

Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Directie Zeeland

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Directie Zeeland

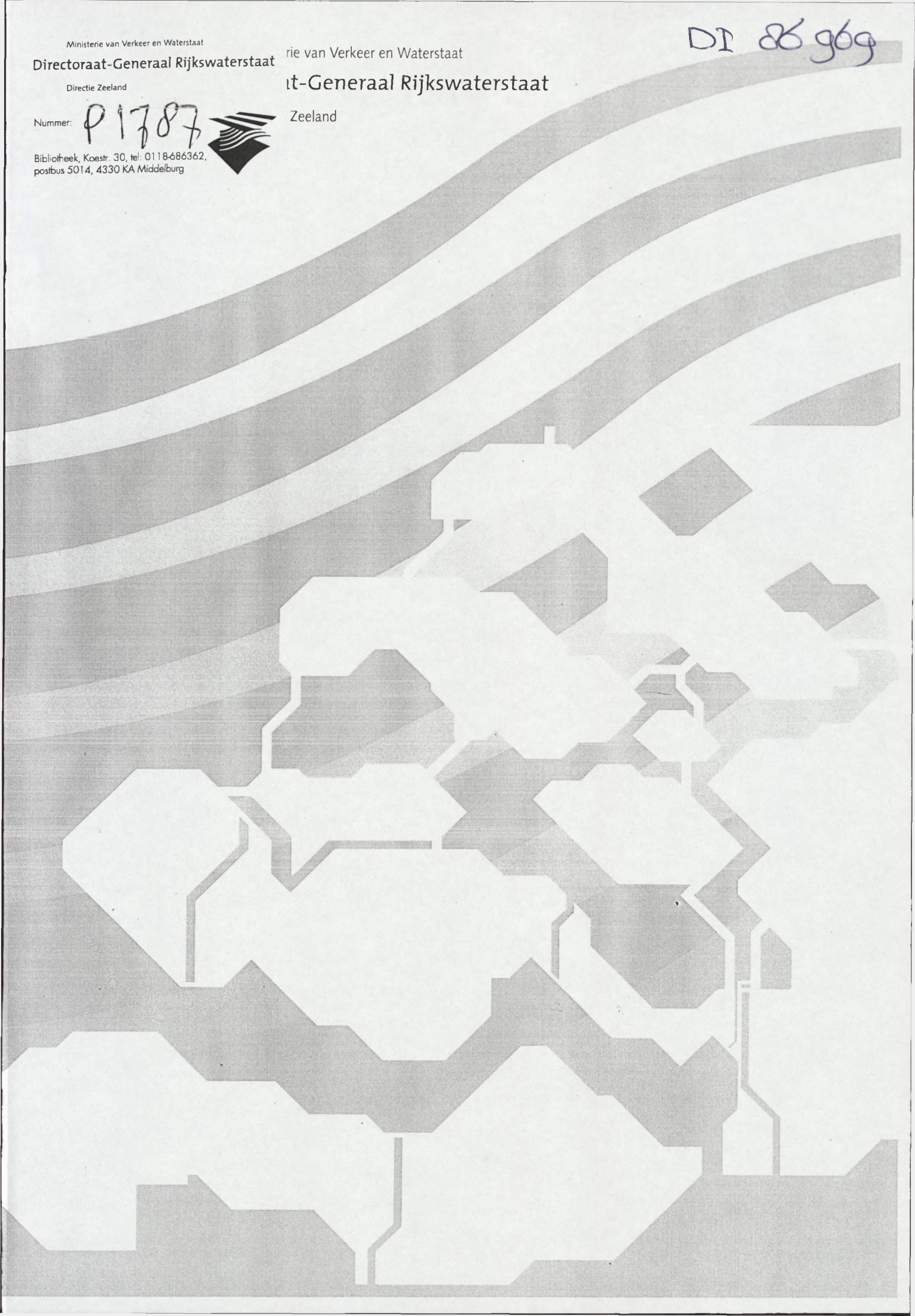
Nummer:

P1787



Bibliotheek, Koestr. 30, tel: 0118-686362,  
postbus 5014, 4330 KA Middelburg

DI 86 g6g



**Baggerinspanning bij verdieping '48/'43**

**Notitie NWL-97.21  
17 maart 1997**

**Rijkswaterstaat  
Directie Zeeland  
Afdeling Rivierkunde (NWL)  
S.W. E. Huijs**

## Inhoudsopgave

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Inleiding .....                    | 1 |
| Randvoorwaarden en methodiek ..... | 1 |
| Resultaten .....                   | 3 |
| Nauwkeurigheden .....              | 4 |
| Conclusies .....                   | 5 |

## Referenties

- Figuur 1 Vaargeulprofiel na verdieping '48/'43.  
Figuur 2 Overzicht baggerlokaties en initiële baggerinspanning binnen vaargeul en betonning.

- Tabel 1 Baggerinspanning binnen de huidige betonning (in  $\text{Mm}^3/\text{jaar}$ ).

## Bijlage :

- Tabel 1 Onderhoudsbaggerinspanning.  
Tabel 2 Initiële baggerinspanning bij een overdiepte van 35 cm.  
Tabel 3 Minimale initiële baggerinspanning.  
Tabel 4 Baggerinspanning binnen de betonning.  
Bijlage 5 Opname diepteligging bodem waarmee maximale diepte is berekend.  
Bijlage 6 Vaargeuldiepte na uitvoering programma '48/'43.
-

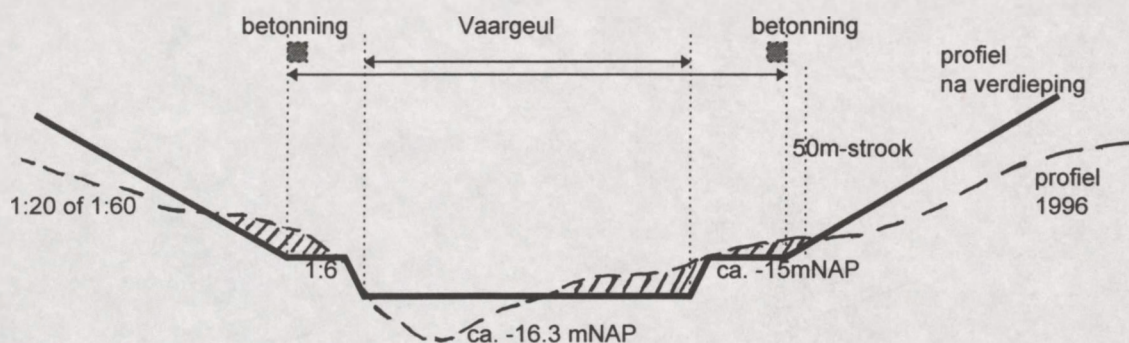
## 1. Inleiding

De drempels in de Westerschelde zullen bij de uitvoering van het verdiepingsprogramma '48/'43 globaal 1.5 m worden verlaagd. Dit betekent een verhoogde baggerinspanning door de initiële verdieping van de drempels en de toename van het onderhoudsbaggerwerk. Het onderhoud neemt permanent in omvang toe omdat de drempels op een grotere onnatuurlijke diepte moeten worden onderhouden.

In deze notitie worden de resultaten gepresenteerd van een berekening van de baggerinspanning en het toekomstige onderhoud die bij uitvoering van het verdiepingsprogramma '48/'43 ten opzichte van de bodem van 1996 vereist zijn. Daarbij zal de sedimentsamenstelling worden aangegeven.

## 2. Randvoorwaarden en methodiek

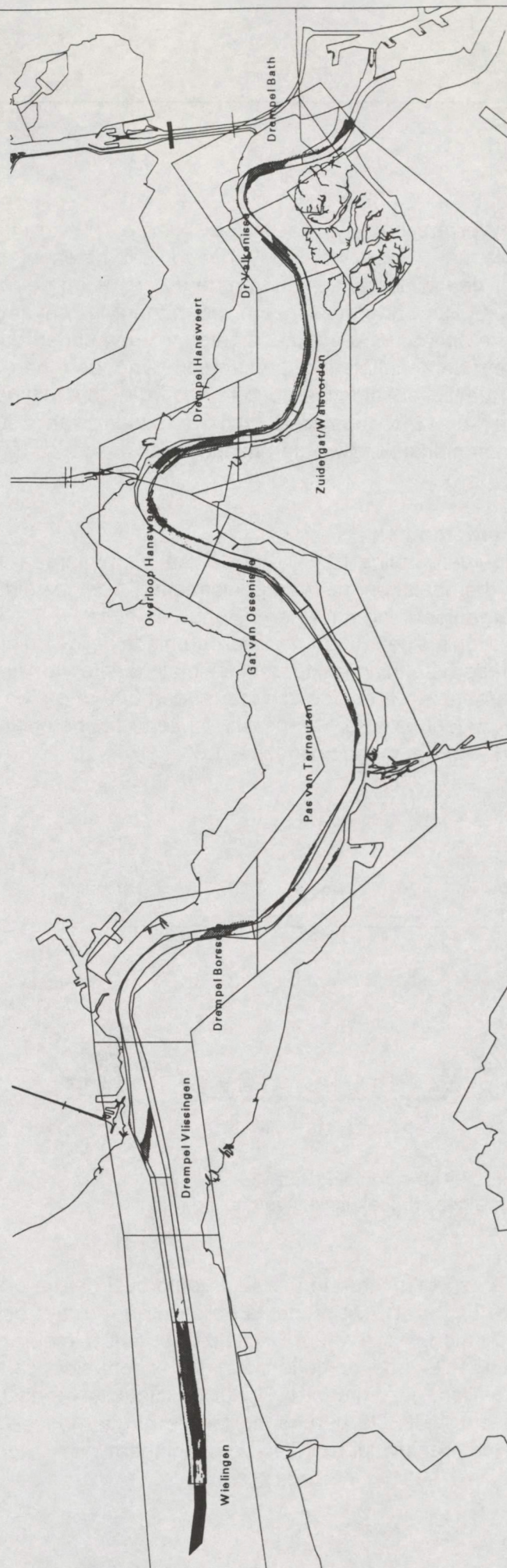
Op basis van de baggervergunning (lit. 1) zijn de randvoorwaarden voor de nieuwe diepteligging van de drempels en de vaargeulafmeting vastgesteld. De drempels worden binnen de vaargeulbelijning naar een niveau van circa NAP -16.3 m verlaagd (Bijlage 6). Hierbij is rekening gehouden met een gemiddelde overdiepte van 35 cm. Tussen de vaargeul en de betonning geldt een maximale diepte van circa NAP -15 m. De breedte van de vaargeul is ten oosten van Hansweert 300 m en ten westen 500 m. Het talud van de vaargeul is 1:6, het talud buiten de betonning is voor de Westerschelde 1:20 en voor het mondingsgebied 1:60.



Figuur 1 Vaargeulprofiel na verdieping '48/'43.  
Gearceerde gebied geeft initiële verdieping aan.

Bovenstaande voorwaarden resulteren in een vaargeulprofiel dat na uitvoering van de verdieping aanwezig is (Figuur 1). Dit profiel is vergeleken met het bodemprofiel van de Westerschelde en de monding in 1996. Het verschil komt overeen met de vereiste initiële baggerinspanning. De hoeveelheden zijn voor bepaalde zones, waarin de belangrijkste drempels vallen, gesommeerd (Figuur 2). Het uitleveringspercentage van de onttrekkingen bedraagt 10%. De berekende initiële baggerhoeveelheden zijn dus met een factor 1.1 vermenigvuldigd. De berekeningen zijn uitgevoerd binnen GIS(arc/info).

**Figuur 2**  
**Overzicht baggerlocaties en initiele baggerinspanning binnen vaargeulen en betonning**



De totale verdiegingsperiode bedraagt 4 jaar. De daadwerkelijke verdieping van de drempels in de Westerschelde zal in de eerste twee jaar plaatsvinden. Het initiële baggerwerk is evenredig over deze twee jaar verdeeld. De Drempel van Vlissingen wordt alleen in het tweede jaar verlaagd. In het mondingsgebied (Wielingen) zal de verdieping in de laatste twee jaar plaatsvinden.

Tabel 1 in de bijlage geeft een overzicht van het huidige onderhoud van de drempels in de Westerschelde. Over de periode 1989-1996 bedroeg dit in totaal  $8.7 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ . Op basis van "expert judgement" (extrapolatie van de toename van het onderhoud na een vorige verlaging van de drempels) is vervolgens een schatting gemaakt van het toekomstige onderhoud. Gedurende de eerste jaar van de verdieping zal het onderhoud  $10 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$  bedragen, het tweede jaar  $12 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$  en daarna  $14 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$ . De toename van het onderhoud is gelijkmatig over de baggerlokatie verdeeld. In werkelijkheid zal dit variabel zijn. Op dit moment is dit echter lastig in te schatten. Onderhoud van de nieuwe geuldiepte in de Wielingen zal niet nodig zijn vanwege het huidige erosieve karakter van de geul.

Er is ook een berekening gemaakt van de maximale diepteligging van de Westerschelde op basis van alle beschikbare vaklodingen tussen 1931 en 1996 (Bijlage; 5). Per gridcel van  $20\text{m} \times 20\text{m}$  is de maximale diepte berekend. Vergelijking met de vaargeul na de verdieping '48/'43 geeft een indicatie van de hoeveelheid sediment die over de beschouwde periode netto nog niet eerder is verplaatst. Wanneer in de huidige situatie een gebied hoger ligt dan voorheen kan met zekerheid aangenomen worden dat het sediment zandig is. Daarnaast zijn geologische boringen in de Westerschelde bekeken (lit. 2). In bijlage 7 wordt een overzicht van de ligging van de geologische dwarsprofielen gegeven.

### 3. Resultaten

De totale initiële baggerinspanning (binnen en buiten de betonning) bedraagt  $24 \text{ Mm}^3$  (Bijlage; tabel 2). Hiervan vindt 60% plaats binnen de huidige betonning en 30% in een aantal 50m-stroken buiten de betonning. Voor de scheepvaart is het niet noodzakelijk om ook deze stroken op diepte te houden. De initiële baggerinspanning zoals die in tabel 1 verwerkt is, heeft dan ook betrekking op de hoeveelheden binnen de betonning en bedraagt in totaal  $14.5 \text{ Mm}^3$ .

In tabel 2 (Bijlage) is de initiële baggerinspanning onderscheiden naar het deel dat binnen de vaargeul, de betonning en de stroken daarbuiten plaatsvindt. In het algemeen vindt het grootste deel van de baggerinspanning van de drempels in de vaargeul zelf plaats. De Pas van Terneuzen is een uitzondering waarbij vooral in de strook tussen de vaargeul en de betonning moet worden gebaggerd. Voor het Zuidergat geldt dit nog veel sterker; in de vaargeul zelf is de baggerinspanning gering terwijl in de 50m-strook buiten de betonning de baggerhoeveelheden maximaal zijn. Het blijkt dat vooral in de nabijheid van plaatgebieden in de binnenbocht de baggerinspanning buiten de vaargeul aanzienlijk toeneemt.

Een vijfde deel van de initiële baggerhoeveelheid tijdens de verdieping vindt plaats in het mondingsgebied (Wielingen). Dit is eenmalig aangezien er geen onderhoud van de geul nodig is.

In de Westerschelde is het initiële baggerwerk min of meer gelijkmatig over de baggerlokatie verdeeld, terwijl het onderhoudsbaggerwerk hoofdzakelijk in het oostelijk deel is geconcentreerd.

In tabel 1 is de jaarlijkse baggerinspanning binnen de huidige betonning voor een aantal afzonderlijke vakken in de Westerschelde af te lezen. Het initiële baggerwerk en het onderhoudsbaggerwerk zijn afzonderlijk vermeld.

Het sediment dat bij de initiële verdieping van de vaargeul blijkt in ieder geval voor 47% uit zand te bestaan (Bijlage; tabel 3). Uit de geologische boringen blijkt dat het overige sediment in de getijgeulen eveneens zandig is. In de Westerschelde behoren de meest recente afzettingen tot de Westlandformatie (Duinkerke). Voor de geulen bestaat dit hoofdzakelijk uit zandige afzettingen. Deze basis van deze formatie ligt minimaal op NAP -20 m. In het algemeen zijn tot een diepte van NAP -30 m zandige afzettingen aanwezig. Langs de randen van het estuarium komen lokaal klei- en veenlagen voor. In de diepste geuldelen in het westen van de Westerschelde dagzoomt Boomse klei (tertiair). De bovenkant van deze harde laag bevindt zich hier op ongeveer NAP -20 m.

Alleen in het mondingsgebied (Wielingen) bevindt zich Boomse klei boven het niveau van de toekomstige vaargeuldiepte. Het betreft hier 1.3 Mm<sup>3</sup> tertiaire klei die moet worden verwijderd. Daarnaast bevinden zich in de zandige kwartaire afzettingen dunne kleilaagjes. Deze hoeveelheid kwartaire klei wordt geschat op 0.9 Mm<sup>3</sup>.

#### 4. Nauwkeurigheden

In paragraaf 2 zijn de randvoorwaarden voor bovenstaande berekening genoemd. Mogelijk zal hiervan vóór de uitvoering van het verdiepingsprogramma '48/'43 nog in enige mate worden afgeweken.

*binnen betonning*

De initiële baggerinspanning is nu berekend bij de bodemligging in 1996. Bij uitstel van de verdieping zal het bodemprofiel anders zijn. In 1996 is het initiële baggerwerk binnen de vaargeul 0.3 Mm<sup>3</sup> groter dan in 1994 en in totaal 0.7 Mm<sup>3</sup>.

De vaargeulafmetingen zijn ook bepalend voor de initiële verdieping. Wanneer over een lengte van 66 km (Westerschelde exclusief monding) de vaargeul 30 m breder wordt aangelegd, zal dit een extra baggerinspanning van 3 Mm<sup>3</sup> opleveren aangezien het profiel dan ter plaatse circa 1.5 m dieper moet zijn dan in de huidige berekening.

Nu is er voor de vaargeul rekening gehouden met een gemiddelde overdiepte van 35 cm voor alle baggerlokatie samen. Wanneer dit 5 cm minder is vergt dit voor de bodemligging van 1996 binnen de vaargeulbelijning 0.5 Mm<sup>3</sup> minder baggerwerk.

Voor het onderhoudsbaggerwerk is een schatting gemaakt op basis van kennis opgedaan bij eerdere verdiepingen van de drempelgebieden. De marge om deze schatting bedraagt voor alle baggerlokatie samen 2 Mm<sup>3</sup>/jaar.

*stel ro  
dan 0.5*

*?*

*Geschatte*Tabel 1 Baggerinspanning binnen de huidige betonning (in  $\text{Mm}^3/\text{jaar}$ ).

| Baggerlokatie   | Onderhoud | Verdieping |      |     |      |      |      |      |      | Onderhoud |
|-----------------|-----------|------------|------|-----|------|------|------|------|------|-----------|
|                 | '89/'96   | 1          |      | 2   |      | 3    |      | 4    |      |           |
|                 |           | i          | o    | i   | o    | i    | o    | i    | o    |           |
| Dr Bath         | 1.4       | 0.8        | 1.6  | 0.8 | 1.9  | -    | 2.2  | -    | 2.2  | 2.2       |
| Dr Valkenisse   | 1.4       | 0.4        | 1.6  | 0.4 | 1.9  | -    | 2.2  | -    | 2.2  | 2.2       |
| Zuidergat       | 1.7       | 0.6        | 1.9  | 0.6 | 2.3  | -    | 2.7  | -    | 2.7  | 2.7       |
| Dr Hansweert    | 2.6       | 0.8        | 3.0  | 0.8 | 3.6  | -    | 4.2  | -    | 4.2  | 4.2       |
| Overl Hansweert | 0.8       | 0.3        | 0.9  | 0.3 | 1.1  | -    | 1.2  | -    | 1.2  | 1.2       |
| Gat Ossenissee  | 0.1       | 0.5        | 0.1  | 0.5 | 0.1  | -    | 0.1  | -    | 0.1  | 0.1       |
| Pas Terneuzen   | 0.1       | 1.0        | 0.1  | 1.0 | 0.1  | -    | 0.2  | -    | 0.2  | 0.2       |
| Dr Borssele     | 0.7       | 0.7        | 0.9  | 0.7 | 1.0  | -    | 1.2  | -    | 1.2  | 1.2       |
| Dr Vlissingen   | -         | -          | -    | 0.8 | -    | -    | -    | -    | -    | -         |
| Wielingen       | -         | -          | -    | -   | -    | 1.6  | -    | 1.6  | -    | -         |
| Totaal          | 8.7       | 5.3        | 10.0 | 6.0 | 12.0 | 1.6  | 14.0 | 1.6  | 14.0 | 14.0      |
|                 | 8.7       | 15.3       | 20.3 | 18  | 23   | 15.6 |      | 15.6 |      | 14.0      |

i = initiële baggerinspanning  
o = onderhoud

20                      20                      20                      20                      18

i 14 - 24

## 5. Conclusies

Over de hele verdiegingsperiode bedraagt de initiële baggerinspanning binnen de huidige betonning  $14.5 \text{ Mm}^3$ . Gecombineerd met het jaarlijks onderhoud, oplopend naar  $14 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$  in de laatste twee jaar, resulteert dit in een jaarlijkse baggerinspanning voor de baggerlokatie in de Westerschelde zoals die in Tabel 1 is weergegeven. Slechts een derde van de baggerinspanning bestaat uit materiaal dat bij de initiële verlaging van de drempels vrijkomt. Het overige materiaal dat wordt gebaggerd is onderhoud en verruiming van de geulen als reactie op de verdieping.

Het onderhoud is in het oostelijk deel van de Westerschelde het grootst aangezien de diepte van de vaargeul daar het meest afwijkt van de natuurlijke diepte. In de binnenbochten grenzend aan plaatgebieden neemt de baggerinspanning buiten de betonning sterk (70%) toe.

Het vrijkomende sediment in de Westerschelde bestaat hoofdzakelijk uit zand. Het behoort tot getijgeulafzettingen van de Westlandformatie uit het Holoceen. Langs de randen van het estuarium komen lokaal dikkere kleilagen en veenlagen voor.

In de Wielingen zal naast zand  $1.3 \text{ Mm}^3$  Boomse klei en  $0.9 \text{ Mm}^3$  kwartaire klei moeten worden verwijderd.

## Referenties

- Lit. 1 Besluit houdende verlening van een vergunning tot het uitvoeren van baggerwerken in de Westerschelde en haar mondingsgebied. 1995. Rijkswaterstaat, Hoofddirectie, Afd. bestuurlijke en juridische zaken, nota AI.209855
- Lit. 2 Geologische inventarisatie Westerschelde. 1995. Rijks Geologische Dienst, nota BP-11.132, 2 delen.

## BIJLAGE

TABEL 1

## ONDERHOUDSBAGGERINSPANNING Mm3/jaar

|                      | '89/'96 | 1e jaar | 2e jaar | Na verdieping Westerschelde |
|----------------------|---------|---------|---------|-----------------------------|
| Dr Bath              | 1,4     | 1,6     | 1,9     | 2,2                         |
| Dr Valkenisse        | 1,4     | 1,6     | 1,9     | 2,2                         |
| Zuidergat/Waaloorden | 1,7     | 1,9     | 2,3     | 2,7                         |
| Dr Hansweert         | 2,6     | 3,0     | 3,6     | 4,2                         |
| Overloop Hansweert   | 0,8     | 0,9     | 1,1     | 1,2                         |
| Gat v Ossenissee     | 0,1     | 0,1     | 0,1     | 0,1                         |
| Pas v Terneuzen      | 0,1     | 0,1     | 0,1     | 0,2                         |
| Dr Borssele          | 0,7     | 0,9     | 1,0     | 1,2                         |
| Dr Vlissingen        | -       | -       | -       | -                           |
| Wielingen            | -       | -       | -       | -                           |
| Totaal               | 8,7     | 10,0    | 12,0    | 14,0                        |
| factor               |         | 1,2     | 1,4     | 1,6                         |

TABEL 2

## INITIELE BAGGERINSPANNING BIJ EEN OVERDIEPTTE VAN 35cm MET UITLEVERINGSPERCENTAGE VAN 10%, Mm3/jaar

|                      | Totaal binnen betonning | vaargeul betonning-vaargeul | 50mstrook | buiten |
|----------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|--------|
| Dr Bath              | 2,3                     | 1,6                         | 0,8       | 0,9    |
| Dr Valkenisse        | 1,5                     | 0,8                         | 0,5       | 0,4    |
| Zuidergat/Waaloorden | 5,7                     | 1,2                         | 0,2       | 0,9    |
| Dr Hansweert         | 2,9                     | 1,6                         | 1,1       | 0,5    |
| Overloop Hansweert   | 1,1                     | 0,7                         | 0,5       | 0,2    |
| Gat v Ossenissee     | 2,4                     | 1,1                         | 0,7       | 0,3    |
| Pas v Terneuzen      | 2,4                     | 2,1                         | 0,4       | 1,7    |
| Dr Borssele          | 2,0                     | 1,5                         | 0,9       | 0,5    |
| Dr Vlissingen        | 0,8                     | 0,8                         | 0,7       | 0,1    |
| Wielingen            | 3,2                     | 3,2                         | 2,9       | 0,3    |
| Totaal               | 24,3                    | 14,5                        | 8,6       | 5,9    |
| % van totaal         |                         | 60                          | 36        | 24     |

TABEL 3

## MINIMALE INITIELE BAGGERINSPANNING, SEDIMENT DAT NETTO NIET VERPLAATST IS IN ALLE DIEPTE-OPNAMEN

|                                 | Totaal | %   | betonning | %   | vaargeul | %   |
|---------------------------------|--------|-----|-----------|-----|----------|-----|
| Dr Bath                         | 0,5    | 20  | 0,4       | 24  | 0,3      | 33  |
| Dr Valkenisse                   | 0,5    | 33  | 0,2       | 24  | 0,1      | 26  |
| Zuidergat/Waaloorden            | 1,7    | 30  | 0,8       | 65  | 0,2      | 89  |
| Dr Hansweert                    | 1,8    | 62  | 1,1       | 67  | 0,6      | 58  |
| Overloop Hansweert              | 1,1    | 94  | 0,7       | 100 | 0,5      | 100 |
| Gat v Ossenissee                | 0,0    | 0   | 0,0       | 0   | 0,0      | 0   |
| Pas v Terneuzen                 | 1,0    | 40  | 0,9       | 42  | 0,3      | 70  |
| Dr Borssele                     | 1,1    | 56  | 1,1       | 75  | 0,9      | 98  |
| Dr Vlissingen                   | 0,1    | 18  | 0,1       | 16  | 0,1      | 19  |
| Wielingen                       | 3,2    | 100 | 2,5       | 78  | 2,9      | 100 |
| Totaal                          | 11,0   |     | 7,7       |     | 5,9      |     |
| % tov initiele baggerinspanning | 45     |     | 53        |     | 68       |     |

TABEL 4

## BAGGERINSPANNING (INITIEEL EN ONDERHOUD) BINNEN DE BETONNING, Mm3/jaar

|                      | onderhoud '89/'96 | verdieping 1 | 2    | 3    | 4    | onderhoud na verdieping |
|----------------------|-------------------|--------------|------|------|------|-------------------------|
| Dr Bath              | 1,4               | 2,4          | 2,7  | 2,2  | 2,2  | 2,2                     |
| Dr Valkenisse        | 1,4               | 2,0          | 2,3  | 2,2  | 2,2  | 2,2                     |
| Zuidergat/Waaloorden | 1,7               | 2,5          | 2,9  | 2,7  | 2,7  | 2,7                     |
| Dr Hansweert         | 2,6               | 3,8          | 4,4  | 4,2  | 4,2  | 4,2                     |
| Overloop Hansweert   | 0,8               | 1,2          | 1,4  | 1,2  | 1,2  | 1,2                     |
| Gat v Ossenissee     | 0,1               | 0,6          | 0,6  | 0,1  | 0,1  | 0,1                     |
| Pas v Terneuzen      | 0,1               | 1,1          | 1,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2                     |
| Dr Borssele          | 0,7               | 1,6          | 1,8  | 1,2  | 1,2  | 1,2                     |
| Dr Vlissingen        | -                 | -            | 0,8  | -    | -    | -                       |
| Wielingen            | -                 | -            | -    | 1,6  | 1,6  | -                       |
| Totaal               | 8,7               | 15,3         | 18,0 | 15,6 | 15,6 | 14,0                    |

## Westerschelde

vak 1 ; 1996 - 1995 - 1994 - 1993 - 1992 - 1991 - 1990 - 1989 - 1988 - 1987 - 1986 - 1985 - 1982  
1977 - 1973 - 1971 - 1967 - 1963 - 1961 - 1955 - 1931

vak 2 ; 1996 - 1995 - 1994 - 1993 - 1992 - 1991 - 1990 - 1989 - 1988 - 1987 - 1986 - 1982 - 1977  
1974 - 1971 - 1967 - 1963 - 1961 - 1955 - 1931

vak 3 ; 1996 - 1995 - 1994 - 1993 - 1992 - 1991 - 1990 - 1989 - 1988 - 1987 - 1986 - 1985 - 1982  
1977 - 1974 - 1971 - 1967 - 1965 - 1963 - 1961 - 1955 - 1931

vak 4 ; 1996 - 1994 - 1992 - 1990 - 1988 - 1986 - 1984 - 1982 - 1980 - 1978 - 1976 - 1974 - 1972  
1968 - 1966 - 1964 - 1960 - 1955 - 1931

vak 5 ; 1996 - 1994 - 1992 - 1990 - 1988 - 1986 - 1984 - 1982 - 1980 - 1978 - 1976 - 1974 - 1972  
1968 - 1966 - 1964 - 1960 - 1955 - 1931

vak 6 ; 1996 - 1994 - 1992 - 1990 - 1988 - 1986 - 1982 - 1978 - 1974 - 1972 - 1968 - 1964 - 1960  
1955 - 1931

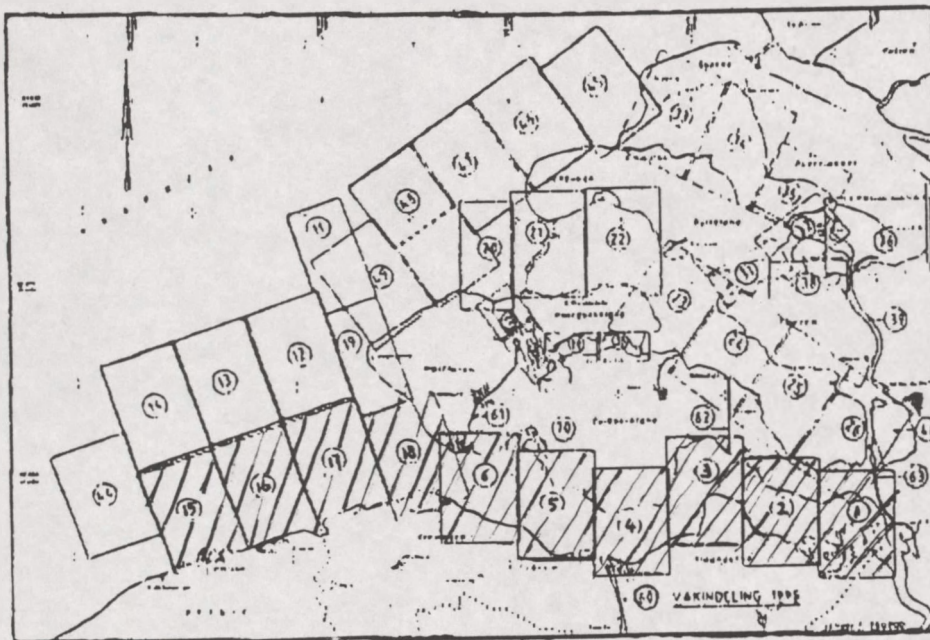
## Mondingsgebied

vak 18 ; 1996 - 1995 - 1994 - 1992 - 1990 - 1988 - 1986 - 1982 - 1978 - 1974 - 1972 - 1970 - 1964

vak 17 ; 1996 - 1994 - 1992 - 1990 - 1988 - 1986 - 1982 - 1978 - 1974 - 1972 - 1970 - 1964

vak 16 ; 1995 - 1993 - 1990 - 1986 - 1985 - 1981 - 1979 - 1973 - 1971 - 1969 - 1966

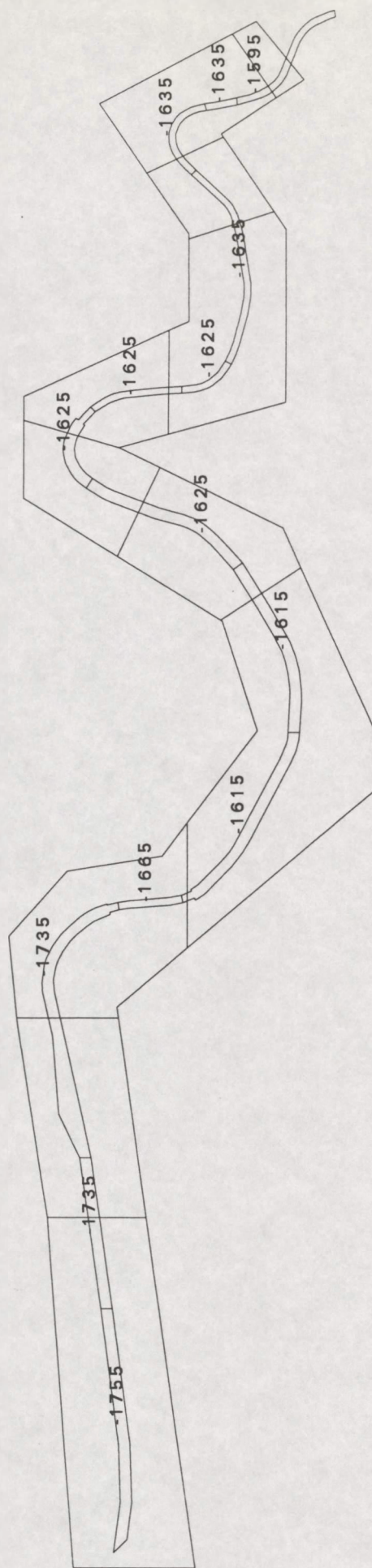
vak 15 ; 1995 - 1993 - 1990 - 1985 - 1981 - 1979 - 1973 - 1971 - 1969



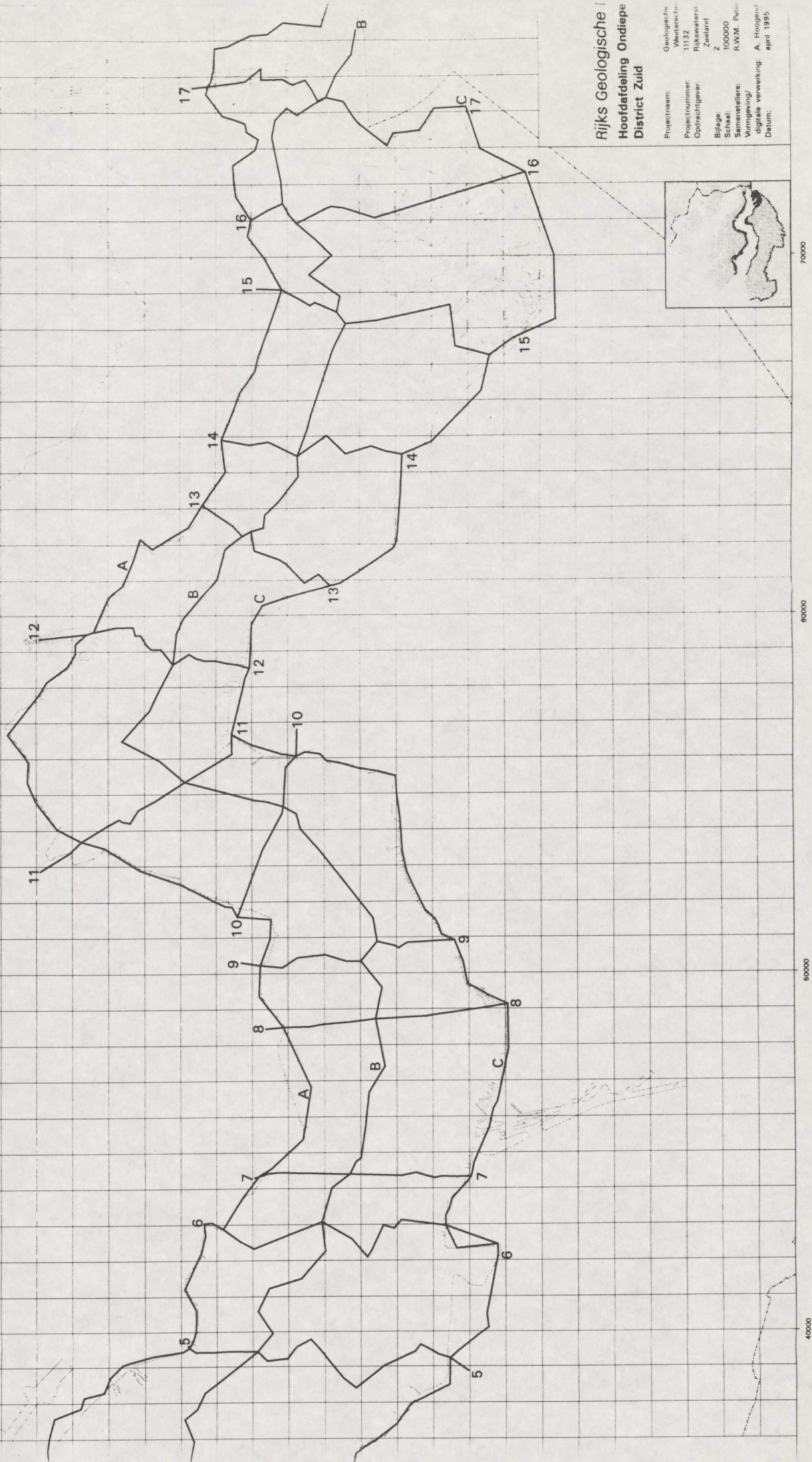
Overzicht ligging lodingsvakken Westerschelde

## Bijlage 6

Vaargeuldiepte na uitvoering programma '48/'43



Bijlage 7 : Ligging geologische profielen



Rijks Geologische  
Hoofdafdeling Ondiepe  
District Zuid

Projectnaam: Geologische  
Projectnummer: 11132  
Opdrachtgever: Rijkswaterstaats  
Bijlage: 2  
Schalen: 1:100000  
Samensteller: R.W.M. Pelt  
Vernieuwing/ digitale verwerking: A. Hoogen  
Datum: april 1995