fourageerplaats grote groepen steltlopers. Op de hogere gedeelten broedt de Bruine Klekendief.                               | Natuurmonumenten   |
| Kapellebank                | Bij laagwater droogvallend slik dat zich geleidelijk ontwikkelt tot schor                                                                                                                                                                                                              | Staatsbosbeheer    |
| Paulinaschor               | Schor- en slikkengebied. Dient als voedselgebied voor steltlopers.                                                                                                                                                                                                                     | Zeeuwsch Landschap |
| Hooge Platencomplex        | Uitgestrekt gebied met zandplaten en slikken. Bij vloed loopt het gebied grotendeels onder, op een klein deel in het westen na. Omvangrijke broedkolonies van stern, dwergstern en visdief. Belangrijk als verblijfplaats van steltlopers. Totale aantal vogels kan oplopen tot 50.000 | Zeeuwsch Landschap |
| Hooge Platen-Lage Springer | Stiltegebied                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |

3. Er wordt niet gestort op plaatsen waar de stabiliteit van de waterkering kan worden aangetast. Bij verwekingsgevoelige oevers bestaat de kans op dijkval. Verwekingsgevoelige oevers zijn oevers waarbij de ondergrond bestaat uit materiaal met een losse pakking (voornamelijk jong zeezand). Wanneer bij deze oevers op het bovenste 2/3 gedeelte van de helling wordt gestort bestaat de kans op zettingsvloeiing van de oever (alleen bij geuldiepte > 9 meter en hellingshoek groter dan  $\pm 4^\circ$ , van der Sande et. al., 1996). Om dijkval te voorkomen is bij dergelijke oevers is een buffer van 50 of 100 meter ingesteld waarbinnen niet gestort mag worden.
4. Het is gezien de Wet Milieubeheer en de Vergunningenwet Westerschelde juridisch niet mogelijk boorspecie te storten in stortvakken waarvoor tevens vergunning is verleend aan het Vlaams Gewest voor het storten van baggerspecie (Landsadvocaat, 1998). De locaties waar in het betreffende gebied baggerspecie wordt gestort, zijn de stortlocaties Ebschaar van Everingen, Ellewoutsdijk, Everingen, Schaar van Spijkerplaat en Schoone Waardin. Deze locaties zijn aangegeven in figuur 5-1.

Figuur 5-1 De stortlocaties voor het storten van baggerspecie



### 5.3. Uitgangspunten

Aan de uitgangspunten liggen niet zozeer fysieke of juridische beperkingen ten grondslag maar een directe uitwerking c.q. vertaling van het door de waterbeheerder, i.c. RWS Directie Zeeland, te voeren beleid met betrekking tot de Westerschelde. Uitgangspunten leiden evenals randvoorwaarden tot uitsluiting van bepaalde gebieden. De volgende uitgangspunten zijn geformuleerd:

1. Er is gekozen om te storten in het westelijke deel van de Westerschelde. Het westelijke deel omvat het gebied begrensd door de lijnen Vlissingen-Breskens en Kappele-Ossensisse. Studie heeft aangetoond dat in het oostelijke deel de morfologische processen voornamelijk gestuurd worden door bagger- en stortactiviteiten t.b.v. vaargeulonderhoud (Vroon, et al., 1997). Om verdere beïnvloeding van dat deel te voorkomen wordt de boorspecie in het westelijke deel gestort. De inhoud van dit deel is aanzienlijk groter dan van het oostelijke deel. Tevens wordt hiermee de vaarafstand van de splijtbakken beperkt.
2. In de hoofdgeul mag alleen onder strikte voorwaarden zand worden gestort. Storten van zand in de hoofdgeul leidt tot een versnelde aanzanding van de drempels die door middel van baggeren op diepte worden gehouden. Een versnelde aanzanding van drempels betekent dus een toename van de baggerinspanning. De mate van aanzanding hangt ondermeer af van de afstand tussen stortlocatie en drempel. Deze afstand dient minimaal 2,5 km te bedragen (in de geul gemeten); een afstand die ook bij de huidige verdieping en het onderhoud van de vaargeul wordt gehanteerd. Daarbij geldt een extra voorwaarde om voldoende diepgang voor de scheepvaart te garanderen: binnen de betoning van de hoofdvaargeul mag in gebieden met een diepte van minder dan 20 meter (NAP -20 meter) niet worden gestort.
3. In ondiepe gebieden in nevengeulen, die eveneens bepalend zijn voor de minimale vaardiepte, mag geen zand of klei worden gestort. Direct na het storten mag de vaardiepte in een nevengeul niet minder zijn dan de

minimale vaardiepte voor het storten. Daarbij is het uitgangspunt dat het voortdurend storten van boorspecie op één locatie leidt tot een lokale, tijdelijke, ophoging van de waterbodem met maximaal 3 meter. Dit betekent dat gebieden worden uitgesloten waarvoor geldt: de diepte voor het storten (in meters beneden NAP) vermeerderd met 3 meter ophoging is geringer dan de diepte in het meest ondiepe gebied elders in deze geul. Op grond hiervan worden de doorvaart beperkende drempels in de Everingen: Zuid-Everingen, Straatje van Willem, de Ebschaar Everingen, en het Middelgat van de stort van zand of klei uitgesloten.

4. Er wordt niet in noodankergebieden gestort. De functie van deze gebieden is een tijdelijke uitwijkplaats voor schepen bij calamiteiten als bijvoorbeeld motorstoring. Noodankergebieden liggen veelal naast de vaargeul en worden door baggerwerkzaamheden op diepte gehouden. Het storten van sediment in deze gebieden belemmert de toegang voor diepstekende schepen en daardoor een veilige afwikkeling van de scheepvaart. In het gebied bevinden zich vijf noodankergebieden met een omvang van 30 tot 60 ha. Twee gebieden zijn gelegen in de Everingen te zuiden van Borssele. De andere drie gebieden liggen in of net ten zuiden van de hoofdvaargeul oostelijke van Terneuzen. Ten aanzien van de stort van zand geldt een nog extra uitgangspunt. Om extra sedimentatie van zand afkomstig uit de directe omgeving te voorkomen, wordt binnen een bufferzone van 500 meter rondom noodankergebieden niet gestort.
5. In reguliere ankergebieden wordt evenmin gestort omdat dit tot een (tijdelijke) vermindering van de vaardiepte leidt. De meeste van deze gebieden hebben al een beperkte vaardiepte en worden bovendien niet op diepte gehouden. Een andere reden is dat de stort van boorspecie de structuur van de bodem kan aantasten. De bodemstructuur van ankergebieden dient voorkeur compact te zijn ten behoeve van een maximale grip voor scheepsankers. Een bodem bestaand uit recent gestort sediment is veel losser waardoor de kans op ankerkrabben toeneemt. In dit deel van de Westerschelde zijn tien ankergebieden aanwezig. Drie liggen naast elkaar ten oosten van Terneuzen in de hoofdgeul, vijf liggen aangesloten in de Everingen, één ligt in de pas van Terneuzen langs de vaargeul ter hoogte van Borssele en een groot ankergebied bevindt zich op de rede van Vlissingen. Ten behoeve van de stort van zand geldt voor de vijf naast elkaar gelegen ankergebieden in de Everingen nog een specifieke voorwaarde. In de huidige situatie veroorzaakt de stort van bagger-specie in de locatie de Everingen reeds problemen. Als gevolg van sedimentatie dreigen de nabijgelegen ankergebieden te ondiep te worden. De stort van zandige boorspecie in dit gebied kan dit proces versterken. Daarom mag in een bufferzone van 500 meter rondom de genoemde ankerlocaties geen zand worden gestort.
6. Er wordt niet gestort op locaties waar scheepswrakken op minder dan 3 meter onder de bodem van de vaargeul te vinden zijn. Vanaf begin 1998 zullen namelijk een groot deel van deze wrakken geborgen worden. Het storten van boorspecie op locaties waar de wrakken liggen kan de bergingsoperatie bemoeilijken. Het uit te sluiten gebied betreft een bufferzone van 100 meter rondom het wrak<sup>7</sup>.
7. De locatie Ebschaar van Everingen die voor het storten van baggerspecie wordt gebruikt, blijkt sneller te verzanden dan was voorzien. Op verzoek van het Belgische Ministerie van Leefmilieu die de bagger- en stortactiviteiten ten behoeve van vaargeul-onderhoud coördineert, zal in een bufferzone van 1 kilometer rondom deze locatie geen (extra) boorspecie worden gestort.

<sup>7</sup> Onder bepaalde omstandigheden kan het nodig zijn om de bufferzone te vergroten tot circa 500 meter. Bij de locatiekeuze is hiermee op voorhand geen rekening gehouden.

#### 5.4. Locatiegebonden criteria

Aan het slot van hoofdstuk 4 werd een 'effectenboom' gepresenteerd waarin op schematische wijze een overzicht werd gegeven van de effecten die bij de stort van boorspecie een rol kunnen spelen. Binnen dit overzicht kan echter een nadere verdeling worden gemaakt: enerzijds in effecten die qua aard en omvang mede afhangen van de plaats van de stortlocatie in de Westerschelde, anderzijds in effecten die hiervan vrijwel onafhankelijk zijn.

In geval van locatieafhankelijke effecten kunnen, door een zorgvuldige keuze van de plaats van een stortlocatie, de mogelijke gevolgen voor de omgeving tot een minimum beperkt worden. Om deze reden spelen *locatiegebonden criteria* een belangrijke rol bij de locatiekeuze. Figuur 5-2 biedt een overzicht van deze criteria; in de paragrafen 5.4.1 tot en met 5.4.4 volgt een korte toelichting.

##### 5.4.1. Morfologie en getij

#### **Criteria met betrekking tot het storten van zand**

##### *Structuur: Meergeulenstelsel*

Kenmerkend voor de morfologie van de Westerschelde is het meergeulenstelsel. Bij het huidige vaargeulonderhoud wordt sediment (zand) uit de hoofdgeul verwijderd en in een nevengeul gestort. Indien de stort in omvang blijft toenemen, kan er een kritieke grens worden overschreden waardoor het systeem verandert in een estuarium met één geul. Gebieden waar dit risico bestaat, kunnen beter voor de stort van boorspecie worden ontzien. Het betreft hier de stortlocatie 'Ebschaar van Everingen' en relatief ondiepe gebieden (minder dan NAP -12 meter) binnen de Everingen die in de afgelopen periode (1990-1996) sterk zijn gesedimenteerd.

##### *Structuur: morfologische eenheden*

Als gevolg van het storten van boorspecie (i.c. zand) kan de oppervlakteverhouding van morfologische eenheden zich wijzigen. Als gevolg van extra aanbod van sediment zullen de platen in het westelijke deel verder in omvang toenemen. Daarom gaat de voorkeur uit naar stort in gebieden waar een gerede kans bestaat dat het zand uit het estuarium naar zee wordt geëxporteerd. Deze kans is het grootst bij meest westelijke gelegen locaties. Daarnaast gaat de voorkeur uit naar gebieden waar de stort van boorspecie kan aansluiten bij natuurlijke ontwikkelingen; in dit geval gebieden die van nature al sedimenteren. Deze gebieden liggen over het hele westelijke deel verspreid.

##### *Beddingvormen: dynamiek van kortsluitgeulen*

De mesodynamiek, migraties van kortsluitgeulen door plaatcomplexen, is de laatste decennia in de gehele Westerschelde verminderd. In het oostelijke deel zijn de kortsluitgeulen over de platen van Valkenisse sterk verondiept tijdens grootschalige stortingen in directe omgeving. Dergelijke ontwikkelingen dienen in het westelijke deel zoveel mogelijk vermeden te worden. Op basis van residuele transportpaden van zand zijn die gebieden geselecteerd waar de kans op netto-transport naar de kortsluitgeulen zo gering mogelijk is.



#### **Criterium met betrekking tot het storten van klei.**

##### *Beddingvormen: lokale dynamiek*

Door het storten van kleibrokken kan de lokale bodemdynamiek beïnvloed worden. Wanneer de boorspecie uit compacte brokken klei bestaat, zal er nauwelijks sprake zijn van radiale verspreiding. Bij herhaaldelijk storten kan een 'bult' van specie ontstaan, waardoor de van nature bewegelijke zandbodem wordt vastgelegd. Wanneer kleibrokken in diepe putten worden gestort, zal de dynamiek vrijwel niet worden aangetast. Dergelijke putten, ook wel turbulentieputten genaamd, zijn erg dynamisch waardoor ophoping van klei minder snel plaats kan vinden. Mocht dit toch plaatsvinden dan zullen de lokale, horizontale, stromingspatronen veel minder worden beïnvloed. Onder 'diepe putten' worden verstaan gebieden beneden NAP -30 meter. Deze putten zijn te vinden in de Pas van Terneuzen, in de Everingen en in de Honte.

#### **5.4.2. Ecologie**

##### **Criteria met betrekking tot het storten van alle materiaalsoorten: zand, slib en kleibrokken**

##### *Functionaliteit & herstelmogelijkheden ecosysteem: effecten op ondiepwater leefgemeenschap*

Ondiep water gebieden vormen een belangrijke schakel binnen het ecosysteem. Voor vissen dienen ze als rust- en fourageergebied en vervullen ze een functie als kinderkamer voor larven en juveniele stadia. (Herhaalde) bedekking met een omvangrijke sedimentlaag kan voor veel bodemdieren en juveniele vissen en larven fataal zijn. Om het risico op aantasting van ondiepwater leefgemeenschappen zoveel mogelijk te beperken worden gebieden boven de NAP -8 meter ontzien.

##### *Functionaliteit & herstelmogelijkheden ecosysteem: effecten op vogels en zeehonden*

Veel vogelsoorten en zeehonden zijn gevoelig voor verstoring. Verstoring bestaat ten eerste uit de invloed van de fysieke aanwezigheid van de splijtbakken en ten tweede uit een verstoring door het geluid dat de splijtbakken produceren. De mate van verstoring is afhankelijk van de afstand. Voor vogels is deze afstand afgeleid van de kritische vluchtafstand (KVA). In de KVA's is rekening gehouden met de beweging en het geluid van de baggerschepen. Voor de zeehond bestaat een grote variatie in verstoringsafstanden. Een afstand van minimaal 400 meter tot rust- en fourageerplaatsen blijkt voor de meeste vogels en de zeehond echter voldoende te zijn om verstoring te voorkomen. De afstand tot platen en slikken dient dan ook minimaal 400 meter te bedragen.

##### **Criteria met betrekking tot het storten van slib**

##### *Functionaliteit & herstelmogelijkheden ecosysteem: effecten op vogels*

De Grote Stern, de Visdief en de Dwergstern zijn zichtjagers en hebben dus belang bij relatief helder water. De Grote Stern en Visdief hebben een grote fourageerradius en zijn dus niet afhankelijk van een bepaald gebied. Dit in tegenstelling tot de Dwergstern (Arts & Meininger, 1995). In het westelijke deel fourageert de Dwergstern voornamelijk in het Vaarwater langs Hoofdplaat. Dit gebied dient dan ook als stortgebied van slib te worden uitgesloten.

*Functionaliteit & herstelmogelijkheden ecosysteem: effecten op schorren*

Het storten van slib kan op lokale schaal bijdragen aan de opslibbing van schorren waardoor deze versneld ophogen. Als gevolg van deze ophoging wordt de overspoeling minder frequent. Dit leidt op termijn tot het verdwijnen van de karakteristieke schorvegetatie en tot veranderingen van de vogelpopulatie als gevolg van een gewijzigd voedsel-aanbod. Om deze versnelde ophoging te voorkomen dient er in de nabijheid van de Schorren van Zuidgors en Paulinapolder niet te worden gestort.

**5.4.3. Mens**

**Criteria met betrekking tot het storten van alle materiaalsoorten: zand, slib en kleibrokken**

*Scheepvaart: risico van verkeersdrukte*

Het merendeel van het scheepsverkeer vindt plaats binnen de hoofdvaarroute. Het traject van Terneuzen tot Hansweert vormt het drukst bevaren gedeelte. Op grond van de vuistregel dat meer schepen in de vaargeul de kans op aanvaringen verhogen, dient extra verkeersdrukte op dit traject, als gevolg van transport van boorspecie met splijtbakken, te worden vermeden.

*Scheepvaart: risico van vervoer van gevaarlijke stoffen*

Schepen met gevaarlijke stoffen zijn verplicht om van de hoofdvaar-route gebruik te maken. Er is een zekere concentratie van dit transport op het traject van de monding tot Terneuzen. De kans dat bij een aanvaring op dit traject ook een schip met gevaarlijke stoffen betrokken raakt, is op dit traject het grootst. Gezien de mogelijke gevolgen van een dergelijke aanvaring is het noodzakelijk om de aanvaringskans zo beperkt mogelijk te houden. Een toename van de verkeersdrukte op dit traject is dan ook ongewenst.

*Visserij: kokkel, garnaal en tong*

In de Westerschelde wordt commercieel gevestigd op tong, kokkels en garnalen. Hoewel de effecten van het storten binnen visgebieden beperkt worden geacht, kunnen bij herhaaldelijk storten binnen een zelfde gebied negatieve effecten optreden als verhoogde (fatale) sedimentatie, vertroebeling en lokale zuurstofloosheid. Om de kans op hinder zoveel mogelijk te beperken, verdient het de voorkeur geen boorspecie te storten in die gebieden waar de visserij zich (op dit moment) concentreert.

*Delfstoffenwinning: zandwinning*

In 1996 waren zes plaatsen in de Westerschelde als zandwingebied aangewezen, twee locaties net ten oosten van de Middelpaats in de Zuid-Everingen, twee gebieden in eb- en vloed-scharen in het gebied tussen de Everingen en het Middelgat, een gebied in het Middelgat en één in het Gat van Ossensisse. Deze gebieden zijn ondermeer geselecteerd op de (commerciële) bruikbaarheid van het zand ter plaatse. De stort van slibrijk materiaal en kleibrokken beperkt (tijdelijk) de winbaarheid van het zand. Omdat het materiaal niet geschikt is als constructiemateriaal vermindert ook de stort van glauconiethoudend zand de aantrekkelijkheid van deze gebieden. Het heeft dan ook de voorkeur om geen boorspecie in deze gebieden te storten.

*Delfstoffenwinning: schelpenwinning*

Het grootste gedeelte van de schelpen dat in de Westerschelde kan worden gewonnen, bestaat uit fossiele schelpen. Binnen het westelijke deel zijn er 4 gebieden waarvoor een vergunning is aangevraagd. Omdat de stort van boorspecie de winning van schelpen kan belemmeren, worden deze gebieden indien mogelijk uitgesloten.

*Infrastructuur: kabels en leidingen*

In de bodem van het westelijke deel bevindt zich tussen Terneuzen en Ellewoutsdijk een leidingenstrook. Ter bescherming zijn deze leidingen aangelegd met een bepaalde dekking. Er bestaat een geringe kans dat de stort van boorspecie rechtstreeks op, of in de directe nabijheid van deze strook, de leidingen voor een deel blootlegt. Uiteraard dient dit zo mogelijk vermeden te worden. De omvang van het te vermijden gebied is bepaald aan de hand van de toetsingsafstand voor leiding-enstroken; aan weerszijden van de strook 180 meter, gemeten vanaf de buitenste leiding. Deze breedte wordt ook hier in acht genomen.

*Archeologie*

Archeologische belangrijke terreinen en vindplaatsen in de Wester-schelde kunnen worden aangetast door erosieprocessen. Door de kracht waarmee het gestorte materiaal de bodem raakt, kunnen er kraters van enkele meters diepte ontstaan waardoor schade aan het bodemarchief kan ontstaan. Om dit te voorkomen wordt binnen een bufferzone van 50 meter rondom een archeologische vindplaats bij voorkeur niet gestort.

**Criterium met betrekking tot het storten van slib**

*Infrastructuur: zee- en jachthavens*

In het westelijke deel bevinden zich een aantal belangrijke havens voor de beroepsvaart. Tevens zijn er in dit gebied een aantal jacht-havens. Met het model 'DELWAQ' is de mate van verspreiding van een storting van 1000 m<sup>3</sup> slibrijke specie berekend (Mulder, 1997). Met behulp van de resultaten van dit model is voor elke haven een bufferzone berekend waarbinnen een versnelde sedimentatie in havens op kan treden. In geval van de Braakmanhaven, met een vlakke vooroever, wordt een buffer van 1000 meter aangehouden. Het slib zal zich hier niet ver verspreiden in een getij maar er moet rekening worden gehouden met resuspensie. Voor de haven van Terneuzen bevindt zich daarentegen geul met een steile helling waardoor een buffer van 100 meter voldoende is. Het slib zal hier in de hellingsrichting, dus van de haven af, verspreiden. De buffer voor de Sloehaven bedraagt 500 meter. De jachthavens van Terneuzen, Ellewoutsdijk en Hoedekenskerke hebben een bufferzone van 100 en de haven van Vlissingen een bufferzone van 250 meter gekregen.

Daarnaast kan slib in suspensie (versneld) in een haven terecht komen wanneer het slib gestort wordt binnen een afstand die kleiner is dan de maximale afstand die slib binnen één getij kan afleggen. Deze afstand bedraagt ongeveer 10 kilometer. De maximale afstand wordt alleen afgelegd wanneer net na de kentering gestort zal worden en slechts een klein deel van het slib heeft zo'n kleine valsnelheid dat deze afstand wordt gehaald. Bij de locatiekeuze is daarom een afstand van 5 kilometer aangehouden als bufferzone voor het storten van slib. Deze bufferzone betreft alleen de stroombanen die richting haven lopen.

**5.4.4. Criteria die geen rol spelen bij de locatiekeuze**

**Morfologie**

*Sedimentuitwisseling*

De uitwisseling van sediment speelt alleen een rol op systeemniveau (uitwisseling Noordzee-Westerschelde) of op deelsysteemniveau (uitwisseling tussen Oost-Midden-West). Omdat alle boorspecie in het westelijke deel zal worden gestort speelt dit criterium bij de locatiekeuze geen rol.

#### **Kwaliteit**

Eventueel verontreinigende stoffen in de boorspecie die in de waterfase zullen vrijkomen, hechten zich aan fijnere deeltjes of zijn daar reeds aan gehecht. Deze fijne deeltjes zullen zich na enige tijd (als een opgeloste stof) over het gehele westelijke deel verspreiden, ongeacht de locatie waar zij worden gestort.

#### **Ecologie**

##### *Structuur: bodemsamenstelling*

De verwachting is dat het storten van boorspecie geen blijvende invloed heeft op de bodemsamenstelling van de Westerschelde. De stort van 'vreemd' materiaal zal alleen een tijdelijke verandering in bodemsamenstelling bewerkstelligen. Na een bepaalde tijd, van enkele uren tot enkele maanden, zal deze verandering echter teniet worden gedaan door erosie- en sedimentatieprocessen. Het fijnere materiaal wordt meegenomen en afgezet in luwtegebieden die van nature al slibrijk zijn. Op de stortlocaties blijft alleen het (grovere) zand achter. Het materiaal wordt als het ware door natuurlijke sorteerprocessen over de Westerschelde verdeeld. Locatiegebonden effecten zijn dan ook niet te verwachten.

#### **Mens**

##### *Waterkering*

Aard en omvang van eventuele effecten op de waterkering zijn wel degelijk locatiegebonden. Maar omdat enige schade aan dijken en vooroevers ten alle tijde voorkomen moet worden, is de instand-houding van de waterkering als randvoorwaarde opgenomen. Daar-mee krijgt het belang van de waterkering absolute prioriteit en wordt het niet in een afweging tussen andere belangen betrokken.

##### *Recreatievaart*

Met uitzondering van het mondingsgebied voorbij de lijn Vlissingen-Breskens zijn er in het westelijke deel geen duidelijke concentratie-gebieden van de recreatievaart aan te wijzen. Op grond van deze relatief homogene spreiding is het niet nodig om specifieke vaar-gebieden voor het storten van boorspecie te mijden.

##### *Oeverrecreatie*

Langs de oevers van de Westerschelde wordt extensief gerecreëerd in de vorm van wandelen, fietsen en zonnen op enkele kleine strandjes. De directe relatie met het water, dat wil zeggen het daadwerkelijke gebruik van het water, is echter zeer beperkt. Omdat de stort van boorspecie geen invloed zal hebben op de strandjes zal er nauwelijks een verband bestaan tussen het gebruik van stortlocaties en oeverrecreatie.

##### *Sportvisserij*

Vanaf vrijwel alle oevers van het westelijke deel wordt door sportvisserij gevestigd. Het bereik van de apparatuur waarmee gevestigd wordt, is echter beperkt. Gezien de diepgang van de splijtbak zal het veelal niet mogelijk zijn om vlak 'onder' de oever te storten. Daarmee is de kans dat sportvisserij door splijtbakken gehinderd worden erg klein. Het wordt dan ook niet noodzakelijk geacht om met betrekking tot de sportvisserij de keuzemogelijkheden voor stortlocaties te beperken.

#### **5.5. Afweging tussen de beoordelingscriteria**

In de paragrafen 5.4.1 tot en met 5.4.3 zijn de criteria vermeld op basis waarvan de keuze van de stortlocaties wordt gemaakt. Elk criterium vertegenwoordigt een belang waarmee rekening gehouden dient te worden. Het is echter onvermijdelijk dat in een aantal gevallen deze belangen zullen

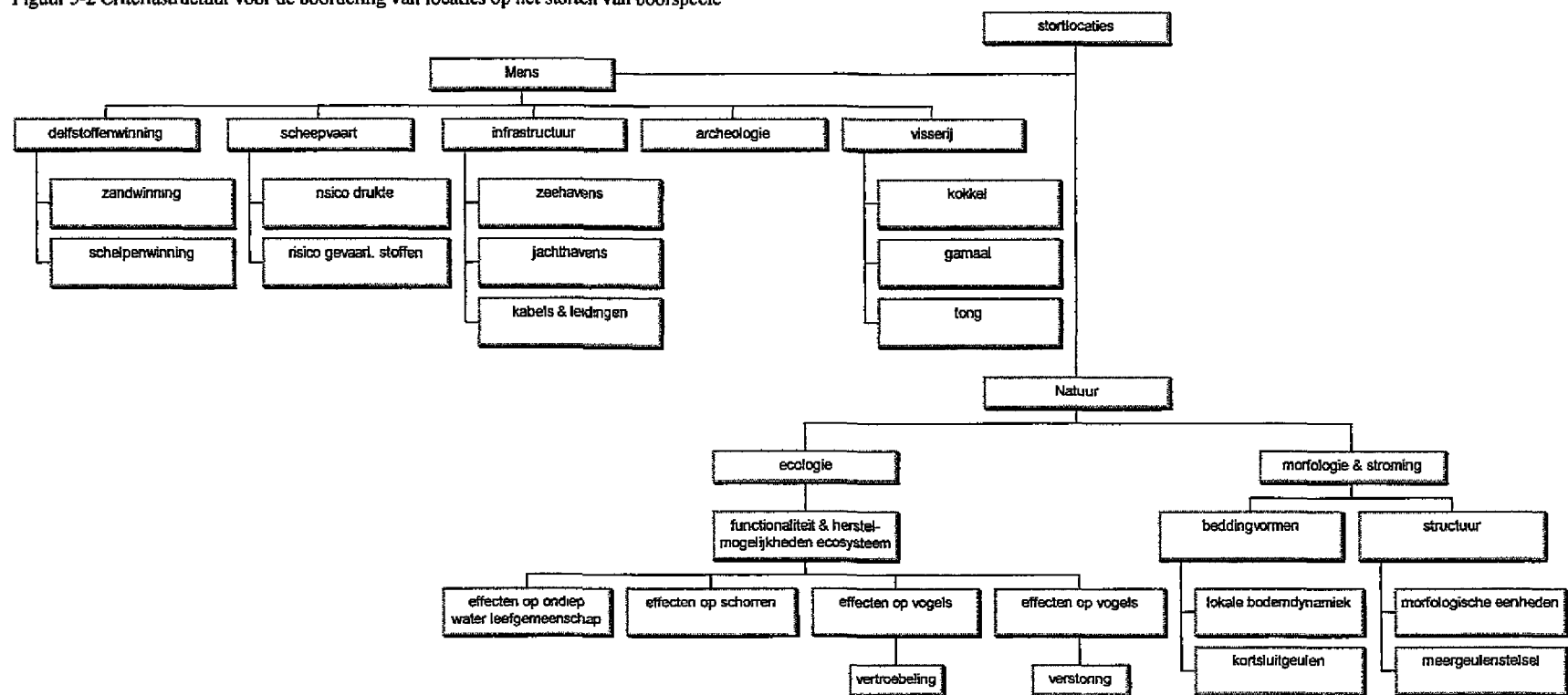
botsen; een nadere afweging is dan noodzakelijk. Gezien de diversiteit aan criteria wordt bij deze afweging gebruik gemaakt van een multicriteria-analysemethode (MCA) gebaseerd op paarsgewijze vergelijking. De methode bestaat uit een aantal stappen:

1. De relevante, locatiegebonden, criteria worden vastgesteld (5.4.1 t/m 5.4.3);
2. Er wordt een beslissingsstructuur bepaald, de zogenaamde criteriaboom (Figuur 5-2)
3. Binnen de te onderscheiden niveaus in de criteriaboom worden de criteria paarsgewijs met elkaar vergeleken;
4. Met behulp van GIS vindt er een synthese van de resultaten plaats; de voorkeursgebieden voor locaties worden dan duidelijk;
5. Tot slot worden de verkregen resultaten onderworpen aan een gevoeligheidsanalyse.

Inmiddels zijn in de voorafgaande paragrafen de eerste twee stappen van de methode doorlopen. De volgende stap (3) houdt in dat de criteria paarsgewijs en op verschillende niveaus met elkaar worden vergeleken.

Allereerst worden de locatiegebonden criteria binnen de disciplines ecologie, morfologie en mens met elkaar vergeleken. Bij deze afweging wordt een bottom-up benadering gehanteerd. Dit betekent dat binnen de criteriaboom (Figuur 5-2) eerst een afweging wordt gemaakt tussen criteria op het laagste niveau. Bijvoorbeeld bij 'de mens' vindt als mogelijke eerste stap een afweging plaats tussen drie aspecten van infrastructuur: zeehavens, jachthavens en kabels en leidingen. De afweging tussen deze verschillende criteria is gemaakt op basis van expert-judgement. Daartoe is een workshop georganiseerd waarin aan een panel bestaande uit experts op de betreffende vakgebieden en beleidsmedewerkers van Rijkswaterstaat Directie Zeeland vragen zijn voorgelegd als: "Wat is belangrijker, effecten van de stort van boorspecie op zeehavens of effecten op jachthavens?". Met de verkregen antwoorden kan relatief eenvoudig een rangorde in criteria op het laagste niveau worden vastgesteld.

Figuur 5-2 Criteriastructuur voor de beoordeling van locaties op het storten van boorspecie



Vervolgens is aan het panel gevraagd om, gegeven de vastgestelde rangorde, het relatieve belang van deze criteria te bepalen. Op basis van vragen als "Hoeveel belangrijker vindt u de effecten op zeehavens t.o.v. jachthavens?" kon het panel 100 procentpunten<sup>8</sup> verdelen over de relevante criteria. Daarbij krijgt het criterium met de hoogste rangorde de meeste punten, dat wil zeggen het hoogste gewicht toegekend, en het criterium met de laagste rangorde de minste punten. Gelijkwaardige criteria dienen evenveel punten te krijgen. Aanvullende eis is dat alle 100 punten verdeeld moeten worden<sup>9</sup>. In tabel 5-2 wordt een (fictief) voorbeeld van deze stap gegeven

Tabel 5-2 Voorbeeld van waardering van criteria

| criterium | rangorde | gewicht |
|-----------|----------|---------|
| A         | 1        | 60      |
| B         | 4        | 5       |
| C         | 2        | 20      |
| D         | 3        | 15      |

Als deze stap (rangordebepaling en kwantificering) op het laagste niveau is vastgesteld, volgt een soortgelijke afweging op een daarbovenliggend niveau, ter verduidelijking aspect genoemd (bijvoorbeeld een afweging tussen aspecten van gebruik). Vervolgens vindt een afweging plaats tussen de disciplines ecologie en morfologie. Tenslotte wordt een laatste afweging gemaakt tussen het belang van de 'mens' en de 'natuur' in de Westerschelde.

Een complicerende factor bij deze afweging is dat enkele criteria alleen van toepassing zijn op het storten van een bepaald materiaal. Bijvoorbeeld binnen de discipline ecologie speelt het criterium 'effecten vertroebeling op vogels' alleen een rol bij de stort van fijn, slibrijk, materiaal. Om deze reden wordt de bovengenoemde afweging tussen criteria per materiaalsoort uitgevoerd. Gevolg is dat binnen een zelfde discipline criteria verschillend gewaardeerd kunnen worden.

#### 5.5.1. Resultaten van de gemaakte afweging

Hieronder wordt een samenvatting weergegeven van de tijdens de workshop gemaakte afwegingen:

##### Morfologie

Bij de discipline 'morfologie' worden criteria onderscheiden die alleen van toepassing zijn op de stort van zand of kleibrokken. Bij de stort van zand zijn dit: kortsluitgeulen (aspect: beddingvormen), morfologische eenheden en meergeulenstelsel (aspect: structuur). Voor kleibrokken speelt slechts één criterium een rol: lokale bodemdynamiek (aspect kleibrokken). Aangezien binnen het aspect 'structuur' twee criteria een rol spelen is een nadere afweging gemaakt.

<sup>8</sup> N.B. 100% is gelijk aan 1. Als slechts één criterium een rol speelt, krijgt het de waarde 1,00 (100%). Als een criterium geen rol speelt, dan krijgt het de waarde 0,00 (0%). Een criterium met een relatief gewicht van 60% krijgt de waarde 0,60 etc.

<sup>9</sup> Met het toekennen van punten wordt een rangorde volgens ordinale schaal (zoals bijvoorbeeld huisnummers) in feite 'gestandarisiseerd' in een intervalschaal. Meten in eenheden volgens een intervalschaal wil zeggen dat het intervallen tussen de maatgetallen (i.c. de criteria) een weergave bieden van de werkelijke verschillen tussen geconstateerde effecten. Omdat een intervalschaal echter van een 'willekeurig nulpunt' uitgaat, mag echter niet geconcludeerd worden dat een criterium met de waarde 60 'twee maal zoveel waard is' als een criterium met de waarde 30. Ter vergelijking: ook de temperatuurschaal in °Celsius wordt op basis van een intervalschaal gemeten; men kan dan ook niet stellen dat 20 °C '2 maal zo warm is' als 10°C (Bouma, 1982)

*afweging criteria: morfologische eenheden - meergeulenstelsel*

Het meergeulenstelsel is van grote invloed op de getijdoordringing in de Westerschelde. Hiervan zijn de andere deelprocessen binnen het estuarium, dynamiek en morfologische ontwikkeling, afhankelijk. Daarom wordt het criterium meergeulenstelsel veel belangrijker geacht dan het criterium morfologische eenheden.

| <b>Criteria structuur</b> | <b>zand</b> | <b>slib</b> | <b>kleibrokken</b> |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------------|
| morfologische eenheden    | 0,33        | -           | -                  |
| meergeulenstelsel         | 0,67        | -           | -                  |

*afweging aspecten: beddingvormen - structuur*

Omdat de Westerschelde een relatief verstaard estuarium is en er vrijwel alleen op meso- en microschaal nog dynamiek aanwezig is, veranderen grootschalige beddingvormen nauwelijks meer. Binnen de structuur van het estuarium kunnen zich echter nog wel grote veranderingen voordoen waardoor natuurlijkheid en compleetheid van het estuarium kunnen verminderen. Omdat effecten op de structuur het systeem nog in sterke mate kunnen veranderen, wordt dit aspect veel belangrijker dan beddingvormen gevonden.

| <b>Criteria beddingvormen</b> | <b>zand</b> | <b>slib</b> | <b>kleibrokken</b> |
|-------------------------------|-------------|-------------|--------------------|
| lokale bodemdynamiek          | -           | -           | 1,00               |
| kortsluitgeulen               | 1,00        | -           | -                  |

| <b>Aspect</b> | <b>alle materialen</b> |
|---------------|------------------------|
| structuur     | 0,75                   |
| beddingvormen | 0,25                   |

**Ecologie**

Bij de beoordeling binnen het aspect ecologie is rekening gehouden met het belang van het criterium, de grootte van het verwachte effect en de (on)omkeerbaarheid.

Bij de stort van slib spelen 4 criteria een rol: effecten op ondiepwater leefgemeenschap, effecten op schorren, effecten vertroebeling vogels en effecten verstoring vogels en zeehonden. Bij de stort van zand en kleibrokken zijn alleen de criteria ondiepwater leefgemeenschappen en verstoring van invloed.

*Afweging criteria: ondiepwater leefgemeenschap - schorren - vertroebeling - verstoring*

- Ondiepwater leefgemeenschappen zijn erg belangrijk voor het ecosysteem van de Westerschelde. Omdat er gedurende relatief korte periode boorspecie gestort wordt, kan deze gemeenschap zich echter binnen enkele jaren weer herstellen van mogelijke effecten;
- Het storten van specie zal naar verwachting geen groot effect hebben op de (versnelde) ophoging van de schorren. Mocht dit onverhoops toch gebeuren dan zijn de effecten wel onomkeerbaar;
- Verstoring van met name zeehonden kan desastreus zijn voor herstel van de populatie zeehonden in de Westerschelde (verstoring van vogels is in dit opzicht minder belangrijk). De verwachting is echter dat de stort van boorspecie weinig effect heeft op verstoring;
- Het effect van vertroebeling op de fourageerkansen van vogels kan in principe groot zijn. Waarschijnlijk is dit tijdelijk, maar permanent gevolgen zijn niet uit te sluiten.



Deze motivatie resulteert in de volgende waardering:

| Criteria functionaliteit en herstellmog. Ecosysteem | zand | slib | kleibrokken |
|-----------------------------------------------------|------|------|-------------|
| ondiepwater leefgem.                                | 0,67 | 0,40 | 0,67        |
| Schorren                                            | -    | 0,20 | -           |
| vertroebeling vogels                                | -    | 0,20 | -           |
| verstoring vogels en zeeh.                          | 0,33 | 0,20 | 0,33        |

#### Mens

Bij de beoordeling van criteria t.b.v. 'de mens' speelt de samenstelling van de boorspecie geen rol. De betreffende waardering geldt voor zowel zand, slib en kleibrokken.

#### afweging criteria visserij: kokkel-garnaal-tong

Recentelijk heeft de visserijsector ten behoeve van een soortgelijke afweging in de MAS-baggerspeciestort (1998) informatie geleverd over het relatieve belang van de verschillende vormen commerciële visserij op de Westerschelde. Het 'belang' is in dit geval synoniem met het economische belang (omzet, e.d.) van de betreffende vorm van visserij. Op dat aan de tongvisserij verreweg het hoogste (economische belang) werd toegekend. Op afstand volgt de garnaalvisserij die op zijn beurt belangrijker wordt geacht dan de kokkelvisserij. Gezien de recente datum van deze informatie is ook hier dezelfde waardering toegepast.

| Criteria visserij | alle materialen |
|-------------------|-----------------|
| kokkel            | 0,076           |
| garnaal           | 0,158           |
| tong              | 0,766           |

#### afweging criteria delfstoffenwinning: zandwinning-schelpenwinning

Schelpenwinning vindt voornamelijk in de Voordelta plaats. Alleen met slecht weercondities op zee wordt er in de Westerschelde gewonnen. Daarentegen vormt de Westerschelde een belangrijk wingebied van hoogwaardig zand. Het criterium zandwinning krijgt dan ook een hogere waardering dan schelpenwinning.

| Criteria delfstoffenwinning | alle materialen |
|-----------------------------|-----------------|
| schelpenwinning             | 0,15            |
| zandwinning                 | 0,85            |

#### afweging criteria scheepvaart: risico drukte - risico gevaarlijke stoffen

De twee belangrijkste aspecten voor de veiligheid van de Wester-schelde zijn enerzijds de verkeersdrukte binnen de hoofdvaargeul en anderzijds de intensiteit van schepen met een gevaarlijke lading. De impact van een ongeval waarbij een schip met een gevaarlijke lading betrokken is, kan zeer groot zijn. Daarom wordt een toename van de kans op aanvaringen als gevolg van een toename van de scheepvaart in de hoofdvaargeul minder belangrijk gevonden dan een toename van de kans op een aanvaring waarbij een schip met gevaarlijke lading is betrokken.

| Criteria scheepvaart       | alle materialen |
|----------------------------|-----------------|
| risico drukte              | 0,40            |
| risico gevaarlijke stoffen | 0,60            |

*afweging criteria infrastructuur: zeehavens-jachthavens-kabels & leidingen*

Het bereikbaar blijven van zeehavens is van economisch zeer groot belang. Uiteraard is de eis van bereikbaarheid van toepassing op de jachthavens, maar gezien het mindere belang is de waardering van dit criterium veel lager. Het criterium kabels en leidingen wordt van ondergeschikt belang geacht.

| Criteria infrastructuur | alle materialen |
|-------------------------|-----------------|
| zeehavens               | 0,76            |
| jachthavens             | 0,18            |
| kabels & leidingen      | 0,06            |

*afweging aspecten: delfstoffenwinning - scheepvaart - infrastructuur - archeologie - visserij*

Bij de afweging tussen de aspecten is rekening gehouden met de lijnen die zijn uitgezet zijn in het Beleidsplan Westerschelde. Tevens heeft de omvang van effecten op het gebruik een rol gespeeld. Dit resulteert in de volgende waardering:

| Aspect             | alle materialen |
|--------------------|-----------------|
| delfstoffenwinning | 0,10            |
| scheepvaart        | 0,45            |
| infrastructuur     | 0,30            |
| archeologie        | 0,05            |
| visserij           | 0,10            |

*afweging disciplines: ecologie-morfologie & stroming*

De morfologie vormt de basis voor een optimaal functionerend ecologisch systeem. De morfologie, structuur en fysica, bepaalt namelijk voor een groot gedeelte het leefgebied voor organismen. Een dynamisch morfologisch systeem garandeert echter geen ecologisch optimum. Het optimaal functioneren van een ecologisch systeem wordt immers niet enkel door de morfologie bepaalt. De discussie heeft geleid tot een compromisbenadering waarbij ecologie en morfologie een gelijke waardering krijgen.

| Disciplines | alle materialen |
|-------------|-----------------|
| morfologie  | 0,50            |
| ecologie    | 0,50            |

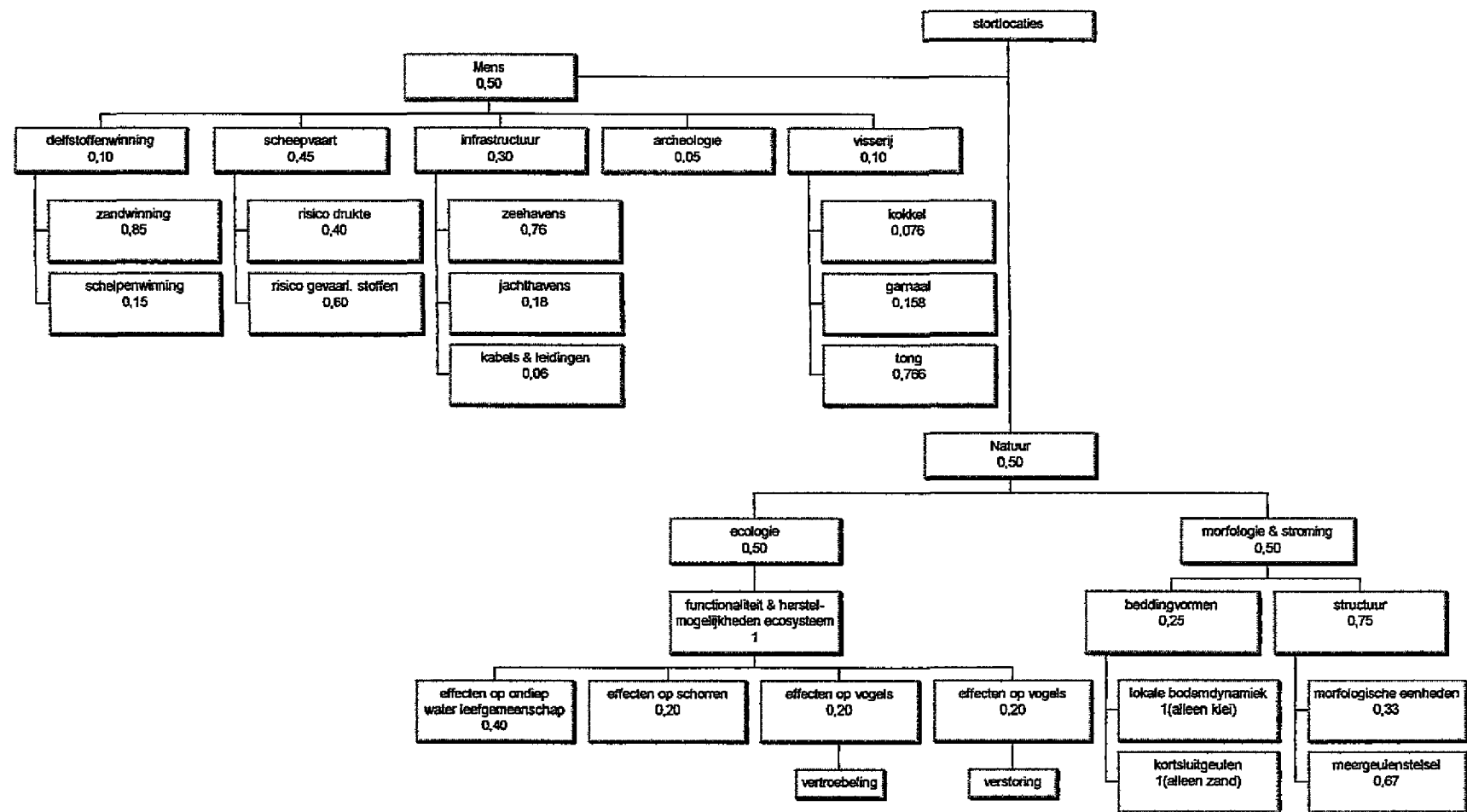
*afweging mens-natuur*

In eerste instantie is door het panel gesteld dat beide als even belangrijk moeten worden beschouwd. Op dit abstracte niveau kan echter geen goede inhoudelijke onderbouwing worden gegeven. Daarom dient op basis van een gevoeligheidsanalyse beoordeeld worden of een relatieve verandering in het belang van de twee invalshoeken leidt tot significantewijzigingen in de voorkeursgebieden voor stortlocaties.

|        | alle materialen |
|--------|-----------------|
| mens   | 0,50            |
| natuur | 0,50            |

In figuur 5-3 worden de uiteindelijke weegfactoren voor alle criteria, aspecten en disciplines nogmaals weergegeven, maar nu toegevoegd aan de criteriaboom.

Figuur 5-3 Criteriaboom met relatieve gewichten



### **5.6. Vertaling van criteria in voorkeursgebieden m.b.v. GIS**

Nadat het relatieve belang van de criteria, aspecten en disciplines is bepaald, kan stap 4 worden uitgevoerd. Van elk criterium wordt een GIS-kaart gemaakt met daarop aangegeven de gebieden waarop het criterium van toepassing is. In Luursema (1998) wordt een volledig overzicht van deze kaarten gegeven evenals een uitgebreide toelichting op de gehanteerde GIS-methode (Arc-info). In deze paragraaf volgt alleen een korte toelichting op hoofdlijnen.

Met behulp van GIS is het mogelijk om afzonderlijke digitale kaarten als het ware 'over elkaar heen te leggen' zodat er één kaart ontstaat met daarin samengevat alle informatie van de onderliggende kaarten. De mate van invloed die een individuele kaart op de overzichtskaart heeft is afhankelijk van de toegekende wegingsfactor. Een criterium met een hoge toegekende waarde zal veel invloed uitoefenen bij de uiteindelijke locatiekeuze. Aangezien de waardering van criteria per materiaalsoort is bepaald, zijn er overzichtskaarten gemaakt voor stormmogelijkheden van zand, slib en kleibrokken.

Daarnaast is er een kaart gemaakt met daarop voorkeursgebieden voor de stort van gemengd materiaal. Zoals vermeld zal een belangrijk deel van de boorspecie als 'gemengd materiaal' beschikbaar komen. De samenstelling van dit materiaal is op voorhand echter moeilijk vast te stellen en zal ook gedurende het boorproces fluctueren. Het is dus evenmin bekend welk materiaal uiteindelijk in de locaties geschikt voor gemengd materiaal wordt gestort. Daarom is besloten dat dergelijke locaties aan de voorwaarden, uitgangspunten en criteria van zowel zand als slib en kleibrokken dienen te voldoen. Gemengde locaties mogen dus alleen gesitueerd worden in gebieden die geschikt zijn voor de stort van zand en slib en kleibrokken.

De volgende vier kaarten geven de voorkeursgebieden weer voor respectievelijk de stort van zand, slib, kleibrokken en gemengd materiaal (figuren 5-4 t/m 5-7)

#### **Zand**

Bij beoordeling van geschikte gebieden voor het storten van zand komt duidelijk naar voren dat de meeste van deze gebieden zich op grote afstand van het werkterrein bevinden. Ten zuiden van de stortlocatie Ellewoutsdijk, in gebruik voor de verdieping van de Westerschelde, komt een klein gebied naar voren dat als 'neutraal' gekwalificeerd wordt. Net ten noorden van de hoofdvaargeul, ter hoogte van de Middelpilaar, is nog een strook beschikbaar met een kleine kans op ongunstige effecten

#### **Slib**

De kaart toont een groot aantal gebieden die geschikt zijn voor de stort van slib. Het betreft gebieden nabij de monding van de Westerschelde, maar ook dicht bij het werkterrein, namelijk in de diepe hoofdvaargeul ten oosten van Terneuzen. Laatstgenoemde voorkeursgebied heeft tevens het voordeel van een kleinere vaarafstand tot de bouwlocatie.

#### **Klei**

Voor het storten van klei vormen met name de zogenaamde turbulentieputten de voorkeursgebieden. Deze putten zijn gelegen in de hoofdvaargeul; voor de oever bij Terneuzen en nabij de Eendrachtspolder. Het storten van klei in deze putten veroorzaakt vanwege nauwelijks directe effecten vanwege de waterdiepte en de dynamische omstandigheden ter plekke.

#### **Gemengd materiaal**

De voorkeursgebieden voor gemengd materiaal bevinden zich in de monding van de Westerschelde. Evenals als bij de stort van klei is ook de turbulentieput bij de Eendrachtspolder geschikt. Aan de noordzijde van de hoofdvaargeul, nabij de turbulentieput Eendrachtspolder (ten oosten van Terneuzen) bevindt zich tevens een voorkeurszone. Vanwege de ligging in de buurt van het werkterrein ligt deze locatie voor gemengd materiaal voor de hand.

### **5.7. Gevoeligheidsanalyse**

#### **5.7.1. Inleiding**

De toegepaste methode voor het bepalen van voorkeursgebieden is voor een groot gedeelte afhankelijk van het oordeel van experts en de weging die door het panel aan de verschillende criteria, aspecten en disciplines wordt gegeven. Weliswaar wordt waar mogelijk een inhoudelijk onderbouwing vermeld, maar het is onvermijdelijk dat een deel van de keuzes subjectief is. Om nu na te gaan in welke mate subjectiviteit een rol speelt, wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, de vijfde en laatste stap van de gehanteerde methode.

Over het algemeen zal de subjectiviteit toenemen met het keuzeniveau binnen de criteriaboorn. Op het laagste niveau, die van het criterium, spelen voornamelijk inhoudelijk argumenten een rol. Hoewel niet eenduidig kunnen de criteria voor een belangrijk deel objectief worden vastgesteld. De gevoeligheidsanalyse richt zich dan ook op voornamelijk op het subniveau van de criteriaboorn, het discipline niveau (ecologie en morfologie) en hoger; de afweging mens en natuur.

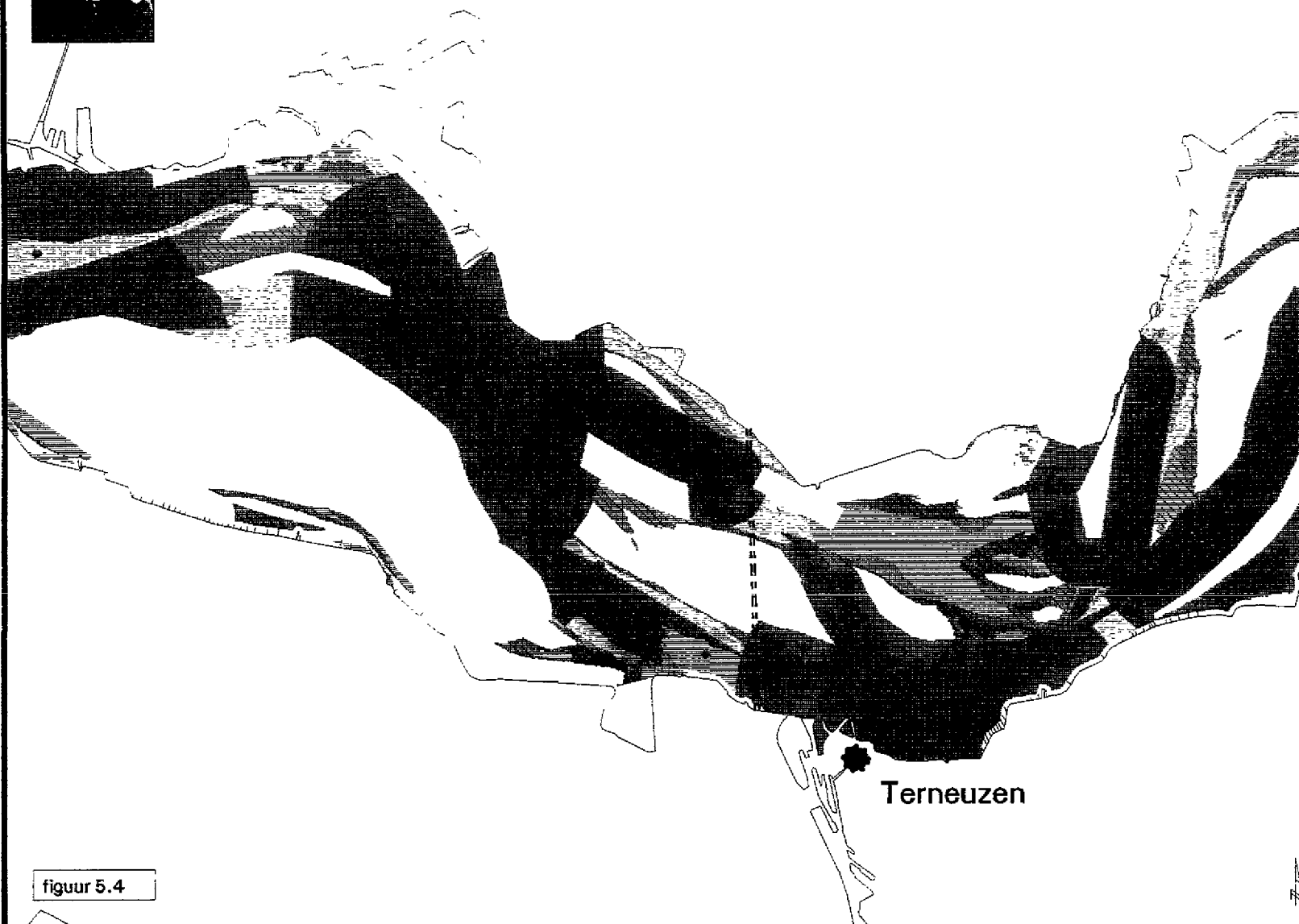
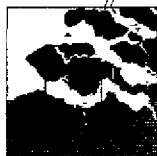
#### **Wijziging wegingsfactoren Ecologie-Morfologie**

Wat is nu de invloed van andere wegingsfactoren t.a.v. ecologie en morfologie op de kaarten met voorkeursgebieden voor stortlocaties? Om deze invloed te kunnen beoordelen is gekeken naar de relatieve verandering in het oppervlakte van de afzonderlijke klassen. Met klassen wordt bedoeld de in de overzichtskaarten gehanteerde, op waardering gebaseerde, indeling van gebieden (variërend van *geschikt* tot *zeer ongeschikt*). Met een verandering in een waarderingsfactor wijzigt ook de oppervlakte van de verschillende klassen. De omvang van deze verandering is een maat voor de gevoeligheid voor de wegingsfactor. Omdat locaties bijvoorkeur in geschikte gebieden worden gesitueerd, zijn met name de areaalveranderingen van de klassen; *licht ongunstig* (klasse 5), *neutraal* (klasse 6) en *gunstig* (klasse 7) belangrijk. Als referentie wordt tevens de oppervlakteverandering in klasse 1 (zeer ongunstig) beoordeeld.

De resultaten van deze gevoeligheidsanalyse en de effecten op enkele klassen staan in tabel 5-3 en figuur 5-8 vermeld.

# Totaalbeeld gewogen criteria voor het storten van zand

## Locatiekeuze Westerschelde - tunnel gebied



### Legenda

== tracé tunnel  
Wegingsfactor:

- zeer ongeschikt
- |
- |
- |
- |
- geschikt
- neutraal (geen oordeel)
- binnendijs gebied

### Randvoorwaarden

- storten niet toegestaan of onmogelijk
- storten mogelijk bij vloed (diepgang schip)

### Uitgangspunten

- Niet storten

Bron: werkd. RIKZ/AB 97.866x

Datum: 04-JUN-1998



MER Boorspecie Westerscheldetunnel

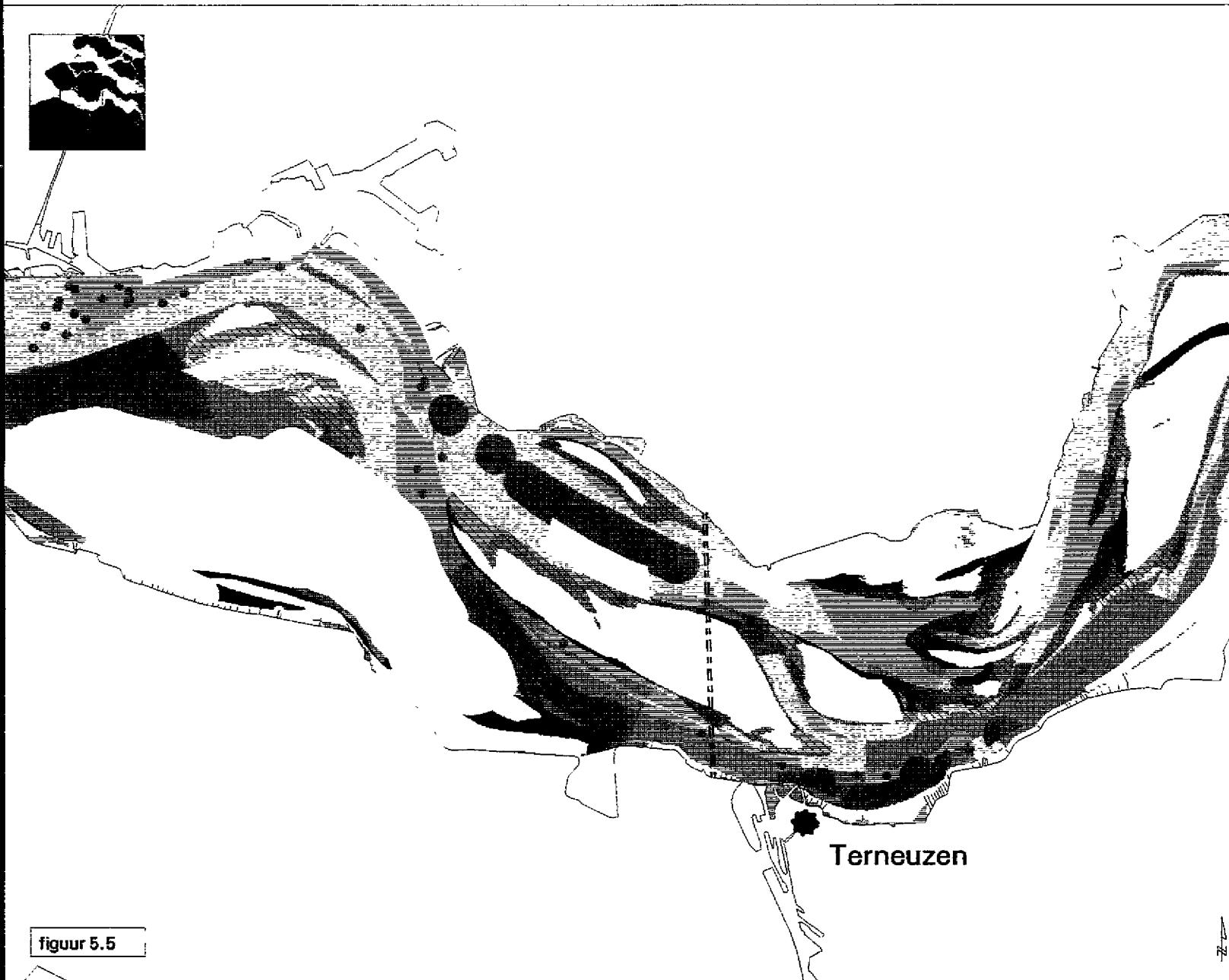


drs K.G. Luursema  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

figuur 5.4

# Totaalbeeld gewogen criteria voor het storten van slib

## Locatiekeuze Westerschelde - tunnel gebied



### Legenda

== trace tunnel  
Wegingsfactor:

- zeer ongeschikt
- 
- 
- 
- geschikt
- neutraal (geen oordeel)
- binnendijs gebied

### Randvoorwaarden

- storten niet toegestaan of onmogelijk
- storten mogelijk bij vloed (diepgang schip)

### Uitgangspunten

- Niet storten

Bron: werkdoc. RIKZ/AB 97.866x

Datum: 04-JUN-1998

0 2.5 5 km

MER Boorspecie Westerscheldetunnel

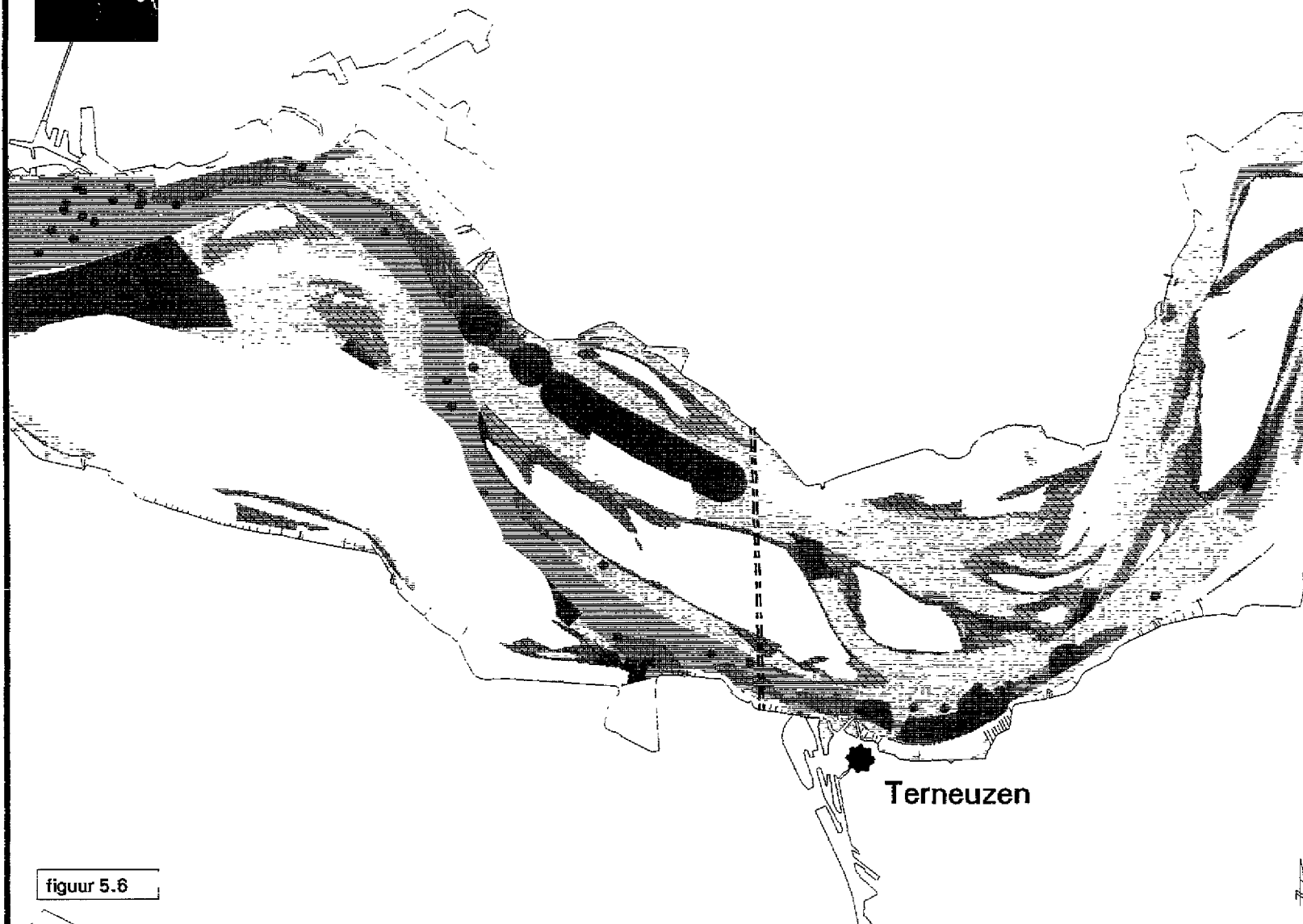
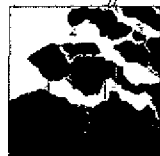


drs K.G. Laursma  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

figuur 5.5

# Totaalbeeld gewogen criteria voor het storten van kleibrokken

## Locatiekeuze Westerschelde - tunnel gebied



### Legenda

== trace tunnel  
Wegingsfactor:

zeer ongeschikt



geschikt

neutraal (geen oordeel)

binnendijks gebied

### Randvoorwaarden

storten niet toegestaan  
of onmogelijk



storten mogelijk bij vloed  
(diepgang schip)

### Uitgangspunten

Niet storten

Bron: werkdoc. RIKZ/AB 97.866x

Datum: 04-JUN-1998



MER Boorspecie Westerscheldetunnel



drs K.G. Luursema

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

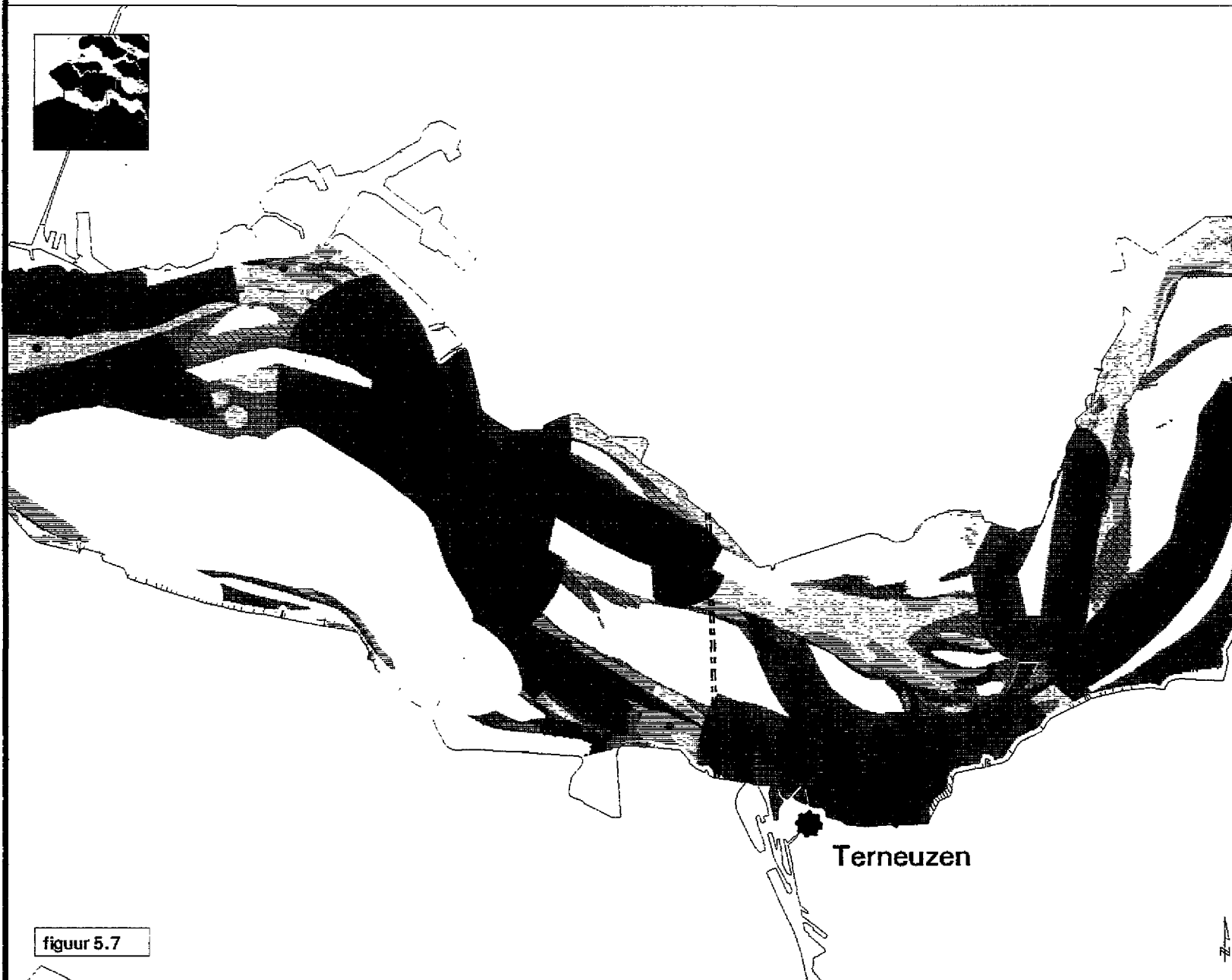
Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

figuur 5.6



# Totaalbeeld gewogen criteria voor het storten van gemengd materiaal

## Locatiekeuze Westerschelde - tunnel gebied



### Legenda

=== tracé tunnel  
Wegingsfactor:

- zeer ongeschikt
- |
- |
- |
- geschikt
- neutraal (geen oordeel)
- binnendijks gebied

### Randvoorwaarden

- storten niet toegestaan of onmogelijk
- storten mogelijk bij vloed (diepgang schip)

### Uitgangspunten

- Niet storten

Bron: werkd. RIKZ/AB 97.866x

Datum: 04-JUN-1998

0 2,5 5 km

MER Boorspecie Westerscheldetunnel



drs K.G. Luursema  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Rijkswaterstaat voor Kust en Zee / RIKZ Middelburg

figuur 5.7

## 5.7.2. Resultaten en conclusies

**Variabele wegingsfactoren Ecologie-Morfologie**

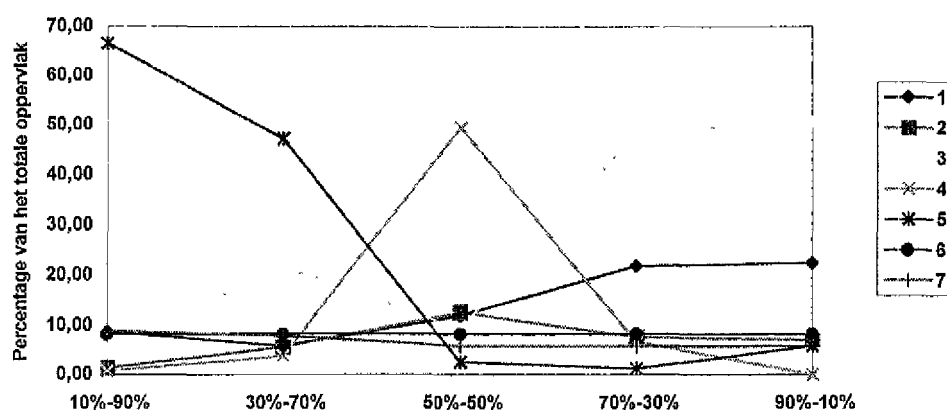
Uit tabel 5-3 en figuur 5-9 blijkt duidelijk een toename van het oppervlakte aan klasse 1 gebieden (zeer ongunstig) wanneer meer belang wordt gehecht aan ecologie dan aan morfologie. Hieruit mag geconcludeerd worden dat er vanuit ecologisch oogpunt meer ongewenste locaties aan te wijzen zijn dan vanuit morfologisch oogpunt. Uit de figuur valt tevens af te leiden, dat klasse 4 een overgangsklasse is, die alleen bij gelijke waardering van ecologie en morfologie een groot oppervlak beslaat. Het procentuele aandeel in het totale oppervlakte van klasse 5 (licht ongunstig) daalt sterk als ecologie meer invloed krijgt. Het aandeel van klasse 6 gebieden (neutraal) vertoont in de figuur een horizontaal verloop, evenals het aandeel van klasse 7 (gunstig).

De belangrijkste conclusie is dan ook dat, indien alleen gebieden behorend tot klasse 7 (gunstig) voor locatiekeuze in aanmerking komen, veranderingen in de waardering tussen ecologie en morfologie vrijwel niet van invloed zijn op de keuzemogelijkheden van potentiële stortlocaties. De locatiekeuze is daarmee ongevoelig voor veranderingen in de waardering tussen ecologie en morfologie.

Tabel 5-3 Veranderend aandeel per klasse bij verschillend belang morfologie-ecologie

| Belang<br>Ecologie-Morfologie<br>(weging in %) | Aandeel van totaal<br>oppervlak klasse 1<br>(zeer ongunstig) | Aandeel van totaal<br>oppervlak klasse 5<br>(licht ongunstig) | Aandeel van totaal<br>oppervlak klasse 7<br>(gunstig) |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Ecologie:Morfologie: 10%/90%                   | 9%                                                           | 67%                                                           | 9%                                                    |
| Ecologie:Morfologie: 30%/70%                   | 6%                                                           | 47%                                                           | 8%                                                    |
| Ecologie:Morfologie: 50%/50%                   | 12%                                                          | 3%                                                            | 6%                                                    |
| Ecologie:Morfologie: 70%/30%                   | 21%                                                          | 1%                                                            | 6%                                                    |
| Ecologie:Morfologie: 90%/10%                   | 22%                                                          | 6%                                                            | 6%                                                    |

Figuur 5-8 Verhouding ecologie-morfologie in percentages van het totale oppervlak



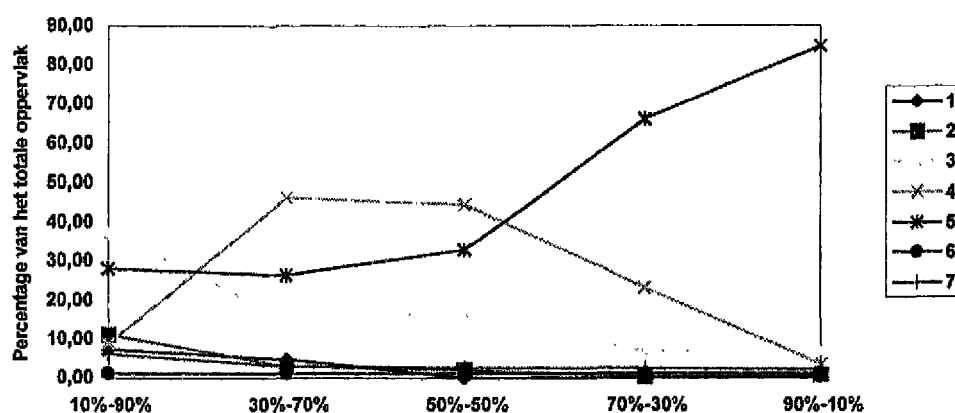
**Wijziging wegingsfactoren Mens-Natuur**

Ook op een hoger niveau, de afweging mens-natuur, zijn verschillende wegingsfactoren doorgerekend. De resultaten staan in de onderstaande tabel 5-4 en in figuur 5-9 vermeld.

Tabel 5-4 Veranderend aandeel per klasse bij verschillend belang Mens-Natuur

| Belang<br>Ecologie-Morfologie<br>(weging in %) | Aandeel van totaal<br>oppervlak klasse 1<br>(zeer ongunstig) | Aandeel van totaal<br>oppervlak klasse 5<br>(licht ongunstig) | Aandeel van totaal<br>oppervlak klasse 7<br>(gunstig) |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Ecologie:Morfologie: 10%/90%                   | 7%                                                           | 28%                                                           | 6%                                                    |
| Ecologie:Morfologie: 30%/70%                   | 5%                                                           | 27%                                                           | 3%                                                    |
| Ecologie:Morfologie: 50%/50%                   | 0%                                                           | 33%                                                           | 3%                                                    |
| Ecologie:Morfologie: 70%/30%                   | 0%                                                           | 66%                                                           | 2%                                                    |
| Ecologie:Morfologie: 90%/10%                   | 0%                                                           | 84%                                                           | 2%                                                    |

Figuur 5-9 Verhouding mens-natuur in percentages van het totale oppervlak



De als zeer ongunstig beoordeelde gebieden (klasse 1) nemen af tot 0% als de waardering van 'de mens' stijgt. Al bij een verdeling van de weging van 50%-50% is de bijdrage van klasse 1 nihil. Overigens ook bij een maximale weging van 'de natuur' is de bijdrage van klasse 1 is relatief laag, namelijk maximaal 7%. Ongeacht de waardering zijn de klassen 3 en 5 (licht ongunstig) de overheersende klassen. Bij een toename van waardering van natuur wordt het aandeel van klasse 5 (licht ongunstig) alleen nog maar groter. Deze toename gaat voornamelijk ten koste van het oppervlak van klasse 3 en 4. Net als op het niveau van ecologie en morfologie wisselt het relatieve aandeel van klasse 6 (neutraal) niet. Ook bij deze analyse zijn er geen gebieden aan te wijzen waarbij een andere weging resulteert in neutrale gebieden doordat positieve en negatieve effecten elkaar opheffen. Het aandeel van klasse 7 gebieden (gunstig) in het totale oppervlakte verschuift van 6% naar 2% wanneer het relatieve belang van natuur afneemt. Gezien deze verschuivingen kan gesteld worden dat een toenemende invloed van de factor 'mens' leidt tot vervlakking; het oppervlakteaandeel van extreme klassen neemt af.

Belangrijkste conclusie is echter dat het oppervlakte aan gebieden waarin potentiële stortlocaties gesitueerd kunnen worden (klasse 7 gebieden) bij alle waarderingsopties relatief klein is, en met een hogere waardering van 'de mens' nog verder afneemt. De keuze vangeschikte gebieden is daarmee in

zeer beperkte mate gevoelig voor veranderingen in wegingsfactoren tussen mens en natuur.

## 6. Samenstelling van de varianten

---

### 6.1. Inleiding

In dit hoofdstuk zal de samenstelling van de varianten worden besproken. Een variant is een verdeling van hoeveelheden te storten boorspecie over de verschillende locaties die zijn gekozen op basis van de in hoofdstuk 4 gemaakte kaarten. De gekozen stortvarianten zullen worden gebruikt bij het samenstellen van alternatieven in de MER Boorspecie Westerscheldetunnel.

### 6.2. De stortlocaties

Op basis van de in hoofdstuk 4 gevolgde procedure zijn door de afdeling NWL van de directie Zeeland van Rijkswaterstaat een aantal stortlocaties geselecteerd. Per soort materiaal is voor twee vakken gekozen om eventueel ongunstige, of cumulatieve effecten door het gelijktijdig het storten van baggerspecie in het gebied, te voorkomen. Hieronder volgt een opsomming van de locaties die voor het storten van boorspecie gekozen zijn.

#### Zandstort

1. zand1
2. zand2

#### Slibstort

1. slib1
2. Eendrachtspolder

#### Kleistort

1. klei1

#### Stort van gemengd materiaal

1. gemengd1
2. Eendrachtspolder
3. pijpleidinglocatie

De ligging van de locaties is aangegeven in figuur 6-1

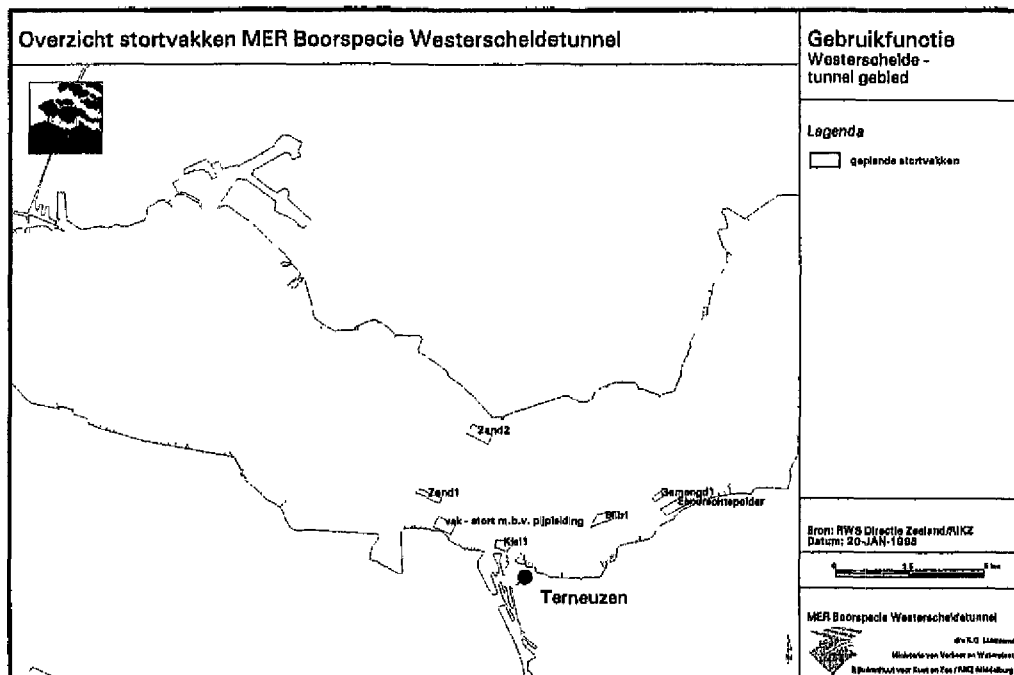
#### 6.2.1. Beschrijving van de stortlocaties

##### Zandstortvakken

Het vak zand1 is gelegen aan de rand van de hoofdvaargeul. Hier is de diepte van het vaarwater nog voldoende om te kunnen storten, namelijk ongeveer -12,5 meter NAP, terwijl het richting de Middelpaats ondieper wordt. Het bodemmateriaal langs de Middelpaats varieert van grof zand, 250 µm, tot zeer fijn zand, 50 µm. De stroomsnelheid ligt tussen 0,5 en 0,75 m/s.

Het vak zand2 is gelegen in de nevengeul, net ten zuiden van het stortvak Ellewoutsdijk, dat voor de verdieping van de Westerschelde in gebruik is. De stroomsnelheid ter plaatse van het vak varieert van minimaal 1,00 m/s bij tot 1,50 m/s bij vloed. Het bodemmateriaal op de locaties is grof zand (> 250µm) en de diepte is ongeveer NAP -25 meter.

Figuur 6-1 Ligging van de stortlocaties



#### Slibstortvakken

Slib1 ligt in het oostelijke deel van de Pas van Terneuzen. Dit gebied is sinds de jaren 60 sterk geërodeerd. De diepte van deze locatie is tussen de NAP -3 m en NAP -10 m.

Het vak 'Eendrachtspolder' ligt tegen de zuidoever van de hoofdvaargeul in de het oostelijke deel van de Pas van Terneuzen. Ter plaatse van het vak 'Eendrachtspolder' bevindt zich een turbulentieput (dieper dan -30 m NAP), waar de stroomsnelheden op kunnen lopen tot boven 1,75 m/s. Een gevolg van de hoge stroomsnelheden is dat enkel zeer grof sediment hier kan blijven liggen.

#### Kleistortvak

Klei1 is een vak niet ver van de ingang van het kanaal Gent-Terneuzen en ook dit vak is, net als het vak 'Eendrachtspolder', gesitueerd ter plaatse van een turbulentieput. Deze put is meer dan 30 meter diep. De gemiddelde stroomsnelheden in deze put zijn echter kleiner, waardoor het bodemsediment minder grof is dan in de put bij Eendrachtspolder.

#### Stortvakken gemengd materiaal

Het stortvak gemengd1 is gelegen aan de noordzijde van de hoofdvaargeul tegenover het vak Eendrachtspolder. De stroomsnelheden zijn hier vrij hoog en het bodemmateriaal varieert van 175 tot 250 µm.

Voor gemengd materiaal kan ook het vak 'Eendrachtspolder' gebruikt worden. Een beschrijving staat bij de slibstortvakken.

Voor het storten met een pijpleiding is gekozen voor een locatie dicht bij het werkterrein. Een voorwaarde voor deze locatie was ook dat deze zeer diep moet zijn zodat de scheepvaart geen hinder van de pijpleiding ondervindt.

## 6.2.2. Voorwaarden aan het gebruik van de stortvakken

**Voorwaarden ten aanzien van de maximale te storten hoeveelheid**

De capaciteit van de stortvakken is berekend op basis van het oppervlakte en aannames m.b.t. de maximale (tijdelijke) ophoging van de bodem en de mate van natuurlijk transport van sediment uit het vak. De vermelde capaciteit vormt slechts een indicatie omdat het gestorte materiaal uiteindelijk niet in de locaties zal blijven liggen.

In tabel 6-1 is een overzicht van de grootte en capaciteit van de stortvakken gegeven. De capaciteit van een stortvak is de maximale hoeveelheid specie die gedurende het boren in een stortlocatie kan worden gestort zonder het bestaande morfologische evenwicht ingrijpend te verstoren. De maximale ophoging aan het einde van de stortperiode mag 3 meter zijn. Er wordt vanuit gegaan dat gedurende de stortperiode minimaal een laag van 1 meter dikte uit het stortvak zal eroderen. De locaties Eendrachtspolder en pijpleidinglocatie kunnen gezien de diepte een ophoging hebben van 6 respectievelijk 8 meter. Bij de locatie klei 1 wordt er vanuit gegaan dat er geen erosie plaats zal vinden. Het oppervlakte van de vakken is gebaseerd op de grootte van de gebieden die bij de locatiekeuze er als beste uitkwamen. De enige eis hierbij was dat de vakken voldoende capaciteit moeten bezitten om alle specie te kunnen bergen.

Tabel 6-1 Oppervlakte en capaciteit van de stortvakken.

| Stortlocatie       | oppervlakte (ha) | capaciteit (m <sup>3</sup> ) |
|--------------------|------------------|------------------------------|
| zand 1             | 16               | 632.000                      |
| zand 2             | 29               | 1.176.000                    |
| slib 1             | 26               | 1.045.000                    |
| klei 1             | 16               | 487.000                      |
| gemengd 1          | 9                | 370.000                      |
| Eendrachtspolder   | 28               | 1.988.000                    |
| pijpleidinglocatie | 24               | 2.193.000                    |

**randvoorwaarden ten aanzien van het te storten materiaal**

Voor de bepaling in welk vak de vrijkomende materialen gestort moeten worden zijn door de Directie Zeeland een aantal eisen opgesteld.:

- **Kleivak:** minimaal 40% van het mengsel bestaat uit kleibrokken
- **Zandvak:** minimaal 80% van het mengsel bestaat uit zand
- **Slibvak:** minimaal 50% van het materiaal bestaat uit slib
- **Gemengd vak:** overige mengsels

**spreiding van de specie**

Bij het storten van zandige boorspecie dient het zand zo gelijkmatig mogelijk over het westelijke deel verspreid te worden. Een zo optimaal mogelijke verspreiding van zand houdt in een gelijkmatige verdeling van het materiaal over hoofd- en nevengeul. Daarbij dient ook rekening gehouden te worden met de stort van gemengd materiaal omdat dit naar verwachting aanzienlijke hoeveelheden zand zal bevatten. Dit betekent dat wanneer er in een periode zowel zand als gemengd materiaal vrijkomt, het zand in het stortvak zand2 (nevengeul) gestort moet worden en het gemengde materiaal op de aangewezen stortlocaties in de hoofdgeul. Op deze manier wordt het zand zoveel mogelijk gelijkmatig over hoofd- en nevengeul verspreid.

Deze eis van gelijkmatige verspreiding geldt ook voor de twee slibstortvakken. In een periode dat er slib vrijkomt moet deze gelijkmatig worden verdeeld over de twee vakken om tijdelijk negatieve (ecologische) effecten door sterke lokale vertroebeling te voorkomen. Zeker in de periode april-augustus is dit een belangrijke randvoorwaarde.

Het vak zand2 bevindt zich naast een stortvak (Ellewoutsdijk) waar baggerspecie, vrijkomend bij vaargeulonderhoud, wordt gestort. Om te voorkomen dat cumulatieve effecten optreden, dient bij voorkeur niet gelijktijdig gebruik te worden gemaakt van de vakken Ellewoutsdijk en zand2.

### 6.3. De samenstelling van varianten

De alternatieven in de MER Boorspecie Westerscheldetunnel verschillen in de mate waarin de verwerking plaatsvindt door hergebruik en nuttige toepassing, dan wel door (niet toepassingsgericht) storten in de Westerschelde, alsmede in het type van hergebruik en de wijze van storten.

De varianten voor het storten van boorspecie zijn gevonden nadat de mogelijke hergebruiksopties van de boorspecie waren onderzocht. In het beleid wordt hergebruik van materiaal wenselijker geacht dan het storten ervan. Sommige fracties zijn geschikt voor hergebruik en andere niet. De fracties voor hergebruik zullen rechtstreeks worden afgevoerd. Het materiaal wat niet kan worden hergebruikt, zal in de Westerschelde worden gestort.

#### 6.3.1. De hergebruiksvarianten

Er zijn 3 varianten ontwikkeld voor het hergebruik van boorspecie (DWW, 1998). De gekozen stortvarianten zullen op deze hergebruiksvarianten worden gebaseerd. De volgende varianten zijn onderzocht.

- a) In variant a wordt geen boorspecie hergebruikt (nul-variant).
- b) In variant b worden zoveel mogelijk hergebruiksopties, waarvoor de boorspecie voldoet aan de civieltechnische eisen voor hergebruik en waar in principe een afzetmarkt voor is, meegenomen.
- c) Bij variant c worden zoveel mogelijk hergebruiksopties met milieurendement opgenomen. Hergebruiksopties met milieurendement zijn opties die zowel voor energieverbruik, emissies en landgebruik positief scoren.

Om de hoeveelheden van het materiaal die gestort zullen worden te bepalen is het nodig de hoeveelheden die worden hergebruikt van de totale hoeveelheid af te trekken. Met de overgebleven hoeveelheden worden de stortvarianten samengesteld. De twee hergebruiksopties die zijn gekozen (in alternatieven b en c) zijn gegeven in tabel 6-2.

#### 6.3.2. het te storten materiaal

De hoeveelheden van het materiaal dat niet kan worden hergebruikt zal gestort worden. Voor de bepaling in welk vak de vrijkomende materialen gestort moeten worden zijn een aantal eisen opgesteld (zie randvoorwaarden in paragraaf 6-2).

Naast de samenstelling van de grondsoort is het voor Boomse klei ook belangrijk of deze als slurry of als brokken vrijkomt. Hierover bestaat nog onzekerheid (zie hoofdstuk 3) zodat met beide of een combinatie van slurry en brokken rekening moet worden gehouden. Voorlopig is uitgegaan van de gegevens zoals vermeld in KMW (1998)



Tabel 6-2 Beschikbare specie & hergebruikstoepassingen (DWW, 1998)

| materiaal                     | geologische laag          | vrijkomend materiaal (ton) | hergebruiks-toepassing        | variant b         | variant c         | variant a |
|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|-----------|
| Kleibrokken >4mm              | BK: 100% klei             | 113.000                    | waterkering                   | 113.000           | 113.000           | -         |
|                               | BK/GZ: 50% 1E+8, 50% klei | 40.000                     | afdichtingslaag               | 40.000            | 40.000            | -         |
|                               | BK/Z: 50% 1C+1D, 50% klei | 4.000                      | afdichtingslaag               | 4.000             | 4.000             | -         |
|                               |                           | 157.000                    |                               | 157.000           | 157.000           | -         |
| zand: 4mm-100µm<br>100µm-40µm | BK: 100% klei             | 462.000                    | afdeklaag stort               | 462.000           | 462.000           | -         |
|                               | Z: 100% 1C + 1D           | 121.000                    | wegenbouw                     | 90.000            | 90.000            | -         |
|                               | GZ: 100% 1E+8             | 415.000                    | geluidswal                    | 371.000           | -                 | -         |
|                               | BK/GZ: 50% 1E+8, 50% klei | 447.000                    | geluidswal                    | 195.000           | 195.000           | -         |
|                               | BK/Z: 50% 1C+1D, 50% klei | 50.000                     | afdeklaag stort<br>geluidswal | 147.000<br>38.000 | 147.000<br>38.000 | -<br>-    |
|                               | GZ/Z: 1C+1D, 1E+8         | 189.000                    | geluidswal                    | 188.000           | 188.000           | -         |
|                               |                           | 1.684.000                  |                               | 1.491.000         | 1.120.000         | -         |
| slib: <40µm                   | BK: 100% klei             | 188.000                    | niet bruikbaar                | -                 | -                 | -         |
|                               | BK/GZ: 50% 1E+8, 50% klei | 66.000                     | niet bruikbaar                | -                 | -                 | -         |
|                               | BK/Z: 50% 1C+1D, 50% klei | 7.000                      | niet bruikbaar                | -                 | -                 | -         |
|                               |                           | 261.000                    |                               | -                 | -                 | -         |

De materialen, zoals ze vrijkomen na de scheidingsinstallatie, zijn als volgt gedefinieerd:

- Klei: brokjes klei met een diameter groter dan 4 mm.
- Zand (al dan niet glauconiethoudend) : de totale fractie tussen 4 mm en 40 µm
- Slib: al het materiaal kleiner dan 40 µm.

De vrijkomende hoeveelheden staan aangegeven in tabel 6-3. De waarden in de tabel zijn berekend met een voortgang van 12 meter per dag en een vertraging van de tweede tunnelbuis op de eerste van 13 weken.

Tabel 6-3 Hoeveelheden te storten materialen na hergebruik

|                                                       | alles storten        | zoveel mogelijk hergebruik | milieu variant     |
|-------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|
| klei<br>ton (droog)<br>m <sup>3</sup> (te storten)    |                      |                            |                    |
| slib<br>ton (droog)<br>m <sup>3</sup> (te storten)    |                      | 270.000<br>216.000         | 229.000<br>183.000 |
| zand<br>ton (droog)<br>m <sup>3</sup> (te storten)    | 1.085.000<br>868.000 | 46.000<br>37.000           | 366.000<br>293.000 |
| gemengd<br>ton (droog)<br>m <sup>3</sup> (te storten) | 1.055.000<br>844.000 | 175.000<br>140.000         | 252.000<br>202.000 |

dichtheid = 1,25 ton/m<sup>3</sup>

6.3.3. *de stortvarianten*

De volgende stortvarianten worden in dit document bekeken:

- A. Al het materiaal storten met splijtbakken
- B. Alleen het materiaal storten met splijtbakken dat niet hergebruikt kan worden
- C. Alleen het materiaal storten met splijtbakken dat na het hergebruik met milieurendement over blijft
- D. Alles storten. Het slib wordt met een pijpleiding op de bodem gebracht en de overgebleven fracties worden met een splijtbak gestort

De stortvarianten bestaan uit de verdeling van de boorspecie over de verschillende locaties gedurende de tijd. Het materiaal is proportioneel met de inhoud van de stortvakken over de vakken verdeeld. De verdeling van de hoeveelheden in tonnen (droog te storten) over de stortvakken bij de verschillende varianten is gegeven in tabel 6-4. Bij variant D komt alleen zand vrij (meer dan 80% zandfractie) nadat de slibfractie is afgevoerd. Omdat het zand, wanneer het zou blijven liggen, in deze variant niet allemaal in de zandvakken geborgen kan worden wordt een deel afgevoerd naar het gemengde vak Eendrachtspolder.

Tabel 6-4 De stortvarianten (ton)

| Stortlocatie       | periode | Variant A | periode | Variant B | periode | Variant C | periode | Variant D |
|--------------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| zand 1             | 92-113  | 363.000   | 100-113 | 15.000    | 93-113  | 123.000   | 1-113*  | 563.000   |
| zand 2             | 1-4     | 41.000    | 1-3     | 3.000     | 1-3     | 3.000     | 1-113*  | 1.127.000 |
|                    | 13-20   | 167.000   | 14-16   | 8.000     | 14-20   | 100.000   |         |           |
|                    | 27-34   | 179.000   | 93-100  | 20.000    | 79-85   | 101.000   |         |           |
|                    | 75-92   | 336.000   |         |           | 92-93   | 39.000    |         |           |
| Eendrachtspolder   |         |           |         |           |         |           | 1-113*  | 150.000   |
| zand               |         | 1.086.000 |         | 46.000    |         | 366.000   |         | 1.840.000 |
| klei 1             |         |           |         |           |         |           |         |           |
| klei               |         | -         |         | -         |         | -         |         | -         |
| slib 1             |         | -         | 20-73*  | 180.000   | 7-8     | 5.000     |         |           |
| Eendrachtspolder   |         | -         | 7-8     | 5.000     | 35-73*  | 148.000   |         |           |
| pijpleidinglocatie |         | -         | 20-73*  | 85.000    | 26      | 5.000     |         |           |
| slib               |         | -         |         | -         | 35-73*  | 71.000    | 1-113   | 300.000   |
| Eendrachtspolder   |         |           |         | 270.000   |         | 229.000   |         | 300.000   |
|                    | 21-26   | 131.000   | 9-13    | 20.000    | 9-13    | 20.000    |         |           |
|                    | 35-74   | 501.000   | 22-25   | 30.000    | 27-34   | 117.000   |         |           |
|                    |         |           | 74-93   | 55.000    | 88-91   | 14.000    |         |           |
| gemengd 1          | 5-12    | 85.000    | 4-6     | 10.000    | 4-6     | 10.000    |         |           |
|                    | 35-74   | 338.000   | 17-19   | 15.000    | 21-25   | 45.000    |         |           |
|                    |         |           | 74-93   | 45.000    | 74-77   | 34.000    |         |           |
|                    |         |           |         |           | 86-88   | 12.000    |         |           |
| gemengd            |         | 1.055.000 |         | 175.000   |         | 252.000   |         | -         |

\* gelijkmatige verspreiding

6.3.4. *Extra stortvariant door onzekerheidsmarges*

Door de onzekerheidsmarges in boorsnelheid en daarmee in de hoeveelheden van de verschillende materialen die vrijkomen en door onzekerheden omtrent het dispergeergedrag van Boomse klei wordt een extra stortvariant toegevoegd. Bij deze stortvariant wordt al het materiaal gestort komt al het materiaal gemengd uit het boorproces.

Daarnaast is er in een later stadium van het onderzoek besloten nog een stortvariant toe te voegen. Deze toegevoegde variant lijkt sterk op variant D, het verschil is dat al het materiaal m.b.v. een pijpleiding wordt gestort.

In tabel 6-5 staan beide varianten vermeld, respectievelijk Ag (alles gemengd per schip) en variant D\* (alles storten met een pijpleiding).

.....  
Tabel 6-5 Varianten Ag en D\*

| Stortlocatie       | Variant Ag | Variant D* |
|--------------------|------------|------------|
| gemengd 1          | 277.000    |            |
| Eendrachtspolder   | 1.863.00   |            |
| Pijpleidinglocatie |            | 2.140.000  |

## 7. Vergelijking van de varianten

### 7.1. Inleiding

In dit hoofdstuk worden de varianten uit hoofdstuk 6 ten opzichte van elkaar en de referentiesituatie vergeleken. In onderstaand kader wordt nogmaals de definitie van de referentiesituatie gegeven.

De referentiesituatie is:

de situatie waarbij geen boorspecie in de Westerschelde zal worden gestort. Er wordt dan enkel uitgegaan van de Westerschelde met een verdiepte vaargeul die onderhouden wordt. Bij het onderhoud van de vaargeul zal jaarlijks 14 miljoen m<sup>3</sup> zand worden verplaatst.

Bij deze vergelijking wordt gebruik gemaakt van een vierdelige schaal:

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| 0   | verwaarloosbaar effect   |
| -   | gering (negatief) effect |
| --  | ongunstig effect         |
| --- | zeer ongunstig effect    |

Deze schaal geeft een kwalitatieve beoordeling van het effect van de varianten ten opzichte van de referentiesituatie weer. Eveneens worden hiermee de relatieve verschillen tussen de varianten onderling bepaald.

De varianten worden vergeleken op grond van alle, in hoofdstuk 4, besproken effecten. Dat betekent dat ook de effecten die, in vorm van criteria, een rol hebben gespeeld bij de lokatiekeuze bij de beoordeling van de varianten zijn meegenomen. Omdat de locaties zodanig zijn gekozen dat de locatiegebonden effecten zijn geminimaliseerd, zal het onderscheidingsvermogen hiervan gering zijn.

Dat er desondanks verschillen mogelijk zijn, komt doordat niet alle stortvakken in de meest geschikte gebieden gesitueerd konden worden. Daardoor zullen deze vakken toch 'negatief scoren' op enkele van deze criteria. Het al dan niet gebruiken van een dergelijk vak in een stortvariant maakt dat er t.a.v. deze specifieke criteria onderscheid tussen de varianten ontstaat. Ook verschillen in storthoeveelheden per locatie kunnen tot verschillen in beoordeling leiden. Er zijn effecten die qua ernst niet alleen afhangen van de ligging van de locatie maar ook van de hoeveelheid specie die er wordt gestort.

In hoofdstuk 5 zijn criteria gebruikt om de meest geschikte stortlocaties te kiezen. Daarbij zijn de effecten gerelateerd aan specifieke gebieden in de Westerschelde. Er zijn echter enkele effecten die wel als zodanig locatiegebonden zijn, maar pas definitief bepaald kunnen worden als de locaties en de storthoeveelheden bekend zijn. Het betreft hier:

- vaarafstand en - frequentie
- geluidsbelasting

Voordat de vergelijking van de varianten aan de orde komt, zal eerst aandacht worden geschonken aan de bepaling van deze effecten.

## 7.2. Vaarbewegingen en geluidsbelasting

### 7.2.1. Vaarafstand en -frequentie

Voor criteria van ecologie, de verstoring van dieren, maar ook voor criteria van gebruik, zoals de drukte op de vaarwegen is het nodig om de vaarfrequentie te kwantificeren. Het aantal vaarbewegingen (of wel: vaarfrequentie) wordt bepaald door allereerst de af te voeren hoeveelheid boormateriaal (in natte  $m^3$ ) te delen door de inhoud van een stortbak. Voor een bezoek aan een stortlocatie zal een stortbak altijd twee vaarbewegingen nodig hebben, namelijk een heen- en een terugweg.

In tabel 7-1 zijn de vaarbewegingen per variant weergegeven. Hiervoor hebben de getallen van tabel 4-4 als basis gediend en uitgegaan van nat sediment, waarbij is aangenomen, dat elke  $1 m^3$  droog  $1 m^3$  water opneemt (KMW, 1997). Tevens is aangenomen, dat gebruik wordt gemaakt van een stortbak met een inhoud van  $1000 m^3$ .

Tabel 7-1 Aantal vaarbewegingen vanaf werkteerrein naar stortvak en v.v.

| Stortlocatie            | Variant A | Variant B | Variant C | Variant D |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>zand1</i>            | 580       | 24        | 196       | 900       |
| <i>zand2</i>            | 1156      | 50        | 388       | 1803      |
| <i>slib1</i>            |           | 288       | 244       |           |
| <i>klei1</i>            |           |           |           |           |
| <i>gemengd1</i>         | 676       | 112       | 162       |           |
| <i>eendrachtspolder</i> | 1018      | 312       | 364       | 240       |
| Totaal per variant      | 3430      | 786       | 1354      | 2943      |

Om het verbruik en de uitstoot van schadelijk stoffen (emissies) van de stortbakken en de verschillen tussen de varianten te kunnen bepalen is de totale vaarafstand bepaald. De afstanden tussen stortvakken en werkteerrein die voor de berekening zijn gebruikt staan in tabel 7-2 vermeld.

Tabel 7-2 Vaarafstand van werkhaven tot de stortvakken.

| Stortlocatie            | Afstand in km |
|-------------------------|---------------|
| <i>zand1</i>            | 3,5           |
| <i>zand2</i>            | 6,5           |
| <i>slib1</i>            | 4,5           |
| <i>klei1</i>            | 1,5           |
| <i>gemengd1</i>         | 7             |
| <i>eendrachtspolder</i> | 7,5           |

Met behulp van de gegevens uit tabel 7-1 en tabel 7-2 is het aantal kilometers per variant berekend. Een kanttekening hierbij is, dat de vaarafstand naar het vak 'zand2' sterk afhankelijk is van de diepgang van de stortbak in combinatie met het getij. Om het vak 'zand2' te kunnen bereiken wordt in gunstige omstandigheden via de Zuid-Everingen gevaren. Is de waterstand echter zo laag, of de diepgang van de stortbak zo diep, dat hier niet gevaren kan worden, zal om de Suikerplaat heen gevaren moeten worden, wat het aantal kilometers aanzienlijk doet toenemen. In de berekeningen wordt ervan uitgegaan, dat alle vaarbewegingen naar 'zand2' via de Zuid-Everingen gaan. Een andere, langere vaarroute zal geen invloed hebben op de afweging van varianten aangezien de verhouding tussen de varianten gelijk blijft. In tabel 7-3 wordt het aantal vaarkilometers per variant gegeven.

Tabel 7-3  
Aantal vaarkilometers  
per variant

| Stortlocatie            | Variant A | Variant B | Variant C | Variant D |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>zand1</i>            | 4060      | 168       | 1372      | 6300      |
| <i>zand2</i>            | 15028     | 650       | 5044      | 23440     |
| <i>slib1</i>            | 0         | 2592      | 2196      | 0         |
| <i>klei1</i>            | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <i>gemengd1</i>         | 9464      | 1568      | 2268      | 0         |
| <i>eendrachtspolder</i> | 15270     | 4680      | 5460      | 3600      |
| Totaal per variant      | 43822     | 9658      | 16340     | 33340     |

### 7.2.2. Geluidsbelasting

Het storten van boorspecie in de daarvoor aangewezen stortvakken in de Westerschelde leidt, met uitzondering van twee vakken, nergens tot een overschrijding van de richtlijn m.b.t. stiltegebieden zoals opgenomen in de Provinciale Milieuverordening Zeeland. Het equivalente geluidsniveau op de grens van deze gebieden, veroorzaakt door stortactiviteiten in nabijgelegen vakken, is lager dan de richtwaarde van 40 dB(A).

Een uitzondering vormen de vakken 'slib 1' en 'zand 1'. Van overschrijding van de geluidsbelasting als gevolg van stortactiviteiten het vak 'slib 1' is alleen sprake als van de bij de PMV gevoegde kaart wordt uitgegaan. Indien van de huidige NAP - 5 meter begrenzing van integrale milieubeschermingsgebieden (i.c. platen) wordt uitgegaan, dan voldoet ook de stort van boorspecie in het vak 'slib 1' aan de geluidsrichtlijn. Stortactiviteiten in het vak 'zand 1' leiden tot een overschrijding van de richtwaarde van 40 dB(A) op de, als integraal milieubeschermingsgebied aangeduide, Middelplaat. De geluidsbelasting zal echter niet meer bedragen dan 45 dB(A) en is daarmee vergelijkbaar met de huidige geluidsbelasting als gevolg van scheepvaartverkeer. De stort in het vak 'zand 1' zal dan ook niet tot een verslechtering van de huidige situatie leiden (Rotmensen, 1998).

## 7.3. Vergelijking van de varianten per criterium

### 7.3.1. Vergelijking van de varianten - morfologie

#### Beweeglijkheid bodem (dynamiek van beddingvormen)

Voor het behoud van de natuurlijk ontwikkeling van beddingvormen zijn bepaalde gebieden aangewezen waar storten ongunstige effecten zal hebben op de ontwikkeling van kortsluitgeulen. Voor de vergelijking van de varianten is het van belang te weten, dat het vak 'zand1' in een gebied ligt waar een grotere kans op het verdwijnen van de kortsluitgeulen. Het gebruik van dit stortvak binnen de varianten is dus niet gunstig. Varianten A en D, waarbij het meeste materiaal in vak 'zand1' zal worden gestort komen daarom als gering negatief uit de beoordeling.

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| beweeglijkheid bodem | -         | 0         | 0         | -         |

### Structuur

Het milieu-aspect structuur, onderverdeeld in de criteria meergeulenstelsel en morfologische eenheden, werkt voor de verschillende stortvarianten niet onderscheidend. De varianten krijgen allemaal dezelfde waardering.

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| structuur            | 0         | 0         | 0         | 0         |

### Overzicht afweging varianten voor criteria - morfologie

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Beweeglijkheid bodem | -         | 0         | 0         | -         |
| structuur            | 0         | 0         | 0         | 0         |

### 7.3.2. Vergelijking van varianten - kwaliteit

#### Bodemkwaliteit en waterkwaliteit - arseengehalte

Bij het storten van glauconiethoudend zand bestaat de kans dat er arseen in oplossing gaat in het water. Dit is afhankelijk van het feit of het arseen gebonden is aan pyriet of glauconiet. Als arseen gebonden is aan pyriet zal dit in oplossing gaan in het water door de oxydatie van het pyriet. De waterkwaliteit zal dan beïnvloed worden, hoewel dit van tijdelijke aard is door de snelle menging van het water.

Zit arseen aan glauconiet gebonden dan zal de waterbodembodemkwaliteit beïnvloed kunnen worden, omdat Arseen na storten zeer waarschijnlijk gebonden blijft. De bodembodemkwaliteit zal plaatselijk en tijdelijk kunnen verminderen.

Van welke van beide verbindingen sprake is zal pas blijken bij het boren van de tunnel. Wel kan echter geconcludeerd worden dat het storten van glauconiethoudend zand licht ongunstig is door de mogelijke beïnvloeding van de bodem- en/of waterkwaliteit. Bij de beoordeling van de stort-varianten wordt ervan uitgegaan, dat het meeste zand wat vrijkomt glauconiethoudend is. Bij variant B wordt het meeste glauconiethoudend zand hergebruikt en het effect van het storten is dan ook verwaarloosbaar. Bij alle andere alternatieven wordt al het glauconiethoudende zand gestort en zal er dus een gering negatief effect optreden.

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| arseengehalte        | -         | 0         | -         | -         |

#### Milieu-effecten - emissies

In DWW (1998) is een methode ontwikkeld om emissies te bepalen voor het storten met een baggerschip (zie paragraaf 3.3.6). Van belang is dat er gerekend wordt in hoeveelheden in ton (nat) en met omrekenfactoren uit voor de verschillende milieu-effecten.

De milieu-effecten die veroorzaakt zullen worden zijn berekend per vervoerde ton materiaal per kilometer. Aangezien elk type materiaal een ander soortelijk gewicht heeft is het aantal ton materiaal per materiaalsoort met de vaarafstand vermenigvuldigd.

Voor elke variant berekend hoeveel de bijdrage aan emissies is. De milieu-effecten die in deze berekening zijn meegenomen zijn: broeikas-effect, verzuring, vermisting, aantasting van de ozonlaag, ecotoxiciteit, smogvorming en humane toxiciteit. Deze milieu-effecten staan in tabel 7-4

gegeven en elk effect is uitgedrukt in equivalenten. De betekenis van de equivalenten staat gegeven in paragraaf 4.3.6.

Tabel 7-4 Emissiewaarden (in equivalenten\*10<sup>6</sup>) per milieu-effect en per variant

|                     | Variant A | Variant B | Variant C | Variant D |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Totaal loc.afh.     | 84401     | 4269      | 12459     | 64213     |
| Totaal loc.onafh    | 2         | 1         | 1         | 2         |
| Totaal              | 84404     | 4269      | 12460     | 64215     |
| broelkas            | 304       | 15        | 45        | 231       |
| verzuring           | 1292      | 65        | 191       | 983       |
| vermesting          | 1376      | 70        | 203       | 1047      |
| ozonlaag aantasting | 101       | 5         | 15        | 77        |
| ecotoxiciteit       | 6686      | 338       | 987       | 5087      |
| smogvorming         | 1325      | 67        | 196       | 1008      |
| humane toxiciteit   | 2668      | 135       | 394       | 2030      |

Het blijkt dat de emissies vooral afhankelijk zijn van het aantal vaar-kilometers. Bij de varianten A en D zijn het aantal vaarkilometers en dus de emissies het grootst. De effecten van deze beide alternatieven wordt daarom als ongunstig beschouwd. Alternatief C heeft 6 tot 8 maal lagere emissies dan alternatieven A en D. Dit alternatief heeft daarom slechts een gering effect op de luchtkwaliteit. Alternatief B geeft een veel geringere toename van emissies te zien (3 maal minder dan alternatief C). Het effect van dit alternatief is dan ook verwaarloosbaar.

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| emissies             | --        | 0         | -         | --        |

Overzicht afweging varianten voor criteria-kwaliteit

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| arscegehalte         | -         | 0         | -         | -         |
| emissies             | --        | 0         | -         | --        |

### 7.3.3. Vergelijking van varianten - ecologie

#### Effecten op schorren

Ecologen zijn het erover eens, dat een snelle verspreiding van gestort slib het beste is voor het behoud van het ecologisch systeem, zoals in de referentiesituatie aanwezig is. Een ophoping van slib op een plaats kan namelijk grote gevolgen hebben voor de aanwezige organismen. Dit proces speelt ook een rol bij de schorren. Een ophoping van de schorren zou een irreversibel proces op gang kunnen brengen.

De vakken 'slib1', 'Eendrachtspolder', gemengd 1 en 'pijpleidinglocatie' liggen in een gebied waar geen waardevolle schorren in de buurt liggen en de stroomsnelheden hoog zijn zodat het slib na storten snel verspreid zal worden. Het effect van storten is op deze plaatsen daarom verwaarloosbaar en alle varianten krijgen dezelfde waardering.

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| effect op schorren   | 0         | 0         | 0         | 0         |



**Verstoring**

Het vak 'zand1' ligt binnen de verstoringbuffer rond de Middelplaat. Storten op deze plaats veroorzaakt voor dit criterium dus een iets groter effect dan storten op een van de andere vakken. Bij de alternatieven A en D wordt in deze vakken het meest gestort zodat er bij deze alternatieven een gering negatief effect is te verwachten.

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| verstoring           | -         | 0         | 0         | -         |

**Effecten op ondiepwater-leefgemeenschappen**

De stortlocaties zijn liggen alle buiten het ecologisch belangrijke ondiepwatergebied. Het criterium effecten op ondiepwaterleefgemeenschappen werkt daarom niet onderscheidend voor de vier stortvarianten.

**Vertroebeling**

Directe effecten van verhoogde troebelheid na het storten op de ecologie zijn niet te verwachten omdat deze effecten bij de locatie-keuze zijn meegenomen. Door het storten van slib kan de troebelheid in het systeem wel gedurende 1 jaar toenemen. Of dit effecten zal hebben op het ecologisch functioneren van het systeem is onduidelijk. In het algemeen zullen de effecten waarschijnlijk niet groot zijn. De effecten worden voor alle alternatieven daarom verwaarloosbaar en, wanneer zich wel geringe effecten zouden voordoen, niet onderscheidend geacht.

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| vertroebeling        | 0         | 0         | 0         | 0         |

*Overzicht afweging varianten voor criteria-kwaliteit*

| Effect of deeleffect        | variant A | variant B | variant C | variant D |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| effect op schorren          | 0         | 0         | 0         | 0         |
| effect op ondiepwaterleefg. | 0         | 0         | 0         | 0         |
| verstoring                  | -         | 0         | 0         | -         |
| vertroebeling               | 0         | 0         | 0         | 0         |

**7.3.4. Vergelijking van varianten - mens****Archeologische belangrijke vindplaatsen**

Het effect op archeologisch belangrijke vindplaatsen is gebruikt bij de locatiekeuze, echter het werkt toch nog onderscheidend bij de vergelijking van varianten. Storten op de locatie 'zand2' heeft namelijk mogelijk effect op een archeologisch belangrijke vindplaats (locatie 15 in figuur 2.28) en het effect is daarom niet geheel verwaarloosbaar. Gebruik van de locatie wordt daarom als ongunstig. In de varianten A en D wordt veel gebruik gemaakt van de locatie 'zand2'. Deze twee varianten krijgen daarom allebei een gering negatieve beoordeling voor het criterium archeologie.

| Effect of deeleffect      | variant A | variant B | variant C | variant D |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| archeologische vindplaats | -         | 0         | 0         | -         |

**Delfstoffenwinning**

De stortlocaties zijn allemaal gedefinieerd op plaatsen waar geen delfstoffen als zand en schelpen worden gewonnen. Dit criterium werkt dus niet onderscheidend voor de varianten.

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| delfstoffenwinning   | 0         | 0         | 0         | 0         |

**Infrastructuur**

Het effect op de infrastructuur is door het gebruik van het vak 'zand2' dat gelegen is ter hoogte van de leidingenstraat van Ellewoutsdijk richting Zeeuws-Vlaanderen onderscheidend voor de varianten.

In drie van de vier stortvarianten wordt gebruik gemaakt van 'zand2'. Varianten A en D maken het meest gebruik van dit vak. Het effect van de stortvarianten A worden daarom gering negatief beoordeeld en de varianten B en C verwaarloosbaar.

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| infrastructuur       | -         | 0         | 0         | -         |

**Recreatie**

Recreatie als criterium staat in hoofdstuk 4 al onderverdeeld in drie verschillende soorten recreatie, namelijk de recreatievaart, de oeverrecreatie en de sportvisserij.

*Recreatievaart*

De recreatievaart kan enigszins verstoord worden door vaarbewegingen van splijtbakken. Deze verstoring zal over het algemeen niet groot zijn. Ongunstige effecten worden dan ook niet verwacht.

*Oeverrecreatie*

Voor de afweging tussen de varianten zal oever-recreatie geen belangrijke rol spelen. De stortvakken voor slib en gemengd materiaal van liggen niet in een gebied waar tevens veel strandjes voor oeverrecreatie voorkomen. Het stortvak zand 2 ligt binnen 500 meter van het strandje bij Ellewoutsdijk, maar omdat er weinig van het water gebruik gemaakt wordt zal de hinder beperkt zijn.

*Sportvisserij*

Zoals in hoofdstuk 4 staat beschreven wordt voornamelijk gevestigd bij de oever. Vissers zullen zich niet ver buiten de oever begeven. Sportvisserij vanuit bootjes komt weinig voor en hiervoor is geen duidelijke plaats aan te wijzen. Alleen storten in het zeer dicht bij de oever gelegen vak Eendrachtspolder kan negatief werken op de sportvisserij ter plaatse. Dit is echter niet waarschijnlijk.

Geconcludeerd kan worden, dat recreatie weinig effect ondervindt van het storten van de boorspecie in de Westerschelde. Voor alle varianten geldt dat ze een verwaarloosbaar effect hebben op de recreatie.

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| recreatie            | 0         | 0         | 0         | 0         |

**Scheepvaart**

Met de scheepvaart in de Westerschelde is bij de locatiekeuze rekening gehouden. Er wordt geen zand in de hoofdvaargeul in de omgeving van drempels gestort, omdat de drempels dan sneller zullen aanzanden en de doorvaart in gevaar komt. Verder is rekening gehouden met de route van schepen met een gevaarlijke lading. Deze varen het meest op de route ten westen van Terneuzen. Toch kunnen door de stortstrategieën van de opgestelde varianten nog verschillen in effect op de scheepvaart optreden.

Alle stortvakken waar met schepen wordt gestort liggen buiten de hoofdvaargeul, behalve Eendrachtspolder en Klei 1. Op de stortlocatie neemt de kans op een aanvaring door het verschil in snelheid tussen een baggerschip en de regulier scheepvaart zeer beperkt toe. Het aantal keren storten in Klei 1

en Eendrachtspolder draagt dus in zeer geringe mate (minder dan 1%) bij aan de kans op aanvaringen. De beoordeling van dit effect is ten tweede gerelateerd aan het aantal vaarbewegingen. De mogelijke gevolgen voor de verkeersveiligheid van het storten hangt met name af van de complexiteit van het vaar-traject naar het stortvak. Het kruisen van de hoofdvaarroute is daarin een belangrijke factor. Voor elke keer storten moet de hoofdvaarroute twee keer worden gekruist. Het aantal vaarbewegingen is daarmee bepalend voor de effecten op de verkeersveiligheid.

Het storten in Eendrachtspolder (klei 1 wordt niet gebruikt) en het aantal vaarbewegingen bepalen dus de beoordeling van de varianten. De onderstaande waardering van de alternatieven op het effect op scheepvaart wordt gevonden.

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| scheepvaart          | --        | 0         | -         | --        |

#### Visserij

De gebieden waar gevist wordt op de vissoorten tong, garnaal en kokkel zijn aan de hand van de gegevens die vissers hebben aan-geleverd gedefinieerd en bij de locatiekeuze is hiermee zoveel mogelijk rekening mee gehouden. Desondanks overlappen de stortlocaties 'zand 1' en 'gemengd 1' de aangegeven visserijgebieden voor een klein deel. Bij alle alternatieven wordt van 1 of 2 van deze vakken gebruik gemaakt. Voor alle alternatieven is daarmee een gering negatief effect op de visserij te verwachten

| Effect of deeleffect | variant A | variant B | variant C | variant D |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| visserij             | -         | -         | -         | -         |

#### Overzicht afweging varianten voor criteria - gebruik

| Effect of deeleffect   | variant A | variant B | variant C | variant D |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| archeologische vindpl. | -         | 0         | 0         | -         |
| delfstoffenwinning     | 0         | 0         | 0         | 0         |
| infrastructuur         | -         | 0         | 0         | -         |
| recreatie              | 0         | 0         | 0         | 0         |
| scheepvaart            | --        | 0         | -         | --        |
| visserij               | -         | -         | -         | -         |

### 7.4. Varianten Ag (alles gemengd) en D\* (alles per pijpleiding)

#### 7.4.1. Inleiding

In voorgaande hoofdstukken is uitgegaan van de situatie zoals deze is beschreven in de startnotitie en in KMW (1998). De marges in de tijd zijn hierin niet meegenomen.

Als het boorproces sneller verloopt dan voorzien, of door wat voor reden dan ook vertraging oploopt, kan de boorspecie in andere samenstelling naar bovenkomen. De meest extreme situatie zal ontstaan wanneer alle boorspecie als gemengd materiaal vrijkomt. Omdat de onzekerheden in het hele boorproces zo groot zijn wordt deze extreme situatie (variant A-gemengd) beoordeeld als een gevoeligheidsanalyse. Met de uitkomsten hiervan kan inzicht worden verkregen over de effecten van het storten van de boorspecie als alle boorspecie als gemengd materiaal gestort wordt.

#### 7.4.2. Vergelijking variant Ag

Variant Ag kan het beste worden vergeleken met variant A. In variant Ag wordt al het materiaal gestort in gemengde vakken. Het enige verschil met variant A is het feit, dat het materiaal als mengsel zal worden afgevoerd. In KMW (1998) wordt aangegeven, dat de scheiding van de kleideeltjes van de

zandfractie afhankelijk is van het dispergentiegedrag van klei. Hoewel pas tijdens het proces duidelijk zal worden of er kleideeltjes in de zandfractie achterblijven, zal nu toch al aandacht worden besteed aan de effecten van het storten van enkel gemengd materiaal.

Variant Ag zal beoordeeld worden op die effecten die bij variant Ag anders zijn dan bij variant A. Enkel deze effecten zijn opgenomen in onderstaande tabel. In deze tabel staat in de tweede kolom aangegeven of variant Ag beter (+) of slechter (-) scoort dan alternatief A. In de derde kolom staat de beoordeling van het effect weergegeven. De meeste verschillen worden veroorzaakt doordat er geen gebruik wordt gemaakt van de stortvakken voor zand. De effecten van storten op de vakken voor gemengd materiaal zijn voor de effecten in de tabel verwaarloosbaar, behalve voor emissies en scheepvaart. Door de grotere vaarafstand naar de stortvakken voor gemengd materiaal zijn de effecten op emissies ongunstiger beoordeeld dan bij variant A. Door het vaker storten in het vak Eendrachtspolder is de kans op aanvaring groter en daarmee het effect op de scheepvaart.

| Effect of deeleffect   | Vershil t.o.v. variant A | Beoordeling effect |
|------------------------|--------------------------|--------------------|
| beweeglijkheid bodem   | +                        | 0                  |
| emissies               | -                        | --                 |
| archeologische vindpl. | +                        | 0                  |
| verstoring             | +                        | 0                  |
| infrastructuur         | +                        | 0                  |
| scheepvaart            | -                        | --                 |

#### 7.4.3. Vergelijking variant D\*

Wanneer alles gemengd zal worden gestort met een pijpleiding (op de pijpleidinglocatie) zal de volgende waardering t.o.v. variant A worden gemaakt.

| Effect of deeleffect   | Vershil t.o.v. variant A | Beoordeling effect |
|------------------------|--------------------------|--------------------|
| beweeglijkheid bodem   | +                        | 0                  |
| emissies               | +                        | 0                  |
| archeologische vindpl. | +                        | 0                  |
| verstoring             | +                        | 0                  |
| infrastructuur         | +                        | 0                  |
| scheepvaart            | +                        | 0                  |
| visserij               | +                        | 0                  |

### 7.5. Conclusies

Onderstaande tabel geeft een totaaloverzicht van een waardering van de varianten op alle effecten.

| Effect of deeleffect        | variant A | variant B | variant C | variant D |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Morfologie</b>           |           |           |           |           |
| beweeglijkheid bodem        | -         | 0         | 0         | -         |
| structuur                   | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>Kwaliteit</b>            |           |           |           |           |
| arseengehalte               | -         | 0         | -         | -         |
| emissies                    | --        | 0         | -         | --        |
| <b>Ecologie</b>             |           |           |           |           |
| effect op schorren          | 0         | 0         | 0         | 0         |
| effect op ondiepwaterleefg. | 0         | 0         | 0         | 0         |
| verstoring                  | -         | 0         | 0         | -         |
| vertroebeling               | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>Mens</b>                 |           |           |           |           |
| archeologische vindpl.      | -         | 0         | 0         | -         |
| delfstoffenwinning          | 0         | 0         | 0         | 0         |
| infrastructuur              | -         | 0         | 0         | -         |
| recreatie                   | 0         | 0         | 0         | 0         |
| scheepvaart                 | --        | 0         | -         | --        |
| visserij                    | -         | -         | -         | -         |

## 8. Leemten in kennis en evaluatieprogramma

---

De effecten van het storten zijn voorspeld op basis van de huidige kennis van het systeem en bestaande rekenmodellen. Toch zijn er grote onzekerheden gekoppeld aan de aannamen. Op deze onzekerheden zal nu kort worden ingegaan

### 8.1. leemten in kennis

#### 8.1.1. *Morfologie*

De onnauwkeurigheid in het voorspellen van de areaalveranderingen ten gevolge van de verruiming van de Westerschelde is zo groot dat er geen duidelijke uitspraken kunnen worden gedaan over het effect van het storten van boorspecie op deze veranderingen. Een verbetering in de nauwkeurigheid van deze voorspelling is dan ook gewenst.

Voor de bepaling van de verspreiding van zand en slib na het storten zijn relatief eenvoudige modellen gebruikt. Leemten die nog ingevuld moeten worden zijn;

- Het werkelijke proces van erosie en sedimentatie van slib.
- Hoe gedragen zich slib, zand en mengsels van slib en zand zich direct na het storten in de Westerschelde (wordt bijv. slib ingevangen in het zand).
- De schakel tussen het gedrag direct na storten en de morfologische veranderingen op lange termijn.

Het is bekend dat door de grootschalige ingrepen in het Westerschelde, zoals baggeren en storten, de dynamiek van het systeem kleiner wordt. De rol van het storten in de veranderingen in de dynamiek op verschillende tijdschalen is echter nog niet goed kwantificeerbaar.

#### 8.1.2. *Ecologie*

Er zijn weinig directe en goed kwantificeerbare ingreep effectrelaties bekend van de gevolgen van verhoogde troebelheid op verschillende soorten bodemfauna en vissen in de Westerschelde. De effecten zijn veelal op basis van algemene theoretische achtergronden en literatuuronderzoek voorspeld.

Daarnaast is het belangrijk te weten waar exact hoeveel sediment terecht komt, in welke tijdsduur en wat hiervan de directe en indirecte effecten zullen zijn. Ook deze effecten zijn veelal soortspecifiek en zijn voor veel soorten in de Westerschelde nog niet bekend, zeker niet in kwantitatief opzicht.

#### 8.1.3. *Gebruiksfuncties*

Er is weinig bekend omtrent de belevingswaarde van de Westerschelde. Onder belevingswaarde wordt verstaan de wijze waarop mensen het gebied beoordelen. Vormt b.v. scheepvaart een wezenlijk onderdeel bij de waardering van het landschap of niet.

De gevolgen voor de veiligheid van de scheepvaart, en dus indirect ook op de omgeving van de Westerschelde, van de extra transportbeweging t.b.v. het storten van boorspecie zijn beoordeeld op basis van expert-judgement en gaan daarom, ondanks de zorgvuldige werkwijze, met onzekerheden gepaard.

### 8.2. Evaluatieprogramma

In het kader van de verdieping en de verruiming van de Westerschelde is inmiddels een onderzoeksprogramma opgestart, waarbij het systeem gemonitord zal worden, met als doel meer te weten te komen over de effecten

van het storten van baggerspecie. Ook over de effecten ten gevolge van de aanleg van de Westerscheldetunnel zal door de metingen meer informatie worden verkregen. Naast het monitoringsprogramma MOVE wordt er gewerkt aan een monitorings-programma voor de effecten van ingrepen op de slibhuishouding. Dit gebeurt in het kader van het project SCHOON.

In de volgende paragrafen zal de opzet van de monitorings-programma's toegelicht worden.

#### 8.2.1. MOVE - Monitoring Verdieping Westerschelde en mondingsgebied

Het project MOVE heeft een aantal doelstellingen. Een van de doelstellingen is het signaleren van ontwikkelingen in het fysische, chemische en biologisch systeem om bagger-, stort- en zandwinstrategieën bij te kunnen sturen.

Verder zal het huidige beleid en de verdieping worden geëvalueerd met behulp van de meetgegevens. Tenslotte zal door het monitoringprogramma de kennis van het systeem worden verbeterd en zullen ingreep-effect relaties duidelijker worden.

In het programma van MOVE zullen fysische, chemische en biologische veranderingen ten gevolge van de verdieping en verruimingswerkzaamheden aan de Westerschelde worden gemeten. De fysische veranderingen zullen worden waargenomen aan de hand van systeemkenmerken (water en bodem).

De biologische en chemische verandering zullen worden gevolgd met behulp van metingen van water- en bodemkwaliteit en verandering van ecotopen, primaire produktie, macrozoëbenthos, vogels, vissen en garnalen. In tabel 8.1 is kort aangegeven welke metingen zullen worden uitgevoerd.

Tabel 8-1 Monitoring ten aanzien van de verdieping

| parameter                          | meetmethode                   | meetfrequentie                |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Bodemsamenstelling intergetijddeg. | sedimentmonsters              | jaarlijks                     |
| Arealen                            | vaklodingen/detailodingen     | jaarlijks tot 4 keer per jaar |
| Inhouden                           | Hoogte/luchtfoto-opnames      | maandelijks/2001              |
| Zandtransporten                    | vaklodingen                   | 1 á 2 keer per jaar           |
| Dynamiek                           | Mc-Laren bemonstering         | 1 malg (2000)                 |
| Getijvolume en debieten            | Methodiek nog in ontwikkeling |                               |
| Bodemkwaliteit                     | Debietmetingen (ADCP)         | jaarlijks / eens per 5 jaar   |
|                                    | waterbodemmonsters            | 1 keer per jaar               |
|                                    | bodemmonsters intergetijddeg. | 1995,1999,2003                |
| Waterkwaliteit                     | watermonsters                 | 6 tot 18 keer per jaar        |
|                                    | zwevend stof (centrifuge)     | 4 keer per jaar               |
| Mineralisatie                      |                               |                               |
| Primaire productie                 | HPLC                          | 1 keer per maand              |
| Bodemfauna                         | steekbuis/Reineck box-corer   | 2 keer per jaar               |
| vis en garnaal                     | boomkor                       | 1 keer per jaar               |
| vogels                             | IHW-tellingen                 | 1 keer per maand              |
| schorren                           | Luchtfotoopnames              | 1998, 2003                    |

#### 8.2.2. SCHOON

In het project SCHOON wordt onderzocht wat de invloeden zijn van antropogene ingrepen in de haven van Zeebrugge, en met name de effecten van het storten van havenspecie op de troebelheidszones in de monding van de Westerschelde. Dit onderzoek wordt verbreed naar alle invloeden van de menselijke ingrepen (waaronder het storten van specie in het kader van de verdieping en het storten van boorspecie) op de slibhuishouding en de troebelheidszones in de gehele Westerschelde. Het exacte meetprogramma is nog niet bekend.

### 8.2.3. *Evaluatieprogramma bij het storten van boorspecie*

De evaluatieprogramma's die hierboven zijn beschreven zijn niet specifiek opgezet voor het storten van boorspecie in de Westerschelde. Bij de effecten van het storten van dit materiaal zijn er onzekerheden aan te geven die niet in bovenstaande programma's aan de orde zullen komen. Naar deze onzekerheden zal tijdens het storten dan ook nog moeten worden gekeken. Het gaat hierbij om de volgende effecten.

1. Wat is de werkelijke samenstelling van het te storten materiaal?
2. Is de troebelheid na het storten van slib zoals wordt verwacht slechts tijdelijk en heeft deze verwaarloosbare effecten?
3. Wat doen additieven als deze worden toegevoegd?

Om deze effecten te bepalen zal een uitbreiding van het bestaande monitoringprogramma wenselijk zijn. De volgende parameters zullen moeten worden gemeten:

- Monsternamen voor de bepaling van de samenstelling van de verschillende scheidingsfracties van het materiaal.
- Monsternamen voor de bepaling van de samenstelling van de specie in de splijtbakken
- Uitbreiding van het MOVE programma met kwaliteitsmetingen in de zone waar de boorspecie gestort zal gaan worden.
- Slibtransport
- Praktijkmetingen bij het storten van slib



## 9. Literatuur

---

- Arts, F.A. & P. Meininger, 1995, Foragerende sterns in het Westerschelde Estuarium: een verkenning in verband met de verdieping, RIKz Werkdocument OS-95.835X, Middelburg.
- AVIV, 1994, Risico-analyse Westerschelde, vervoer gevaarlijke stoffen, AVIV, Enschede 1994.
- AVIV, 1997, Risicoanalyse Westerschelde, Fase II, brongerichte maatregelen, project 9515.
- Beek, F.A. van, A.D. Rijnsdorp, R. de Clerck, 1989, monitoring juvenile stocks of flatfish in the Wadden Sea and the coastal areas of the Southeastern North Sea, Helgolander Meeresuntersuch, 43: 461-477.
- Beems, e.a., 1988, De oeverrecreatie van de Westerschelde, studierapport 14, Rijksuniversiteit Utrecht, Geografisch Instituut.
- Beleidsplan voor de Zeeuwsche kust en de Westerscheldeoevers, 1995, Zeeuws Overlegorgaan Waterkeringen, Middelburg.
- Berchum, A.M. van, (1996) T0 ecologie Westerschelde, Werkdocument RIKZ/AB-96.862X. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg.
- De Boer, T.A. (1996) De effecten van waterrecreatie op de natuur in de Oosterschelde, Voordelta en Waddenzee; een literatuuronderzoek. IBN rapport 207 IBN-DLO Wageningen.
- Bokuniewicz, H.J et al., Field study of the mechanics of the placement of dredged material at open water disposal sites, Volume I and II, Department of Geology and Geophysics, Yale University technical report D-78-7.
- Bouma, J.L., 1982, Leerboek der bedrijfseconomie, deel I: Inleiding tot de bedrijfseconomie, Delwel, Wassenaar.
- Brasseur, S.M.J.M. & Reijnders, P.J.H. 1994. Invloed van diverse verstoringsbronnen op het gedrag en habitat gebruik van de gewone zeehonden: consequenties voor de inrichting van gebieden. Wageningen, IBN-DLO. Rapport 113.
- Bruton, M.H., 1985, The effects of suspensoids on fish, in: Hydrobiologia 152; pgs 221-241.
- Bruyne, R.H. de, 1990, Ecologische profielen vis en schelpdieren, RIVO, rapport MO 90-027.
- Bijkerk, R., 1988, Ontsnappen of begraven blijven, De effecten op bodemdieren van een verhoogde sedimentatie als gevolg van baggerwerkzaamheden, Literatuuronderzoek in opdracht van Rijkswaterstaat dienst Getijdewateren.
- Cattrijsse, A, 1997, Vissen in Troebel Water, Rijksuniversiteit Gent, Sektie Mariene Biologie.
- Davidson, N., en Rothwell, P. , 1993, Disturbance to waterfowl in estuaries, Water Study Group Bulletin 68, Special Issue, 1993.
- Dalfsen, J.A. van, 1994, Effecten van het lozen van baggerretourwater bij Ferwerderde, RU, Groningen.

- DGSM, 1994, Externe risico's van het transport van gevaarlijke stoffen over de Westerschelde, rapportage van de begeleidingscommissie van het onderzoek, V&W, VROM, BIZA, provincie Zeeland, juli 1994.
- DWW, 1998, Hergebruik Boorspecie Westerscheldetunnel, rapport W-DWW-97-098, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Eck, B. van & D. van Maldegem, 1998, Slibhuishouding en kwaliteit: Bijdrage MER Boorspecie, werkdocument RIKZ-AB 98.832x, 20 maart 1998.
- Essink, K., 1993, Ecologische effecten van baggeren en storten in het Eems-Dollard estuarium en de Waddenzee, Rapport DGW-93-020.
- Flink, J., 1985, De verspreiding van arseen in het grondwater in zuidelijk Noord-Brabant, RIVM, Leidschendam.
- Grondmechanica Delft, 1995, Westeschelde oeververbinding, Geotechnische opinie glauconiet-houdende zanden, CO-350690/352, Delft.
- Grondmechanica Delft, 1995, Westeschelde oeververbinding, Geotechnische opinie Boomse Klei, CO-350690/371, Delft.
- Heijungs, R. et. Al., 1992, Milieugerichte levenscyclusanalyse van producten - Handleiding en Bijlagen, Centrum voor Milieukunde, Leiden.
- Hengst, P. & W.J. Meur, 1996, Scheepvaart bij bruggen en sluizen in Zeeland, Kerncijfers 1995, Middelburg.
- Hoogeboom, B.P. & Vroon, J., 1998, De belevenissen van zand en slib na storten, Berekeningen t.b.v. MAS baggerspeciéstort, Werkdocument RIKZ-97-844x, Rijkswaterstaat-Rijksinstituut voor Kust en Zee Middelburg.
- Hostens, K., J. Mees, B. Beyst & A. Cattrijsse, 1996, Het vis- en garnaalbestand in de Westerschelde: soortensamenstelling, ruimtelijke verspreiding en seizoensaliteit (periode 1988-1992), Instituut voor Dierkunde, sectie Mariene Biologie, Universiteit Gent.
- Huijs, S.W.E., 1996, De ontwikkeling van de morfologie in de Westerschelde in relatie tot menselijke ingrepen 1955-1994, Rapport R 96-17. Instituut voor Marien en Atmosferisch onderzoek Utrecht, Universiteit Utrecht.
- Jong, D.J. de, V.N. de Jonge, 1994, Dynamiek van microphytobenthos in het Westerschelde-estuarium, Werkdocument RIKZ/OS 94.806X. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.
- de Jong, D.J., V.N. de Jonge, 1995, Dynamics and distribution of microphytobenthic chlorophyll-a in the Western Scheldt estuary, in: *Hydrobiologica*, 311:21-30, 1995.
- Kater, B., F.O.B. Lefèvre, 1996, Ecotoxicologische risico analyse Westerschelde, de ontwikkeling en toepassing van het model ERASES, rapport RIKZ-96-007. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg.
- Kiorboe, T., Mohlenberg, F. & Nohr, O., 1981, Effect op suspended bottom material on growth and energetics *Mytilus edulis*, *Mar.Biol.Ecol.* 61:283-288.
- Kleef, H.L., K. Essink, E.E. Welling, 1992, Het effect van het storten van bagger-specie op de bodemfauna in de Oude Westereems in de jaren 1989 en 1990, Rapport DGW-92.018.
- KMW, 1995, Westerschelde oeververbinding: laboratoriumonderzoek, CO-350690/351, Grondmechanica Delft i.o. Combinatie Middelpaalt Westerschelde, Delft.

- KMW, 1997, Analyse- en toetsingsresultaten van de boormonsters van de Westerscheldetunnel, rapport Bss/971140 Alcontrol-Heinrici milieulaboratorium.
- KMW, 1998, Basisnotitie MER boorspecie Westerscheldetunnel, Document W-A-RAP-022, maart 1998.
- Kromkamp, J., J. Peene, P. van Rijswijk, A. Sandee, N. Goosen, 1995 Nutrients, light and primary production by phytoplankton and microphytobenthos in the eutrophic, turbid Westerschelde estuary (The Netherlands), *Hydrobiologia* 311: 9-19.
- Kromkamp, J., J. Peene, 1995b Possibility of net phytoplankton primary production in the turbid Schelde Estuary (SW Netherlands). *Marine Ecology Progress series*. 121:249-259.
- Landsadvocaat, 1998, Advies boorspecie Westerscheldetunnel, HB/HW/1272586, Den Haag.
- Luursema, K.G., 1997, De geologie van de Westerschelde in relatie tot het tunneltracé, RIKZ/AB 97.847x, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg.
- Luursema, K.G., 1998, GIS methode voor locatiekeuze, RIKZ/AB 97.866x, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg.
- McLaren, P. & Powys, R.I.L., 1993, Patterns of sediment transport in the western portion of the Westerschelde, GeoSea Consulting, Cambridge.
- MAS-baggerspeciéstort Westerschelde, 1998, Studie naar de effecten van het storten van specie vrijkomend bij de 48/43 voet verruiming van de vaarweg in de Westerschelde, Rijkswaterstaat Dir. Zeeland.
- Meininger, P., Snoek, H., 1992, Non-breeding Shelduck *Tadorna tadorna* in the southwest Netherlands: effects of habitat changes on distribution, numbers, moulting sites and food, in: *Wildfowl* 43(1992), pg 139-151.
- Meininger, P.L., C.M. Berrevoets en R.C.W. Strucker, 1995. Watervogels in de zoute delta 1991-'94, Rapport RIKZ-95.025. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg.
- Meininger, P.L., C.M. Berrevoets, R.C.W Strucker, 1997, Watervogels in de Zoute Delta 1996/97, rapport RIKZ. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg.
- Milieu Effect rapport Proefboringen naar aardgas in de Waddenzee, 1996, Haskoning: samenstelling en redactie i.o.v. De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V..
- Mol, G., 1995, Zout-Zoet in het Schelde Estuarium, Werkdocument RIKZ/AB-95.867x, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg.
- Mulder, H., 1997, Slib storten in de Westerschelde: near field gedrag, werkdocument RIKZ/OS-97-614x, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Haren.
- Neal, R.W. et al., 1978, Evaluation of submerged discharge of dredged material slurry during pipe line dredge operations, Dredged Material Research Program, US-Army WES, TR D-78-44.
- Oranjewoud, 1997a, Ecologische Karakterisering bodemfauna Westerschelde en effecten in het kader van het MER Baggerspeciéstort Westerschelde, rapport 10478-38029.
- Oranjewoud, 1997b, Akoestisch onderzoek MER baggerspeciéstort Westerschelde, Rapport 37962,

- Pennekamp, Joh.G.S., P.Bosland, 1992, Troebelheidsmetingen in de Slufter tijdens het storten van specie onder water met en zonder diffusor, Waterloopkundig Laboratorium voor de Combinatie Speurwerk Baggertechniek en Gemeentewerken Rotterdam.
- Pettersson, G., 1990, De watersport op de Westerschelde, Studierapport no. 11, uitgave in de reeks Westerscheldestudies, Geografisch instituut, Rijksuniversiteit Utrecht.
- Prins, T.C. & A.C. Smaal, 1989, Carbon and nitrogen budgets of the Mussel *Mytilus edulis* L/ and the cockle *Cerastoderma edule* L. in relation to food quality. In: J.D. Ros (ed.), Topics in Marine Biology. Scient.Mar. 53(2):477-482.
- Ravensbergen, G.J. & R.J. Scheele, 1990, de visserij op de Westerschelde, studierapport no 7, uitgave in de reeks Westerscheldestudies, Geografisch instituut, Rijksuniversiteit Utrecht.
- RGD, 1995, Geologische inventarisatie van de Westerschelde, rapportnummer: BP 11.132, briefnummer: 95Z080/WW/AH.
- Rose, P.M. & D.A. Scott, 1994, Waterfowl population estimates, IWRB Pub. 29, Slimbridge
- Rotmensen, G.J., 1998, Akoestische effecten van het storten van boorspecie, Rijkswaterstaat-Rijksinstituut voor Kust en Zee, RIKZ/AB 98-819x, Middelburg.
- Rijkswaterstaat, 1996, Watersysteemverkenningen: Milieurendementsmethoden, redactie: E.J. van der Laan (Infram b.v.).
- Rijkswaterstaat DZ (Directie Zeeland), 1996, Ontwikkelingen in de Westerschelde, prognose voor de komende 25 jaar, Nota AX-96.009/NWL 96.4/RIKZ 96.006.
- Salden, R., 1998, Verspreiding van boortunnel slib bij verschillende stortvarianten, werkdocument RIKZ/OS-98.101X
- Sande, H. van der et al, 1996, Zeeuwsche Stabiliteitscriteria Voorland, Themagroep Basisoeverlijn Westerschelde.
- Sisternans, P., 1996. Verandering van de morfodynamiek in de Westerschelde. Een kwantitatieve analyse. Notitie NWL-96.51. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland.
- Spaendonk, J.C.M. van, J.C. Kromkamp, P.R.M. de Visscher, 1993 Primary production of phytoplankton in a turbid coastal plain estuary, the Westerschelde (The Netherlands), Neth. J. Sea Res. 31:267-279.
- Stienen, E.W.M. & A. Brenninkmeijer, 1994, De grote stern: voedselsamenstelling, troebeling en telemetrie, DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem.
- Stikvoort, E., 1997, Ecotoop karakterisering Westerschelde met behulp van benthos: 2e spoor, RIKZ/AB-97-821x, Notitie in verband met project Verdiep-ping\*MER baggerspecie. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg
- Storm, C., 1997 (Notitie schelpenwinning), Rijkswaterstaat Dir. Zeeland, Middelburg.
- Theede, H, 1973, Comparative studies on the influence of oxygen deficiency and hydrogen sulphide on marine bottom invertebrates, Neth. J. Sea Res. 7: 244-252.

- Veer, H.W. van der, 1979, De herstelduur van bodemstructuur en bodemfauna van zandwinputten in de Waddenzee, Rapport reeks Zandwinning in de Wadden-zee, NIOZ, Texel.
- Vliet, F.W.J. van, 1997, Verspreiding Boorspecie Westerscheldetunnel bij storten in de Westerschelde, Rapport J1441, Waterloopkundig Laboratorium, Delft.
- Vroon, J. et.al., 1996, WSV doelgroepstudie Scheepvaart Westerschelde, RIKZ/AB-96.134X. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg.
- Vroon, J., J. Coosen, K. Storm, 1997 Westerschelde, stram of struis? Eindrapport van het project Oostwest, een studie naar de beïnvloeding van fysische en verwant biologische patronen in een estuarium, Rapport RIKZ-97.023. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg.
- Wang, Z.B., Thoolen, P.M.C., Fokkink, R.J., 1997, Studie naar morfologische effecten van storten en baggeren in de Westerschelde, Rapport Z2310, Waterloopkundig Laboratorium, Delft.
- Westerschelde Ingenieursbureau (WI), 1996, Geotechnisch profiel, langsdoorsnede tunnelbuis oost.
- Ysebaert, T. Meire, P., Maes, D. & Buijs, J. 1993, The benthic macrofauna along the estuarine gradient of the Schelde Estuary, *Neth.J.Aquat.Ecol.*27:327-341.
- Zielschot, B., 1996, Ontwikkeling van de recreatievaart in het Deltagebied 1995, uitgave Provinciale VVV Zeeland, Middelburg, juni 1996.
- Zwolsman, J.J.G., et al., 1996, Spatial en temporal distribution of trace metals in sediments from the Scheldt estuary, South-west Netherlands, in: *Estuarine, coastal and shelf science.*, Vol. 43, no. 1(July 1996); p. 55-79.

**Bijlage 1: Het gemiddelde aantal soorten en taxa per klasse****Het gemiddelde aantal taxa per cel**

| zout klasse      | diepte klasse | sedimentklasse |      |          |        |          |        |     |
|------------------|---------------|----------------|------|----------|--------|----------|--------|-----|
|                  |               | 0              | 1    | 2        |        | 3        |        | 4   |
|                  |               |                |      | voorjaar | najaar | voorjaar | najaar |     |
| marien           | 0             | -              | 10.5 | 8.0      | 8.2    | 3.1      | 7.7    | 2.3 |
|                  | 1             | -              | 6.0  | 3.4      | 2.9    | 1.9      | 3.5    | 2.6 |
|                  | 2             | -              | 5.0  | 3.1      | 2.6    | 1.8      | 2.4    | 2.5 |
|                  | 3             | 11.5           | 2.0  | 2.2      | 3.1    | 1.2      | 2.5    | 2.3 |
| marien overgangs | 0             | -              | 8.5  | 6.9      | 7.8    | 4.0      | 5.8    | -   |
|                  | 1             | 3.0            | 5.0  | 2.2      | 2.8    | 1.3      | 1.8    | 2.7 |
|                  | 2             | -              | -    | 2.1      | 2.0    | 1.4      | 2.7    | 2.3 |
|                  | 3             | -              | 5.8  | 1.6      | 3.0    | 2.3      | 1.6    | 2.7 |
| brak             | 0             | 5.2            | 7.3  | 5.0      | 7.0    | 5.3      | 2.8    | -   |
|                  | 1             | 4.0            | 3.0  | 2.0      | 2.6    | 2.0      | 1.6    | 1.0 |
|                  | 2             | -              | 2.5  | 2.0      | 2.1    | 1.7      | 2.8    | 1.0 |
|                  | 3             | 3.8            | 3.0  | 2.5      | 3.0    | 1.6      | 4.0    | 2.0 |

**het gemiddelde aantal soorten per cel**

| zout klasse      | diepte klasse | sedimentklasse |    |          |        |          |        |    |
|------------------|---------------|----------------|----|----------|--------|----------|--------|----|
|                  |               | 0              | 1  | 2        |        | 3        |        | 4  |
|                  |               |                |    | voorjaar | najaar | voorjaar | najaar |    |
| marien           | 0             | -              | 30 | 50       | 50     | 23       | 35     | 13 |
|                  | 1             | -              | 6  | 43       | 26     | 17       | 25     | 18 |
|                  | 2             | -              | 5  | 21       | 31     | 16       | 14     | 13 |
|                  | 3             | 34             | 9  | 23       | 42     | 19       | 16     | 32 |
| marien overgangs | 0             | -              | 28 | 42       | 53     | 13       | 29     | -  |
|                  | 1             | 3              | 18 | 28       | 36     | 7        | 9      | 7  |
|                  | 2             | -              | -  | 25       | 27     | 9        | 11     | 6  |
|                  | 3             | -              | 16 | 24       | 41     | 15       | 13     | 12 |
| brak             | 0             | 16             | 18 | 38       | 40     | 15       | 10     | -  |
|                  | 1             | 7              | 3  | 18       | 34     | 7        | 5      | 1  |
|                  | 2             | -              | 5  | 19       | 20     | 8        | 14     | 1  |
|                  | 3             | 10             | 5  | 31       | 40     | 7        | 21     | 2  |

**sediment klasse:**

0 = veen (stenen)

1 = slib

2 = fijn zand

3 = middel zand

4 = grof zand

**diepte klasse:**

0 = litoraal

1 = NAP -2 t/m -5 m

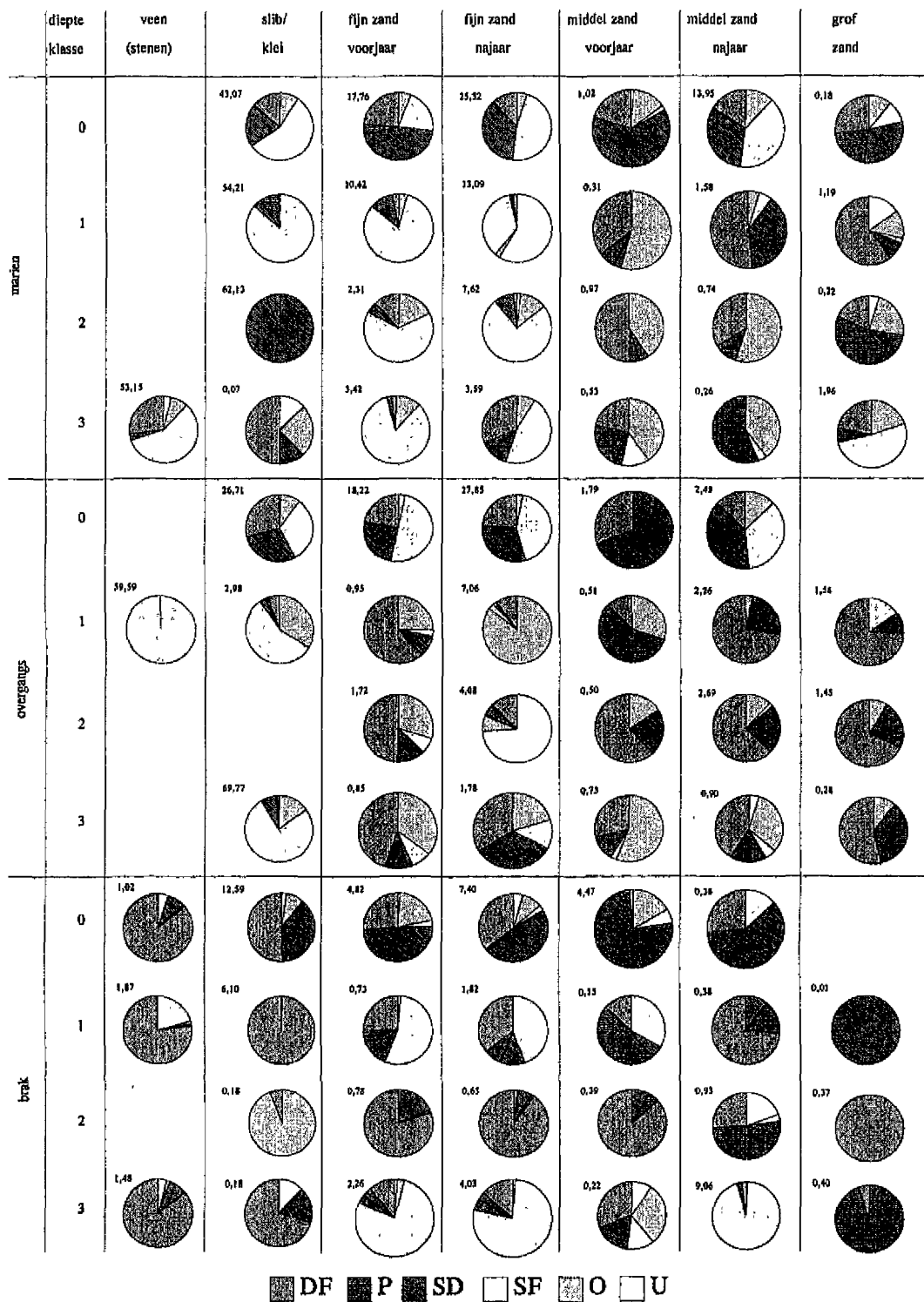
2 = NAP -5 t/m -8 m

3 = dieper dan NAP -8 m

Bron: Stikvoort, 1997

# Bijlage 2:

**Verdeling van de verschillende biomassa (g AFDW/m<sup>2</sup>) over de voedselgroepen en de gemiddelde totale biomassa per cel (DF= sedimenteter, SD = oppervlakte sedimenteter, SF = filtreerder, P = predator, O = omnivoor, U= onbekende voedselgroep)**



**Bijlage 3 Chemische samenstelling sulfidische fractie en van glauconiet van enkele onderzochte monsters (glauconiethoudend zand)**

In de volgende tabel is de chemische samenstelling weergegeven. De samenstelling is bepaald m.b.v. ICP-AES na destructie van 200 mg met HF-HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>. De hoofdelementen Na tot P in %, de spoorelementen in mg/kg.

| Analysemonster | sulfidische fractie |      |      |      |      |      | glauconiet |             |
|----------------|---------------------|------|------|------|------|------|------------|-------------|
|                | B6                  | B13  | B19a | B28  | B28d | B31  | B34a       | B28gl B34gl |
| Na             | 0,46                | 0,39 | 0,19 | 0,33 | 1,06 | 0,48 | 0,58       |             |
| K              | 1,34                | 2,34 | 2,50 | 3,11 | 3,16 | 2,45 | 2,67       |             |
| Ca             | 0,19                | 0,57 | 0,59 | 0,62 | 0,63 | 0,97 | 0,57       |             |
| Mg             | 0,19                | 0,82 | 1,07 | 0,93 | 0,96 | 0,63 | 0,69       |             |
| Fe             | 1,12                | 2,69 | 2,99 | 6,18 | 6,27 | 4,61 | 4,93       |             |
| Al             | 1,56                | 5,48 | 6,53 | 2,41 | 2,43 | 2,02 | 2,09       |             |
| Ti             | 0,10                | 0,34 | 0,38 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,06       |             |
| P              | 0,02                | 0,02 | 0,03 | 0,15 | 0,16 | 0,11 | 0,12       |             |
| As             | <3                  | <3   | 7    | <3   | <3   | <3   | <3         |             |
| Ba             | 275                 | 397  | 423  | 125  | 130  | 162  | 165        |             |
| Cd             | <1                  | <1   | <1   | <1   | <1   | <1   | <1         |             |
| Cr             | 8                   | 29   | 80   | 51   | 57   | 77   | 45         |             |
| Co             | 31                  | 13   | 23   | 49   | 50   | 35   | 81         |             |
| Cu             | 2,9                 | 13,1 | 34,4 | 1,0  | 1,3  | 1,9  | 2,0        |             |
| Pb             | 7                   | 14   | 18   | 14   | 12   | 9    | 10         |             |
| Mo             | <1                  | <1   | <1   | <1   | <1   | <1   | <1         |             |
| Ni             | 6                   | 23   | 32   | 9    | 9    | 9    | 8          |             |
| Sn             | <10                 | <10  | <10  | <10  | <10  | <10  | <10        |             |
| Zn             | 18,1                | 55,6 | 72,3 | 27,1 | 29,5 | 46,7 | 24,2       |             |
| W              | 215                 | 38   | 80   | 320  | 329  | 233  | 611        |             |
| Be             | <0,5                | 1,5  | 1,7  | 2,1  | 2,1  | 1,5  | 1,6        |             |
| La             | 10,8                | 34   | 42   | 16,6 | 17   | 15,7 | 16,1       |             |
| Mn             | 61                  | 89   | 105  | 30   | 30   | 44   | 29         |             |
| P              | 197                 | 244  | 269  | 1540 | 1590 | 1140 | 1150       |             |
| Sc             | 2,4                 | 9,3  | 11,7 | 4,5  | 4,5  | 3,6  | 3,8        |             |
| Sr             | 55,3                | 99   | 104  | 51,4 | 53,3 | 68,3 | 52,3       |             |
| V              | 36                  | 83   | 106  | 73   | 75   | 70   | 69         |             |
| Y              | 5,1                 | 11,1 | 13,5 | 8,1  | 8,4  | 8,1  | 8,0        |             |
| Zr             | 43,3                | 11   | 110  | 20,8 | 21,5 | 25,3 | 21,2       |             |



**Bijlage 4 Chemische samenstelling onderzochte Boomse Klei monsters**

In de volgende tabel is de chemische samenstelling weergegeven. Naast de samenstelling is ook de samenstelling bepaald door Alcontrol weergegeven. De samenstelling is bepaald m.b.v. ICP-AES na destructie van 200 mg met HF-HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>. De hoofdelementen Na tot P in %, de spoorelementen in mg/kg. De -Alc waarden zijn de door Alcontrol bepaalde waarden.

| monster  | B6   | B13  | B19a | B28  | B28d | B31  | B34a |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| Na       | 0,31 | 0,58 | 0,57 | 0,33 | 0,34 | 0,33 | 0,41 |
| K        | 1,34 | 2,34 | 2,50 | 3,11 | 3,16 | 2,45 | 2,67 |
| Ca       | 0,19 | 0,57 | 0,59 | 0,62 | 0,63 | 0,97 | 0,57 |
| Mg       | 0,19 | 0,82 | 1,07 | 0,93 | 0,96 | 0,63 | 0,69 |
| Fe       | 1,12 | 2,69 | 2,99 | 6,18 | 6,27 | 4,61 | 4,93 |
| Al       | 1,56 | 5,48 | 6,53 | 2,41 | 2,43 | 2,02 | 2,09 |
| Ti       | 0,10 | 0,34 | 0,38 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,06 |
| P        | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,15 | 0,16 | 0,11 | 0,12 |
| As       | <3   | <3   | 7    | <3   | <3   | <3   | <3   |
| As-Alc   | <4   | 10   | 7,7  | 13   | -    | 14   | 10   |
| Ba       | 275  | 397  | 423  | 125  | 130  | 162  | 165  |
| Ba-Alc   | <35  | <35  | <35  | <35  | -    | <35  | <35  |
| Cd       | <1   | <1   | <1   | <1   | <1   | <1   | <1   |
| Cd-Alc   | <0,4 | <0,4 | <0,4 | <0,4 | -    | <0,4 | <0,4 |
| Cr       | 8    | 29   | 80   | 51   | 57   | 77   | 45   |
| Cr-Alc   | <15  | 31   | 21   | 36   | -    | 48   | 43   |
| Co       | 31   | 13   | 23   | 49   | 50   | 35   | 81   |
| Co-Alc   | 2,6  | 8,8  | 7,8  | <2   | -    | 2,2  | <2   |
| Cu       | 2,9  | 13,1 | 34,4 | 1,0  | 1,3  | 1,9  | 2,0  |
| Cu-Alc   | <5   | 14   | 86   | <5   | -    | <5   | <5   |
| Pb       | 7    | 14   | 18   | 14   | 12   | 9    | 10   |
| Pb-Alc   | <13  | <13  | <13  | <13  | -    | <13  | <13  |
| Mo       | <1   | <1   | <1   | <1   | <1   | <1   | <1   |
| Mo-Alc   | <1,5 | <1,5 | <1,5 | <1,5 | -    | <1,5 | <1,5 |
| Ni       | 6    | 23   | 32   | 9    | 9    | 9    | 8    |
| Ni-Alc   | <3   | 18   | 22   | 4,1  | -    | 5,6  | 4,2  |
| Sn       | <10  | <10  | <10  | <10  | <10  | <10  | <10  |
| Sn-Alc<6 | <6   | <6   | <6   | <6   | <6   | <6   | <6   |
| Zn       | 18,1 | 55,6 | 72,3 | 27,1 | 29,5 | 46,7 | 24,2 |
| Zn-Alc   | 10   | 44   | 49   | 54   | -    | 34   | 12   |
| W        | 215  | 38   | 80   | 320  | 329  | 233  | 611  |
| Be       | <0,5 | 1,5  | 1,7  | 2,1  | 2,1  | 1,5  | 1,6  |
| La       | 10,8 | 34   | 42   | 16,6 | 17   | 15,7 | 16,1 |
| Mn       | 61   | 89   | 105  | 30   | 30   | 44   | 29   |
| P        | 197  | 244  | 269  | 1540 | 1590 | 1140 | 1150 |
| Sc       | 2,4  | 9,3  | 11,7 | 4,5  | 4,5  | 3,6  | 3,8  |
| Sr       | 55,3 | 99   | 104  | 51,4 | 53,3 | 68,3 | 52,3 |
| V        | 36   | 83   | 106  | 73   | 75   | 70   | 69   |
| Y        | 5,1  | 11,1 | 13,5 | 8,1  | 8,4  | 8,1  | 8,0  |
| Zr       | 43,3 | 11   | 110  | 20,8 | 21,5 | 25,3 | 21,2 |