

Notitie GWAO 89.1338

Aan : Belangstellenden
Van : Ing.D.C.v.Maldegem
Datum: 7 juni 1990
Onderwerp :

[OW 9032]

BEINVLOEDING SLIBHUISHOUDING
WESTERSCHELDE BIJ EEN INGREEP
IN HET OOSTELIJK DEEL

Deze studie is een onderdeel van de pilotstudie,
die door de projektgroep OOSTWEST is uitgevoerd

Inhoudsopgave

0. Algemeen

1. Inventarisatie van de kennis en konklusies uit relevante studies m.b.t. de beïnvloeding van de slibhuishouding in het Oostelijk deel

2. Beschrijving van de huidige slibhuishouding

2.1 Slib in het water en de waterbodem

2.1.1 Slib in het water

2.1.2 Slib in de waterbodem

2.1.3 Interaktie tussen water en waterbodem

2.1.4 marien en fluviatiel slib

2.1.5 waterbodemkwaliteit

2.2 Slibbalans

2.2.1 Balansaanpak

2.2.2 Verandering van de berging

2.2.3 Belastings- en onttrekkingsbronnen

2.3 Slibtransporten

2.3.1 Natuurlijke transporten

2.3.2 Kunstmatige transporten

3. Belangrijke parameters voor de slibhuishouding

4. Mogelijke waterbouwkundige ingrepen i.v.m. het OOSTWEST projekt

5. Verandering van de parameterrs door de waterbouwkundige ingrepen

6. Invloed van de verandering van de parameters op de slibhuishouding

6.1 Hydraulische veranderingen

6.1.1 Debiets en doorstroomprofiel

6.1.2 Dispersiecoëfficiënt

6.1.3 Zout-zoet gradiënt

6.1.4 Konklusies

6.2 Morfologische veranderingen

6.2.1 Processen

6.2.2 Sedimentatiesnelheden

6.2.3 Kombergingsveranderingen

6.3 Slibgradiënt en slibtransporten

6.3.1 Slibgradiënt

6.3.2 Slibtransporten

6.4 Waterbodemkwaliteit

7. Konklusies

8. Aandachtspunten

Literatuurlijst

Bijlagenlijst

0. Algemeen

Deze notitie geeft een korte beschrijving van de resultaten van de pilotstudie over de verwachte beïnvloeding van de slibhuishouding van de Westerschelde eventuele ingrepen in het gebied rond de Platen van Valkenisse (Bijlage 1.1).

Het gaat om de vragen m.b.t. slibtransport-en sedimentatie, troebelingszone en waterbodemkwaliteit [zie projektplan].

De slibhuishouding heeft een duidelijke relatie met de sedimentologische ontwikkelingen. Dit aspect moet in een eventuele definitieve studie dan ook voldoende aandacht krijgen, omdat uit de SAWES studie is gebleken dat de slibproblematiek sterk gekoppeld is aan de sedimentbeweging.

1. Inventarisatie van de kennis en konklusies uit relevante studies m.b.t. de beïnvloeding van de slibhuishouding in het oostelijk deel:

- Planstudies voor grote waterbouwkundige ingrepen in het Oostelijk deel van de Westerschelde [Lit 1 t/m 5]. T.b.v. deze planstudies is in het Waterbouwkundig Laboratorium te Borgerhout (België) onderzoek gedaan naar de effecten van leidammen op het stromingspatroon in het Oostelijk deel van de Westerschelde. De vormgeving en situering van de leidammen blijkt van grote invloed te kunnen zijn op de stromingssituatie, wat gevolgen heeft voor de sedimentologie en zodoende ook de slibhuishouding.
- Berekeningen van de Adviesdienst Vlissingen van de aanslibbing t.b.v. de planstudies [Lit. 6 t/m 9]. Deze theoretische aanpak had tot doel een schatting te geven van de aanslibbing in het "Noordelijk Bekken" bij het overspoelen van een overlaat. De ontwikkelde methode is wellicht bruikbaar voor het verrichten van berekeningen van de aanslibbing in het Valkenisse gebied voor een variant met een overlaat.
- Rapporten over de aanslibbing van Westerschelde havens [Lit. 10 t/m 13]. Deze rapporten worden aktueel indien het gebied bij de platen van Valkenisse fysisch vergelijkbaar wordt met havengebieden. Voornamelijk wordt de uitwisselingsstroom in de haveningang bepaald op grond van metingen en vergeleken met de aanslibbing. Verder geven de baggergegevens van de Westerscheldehavens een beeld van de aanslibbingssnelheid in gebieden met een geringe stroomsnelheid.

2. Beschrijving van de huidige slibhuishouding

De beschrijving van de huidige slibhuishouding is ontleend aan de rapportages van SAWES TRANSPORT [Lit.14]. Deze beschrijving is gebaseerd op een balansmatige aanpak van de slibtransporten in het Scheldeestuarium. Deze transporten zijn bepaald uit de sedimentatie en erosie van geulen, platen, slikken en schorren. De onderverdeling van de transporten naar mariene- en fluviatiele oorsprong is gedaan m.b.v de koolstofisotoop C12C13. Voor de beschrijving van de slibhuishouding is het estuarium geschematiseerd naar morfologische eenheden (bijlage 2.1).

2.1 Slib in het water en de waterbodem

2.1.1 Slib in het water

De hoeveelheid slib in het water is verwaarloosbaar in vergelijking met de waterbodem. De veranderingen van deze hoeveelheid als functie van de tijd is op een tijdschaal van enkele decennia verwaarloosbaar.

De slibdeeltjes bevinden zich als suspensief materiaal zwevend of drijvend in het water. In de waterfase wordt het slib ook getransporteerd.

De concentratie van de slibdeeltjes varieert sterk, afhankelijk van lokatie, getijfase, stroomsnelheid en bodemdiepte.

De variatie van de slibconcentratie in het Oostelijk deel van de Westerschelde heeft te maken met seizoensinvloeden. Empirische benadering van de oppervlakteconcentratie van slib tonen de seizoensafhankelijkheid aan m.b.v. de watertemperatuur als deels indirecte relatie:

$$\text{Grens} \rightarrow C_o \approx 100 - 4.T + 0.3.Q$$

$$\text{Hansweert} \rightarrow C_o \approx 50 - 2.T$$

waarin:

C_o = oppervlakteconcentratie voor slib [mg/l]

T = watertemperatuur [C]

Q = maandgemiddelde Scheldeafvoer van de vorige maand [m³/s]

Voor de dieptegemiddelde slibconcentratie gelden andere relaties i.v.m. de hogere slibconcentraties bij de waterbodem.

De variatie van de slibconcentratie in de waterkolom van de geulen is een gevolg van de stroomsnelheid. Hieruit blijkt hoe complex de bodem reageert op veranderingen in het getij.

Direkt bij de waterbodem is het slibtransport verwaarloosbaar, hoewel de structuur nog weinig geconsolideerd is. Het slib sedimenteert vertraagd t.o.v. zand; dit geeft een natuurlijke selectie van het bodem materiaal, waardoor het slib meer hoger in de waterbodem is vertegenwoordigd.

Bijlage 2.5 geeft een overzicht van de gemiddelde slibconcentraties in het oppervlaktewater.

2.1.2 Slib in de waterbodem

Het slibpercentage in de waterbodem is over het algemeen gering. Opvallend is het zeer geringe slibpercentage in de geulen en de grote spreiding per morfologische eenheid. Door de veelal hoge maximale stroomsnelheden komen echte slibvelden nauwelijks voor. Bijgevoegd zijn enkele slibkaarten van de waterbodem (Bijlage 2.2. en 2.3).

De grootste hoeveelheid slib is gebufferd langs de oevers (slikgebieden) en in de schorgebieden met name het Land van Saeftinghe.

Het slibpercentage op de stortplaatsen van de baggerwerken is zeer gering, doordat tijdens het baggeren fijne deeltjes worden uitgespoeld.

2.1.3 Interactie tussen water en waterbodem

Door erosie kan het slib in suspensie worden gebracht. Omgekeerd kan door sedimentatie het slib worden geaccumuleerd in de waterbodem. De morfologische invloedsfeer van de waterbodem is te benaderen door het definiëren van de volgende lagen in de waterbodem:

1. "De interactieve laag"
dit is de bovenste millimeter van de oppervlaktelaag
deze is actief gedurende ieder getij
2. "De actieve toplaag"
dit is de laag met de bodemribbels van enkele decimeters of meer
deze is actief op zeer korte termijn (binnen een jaar)
3. "De dynamische waterbodem"
dit is de laag van meer dan 5 m. waarin de geulen bewegen
deze is actief op lange termijn (meer dan 10 jaar)

De werking van de interactieve laag zou kunnen blijken uit de sterke fluktua-tie van de slibconcentratie in het water gedurende het getij.

De actieve toplaag heeft door de bodemribbels duidelijk een relatie met de zandvertikaal; dit is tevens een maat voor de uitwisseling. Het slib gedraagt zich autonoom t.o.v. het zand. Er is geen verband gevonden tussen gebieden met grote morfologische veranderingen en gebieden met veel slib.

De hoeveelheid slib in de waterbodem laat zien dat de waterbodem als een accu voor slib functioneert. Deze hoeveelheid komt overeen met een centime-ters dikke sliblaag, die zich bevindt in de directe morfologische invloeds-sfeer.

De onderliggende lagen zijn accumulatoren voor een tijdschaal in de orde van 10 jaar.

Er zijn geen gegevens beschikbaar om een uitspraak te kunnen doen over een trend van het slibpercentage in de waterbodem. De grote standaardafwijking in de gemiddelde hoeveelheid slib laat zien dat het slib inhomogeen verdeeld zit.

Uit veldwaarnemingen is bekend dat in de zomer periode is er sprake van slibafzetting op de plaatgebieden, terwijl na een periode van stormen deze afzetting grotendeels verdwijnt.

Dit wordt bevestigd door de seizoensvariatie in de slibconcentratie van oppervlaktewaterbemonsteringen (periode 1970 tot heden voor 10 tot 19 loka-ties):

'S winters wordt bijna 2 maal zoveel slib in suspensie gemeten als 's zomers. Na het stormseizoen vindt slibafzetting plaats op de plaat-gebieden, zodat lagere concentraties in suspensie worden gevonden; gedurende het stormseizoen wordt het merendeel van dit materiaal weer geërodeerd. De grotere viscositeit van het water in de winterperiode vertraagt het uitzakken van de slibdeeltjes, waardoor hogere slib-concentraties in het oppervlaktewater kunnen voorkomen.

De belangrijkste konklusies van het water en waterbodem zijn:

- De waterbodem van de hoofdgeulen is relatief slibarm ($\leq 2\%$) en van sommige de gedeelten van de plaatgebieden relatief slibrijk.
- Platen bevatten 's zomers relatief veel - en 's winters relatief weinig slib.
- Geulen bevatten 's zomers weinig - en 's winters veel slib
- De waterbodem fungeert als een accu voor slib

2.1.4 Marien- en fluviatiel slib

Het slib in de waterbodem is zowel van mariene als fluviatiele oorsprong. Vanuit zee wordt marien slib aangevoerd, dat zich vermengd met het fluviatiele slib. De getijstrooming zorgt voor het transport van de Vlaamse banken naar de Westerschelde.

Het fluviatiele slib is afkomstig van het stromingsgebied van de Schelde. De verhouding tussen marien en fluviatiel slib is bepaald uit de koolstofisotoop δ^{13} (bijlage 2.7). Deze verhouding is een hulpmiddel voor het kunnen bepalen van de transportbanen van het verontreinigde slib (bijlage 2.8). Hieruit blijkt dat het systeem van ebgeulen en vloedscharen waarschijnlijk van grote invloed is op de slibtransporten.

2.1.5 Waterbodemkwaliteit

Het verloop van de metaalgehalten in de sedimentkernen laat zien dat de verontreinigingsgraad tot in de jaren veertig konstant was en daarna snel steeg. Sinds 1960 lijkt de verontreiniging weer af te nemen [Lit.15].

Het gebruik van PCB's nam snel toe vanaf ongeveer 1945 en bereikte een maximum omstreeks 1965. Het maximum van hexachloorbenzeen viel omstreeks 1973.

Het laatste decennium is de situatie min of meer constant gebleven.

Het grootste deel van de verontreiniging ligt opgehoopt op slibrijke plaatsen, dit betreft met name de slik- en schorgebieden.

2.2 Slibbalans

2.2.1 Balansaanpak

De filosofie achter de bestudering van de slibhuishouding is het feit dat het slib deel uitmaakt van het sediment. Het "SLIBPROBLEEM is feitelijk een SEDIMENTPROBLEEM" omdat het slibpercentage veel kleiner is dan het zandpercentage. Het slibonderzoek is zodoende verweven met het sedimentonderzoek. De slibhuishouding heeft dus alles te maken met de morfologische veranderingen van het estuarium. In de slibbalans zijn daarom de morfologische veranderingen van de schorren, geulen en plaatgebieden betrokken.

De slibbalans is opgebouwd uit de volgende elementen:

- Slib in de waterbodem (Verandering van berging waterbodem)
De erosie en sedimentatie van de geulen, platen en schorren zijn de put en bronfactoren van de slibbalans
- Slib in het water (Verandering van berging water)
De slibconcentratie in suspensie en als bodemmateriaal is alleen van belang voor de slibbalans binnen een jaar
- Belastings- en onttrekkingsbronnen van slib
Het verontreinigde fluviatiele slib wordt door de Schelde vanuit België aangevoerd. Deze import is een zeer belangrijke grootheid voor zowel de gemiddelde transporten als de seizoensvariatie
- Verhouding marien/fluviatiel slib
Bij de sedimentatie en erosie wordt op basis van de koolstofisotoop C1213 onderscheidt gemaakt naar fluviatiel en marien slib. Hierbij wordt aangenomen wordt dat de organische fractie niet van invloed is. Deze verhouding is een belangrijke sleutel t.a.v. de slibtransporten

De balans is in stroomafwaartse richting vanaf Rupel tot voorbij Vlissingen doorgerekend.

De transportverdeling door meerdere geulen is gedaan op basis van de debietverdeling.

Uit de balans volgen de verwachtingswaarden voor de netto mariene importen en netto fluviatiele exporten van slib tussen de geulvakken.

De natuurlijke slibtransporten zijn gevonden door te corrigeren voor de bagger- en storthoeveelheden. Deze aanpak geeft zodoende een inzicht in zowel het natuurlijk- als het kunstmatig slibtransport.

2.2.2 Verandering van de berging

Door andere oorzaken dan slibbeweging is het systeem aan veranderingen onderhevig. Deze veranderingen met invloed op de slibhuishouding zijn:

- Veranderingen ten gevolge van getijbeweging, wind en neerslag zoals schorvorming, natuurlijke morfologische ontwikkelingen en inundatie van gebieden.
- Veranderingen ten gevolge van biologische en chemische oorzaken, zoals schorvorming, vervuiling systeem door afvoer bovenste en zijdelingse lozingen.
- Veranderingen ten gevolge van kunstmatige ingrepen, zoals inpolderingen, havenuitbreidingen, verdieping scheepvaartgeul, onderhoudsbaggerwerken, speciestortingen, zandwinnings, waterloopkundige veranderingen ten gevolge van lozing van water uit het Zoommeer via de Bathse Spuisluis en het Antwerps kanaalpannd en andere zoetwaterverdelinbg op belgisch gebied.

In de slibbalans wordt uitgegaan van de jaargemiddelde verandering van de

berging over de periode 1980 tot 1985. (wordt nog aangepast voor schematisatie J.H.v.d.Berg). Het land van Saafdinge is voor de slibbalans een belangrijke post. De aanslibbing bedraagt ca. 0.4 miljoen m³ per jaar gedurende de laatste decennia. Door sterke sedimentatie is dit gebied voor de accumulatie van slib aan het verdwijnen (zie bijlage 1.3).

De veranderingen van het watersysteem op lange termijn blijft buiten beschouwing. De hoeveelheid slib in het water is alleen van belang voor de slibtransporten binnen een jaar.

De natuurlijke veranderingen van de berging zijn gestoord door de baggeractiviteiten. Het baggeren van de havens is een regelmatig terugkerende lokale aangelegenheid. De werken van het kanaal door Zuid Beveland zijn van invloed geweest op de slibhuishouding in de omgeving van dit gebied.

De onnauwkeurigheden in deze aanpak worden beïnvloedt door de grootte van de waterbodem en de dynamiek van de waterbodem in de tijd.

2.2.3 Belasting- en onttrekkingsbronnen

Onderscheid is gemaakt naar zowel een geografische als een logistieke indeling van de belastings- en onttrekkingsbronnen.

De geografische indeling:

- Schelde :

Het jaargemiddelde resulterende slibtransport uit België bedraagt op de grens ca. 400000 ton fluviatiel slib "zeewaarts" en 50000 ton marien slib "rivierwaarts". Dit transport is gebaseerd op de natuurlijke erosie van landbouwgronden, lozingen van industrie en bevolking, en baggeren op de Belgische Schelde [Lit.28]

- Zijdelings:

De zijdelinge lozingen vanuit Nederland zijn minder dan 10% van de Schelde aanvoer en daarom verwaarloosbaar.

- Noordzee :

De import van marien slib en export van fluviatiel slib zijn als een sluitpost in de balans meegenomen. Bij het slib vanuit de Noordzee moet worden gedacht aan de erosie van de Vlaamse banken, fluviatiel bronnen als Rijn en Thames, Schelde via Belgische- en Franse havens.

- Waterbodem : zie paragraaf 2.1

De logistieke indeling:

- Natuurlijk slibtransport

Dit transporten vindt zowel stroomafwaarts als stroomopwaarts plaats.

- Baggeren en storten van slib.

Belangrijk zijn de baggerwerken t.b.v. de scheepvaartgeul; de effecten door zandwinnings, specielozingen en onderhoud havens zijn gering en zodoende verwaarloosd.

- Verwaarloosbare bronnen zijn lozing van kanalen en directe lozingspunten, neerslag van hemelwater op het compartiment en onttrekking van kanalen.

2.3 Slibtransporten

2.3.1 Natuurlijke transporten

Het natuurlijk slibtransport tussen de geulvakken bestaat uit transport door getijstrooming en door dichtheidsverschillen. De natuurlijke transporten zijn benaderbaar via een balans en Fysisch mathematisch model. De belangrijkste verschillen hiertussen zijn:

BALANS GAAT UIT VAN GEMETEN FAKTOREN

FYSISCH MODEL GAAT UIT VAN "BEKENDE" PROCESSEN

In deze notitie zijn de slibtransporten berekend volgens de balansaanpak. Deze transporten zijn netto getijgemiddelde waarden voor een gemiddeld jaar. Vertaling naar kwartaalgemiddelde transporten is gedaan door de jaargemiddelde slibtransporten lineair te herleiden volgens het verloop van de slibconcentraties in het water gedurende een jaar (bij benadering een cosinus functie zoals ook de variatie van de Scheldeafvoer gedurende een jaar). In bijlage 2.6 is een overzicht gegeven van de berekende mariene- en fluvia- tiel slibtransporten. Verbetering van deze transporten is nog te verwachten als meer inzicht in de slibbanen is verkregen.

2.3.2 Kunstmatige transporten

Hierbij moet worden gedacht aan de effecten van zandwinningen, specielozin- gen, onderhoud van havens en de vaarweg, en zand onttrekkingen t.b.v. de aanleg van grote waterbouwkundig werken als havens, wegen, dijken en opspui- tingen.

Bij het storten van baggerspecie wordt 60 tot 70% van het materiaal op de waterbodem afgezet. De overige 30 tot 40% gaat op in suspensie.

Bijlage 2.6 geeft een overzicht van de hieruit bepaalde slibtransporten in het estuarium.

De belangrijkste conclusies betreffende de slibtransporten zijn:

- Van het fluviatiele slib dat vanuit België de grens overkomt (ca. $400 \cdot 10^3$ t/jaar) sedimenteert meer dan 50% in het Land van Saeftinge.
- De rest van de fluviatiele slibimport (minder dan 200000 t/j na aftrek van de aanslibbing in Saeftinge) wordt verdeeld over geul, plaat en slik- gebieden grotendeels geaccumuleerd in het Oostelijk gedeelte.
- Minder dan 10% van het grensoverschrijdend transport wordt netto voorbij Hansweert getransporteerd (zie bijlage 2.6).
- De invloed van het mariene slib reikt nauwelijks verder dan de Belgisch- Nederlandse grens. In de Westerschelde wordt ca. $400 \cdot 10^3$ t/jaar marien slib afgezet, waarvan ca. de helft in het Land van Saeftinge.
- Door de baggerwerken wordt het slib op kunstmatige wijze in zeewaartse richting bevorderd (zie bijlage 2.6).

3. Belangrijke parameters voor de slibhuishouding

Fluviatiele slibaanvoer

Verondersteld wordt dat zonder verschuiving van de zout-zoet gradiënt het fluviatiele slibtransport op de Nederlands Belgische grens op korte termijn (0 tot 10 jaar) niet veranderd. In de paragraaf "zout-zoet gradiënt" is aangegeven welke betekenis de zout-zoet gradiënt heeft t.a.v. de slibaanvoer. Op lange termijn (10 tot 100 jaar) is door sanering van belastingsbronnen op Belgisch gebied reductie van de slibaanvoer mogelijk.

Mariene slibaanvoer

Verondersteld wordt dat de aanvoer van marien slib in principe niet veranderd. Wel kunnen veranderingen in het sedimentatiepatroon optreden bij een belangrijke verschuiving van de zout-zoet gradiënt.

Stroomsnelhedenpatroon en debieten

De aanleg van waterbouwkundige "constructies" t.b.v. de afscherming van het Valkenisse gebied heeft tot doel om het getijdebiet meer te concentreren in de hoofdgeul Nauw van Bath, Zuidergat enz. Hierdoor zal in de hoofdgeul door toename van de maximum stroomsnelheden de waterdiepten groter worden. Deze verandering is verder afhankelijk van het gevolgde scenario.

Ontwikkeling slibconcentratie

Door de toename van de stroomsnelheden zal in de geulen de turbulentie verhogen zodat extra opwerveling en erosie van sediment zal optreden. De concentratie van het slib zal daardoor hoger worden. Buiten deze stroom gelegen gebied zal betrekkelijk "rustig" worden, hetgeen aanslibbing mogelijk maakt.

Zout-zoet gradiënt

De zout-zoet gradiënt is van belang in verband met de positie van het troebelheidsmaximum en daardoor verhoogde sedimentatie (zie bijlage 3.1). Momenteel bevindt dit maximum op Belgisch gebied tussen de grens en Antwerpen. Ingrepen zouden kunnen veroorzaken dat het troebelheidsmaximum zich verplaatst, bijvoorbeeld stroomafwaarts, waardoor extra sedimentatie van vervuild Belgische slib op Nederlands gebied zou kunnen plaatsvinden [Lit 20 artikel 3].

De volgende factoren beïnvloeden de verplaatsing van het troebelheidsmaximum:

1. Onder invloed van variaties in de Scheldeafvoer, afvoer Bathse spuisluis en het grootte van de getij-amplitude verplaatst de zout-zoet gradiënt en daardoor het troebelheidsmaximum in het estuarium. Daarnaast pendelt onder invloed van het horizontaal getij de zout-zoet gradiënt en daardoor het troebelheidsmaximum heen en weer langs de getijweg.
2. Afname van de horizontale menging (zgn. "trapping" effect) door het sleutelen aan de komberging van het estuarium t.p.v. het Valkenissegebied en de natuurlijke afname van de komberging van het Land van Saaftinge. Dit houdt dat door minder horizontale uitwisseling de zout-zoet gradiënt en daardoor het troebelheidsmaximum stroomafwaarts kan opschuiven.
3. Toename van waterdiepte in de geulen door de grotere stroomsnelheden doen de zout-zoet gradiënt en daardoor het troebelheidsmaximum stroomopwaarts verplaatsen.

De verschillen tussen extreme droge en natte situaties laten zien dat de zout-zoetgradiënt over tientallen kilometers kan verplaatsen (Bijlage 3.1).

Nagegaan moeten worden welke factoren zullen overheersen en wat de resulterende gevolgen van een ingreep in het Valkenissegebied zijn voor de zout-zoet gradiënt.

Flocculatiezône/troebelheidsmaximum

Peters en Sterling (1976) beschrijven het gebied in het Scheldeestuarium met een Chloridegehalte tussen 0.5 en 2.5 kg/m³ als de flocculatiezône voor slib. Volgens metingen van de Antwerpse Zeediensten in 1981-1985 bevindt dit gebied zich ten hoogte van Oosterweel (enkele kilometers stroomafwaarts van Antwerpen). Uit de turbiditeitsmetingen te Oosterweel blijkt echter dat Tvloed » Teb. Hieruit is te konkluderen dat het zwaartepunt van het troebelheidsmaximum zich meer westelijk van Oosterweel moet bevinden.

Uit een 8 tal vaartochten, die in het kader van het project SAWES in 1987 en 1988 zijn uitgevoerd blijkt dat de flocculatiezône een wat onduidelijk tientallen kilometers langgerekt gebied is tussen Rupel en de grens met als zwaartepunt de zône tussen Oosterweel en de grens (Bijlage 3.2).

Ontwikkeling Saaftinge

Een groot deel van het aangevoerde fluviatiele- en mariene slib accumuleert in het Land van Saaftinge. Zolang het Land van Saaftinge voldoende bergend vermogen bezit, zijn zonder duidelijke ingrepen geen grote veranderingen te verwachten in de slibhuishouding. Door de snelle afname van de komberging gedurende de afgelopen 50 jaar is te verwachten dat in de nabije toekomst het slib elders zal worden afgezet. Dit kan gepaard gaan met een toename van de slibconcentratie in de Overloop van Valkenisse.

Inrichting gebied

De mogelijke slibafzetting in het aangrenzende Valkenisse gebied wordt in belangrijke mate bepaald door de volgende factoren:

- bereikbaarheid van het gebied voor slib
- vormgeving en hoogte van de waterbouwkundige constructies

Ook kan van invloed op de slibhuishouding zijn de "mate van bescherming" van het Land van Saaftinge ter hoogte van het Valkenissegebied, zodat door erosie van slibrijke gebieden in Saaftinge extra slib vrijkomt.

Kwaliteitsindikatoren

Kwaliteitsindikatoren zijn de zware metalen als Arseen, Cadmium, Chroom, Koper, Kwik, Nikkel, Lood en Zink, en de PCB's en hexachloorbenzeen.

De concentratie van deze indicatoren zijn het laatste decennium vrij konstant.

Sanering op Belgisch gebied kan op lange termijn hier verandering in brengen. Voor het korte termijn effect moet worden uitgegaan van de huidige concentraties.

4. Mogelijke waterbouwkundige ingrepen i.v.m. het OOSTWEST project

Voor de waterbouwkundige ingrepen t.a.v. het Valkenisse gebied zijn de meest uiteenliggende scenaria (Bijlage 4.1):

- | | | |
|-------------------------|--------------|----------|
| - Een oostelijke leidam | "DAMOOST" | genoemd. |
| - Een westelijke leidam | "DAMWEST" | genoemd. |
| - Een omkading | "AFSLUITING" | genoemd. |
| - Een bochtafsnijding | "DOORSTEEK" | genoemd |

Het scenario DAMOOST is het meest realistisch gezien de aanleg van de leidam. Verder zijn een aantal voorzieningen noodzakelijk om het gebied in stand te houden. De bespreking van deze voorzieningen (o.a. scenario "LEIDAMMEN") en de constructieve aspecten van de leidam vallen buiten het bestek van deze notitie. Wel is voor het bepalen van de beïnvloeding van de slibhuishouding noodzakelijk om de volgende uitgangspunten t.a.v. de 2 scenario vast te stellen:

- a. De kruinhoogte van de leidammen en van eventuele voorzieningen bedraagt ca. GHW. Het vullen en ledigen van het Valkenisse gebied is hoofdzakelijk mogelijk via de westelijke danwel de oostelijke ingang, zodat de zijdelingse overspoelingen en de overspoelingen van de leidammen verwaarloosbaar zijn in vergelijking met de debieten via de ingang.
- b. De stroomvoerende geulen van het Zuidergat en de Overloop van Valkenisse worden in de buitenbochten zonodig vastgelegd dat GEEN NEVENEFFEKTEN mogelijk zijn, die van weer invloed kunnen zijn op de slibhuishouding (hierbij wordt met name gedacht aan erosie van slibrijke gebieden).
- c. Het Zuidergat en de Overloop van Valkenisse verdiepen door de grotere stroomsnelheden, zodat binnen 10 jaar na de ingreep hier weer een nieuwe evenwichtssituatie ontstaat m.b.t. stroomsnelheden en doorstroomprofiel.

Aangenomen wordt dat het scenario "AFSLUITING" weinig consequenties heeft voor de huidige slibhuishouding. Voor de toekomst nemen de mogelijkheden voor natuurlijke berging hierdoor echter af. Dit scenario wordt in deze notitie verder niet meegenomen.

Het scenario "DOORSTEEK" dwz. een doorsteek van het hoofdvaarwater door het Valkenissegebied wordt in deze notitie niet besproken.

5. Verandering van de parameters door de waterbouwkundige ingrepen

De waterbouwkundige ingreep beïnvloedt de slibhuishouding van het Oostelijk deel van de Westerschelde door de veranderingen van de water-, zout- en sedimentbeweging. Hierbij moet onderscheid worden gemaakt naar de tijdelijke en definitieve situatie.

De tijdelijke situatie ontstaat direkt na de ingreep doordat het morfologisch evenwicht wordt verstoord. De definitieve situatie wordt er sprake is van een nieuw morfologisch evenwicht. Onduidelijk is hoe lang het duurt tot een nieuw evenwicht is bereikt en wat de naijl effecten zijn.

De belangrijkste verwachte veranderingen voor de scenario zijn hieronder weergegeven:

Deze verwachtingen zijn voorshands gebaseerd op een konservatieve beschouwing van de gevolgen van de ingreep in het gebied voor de eb- en vloeddebiëten en de bijbehorende stroomsnelheden

SCENARIO DAMOOST (Bijlage 5.1 en 5.2)

- Toename van de eb- en vloeddebiëten stroomopwaarts van Perkpolder (20 tot 40%), hetgeen gepaard gaat met een toename van de maximale stroomsnelheden in het Zuidergat. Verwacht wordt dat door natuurlijke verdieping van de geulen een nieuwe evenwichtssituatie zal ontstaan met wat hogere maximale stroomsnelheden (orde 10 tot 20%).
- De gemiddelde positie van het troebelheidsmaximum zal enkele kilometer stroomafwaarts opschuiven, maar het accent van het troebelheidsmaximum blijft liggen op Belgisch gebied. De invloed van het ebwater zal verder stroomafwaarts in geringe mate merkbaar zijn.
- Het Valkenisse gebied wordt hoofdzakelijk gevuld met relatief "slibarm" vloedwater uit de omgeving van Hansweert.

SCENARIO DAMWEST (Bijlage 5.1 en 5.3)

- Sterke toename van de eb- en vloeddebiëten stroomopwaarts van Perkpolder (60 tot 100%), doordat de o.a. de komberging bovenstrooms het Zuidergat toeneemt. Dit gaat gepaard met een aanzienlijke toename van de maximale stroomsnelheden in het Zuidergat. Verwacht wordt dat door natuurlijke verdieping een nieuwe evenwichtssituatie zal ontstaan met hogere maximale stroomsnelheden (orde 30 tot 50%). Door verruiming van het doorstroom profiel kunnen deze verhogingen worden teruggebracht tot aanvaardbare veranderingen.
- De gemiddelde positie van het troebelheidsmaximum zal enkele kilometer stroomafwaarts opschuiven, maar het accent van het troebelheidsmaximum blijft liggen op Belgisch gebied. De invloed van het ebwater zal verder stroomafwaarts in geringe mate merkbaar zijn.
- Het Valkenisse gebied wordt hoofdzakelijk gevuld met slibrijk vloedwater uit de omgeving van Baalhoek.

De resultaten van de empirische benadering kan met behulp van fysisch mathematische modellen verder worden onderbouwd. De volgende modellen zijn bruikbaar om kwalitatieve indruk te geven over de veranderingen:

- Veranderingen in het stroomsnelhedenpatroon nagaan m.b.v. WAQUA sommen
- Veranderingen in het sedimentatiepatroon nagaan m.b.v. 2 Dimensionaal Horizontaal slibmodel (2DH)
- Veranderingen in t.a.v. de zoutgradiënt nagaan m.b.v. het Vertikaal Eén Dimensionaal Waterkwaliteits Model (VEDWAM)

6. Invloed van de verandering van de parameters op de slibhuishouding

De invloed op de slibhuishouding is nagegaan door de huidige slibhuishouding te vergelijken met berekeningen voor de slibhuishouding van de scenario's. Verder is onderscheid gemaakt in korte en lange termijnveranderingen:

- KORTE TERMIJN → / Accumulatie in L.v. Saaftinge / Geen sanering in België/
De accumulatie in Saaftinge bedraagt ≈ 0.3 miljoen t/j fluviatiel slib.
De fractie fluviatiel slib bedraagt in het onderzoeksgebied 0.4 - 0.7
Het fractie fluviatiel in slib bedraagt in schorren Saaftinge 0.3 - 0.5.
Het percentage slib in Saaftinge bedraagt ca. 50% voor fractie ≤63 μ .
- LANGE TERMIJN → / GEEN accumulatie in Saaftinge / Sanering België /
In het Beleidsplan Westerschelde wordt gesproken over een maximale sanering van de slibvracht uit België met 50%.

Voor het aangeven van de veranderingen is onderscheid gemaakt naar hydraulische en morfologische veranderingen, die tezamen bepalend zijn voor de slibhuishouding:

6.1 HYDRAULISCHE VERANDERINGEN

De hydraulische veranderingen hebben fysische consequenties normalisering Valkenisse gebied voor de debieten, doorstroomprofiel, dispersie en zout-zoetgradiënt.

6.1.1. Debieten en doorstroomprofiel

De geulparameters van Het Schaar van Waarde en Zuidergat in 1988 herleid naar een gemiddeld getij zijn samengevat in tabel 1.

Tabel 1: Geulparameters Schaar van waarde/ Zuidergat 1988

| Parameter | Symbool | Schaar van Waarde | | Zuidergat | |
|--------------------------|--|-------------------|-------|-----------|-------|
| | | EB | VLOED | EB | VLOED |
| Breedte op NAP | B[m] | 1700 | | 1200 | |
| Doorstroom opp. NAP | AC[m ²] | 16736 | | 16566 | |
| Getijvolume bij eb,vloed | VEB,VOED [m ³ .10 ⁶] | 156.2 | 205.6 | 198.4 | 166.7 |
| Tijdsduur eb en vloed | Teb,Tvl[u] | 6.17 | 6.08 | 6.17 | 6.08 |

Berekening van enkele geul- getijgemiddelde fysische parameters:

1. gemiddelde diepte $D_{gem} = AC/B$
2. gemiddeld eb- en vloeddebiet $Q_{eb} = VEB/T_{eb}$, $Q_{vl} = VVLOED/T_{vl}$
3. gemiddelde eb- en vloodsnelheden $U_{eb} = Q_{eb}/AC$, $U_{vl} = Q_{vl}/AC$

In tabel 2 zijn de berekende waarde vermeld.

Tabel 2: Berekende geulgemiddelde fysische parameters

| Parameter | Schaar van Waarde | Zuidergat | Totaal | Gemiddeld |
|-----------|------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Dgem | 9.8 m | 13.8 m | | |
| Qeb | 7032 m ³ /s | 8932 m ³ /s | 15964 m ³ /s} | 16500 m ³ /s |
| Qvl | 9393 m ³ /s | 7616 m ³ /s | 17009 m ³ /s} | |
| Ueb | 0.4 m/s | 0.5 m/s} | | 0.5 m/s |
| Uvl | 0.6 m/s | 0.5 m/s} | | |

De geul- getijgemiddelde stroomsnelheden tijdens het maximale eb- en vloedde-
biet zijn ongeveer 2 * zo groot. Opgemerkt wordt dat alleen voor deze omstan-
digheden de zgn. " De Jong-Gerritsen " relaties van toepassing zijn.

De maximale stroomsnelheden lokaal en onder springtijcondities kunnen in dit
gebied ruim 1.5 m/s bedragen.

De maatgevende stroomsnelheden voor de normalisatie van de Westerschelde in
de omgeving van de Platen van Valkenisse kunnen verschillend zijn voor
beheerder en belanghebbenden/gebruikers.

Voor de berekening van de fysische consequenties worden de volgende aannamen
gedaan:

1. De geulgemiddelde getijgemiddelde stroomsnelheid in het Zuidergat blijft
van dezelfde huidige orde van grootte ≈ 0.5 m/s.
2. Het "aangepaste" Zuidergat zal voor de varianten DAMOOST en DAMWEST naar
schatting de volgende getijdebiet gaan verwerken (Bijlage 5.1 t/m 5.3):
DAMOOST $\rightarrow 290/360 * 16500 \approx 13300$ m³/s
DAMWEST $\rightarrow 360/360 * 16500 \approx 16500$ m³/s
Hierbij is uitgegaan van gee uitwisseling tussen geul en Valkenissegebied.
Kontrolle van deze schattingen worden uitgevoerd met het WAQUA model.
3. Het getijdebiet stroomopwaarts en stroomafwaarts van het Valkenissegebied
veranderd niet.
4. De gemiddelde diepte van het Zuidergat moet t.g.v. de verdieping
Westerschelde meer dan 15 m. t.o.v. N.A.P. gaan bedragen. De aanlegdiepte
van de drempels zal N.A.P. -16 m. bedragen.

Verondersteld wordt dat de noodzakelijke breedte en diepte van het aangepaste
Zuidergat kan worden bepaald uit de 1 dimensionale weerstandsterm. De overige
termen van de bewegingsvergelijk worden verwaarloosbaar verondersteld.

De noodzakelijke breedte en diepte is zodoende te berekenen m.b.v. de formule
van Chezy : $Q=AC*C*\sqrt{D*I}$, waarin C de Chezy constante en I het gemiddelde
verhang is tijdens eb en vloed.

$C\sqrt{I}$ kan worden berekend uit substitutie van de huidige waarden van de fysi-
sche grootheden in deze formule (tabel 1 en 2) :

$$Q_{tot}=Q_{schaar} + Q_{geul} \approx C\sqrt{I} * (16736*\sqrt{9.8} + 16566*\sqrt{13.8}) = C\sqrt{I} * 113932 \dots(1)$$

$$Q_{tot} \approx 16500 \text{ m}^3/\text{s} \dots\dots\dots(2)$$

Kombinatie van de vergelijking (1) en (2) geeft: $C\sqrt{I} \approx 0.145$

De noodzakelijke waterdiepte versus profielbreedte voor de varianten DAMOOST
en DAMWEST worden benaderd door de uitgangspunten een constante $C\sqrt{I} \approx 0.145$
 $m\uparrow 1.5/s$ en een constante $\hat{u} \approx 0.5$ m/s toe te passen op volgende formules:

a. De formule van Chezy

Deze formule wordt nu geschreven als $Q=Bn*Dn\uparrow 1.5*C\sqrt{I}$, met Bn als de nieuwe
breedte en Dn als de nieuwe waterdiepte.

b. De formule van Bernouilli

Deze formule wordt geschreven als $Q = B_n * D_n$

In deze formules worden tevens de hiervoor onder punt 2 genoemde schattingen voor de getijdebieten ingevuld.

Deze benadering leidt tot de volgende vergelijkingen:

Ad a. DAMOOST $B_n * D_n^{1.5} = 92000$

DAMWEST $B_n * D_n^{1.5} = 114000$

Ad b. DAMOOST $B_n * D_n = 26600$

DAMWEST $B_n * D_n = 33000$

hierbij geldt $D_n \approx 14$ m.

Het verband tussen B_n en D_n volgens deze vergelijkingen voor de varianten DAMOOST en DAMWEST is grafisch weergegeven (Bijlage 6.1).

Uitgaande van het vasthouden van of de huidige waterdiepte of de huidige profielbreedte volgen hieruit de noodzakelijke waterdiepten en profielbreedten (Tabel 3).

Tabel 3 Waterdiepte en profielbreedte voor OOSTWEST varianten [m]

| Huidige situatie | DAMOOST | DAMWEST |
|------------------------|---------------------|---------------------|
| vasthouden D = 14 m. | $B_n = 1550 - 1900$ | $B_n = 2250 - 2400$ |
| vasthouden B = 1200 m. | $D_n = 18$ | $D_n = 20$ |

Vergelijking van de berekende B_n met de huidige B (1200 m.) geeft aan dat het Zuidergat zeer duidelijk moet worden verbreed om aan de aangenomen condities te kunnen voldoen. Gezien de plannen met het Valkenissegebied is het niet zinvol om de oplossing teveel in de "breedte" te zoeken.

Vergelijking van de berekende D_n met de huidige D (13.8 m.) geeft aan dat het Zuidergat met ruim 4 m. gemiddeld over de hele breedte moet worden verdiept om aan de aangenomen condities te kunnen voldoen. Dat is ruim 3 m. meer dan aangenomen voor het verdiepingsplan noodzakelijk is.

Een andere methode (Allersma) voor de bepaling van de ontwikkeling van breedte en diepte is analyse van de huidige breedte-diepte relaties in het estuarium om zodoende hierover uitspraken te kunnen doen. Hieruit is afgeleid dat het Zuidergat "natuurlijk" in breedterichting zal gaan ontwikkelen. Bij scenario DAMWEST dreigt gevaar voor geulsplitsing door het grote debiet in het Zuidergat.

Tussenoplossingen

Varianten met zowel aangepaste breedte als diepte zijn te bedenken.

Relevant is dat deze le indruk geeft dat het normaliseringsplan omvangrijke fysische consequenties heeft voor het totale gebied.

Modelberekeningen zijn nodig om de verwachte consequenties nauwkeuriger te kunnen aangeven.

6.1.2. Dispersiecoëfficiënt

De verandering van de longitudinale dispersiecoëfficiënt t.g.v. "shear flow" is benaderd volgens Fischer [Lit 23]. De gebruikte formules zijn weergegeven in bijlage 6.2. Tabel 4 geeft een overzicht van de berekende coëfficiënten voor de scenario DAMOOST en DAMWEST, met "oplossings" varianten in profielbreedte en waterdiepte (zie tabel 3). De gebruikte gemiddelde stroomsnelheid (U) is hierbij gewogen naar U^2 in verband met de dispersieformules. Dit betekent toename van de gemiddelde stroomsnelheid van 0.5 m/s naar 0.6 m/s.

Tabel 4 Dispersiecoëfficiënten Zuidergat [m^2/s]

| profielbreedte B [m] | waterdiepte D [m] | | |
|----------------------|-------------------|--------------|--------------|
| | 14 (huidig) | 17 (damoost) | 21 (damwest) |
| 1200 (huidig) | 40 | 50 | 60 |
| 1650 (damoost) | 20 | - | - |
| 2350 (damwest) | 10 | - | - |

Uit tabel 4 volgt dat de menging in de geul t.g.v shear flow sterk afhankelijk is van de breedte van het doorstroomprofiel. Bij toename van de breedte zal weliswaar het zgn. trapping effect belangrijk worden. Bij dieper worden van de geul neemt de menging toe, hetgeen een versterking van de zoutgradiënt tot gevolg, waardoor deze waarschijnlijk stroomopwaarts zal opschuiven.

6.1.3. Zout-zoet gradiënt

Om de verschuiving van de zout-zoetgradient door de veranderingen in de dispersiecoëfficiënten enigszins te kunnen afschatten zijn de volgende benaderingen toegepast:

A. Afschatting met het VEDWAM model (Notitie F.Lefevre)

Hierbij is reductie toegepast voor de dispersiecoëfficiënt ter hoogte van het Valkenissegebied, omdat verondersteld wordt dat een afzienlijke afname plaatsvindt van de horizontale menging door het isoleren van een aanzienlijk schaargebied in de Westerschelde.

B. Afschatting met 800m. model (L.Dekker)

Berekeningen met dit model worden gemaakt onder begeleiding van K.Robaczewska (AOFG Den Haag).
Resultaten zijn nog niet bekend.

6.1.4. Konklusies

De hydraulische veranderingen heeft gevolgen voor de zout-zoet gradiënt in het estuarium. De VEDWAM berekeningen geven aan dat onderscheid moet worden gemaakt voor de situatie direkt na uitvoering en de nieuwe evenwichtssituatie (Bijlage). Direkt na uitvoering kunnen aanzienlijke verschuivingen van de zout-zoet gradiënt optreden. De resultaten voor de nieuwe evenwichtssituatie zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5 Verandering zoet-zout gradiënt bij de scenario's

| Scenario | breedteaanpassing | diepteaanpassing |
|----------|---|---|
| DAMOOST | $D \approx D_0/2 \rightarrow$ 0-4 km. zeewaarts | $D \approx D_0*1.25 \rightarrow$ 0 km. rivierwaarts |
| DAMWEST | $D \approx D_0/4 \rightarrow$ 4 km. zeewaarts | $D \approx D_0*1.5 \rightarrow$ 2 km. rivierwaarts |

(D is nieuwe dispersiecoëfficiënt; D_0 is huidige dispersiecoëfficiënt)

De zout-zoetgradiënt zal getijgemiddeld over een afstand van enkele kilometers kunnen opschuiven. Hierdoor zal het troebelheidsmaximum over een vergelijkbare afstand mede opschuiven [Lit.20]

De gevolgen van de hydraulische veranderingen voor de slibhuishouding betreffen zowel de bruto als netto (resulterende getijgemiddelde) slibtransportverdeling over golvakken voor MARIEN en FLUVIATIEL slib.

6.2 MORFOLOGISCHE VERANDERINGEN

(erosie sedimentatie waterbodem)

De vorm en situering van het Valkenisse gebied heeft duidelijke gevolgen voor de EROSIË en SEDIMENTATIE KONDITIES.

De huidige netto sedimentatie bedraagt in de orde van maximaal enkele decimeters per jaar.

De morfologische veranderingen van het Valkenissegebied zijn een gevolg van processen en de effecten daarvan op het gebied en de omgeving.

6.2.1 Processen

De processen die de sedimentatie in het Valkenissegebied teweegbrengen zijn onderscheiden in de volgende TRANSPORT en SEDIMENTATIE processen:

De TRANSPORT processen

- Transport door het vullen en ledigen van de kom t.g.v. het getij
- Uitwisseling door dichtheidsstroming (achterblijven van zout/zoetgradient)
- Uitwisseling door de neer aan de ingang van het Valkenissegebied
- Uitwisseling door moleculaire diffusie t.g.v. de slibgradient
- Kunstmatig slibtransport i.v.m. storten van baggerspecie van de drempels

In de pilotstudie wordt verondersteld dat de aanvoer van het sediment bepaald wordt door het vullen en ledigen van de kom en het kunstmatig transport. Voor wat betreft de zand- en slibconcentraties wordt uitgegaan van oppervlaktewaterbemonsteringen en materiaaltransportmetingen.

De SEDIMENTATIE processen

- Resuspensie door turbulentie van het getij, scheepvaart, wind en golven
- Sedimentatie door het vallen van het sediment
- Flokkulatie door de aanwezigheid van veel slibdeeltjes
- Slik- en schorvorming versterkt door vegetatieontwikkeling

Er wordt voorshands verondersteld dat de erosie in het Valkenissegebied verwaarloosbaar is t.o.v. de sedimentatie.

De sedimentatie wordt benaderd volgens het sedimentatie proces van nabijgelegen Westerscheldehavens, waarbij de sedimentatie fysisch verklaarbaar moet zijn (valsnelheden, uitwisselingsdebieten).

6.2.2 Sedimentatiesnelheden

Voor wat betreft de sedimentatiesnelheden in het Valkenissegebied wordt opgemerkt dat de omstandigheden direkt na het "isoleren" van het Valkenissegebied waarschijnlijk optimaal zijn. Na verloop van tijd zal door de gedeeltelijke opvulling van de voormalige geulen de omstandigheden voor sedimentatie enigszins afnemen. In deze paragraaf worden de sedimentatiesnelheden besproken, die in eerste instantie te verwachten zijn.

De sedimentatie van slib in het Valkenissegebied wordt benaderd door een afchatting te maken van de totale effecten t.g.v. de komvulling, neren en dichtheidsstroom [Lit.11].

De uitwisseling van het water bedraagt $Q_t = Q_k + Q_n + Q_d$,

waarin: Q_t = totale uitwisseling van water

Q_k = uitwisseling t.g.v. komvulling

Q_d = uitwisseling t.g.v. dichtheidsstroom

Q_n = uitwisseling t.g.v. neren

Bepaling $Q_k \approx K / t_k$

K = komvulling $\approx 1400 \cdot 10^4 \cdot 5.00 \approx 70 \cdot 10^6$ [m³/getij]

t_k = komvullingstijd $\approx 12.42 \cdot 3600 / 2 \approx 22350$ [s/getij]

$\rightarrow Q_k \approx 3100$ m³/s

Bepaling $Q_d = 0.25 \cdot V_d \cdot A$

V_d = dichtheidsstroomsnelheid ≈ 0.1 tot 0.3 [m/s] volgens Lit.

A = dwarsdoorsnede inloop ≈ 16700 [m²] Sch.v.Waarde bij NAP

$\rightarrow Q_d \approx 400$ tot 1200 m³/s

Bepaling Q_n

Omdat de waarde voor A/K veel kleiner is in het Valkenissegebied dan voor de havens, waarvoor de uitwisseling door neren van geringe invloed is, wordt voor de definitieve situatie verondersteld wordt dat $Q_n \ll Q_k$ en dus verwaarloosbaar is. Voor de tijdelijke situatie wordt de invloed onderzocht m.b.v. het WAQUA model.

De totale uitwisseling van water in het Valkenissegebied bedraagt dus 3500 tot 4300 m³/s

De hoeveelheid slib die wordt aangevoerd kan worden berekend uit $t \cdot C_v \cdot Q_t$, waarin: t = de vloedduur $\approx 16 \cdot 10^6$ s/jaar

C_v = de gemiddelde slibconcentratie in het Zuidergat ≈ 0.05 kg/m³

\rightarrow Een slibaanvoer van ca. 3 miljoen ton per jaar.

In deze notitie wordt niet ingegaan op de aanzanding welke tegelijkertijd met de aanslibbing zal plaatsvinden. Wel mag doordat de sedimentatie condities voor zand zijn veel minder kritisch dan voor slib worden verondersteld dat de diepe gedeelten van de inloop van het Valkenissegebied vrij snel zullen verzanden.

Stel dat de hoeveelheid aangevoerd slib zal bezinken dan betekent dit voor een oppervlakte van ca. 1400 ha een maximale aanslibbing van ca. 0.2 m/jaar.

Om de werkelijke aanslibbing te kunnen vaststellen moet de hoeveelheid slib worden bepaald, die achterblijft in het Valkenissegebied. Hiervoor is gebruik gemaakt van de aanslibbingsgegevens van nabijgelegen havens (zie tabel 5).

Tabel 5

| Haven | Slib [%] | Aanslibbing | Havenopp. | getijampl. | gem.slibconc. |
|-------|----------|-------------|-----------|------------|---------------|
|-------|----------|-------------|-----------|------------|---------------|

| | bodem $\leq 63\mu$ | [m/jaar] | [m ²] | [m] | [kg/m ³] |
|------------|--------------------|----------|--------------------|-----|----------------------|
| Kruiningen | 50 ($\sigma=10$) | 0.82 | 11.10 ⁴ | 5 | 0.04 tot 0.05 |
| Hansweert | 70 ($\sigma=30$) | 0.32 | 21.10 ⁴ | 5 | 0.04 tot 0.05 |

De hoeveelheid slib dat de havens ingaat, uitgaat en in de havens achterblijft t.g.v. komvulling moet zal redelijkerwijs in evenwicht moeten zijn. Uit de jaarbalans hiervoor volgt de slibconcentratie van het uitgaande debiet (Cu):

| Haven | IN | UIT | ACHTER | Cu |
|------------|----------------------------------|--------|-------------------------------|---------|
| Kruiningen | 720*11.10 ⁴ *5 (0.05 | - Cu) | ≈ 0.5*0.82*11.10 ⁴ | → -0.06 |
| Hansweert | 720*21.10 ⁴ *5 (0.05 | - Cu) | ≈ 0.7*0.32*21.10 ⁴ | → -0.01 |

Uit de berekende negatieve Cu waarden blijkt dat de aanvoer van slib in de havens duidelijk door meer transportprocessen wordt bepaald dan alleen komvulling. In Lit. 11 is de bijdrage van de komvulling geschat op 30% van de totale slibaanvoer. Toepassing hiervan voor de havens geeft:

Kruiningen: $720*5(0.05-Cu)=0.3*0.5*0.82*1000 \rightarrow Cu \approx 0.016$

Hansweert : $720*5(0.05-Cu)=0.3*0.7*0.32*1000 \rightarrow Cu \approx 0.031$

Uit deze Cu waarden volgt dat 40 tot 70% van het door komvulling aangevoerde slib achter zal blijven in het Valkenissegebied. Voor het Valkenissegebied wordt aangenomen dat het aanslibbingspercentage 40 tot 70 % zal bedragen. Dit percentage kan tevens een gevolg zijn van de reductie van de concentratie, zoals deze kan worden afgeleid uit de zandtransportformules (Eysink). De hoeveelheid slib, die netto achterblijft in het Valkenissegebied bedraagt zodoende $0.4 \text{ tot } 0.7 * 3.10^6 \approx 1 \text{ tot } 2$ miljoen ton per jaar. Dit betekent een aanslibbing voor een gebied van 1400 ha. van 0.07 tot 0.14 m/jaar.

Wil de hoeveelheid achtergebleven slib definitief achterblijven in het Valkenissegebied, dan moet deze ook in staat zijn om te sedimenteren. De gemiddelde valsnelheid (w), die nodig is voor de sedimentatie van het achtergebleven materiaal bedraagt $T / (t * C_v * O)$,
 waarin T = slibtransport naar de bodem $\approx 2.10^6$ [t/jaar]
 t = tijd $\approx 32.10^6$ [s/jaar]
 C_v = slibconcentratie waterkolom $\approx >0.05.10^{-3}$ [t/m³]
 O = oppervlakte Valkenissegebied $\approx 1400.10^4$ [m²]
 → w < 10⁻⁴ m/s

De gevonden waarde voor de valsnelheid is overeenkomstig de 50% onderschrijdingsfrequentie voor de valsnelheid van een watermonster nabij Bath. Door Boere [Lit.21] zijn ter hoogte van Vlissingen transportsnelheden gevonden, die een factor 2 kleiner zijn. Lit.22 geeft valsnelheden voor vergelijkbare omstandigheden orde 10⁻⁵ m/s. De slibconcentratie in het "stille" Valkenissegebied zal waarschijnlijk door vlokvorming en indikking veel groter kunnen zijn dan in het estuarium zelf, zodat mits steeds voldoende sediment wordt aangevoerd de berekende sedimentatie mogelijk moet zijn.

Onduidelijk is hoe groot de hoeveelheden zijn die op kunstmatige wijze worden aangevoerd.

6.2.3 Kombergingsverandering

Voor het kunnen aanvoer van sediment is het proces van komvulling en -lediging essentieel. De sedimentatie zal zodoende vrij ongestoord kunnen plaatsvinden zolang de kom niet hoger is opgevuld dan LLWS. Wel zal in deze periode het komvullingsdebiet enigszins af gaan nemen door extra bodemwrijving. Indien de kom grotendeels is opgevuld tot LLWS zal de aanvoer van sediment duidelijk worden belemmerd en zodoende sterk afnemen.

De komberging beneden LW bedraagt ca. 40 miljoen m³, zodat met de verwachte sedimentatie dit gedeelte van de kom in minder dan 10 jaar kan zijn opgevuld (Bijlage 1.3).

De komberging tot HW bedraagt ca. 150 miljoen m³. Uitgaande van een sedimentatiesnelheid van 7.10^6 m³/jaar betekent dit 20 jaar bergingscapaciteit. Wel mag worden verwacht dat de sedimentatiesnelheid na enkele jaren afneemt.

Indien steeds voldoende sediment beschikbaar is worden dus, afgezien van vegetatie-ontwikkelingen gedurende het eerste decennium zeer sterke veranderingen en gedurende de daaropvolgende decennia minder sterke en meer geleidelijke veranderingen verwacht.

De verwachte kombergingsverandering is voor vergelijkbare estuaria als volgt benaderd [Lit.24]:

$$A_t \approx A_0 * e^{(-t/\tau)}$$

, waarin A_0 = wateroppervlakte T0 situatie [ha]
 A_t = wateroppervlakte na t jaar [ha]
 t = periode [jaren]
 τ = tijdconstante; dit is een karakteristiek voor het sedimentatieproces

Invullen van de variabelen:

$$A_0 \approx 1400 \text{ ha bij NAP}$$

$$\tau \approx A_0/\delta A$$

, waarbij δA de verwachte verandering van de oppervlakte is voor $t=0$.

De aanslibbing is geschat op 0.07 tot 0.14 m/jaar (δh); stel gemiddeld $\delta h \approx 0.10$ m/jaar aangenomen is

dat deze waarde reeds gecorrigeerd is voor reductie van de verandering van de sedimentconcentratie: $1 - u^2/u_0^2$, die zeker voor zand belangrijk kan opgaan.

(u = nieuwe stroomsnelheid; u_0 = huidige stroomsnelheid)

$$\text{Stel } \delta A = \delta h * A_0^2 / I_0 \text{ (} I_0 \text{ is inhoud T0 situatie} \approx 100.10^6 \text{ m}^3 \text{)}$$

$$\rightarrow \delta A \approx 27 \text{ ha. en } \tau \approx 50 \text{ jaar voor slib alleen!}$$

Hieruit volgt dat $A_t \approx 2000 * e^{(-0.002t)}$ voor slib. Dit verband is grafisch weergegeven (Bijlage 6.4).

Onduidelijk is de wijze waarop de komberging gaat veranderingen; dit kan van grote invloed zijn op de kombergingsverandering.

Een aantal mogelijke varianten zijn:

- gelijkmatige opvulling op ieder nivo
- gelijkmatige opvulling per nivo
- opvulling volgens schor- en sliksysteem

Afhankelijk van het uitgevoerde scenario kunnen deze veranderingen in belangrijke mate worden beïnvloed door de ontwikkelingen in de omgeving van het Zuidergat.

Voorbeelden uit het estuarium zijn de ontwikkeling van Saaftinge, Appelzak en Braakman:

- Van het Land van Saaftinge zijn gegevens direkt beschikbaar voor het maken

van een vergelijking. Dit gebied heeft een wat andere ligging heeft t.o.v. de hoofdgeulen dan het Valkenissegebieden. Uit de vergelijking blijkt dat de uitgangssituatie van het intergetijdgebied niet vergelijkbaar is (Bijlage 2.3).

Voor wat betreft de geulen wordt, evenals bij Saaftinge, verondersteld dat deze vrij snel zullen opvullen tot LW niveau.

- De ontwikkeling van de andere gebieden zijn nogal verstoord door kunstmatige ingrepen.

Voor het Land van Saaftinge is een τ bepaald van 60 tot 130 jaar (Bijlage 6.6). Ook op grond van andere estuaria kan worden gesteld dat τ orde van grootte 20 tot 100 jaar zal bedragen.

6.3 Slibgradiënt en slibtransporten

6.3.1 Slibgradiënt

In de paragraaf over sedimentatiesnelheden en kombergingsverandering is er steeds van uitgegaan dat zand en slib steeds in voldoende kan worden aangevoerd om aan de "honger" van het Valkenissegebied te voldoen.

De slibvoorraad in het water is echter wel limiterend voor de sedimentatiesnelheid [Lit.14].

Wat zijn de verwachtingen door de sedimenthonger van het Valkenissegebied?

- Door sedimentatie neemt de slibconcentratie in het water sterk af
- Door erosie kan extra slib uit geulbodem vrijkomen (waarschijnlijk beperkt)
- Verder is aangenomen dat geen extra slib kan vrijkomen door erosie van het Land van Saaftinge.

De inhoud van het Oostelijk deel van de Westerschelde (grens tot Perkpolder) beneden NAP zal door het Valkenissegebied afnemen van ca. 350 naar 270 miljoen m³.

De hoeveelheid aangevoerd marien en fluviatiel slib in het Oostelijk deel bedraagt ca. 500.10³ ton per jaar. Het grootste gedeelte hiervan sedimenteert momenteel in het Land van Saaftinge. Waarschijnlijk is het accumulatievermogen van dit gebied pas over enkele decennia zodanig afgenomen dat de invloed hiervan merkbaar kan zijn voor het Valkenissegebied.

De "slibhonger" van het Valkenissegebied bedraagt ca. 3000.10³ ton per jaar gedurende het eerste decennium.

In suspensie zit ca. 20.10³ ton en in de waterbodem ca. 2000.10³ ton slib.

Hieruit volgt dat de slibhonger van het Valkenissegebied veel groter is dan de aanvoer en de voorraad in de bodem.

De slibconcentratie in het water en het slibpercentage in bovenste laag van de waterbodem zal waarschijnlijk binnen een jaar duidelijk afnemen.

Hierdoor zal een sterke slibgradiënt ontstaan in de Westerschelde tussen het Valkenisse gebied en het troebelheidsmaximum enerzijds en de Vlaamse banken en het Valkenissegebied anderzijds.

Verwacht kan dan ook worden dat gedurende het eerste decennium veel meer sprake zal zijn van een sterke aanzanding in de inloop en sterke sedimentatieontwikkeling in de omgeving van het Valkenissegebied. De slibhonger zal een gunstige invloed hebben op de troebelheid in de Westerschelde, waardoor

de biotische omstandigheden van het water duidelijk zullen verbeteren. Sanering op Belgisch gebied kan ook een afname van de slibgradiënt bevorderen.

6.3.2 Slibtransporten

Afschattingen voor de verwachte veranderingen zullen gemaakt met het 2DH slibmodel. De hypothese voor de slibtransporten is dat door de sterke slibhonger van het Valkenissegebied na de omkading de fluviaatiele transporten zeewaarts hiervan te verwaarlozen zijn. Eveneens zal het grootste deel van het mariene transport in dit gebied sedimenteren. Bovendien kan door de sterke verandering van de slibgradiënt extra dispersief transport van gebufferd slib uit België en van de Vlaamse banken richting de Westerschelde worden verwacht. Afschattingen hiervoor zijn nog niet gemaakt. Het feit dat het mariene materiaal eerder sedimenteert kan negatieve gevolgen hebben voor de kwaliteit van de afzetting in het Land van Saeftinge, zeker voor de variant DAMOOST.

6.4 Waterbodemkwaliteit

De kwaliteit van het bodemslib dat zal bezinken zal sterk worden bepaald door de verhouding marien/fluviaatiel t.p.v. de ingang van het gebied. Bij het scenario DAMOOST zal de kwaliteit van de waterbodem waarschijnlijk die van de bovenste laag van het schor van Emanuelpolder gaan benaderen, bij het scenario DAMWEST zal de kwaliteit van de bovenste laag van het Land van Saeftinge (midden) worden benaderd. Dit geldt voor de situatie dat het troebelheidsmaximum nagenoeg niet verplaatst. Onduidelijk is nog wat het schokeffect van de ingreep kan teweegbrengen t.a.v. de slibconcentraties. Door mogelijk minder sedimentatie van marien slib kan bij het scenario DAMOOST de bodemkwaliteit van de afzetlaag op het Land van Saeftinge afnemen.

7. Konklusies

Uit de pilotstudie blijkt dat de gevolgen van de ingreep m.b.t. het Valkenissegebied waarschijnlijk zeer grote gevolgen hebben voor de slibhuishouding in het Oostelijk deel van de Westerschelde en mogelijk ook voor de aangrenzende delen op Nederlands- en Belgisch gebied. De konsekwenties voor de verwachte sterke verandering van de slibgradiënt, voor de slibtransporten op het estuarium zijn nog niet goed te overzien. Hierbij moet worden gedacht aan o.a. de mogelijkheid van een duidelijke toename van het transport van slib vanuit België.

Voor de oplossing van dit probleem is een nadere studie met mogelijk daarnaast een fysisch modelmatige aanpak van het probleem noodzakelijk.

In de volgende tabel wordt een overzicht gegeven van de resultaten van de pilotstudie.

| <u>SCENARIO</u> | slibtrans 1* | marflu 2* | troebelheid 3* | aanslibbing 4* | bergingscap 5* |
|-----------------|-----------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| HUIDIG | <55 | 0.3-0.6 | 10-60 | 5 | n.v.t. |
| DAMOOST | ≈0 | <0.3-0.6 | <<10-60 | <<3000 (max) | <150000 |
| DAMWEST | ≈0 | <0.4-0.7 | <<10-60 | <<3000 (max) | <150000 |

verklaring: 1* doorgaand fluviatiel transport
 2* fractie fluviatiel slib in slibmonster stroomafwaarts inloop Valkenissegebied
 3* uitgedrukt als slibfractie in opp.water mg/l voor fractie $\leq 50\mu$ in de omgeving van het Valkenissegebied
 4* netto aanslibbing (+) in Valkenissegebied 1000 ton/jaar
 5* berging tot nivo HW in het Valkenissegebied 1000 ton

Het is niet mogelijk om een uitspaak te doen over het scenario dat het beste scoort t.a.v. de slibhuishouding. Hiervoor zijn beleidscriteria nodig. In de volgende tabel zijn wat relevante effecten gegeven (+ = beter; - = slechter).

| | Waterbodemkwaliteit heden gebied | Troebelheid | Ontlasting Saaftinge | Belasting Belgisch slib |
|---------|-------------------------------------|-------------|-------------------------|----------------------------|
| HUIDIG | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DAMOOST | + | ++ | + | - |
| DAMWEST | - | + | ++ | -- |

Verder zou gezien de "slibhonger" van het Valkenissegebied overwogen kunnen worden om zgn. beheersmaatregelen te nemen waardoor de komberging kan worden gereguleerd t.a.v. de slibhuishouding. Aan de volgende maatregelen kan worden gedacht:

- Beperking grootte gebied, kompartimentering
- Stuwen, doorlaatbare dam
- Verkleining inloop

8. AANDACHTSPUNTEN

Naar aanleiding een eerste verkenning m.b.t. de beïnvloeding van de slibhuishouding van de Westerschelde door een waterbouwkundige ingreep nabij het Valkenissegebied zijn de volgende aandachtspunten naar voren gekomen.

1. Het gedeeltelijk afgesloten Valkenissegebied heeft een enorme "SLIBHONGER"; het estuarium bevat echter veel te weinig slib om aan dit accumulatievermogen te voldoen.
 - a. betekent dit dat al het direkt beschikbare slib uit waterfase en waterbodem hierheen wordt getransporteerd?
 - b. betekent dit dat de Westerschelde slibarm zal worden en dat het water hierdoor helder zal worden?
 - c. heeft dit gevolgen voor het instandhouden- en de ontwikkeling van de bestaande schorren?
2. Wat zijn de verwachtingen t.o.v. de ontwikkeling van het Valkenissegebied zowel in de TIJDELIJKE als DEFINITIEVE situatie?
3. Wat zijn de gevolgen van "ZANDHONGER" van de inloop van het Valkenissegebied voor bank/drempelvoming t.p.v. de ingang en wat zijn de gevolgen hiervan voor de morfologie en waterbeweging in de direkte omgeving?
4. Wat zijn de gevolgen van een sterke toename van de slibgradiënt door de slibhonger van het Valkenissegebied voor de slibtransporten vanuit België en de Vlaamse Banken?
5. Wat zijn de verwachtingen t.a.v. de verschuiving van de zoutgradiënt en wat zijn de gevolgen hiervan voor de slibtransporten?
6. Voor wat betreft de scenario kan m.b.t. de slibhuishouding worden gesteld dat de verschillen niet zo groot zijn.
7. Aanbevolen wordt om na te gaan welke effecten m.b.t. slib zijn opgetreden bij vergelijkbare ingrepen.
8. Wat zijn de verwachtingen t.a.v. de waterbodemkwaliteit in het Valkenissegebied en wat is de invloed van 50% sanering op Belgisch gebied.

LITERATUURLIJST

0. Pieters T.
 Projektplan OOSTWEST
 Studie naar ontwikkelingsmogelijkheden oostelijk deel Westerschelde
 Dienst Getijde Wateren nota GWWS-89.407
1. Roovers P., Sterling A.
 Model der Schelde van Hansweert tot aan de Boudewijnsluis model 119
 WL Borgerhout 1964
2. Roovers P., Sterling A.
 Modelproeven model 300
 WL Borgerhout 1969-1972
3. Dronkers J., Malde J.v.
 Waterloopkundig en rivierkundige aspecten van een doorsteek door het
 Land van Saafdinge
 Studiedienst Vlissingen Nota 71.4
4. Schiereck G.J.
 Bochtafsnijding Bath bij leidammen
 Deltadienst, Nota W75011
5. Ruig J.de
 Improvements of the navigation channel in the Western Scheldt
 Directie Zeeland Notitie NXL89 21
6. Bakker W.T., Schaart J.
 Berekening van zand- en slibconcentraties in getijstromen
 Studiedienst Vlissingen Memo VL76.2
7. Ebbens E.
 Aanslibbing in het oostelijk deel van het noordelijk bekken na
 gereedkomen van de bochtafsnijding van Bath
 Studiedienst Vlissingen Memo VL76.7
8. Bakker W.T.
 Transport van slib door turbulente diffusie in het Noordelijk bekken
 na realisatie van de bochtafsnijding bij Bath
 Studiedienst Vlissingen Memo VL76.9
9. Bakker W.T.
 Slibproblemen in en om de Westerschelde
 Adviesdienst Vlissingen notitie WWKZ-82.V201
- 10 Theune J.
 Onderzoek naar de uitwisselingsstroming in de mond van de haven
 Vlissingen -Oost (Sloehaven)
 Adviesdienst Vlissingen nota WWKZ-82.V002
- 11 Maldegem D.C.v.
 Aanslibbing bouwdok Westerschelde Oever Verbinding
 Adviesdienst Vlissingen nota WWKZ-82.V004

- 12 Swart J.P.
Vooronderzoek aanslibbing Braakmanhaven
Adviesdienst Vlissingen nota WWKZ-84.V003
- 13 Looff D.de
De uitvoering van onderhoudsbaggerwerken met een waterinjektiewerktuig
in enkele Zeeuwse rijkshavens (augustus - oktober 1985)
Beschouwing resultaten verricht onderzoek
Adviesdienst Vlissingen, Nota WWKZ 85V031
- 14 Maldegem D.C.v.
Slibhuishouding Scheldeestuarium - SAWES rapportage
Dienst Getijde Wateren Nota GWA) 89. (concept)
- 15 Kerngroep Westerschelde
Beleidsplan Westerschelde
mei 1989
- 16 Daamen J.W., Lefèvre F.O.B.
Beschouwingen omtrent de chloridegehalten op de Westerschelde in de
periode 1971 - 1980.
Adviesdienst Vlissingen
- 17 Technische Scheldecommissie,
Nota verdieping Westerschelde 1984
- 18 Jong H. de
Debietgegevens van de Westerschelde vanaf 1932
Dgw nota GWAO 89.1004
19. Dronkers J., Zimmerman J.T.F.
Principles of mixing in tidal basins in The Netherlands
Deltadienst, nota DDWT-82.015
20. Storm C.
Consequenties van ingrepen op estuaria
Literatuurbundel
27 november 1989
21. Boere P.
Valsnelheids- en vertikaalslibtransportmetingen in de Westerscheldemonnd
en berekening van de horizontale slibtransporten in de Oosterschelde
DIHO / DGW Balansnota 1987-30, nota GWA087.113
22. RWS DBW, DGW, BER en Waterloopkundig laboratorium
Slibonderzoek
RWS publikatie 1989
23. Fischer H. e.a.
Mixing in inland and coastal waters
Academic Press 1979
24. Waterloopkundig laboratorium (W.Eysink)
Final report feasibility study on The Sandwip Crossdam development schema

Volume III Morphological effects
march 1987

25. Hendrikse K. en Male K.v.d.
Komborgingsoppervlakte en inhoud patengebied Valkenisse in 1988
DGW notitie GWWS-90.13012
26. Lefèvre F.
De beïnvloeding van de ligging van de zout-/zoetgradiënt in de Westerschelde door wijzigingen in het doorstroomprofiel bij de Platen van Valkenisse
DGW, notitie GWWS-90.13047
27. Jong H.de
Evenwichtsrelaties van de doorstroomprofielen in de Westerschelde en de Belgische Schelde
DGW, notitie GWAO-90.13009
28. Maldegem D.C.v.
Schatting natuurlijke slibtransporten op de Belgisch-Nederlandse grens van het Scheldeestuarium
DGW, notitie GWAO 89.1255

BIJLAGENLIJST

- Algemeen :
 - 1.1 Geomorfologische kaart gebied
 - 1.2 Specifieke oppervlakten van deelgebieden (niet gereed)
 - 1.3 Kombergingsgrafieken
 - 1.4 Ontwikkeling plaatgebieden
 - 1.5 Verdeling max. vloedstroom
 - 1.6 Stroomsnelheden, debieten, doorstroomprofielen (niet gereed)

- Huidige slibhuishouding :
 - 2.1 Schematisatie Westerschelde 2D morfologie
 - 2.2 Sedimentatie/erosie-, slibkaart
 - 2.3 Slibaccumulatie kaart
 - 2.4 Statistiek baggeren en storten
 - 2.5 Statistiek slibconcentratie oppervlaktewater
 - 2.6 Mariene en fluviatische slibtransporten
 - 2.7 Verhouding Marien / Fluviatief slib
 - 2.8 Gebieden met overeenkomstige C12/C13 verhouding

- Belangrijke parameters :
 - 3.1 Zoutgradiënt in relatie tot debieten en dispersie
 - 3.2 Slib- en zoutgradiënt volgens DGW metingen

- Waterbouwkundige ingrepen :
 - 4.1 Scenariokaart
 - 4.2 Kombergingsgrafiek Valkenissegebied

- Verandering parameters :
 - 5.1 Eb- en vloeddebieten huidige situatie
 - 5.2 Eb- en vloeddebieten scenario DAMOOST
 - 5.3 Eb- en vloeddebieten scenario DAMWEST

- Invloed op slibhuishouding :
 - 6.1 Breedte diepte relatie Zuidergat
 - 6.2 Berekening longitudinale dispersiecoëfficiënt
 - 6.3 Komberging Saafdinge in relatie tot Valkenissegebied
 - 6.4 Ontwikkeling komberging
 - 6.5 Ontwikkeling slibtransporten (niet gereed)
 - 6.6 Ontwikkeling komberging Land van Saafdinge

Westerscheide Platen van Valkenisse

Iodingen 1989
nap lijn: 5m-nap lijn: 10m-nap lijn

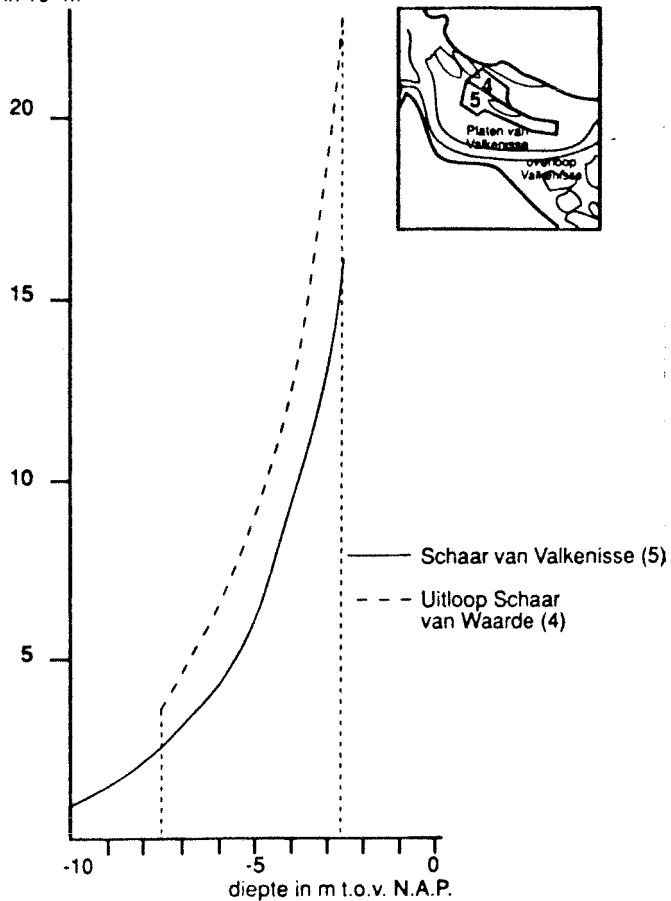


Plot: 24 april 1989 11:13 uur
 X10= 60000.00 Y10= 375000.00
 Rotatie y-ax = 0 grad
 Schaal 1: 50000



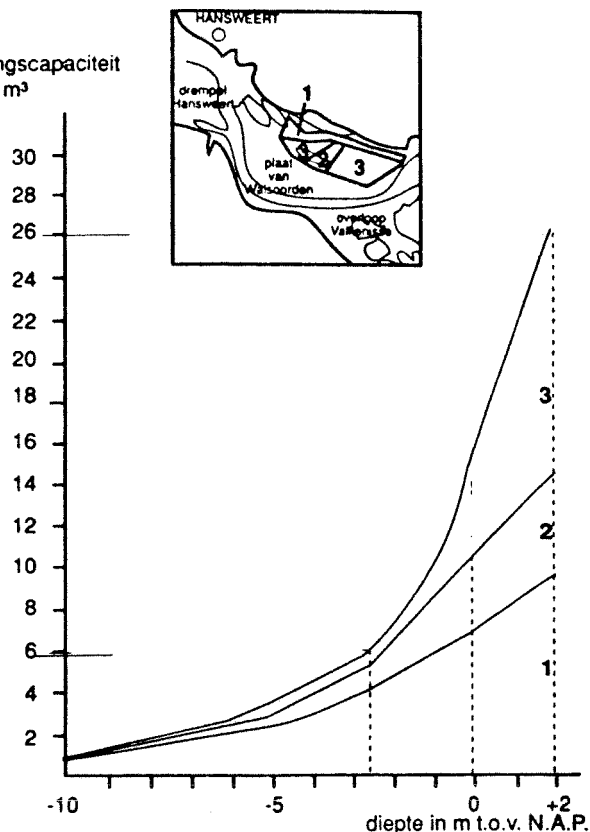
Kombergingsgrafiek
Schaar van Waarde en Schaar van Valkenisse.

Bergingscapaciteit
in 10^6 m^3

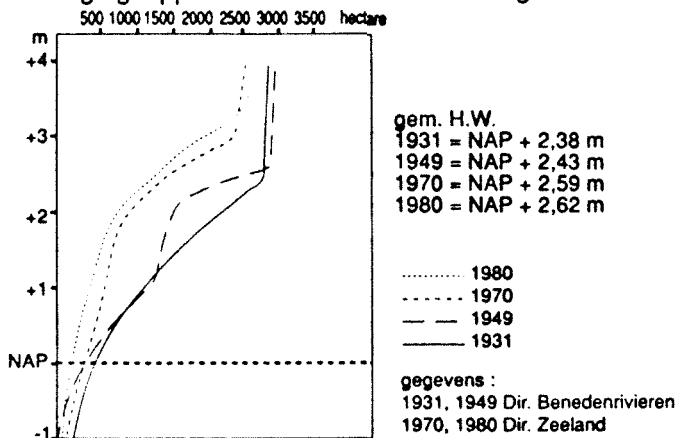


Kombergingsgrafiek
Zimmermangeul, verbindingsgeul Zimmermangeul en Schaar van Valkenisse, aangrenzend platengebied.

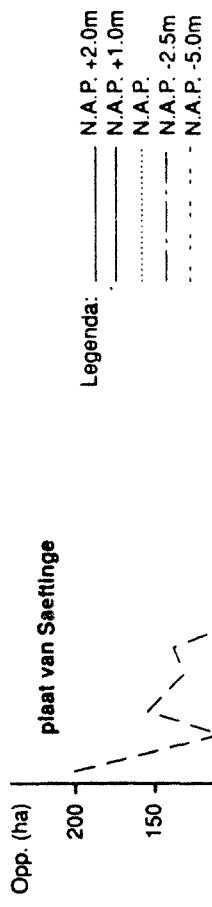
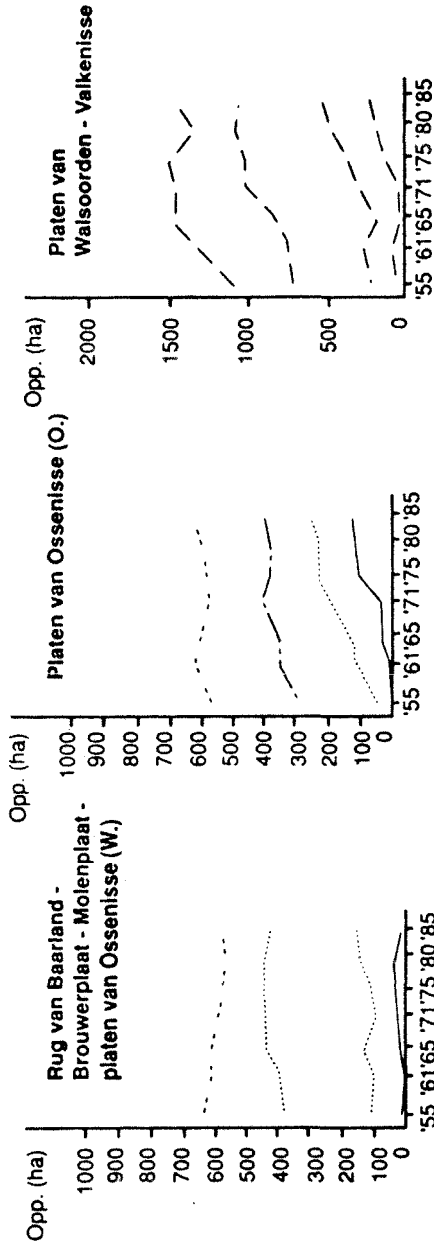
Bergingscapaciteit
in 10^6 m^3



Kombergingsoppervlakken Land van Saeftinge



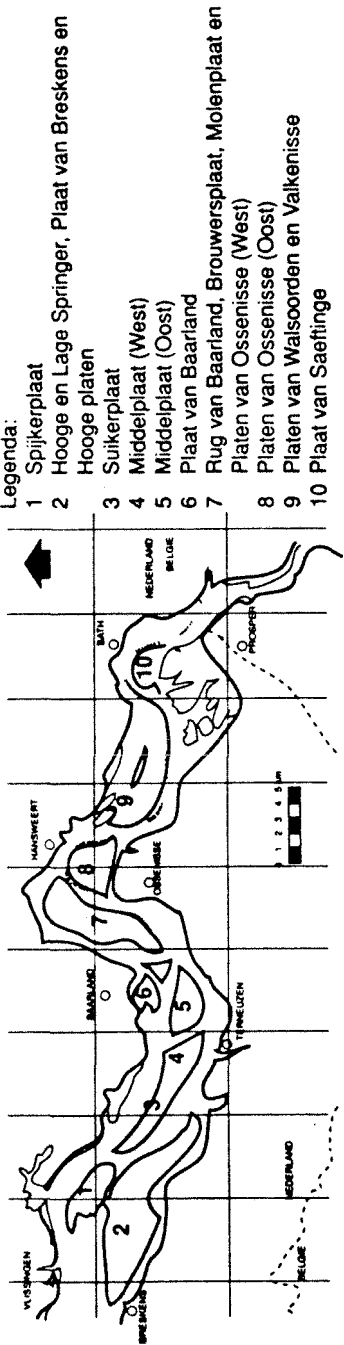
Ontwikkeling platengebieden 1955-1984



Legenda:

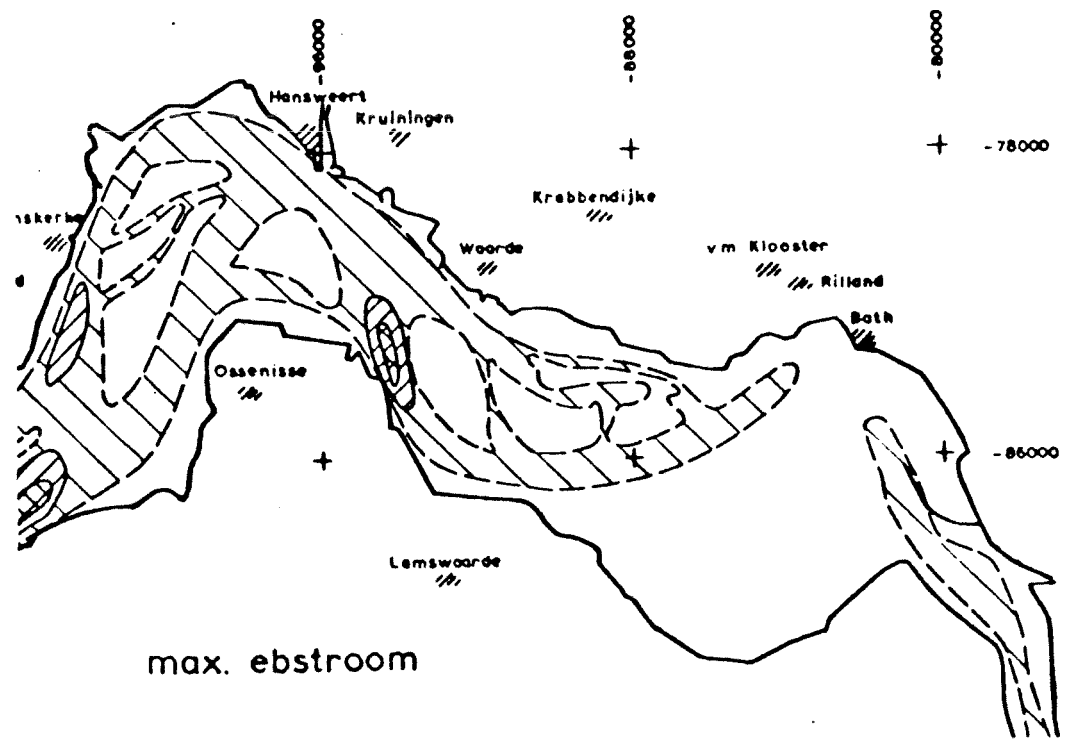
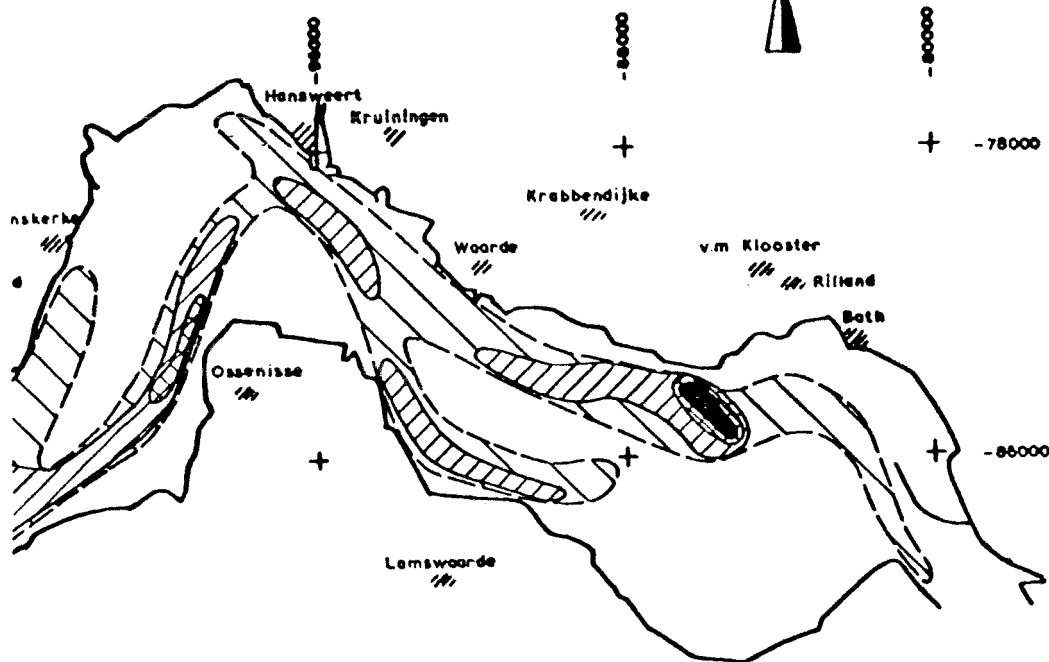
- N.A.P. +2.0m
- N.A.P. +1.0m
- N.A.P.
- N.A.P. -2.5m
- N.A.P. -5.0m

Overzicht Platengebieden





max. vloedstroom

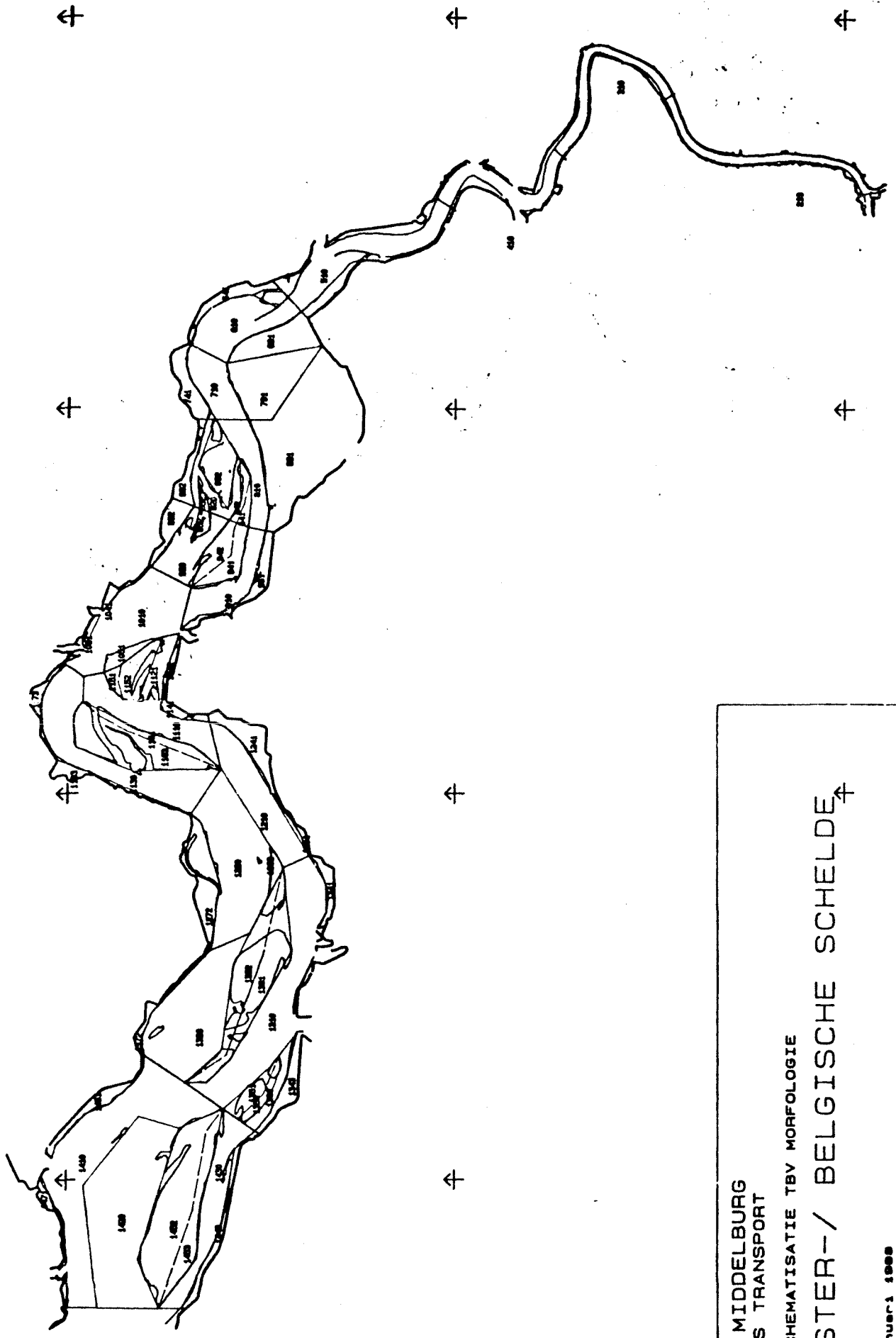


max. ebstroom

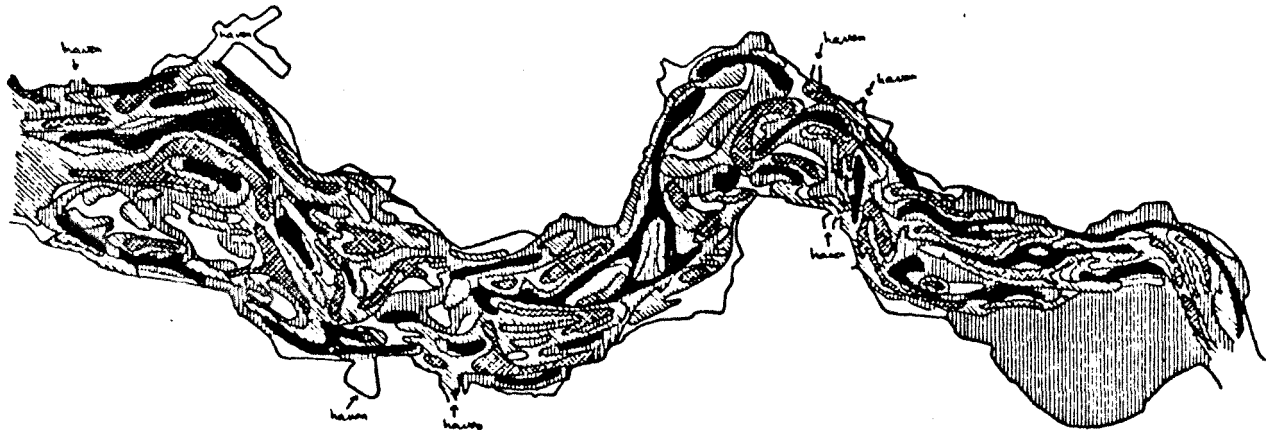
toelichting:

| | | |
|----------------|------------|--|
| stroomsnelheid | ≥ 1,00 m/s | |
| " | ≥ 1,50 m/s | |
| " | ≥ 1,75 m/s | |
| " | ≥ 2,00 m/s | |

N.B. de stroomsnelheden treden niet over de gehele westerschelde gelijktijdig op. (tijdsverschil tussen cadzand en bath ca. 2uur)



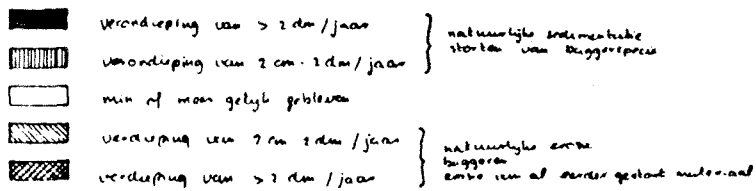
DGW MIDDELBURG
 SAWES TRANSPORT
 2D SCHEMATISATIE TBV MORFOLOGIE
 WESTER-/ BELGISCHE SCHELDE ↗
 1 januari 1988



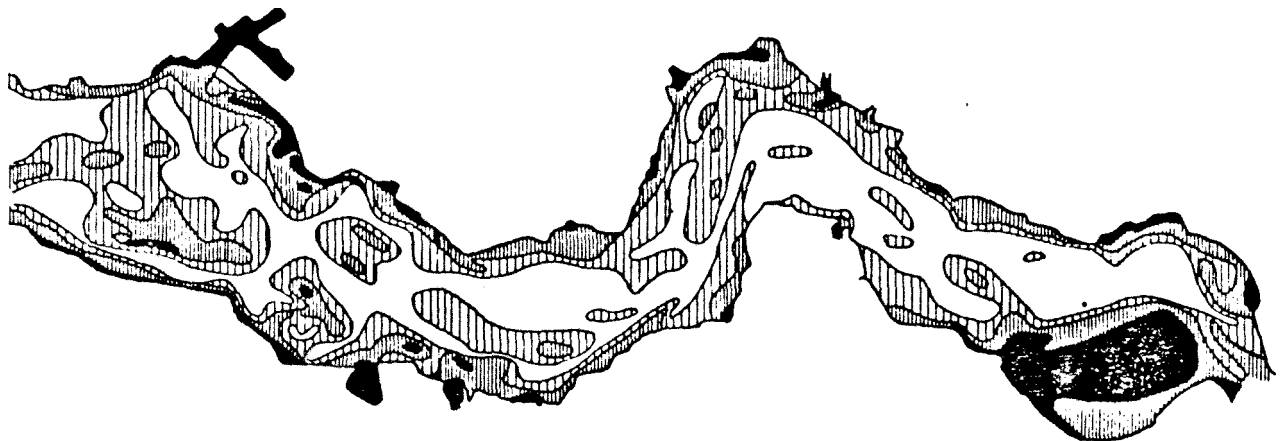
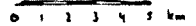
WESTERSCHELDE

VERDIEPING EN VERONDIEPING (1980-1985)

bron: nota WVL-86-020



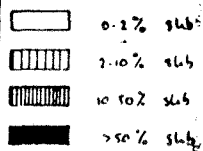
opm: Land van Sasfling, verondieping van 2 cm/jaar is een gemiddelde voor geheel gebied (geen onderscheid tussen laag/hoog/waaiende schot etc.)
haven: buiten beschouwing gelaten, van natuurlijke sedimentatie, maar door baggers verdieping



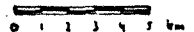
WESTERSCHELDE

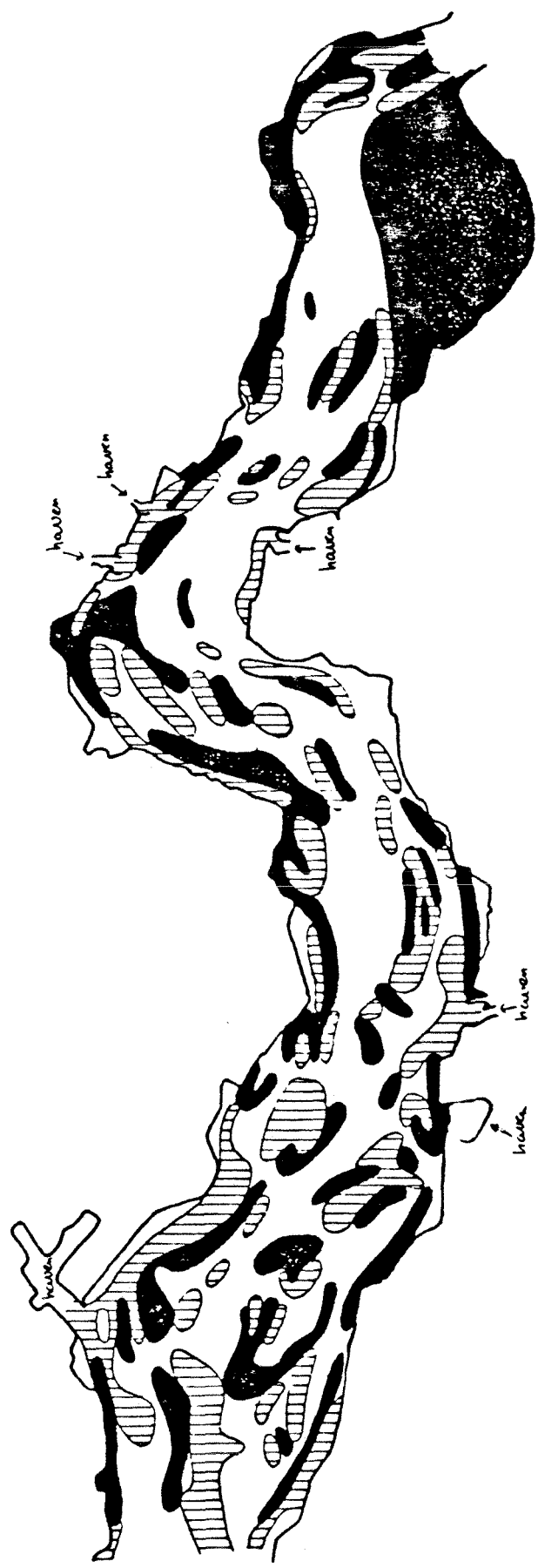
VOORHOEF VAN SLIB IN DE WATERBOEM (0-10m)

slib: mineraal, CaCO₃, vrye delen die kleiner zijn dan 63 µm



opm: Land van Sasfling, relatief weinig monsterpunten, alleen globaal (gemiddeld) beeld





WESTERSCHELDE

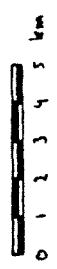
SLIJDACCUMULATIE EN SLIJDREINIGINGEN (1980-1985) I

bron: slijdcant en verduimings-/verduimingsplan

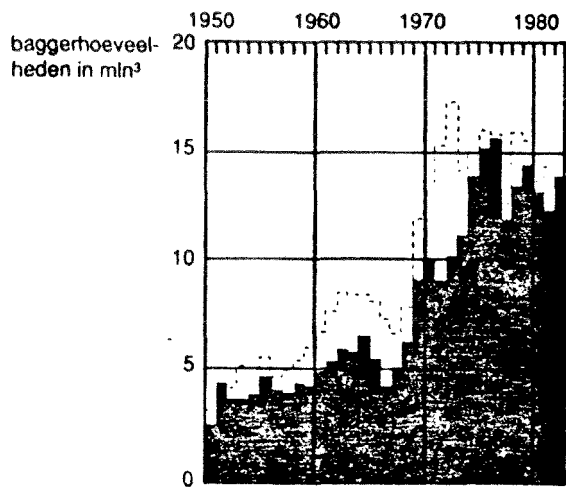
- subaccumulatiegebied (> 7 cm sediment / jaar met > 2% silt)
- geen subaccumulatie of erosie (< 2 cm / jaar)
- slijdbevestigingsgebied (> 7 cm sediment / jaar met > 2% silt)

geen onderscheid tussen hadronische of antropogene accretie of erosie

op: land van Scaffer > 2 cm / jaar sedimentatie van slibhoudend materiaal is een generatie voor het getide gebied (geen onderscheid tussen breed, hoog/middel/laag stroom) havens zijn in feite slijdbevestigingsgebieden maar worden regelmatig uitgegraven



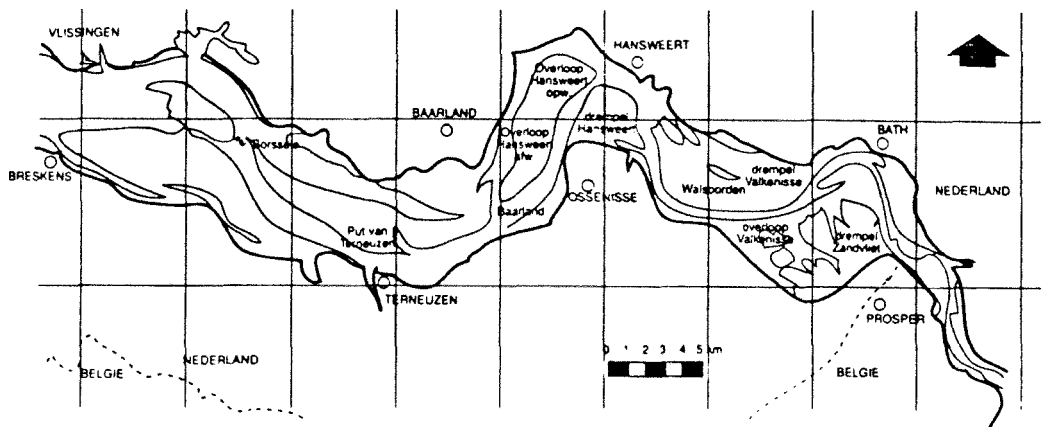
figuur 10:
Toename onderhoudsbaggerwerk periode
1950-1983
(Belgische staat)



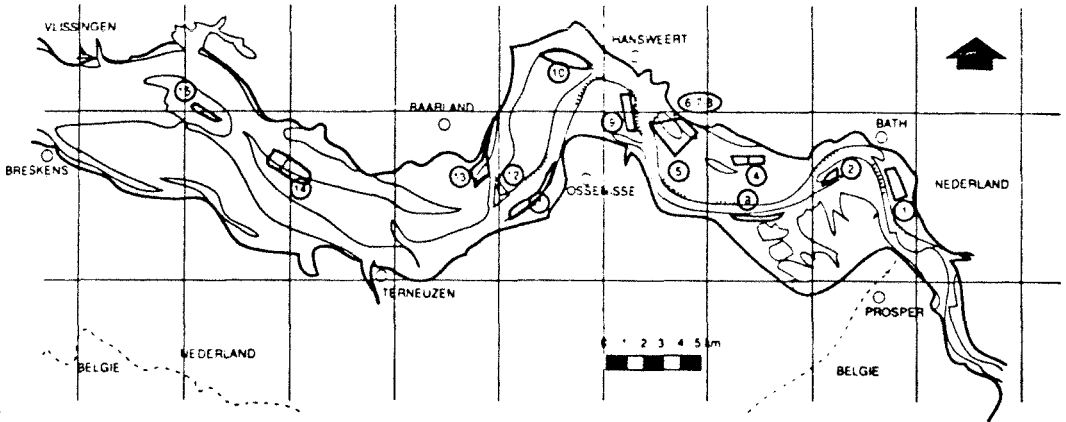
----- Westerschelde + Schelde
———— Westerschelde (Vlissingen - Zandvlietluis)

figuur 11:
Overzicht bagger- en stortlocaties Westerschelde

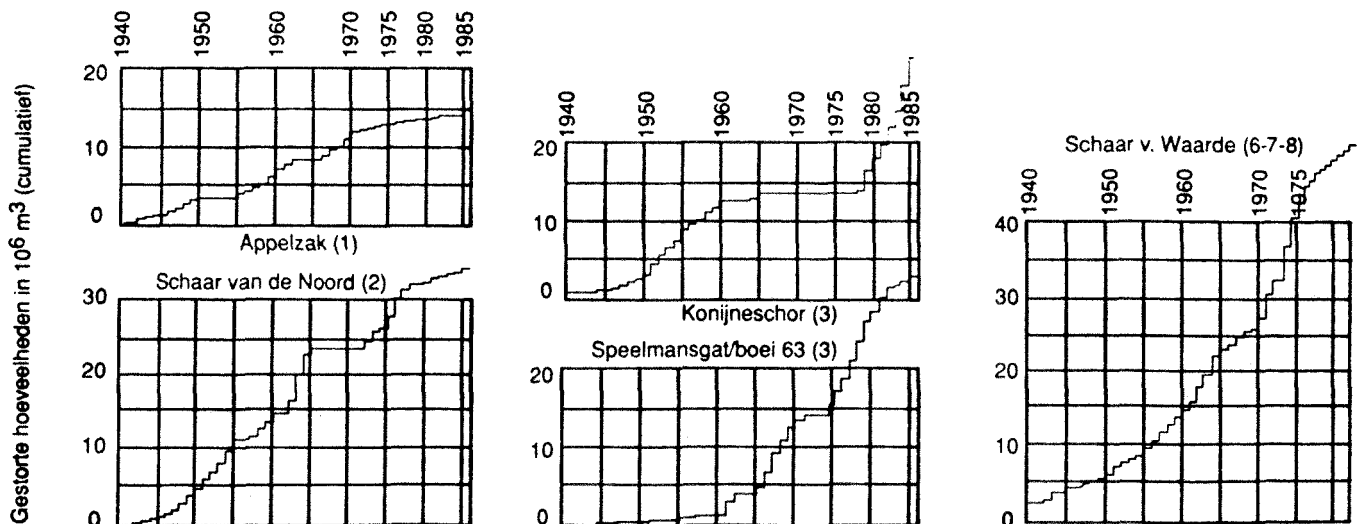
Westerschelde
baggerlocaties



Westerschelde
stortlocaties
baggerspecie

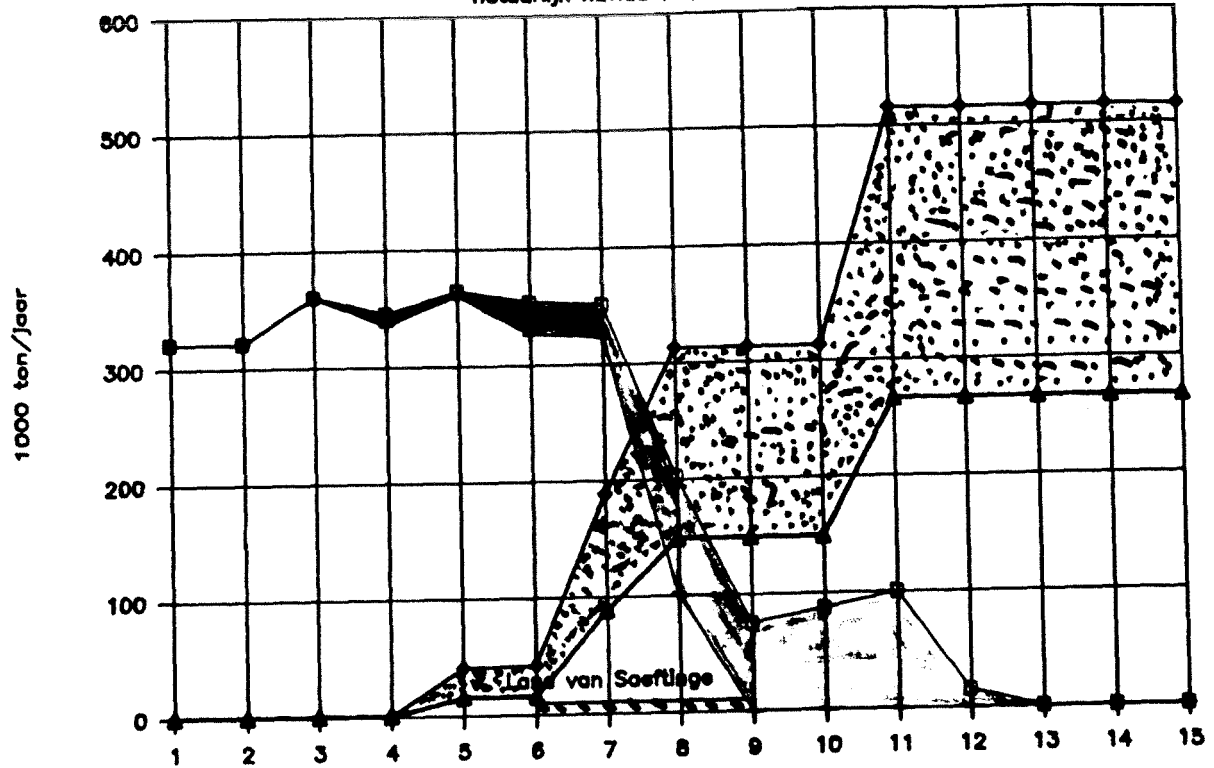


figuur 12:
Overzicht gestorte hoeveelheden stortlocaties oostelijk deel Westerschelde.



SLIBTRANSPORT SCHELDEESTUARIUM

natuurlijk fluviaal en marien



□ max.fluv.

+ min.fluv.

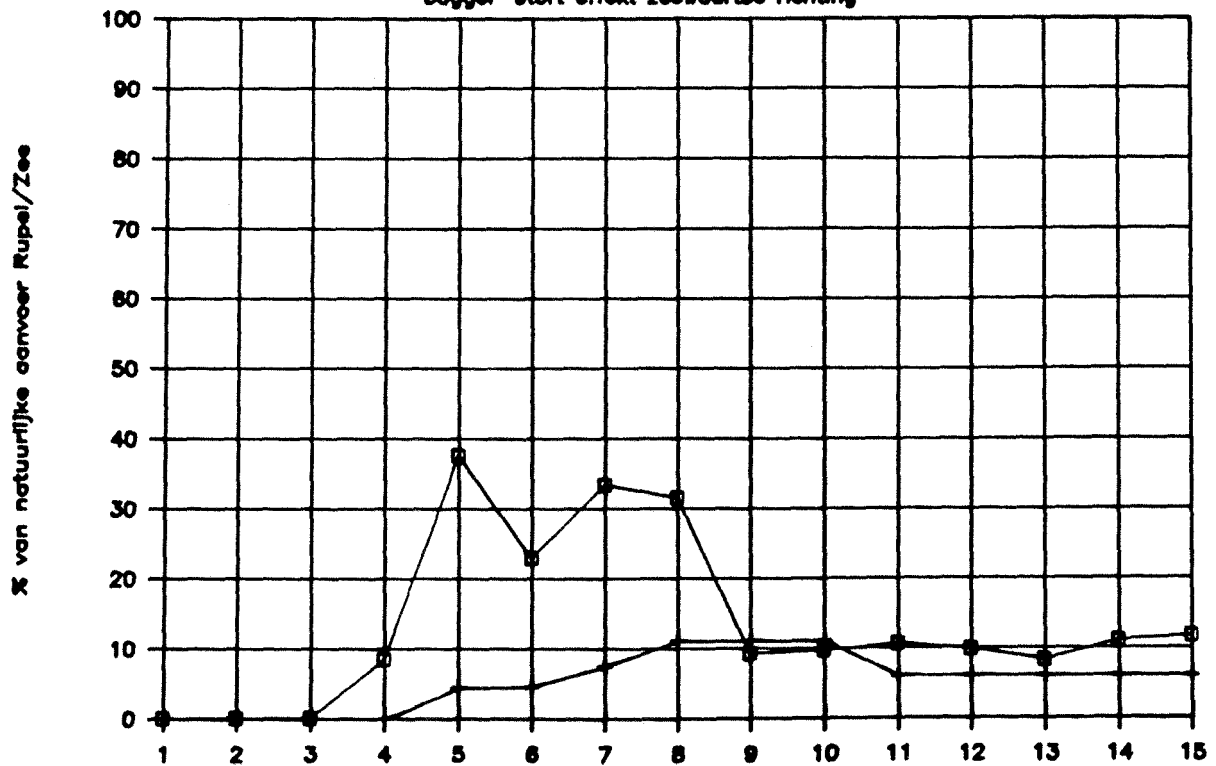
Rupel - Zee

◇ max.mar.

▲ min.mar.

SLIBTRANSPORT SCHELDEESTUARIUM

bagger-stort effect zeewaartse richting



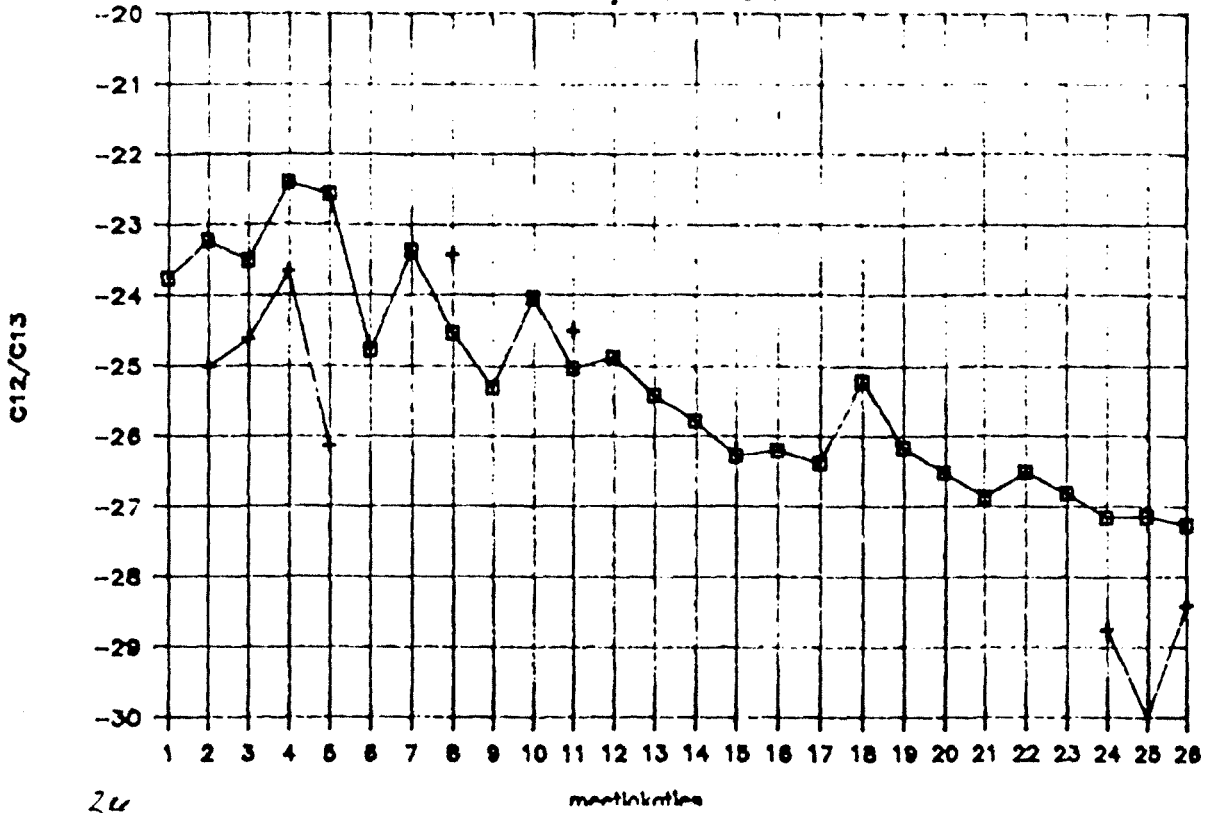
□ fluviaal (plus)

Rupel - Zee

+ marien (minus)

Scheldeestuarium C12/C13 onderzoek

Resultaten juni tocht 1987

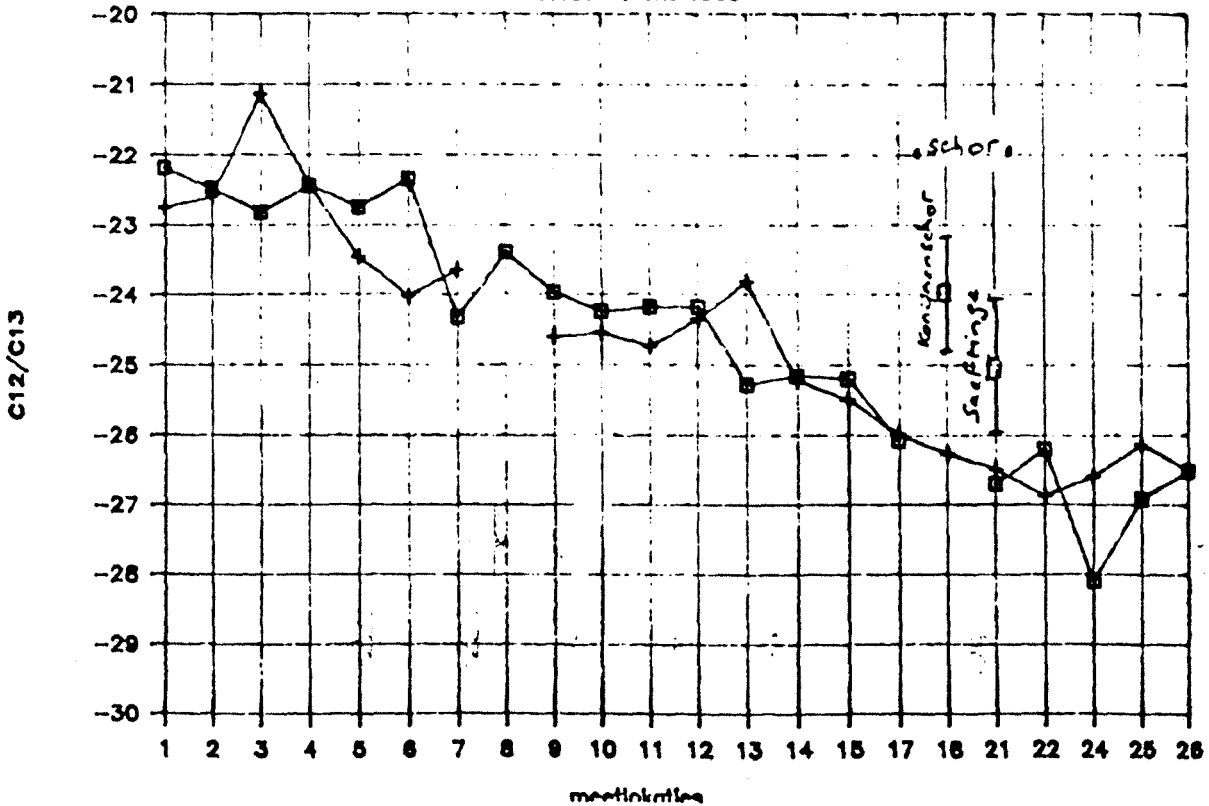


Ruyall

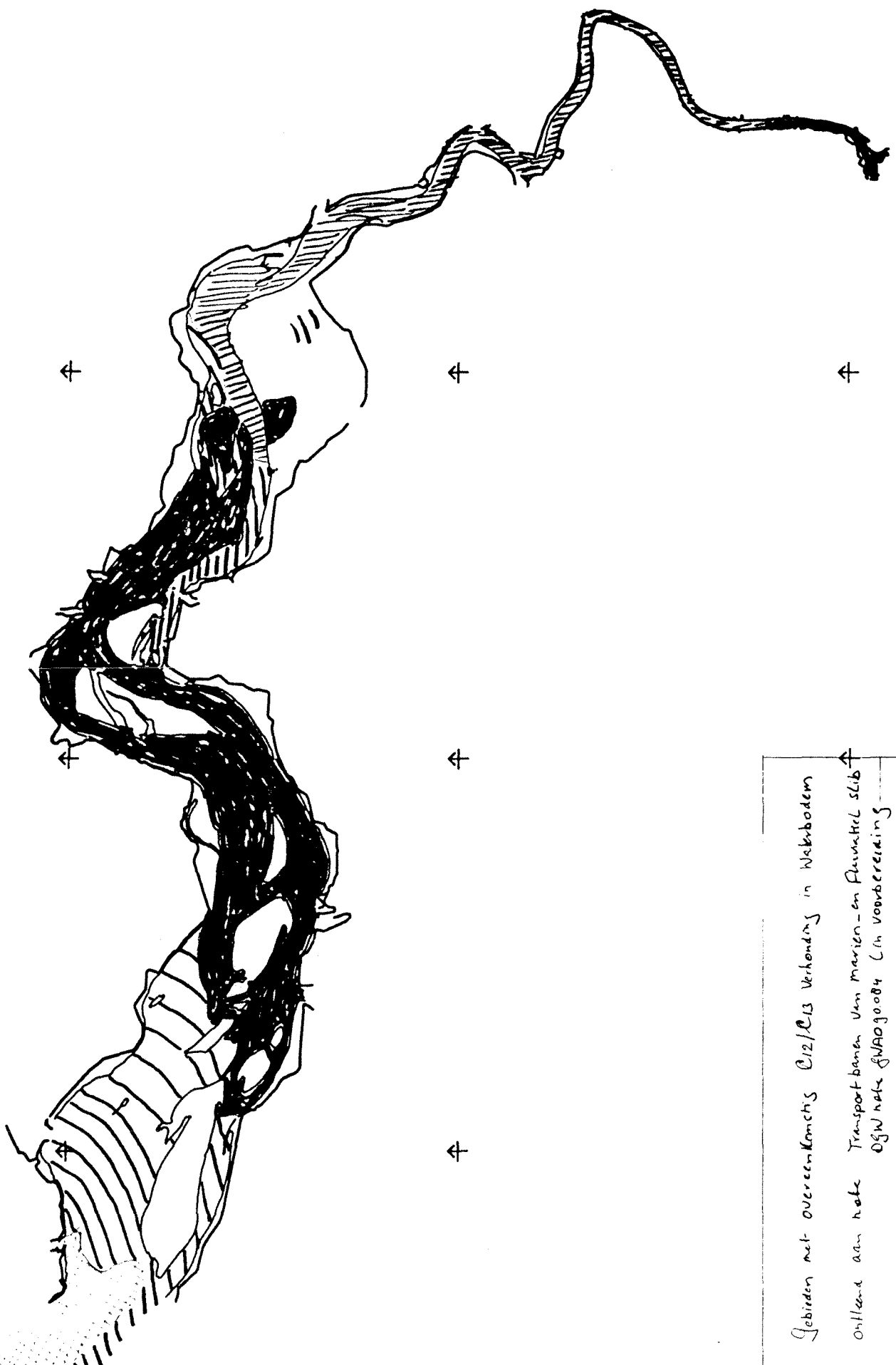
□ C12/C13 bodem + C12/C13 water

Scheldeestuarium C12/C13 onderzoek

februari tocht 1988



ontleend aan notitie JWA0-83 128.7

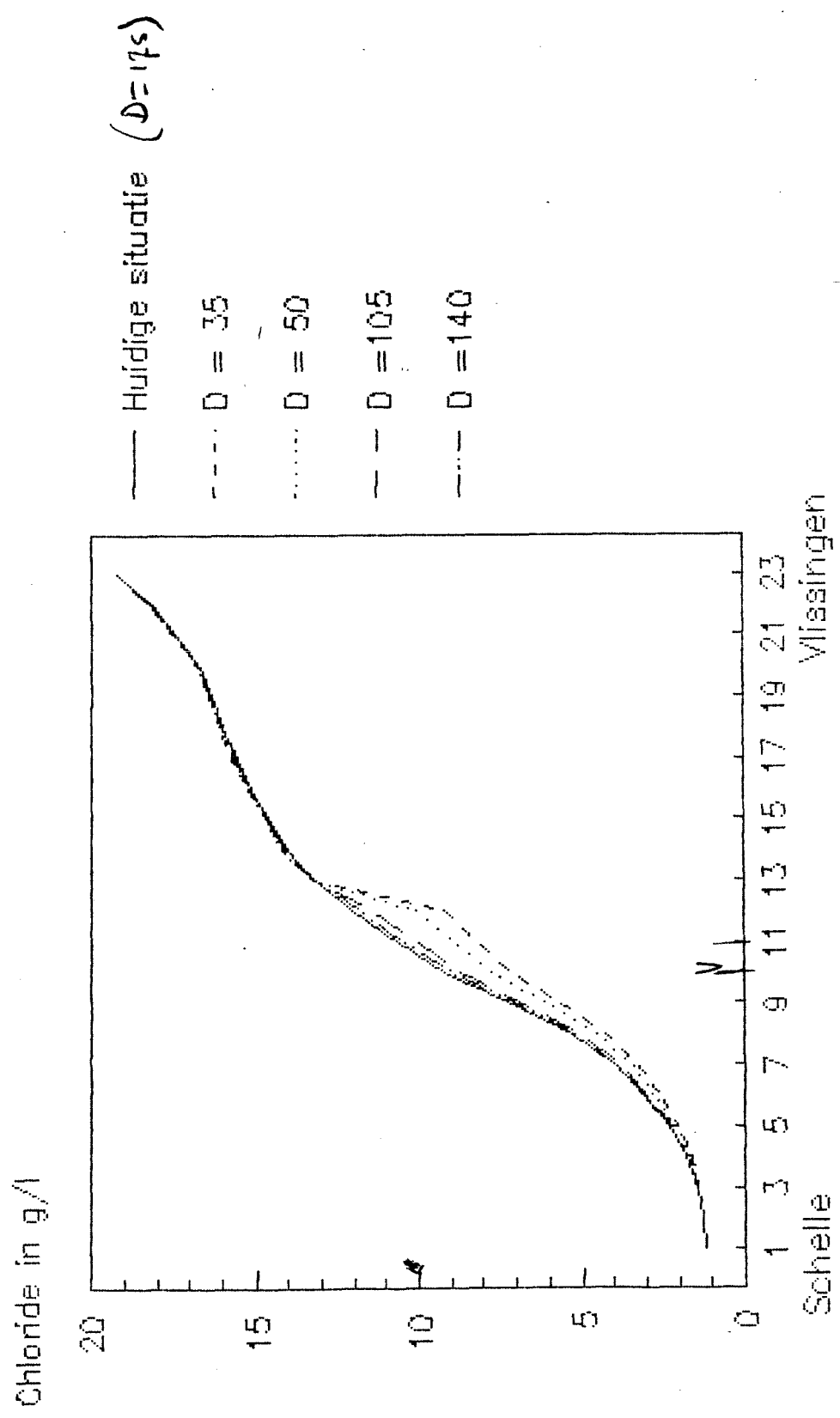


Gebieden met overeenkomstig R12/R13 Verordening in Nabibodem
 ontleend aan note Transportbanen Van marizen- en Fluimstiel slob
 OGW note GWAG0004 (in voorbereiding)

Invloed werken Platen van Valkenisse op chloride gradient. Een gevoeligheidsanalyse.

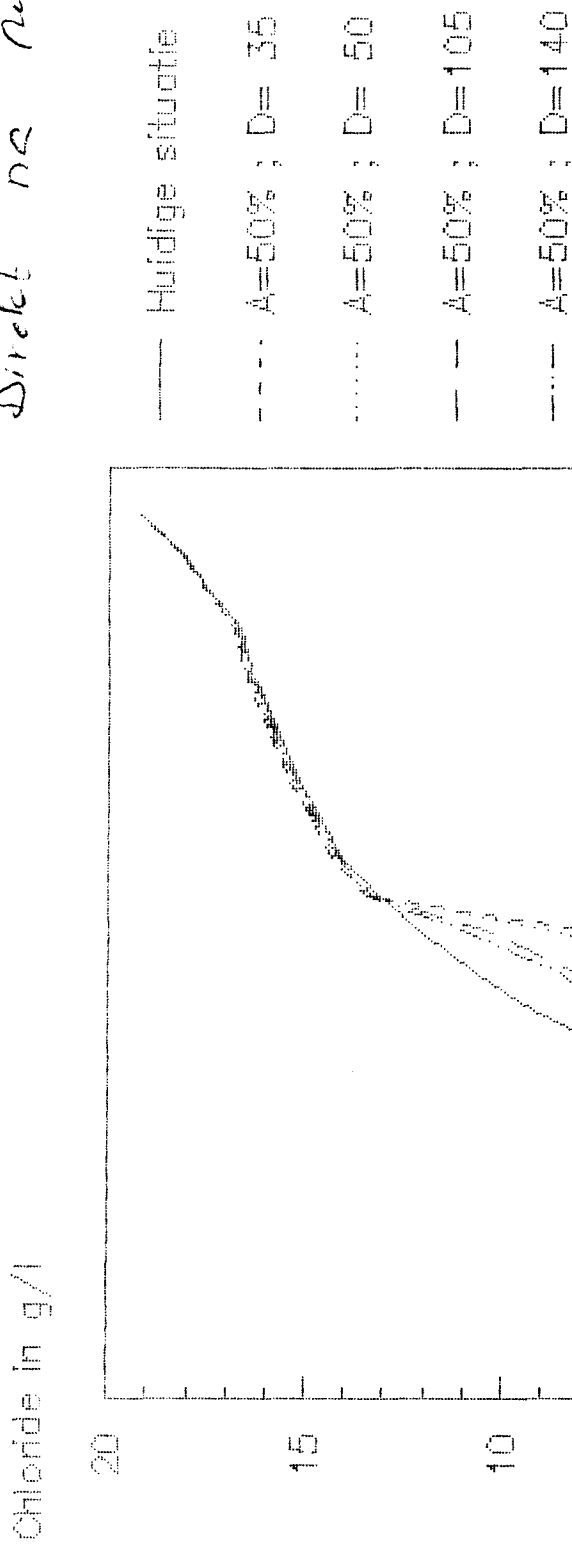
$Q = 100 \text{ m}^2/\text{d}$

Nieuwe evenwichts situatie



Invloed werken Platen van Valkenisse op chloride gradient. Een gevoeligheidsanalyse.

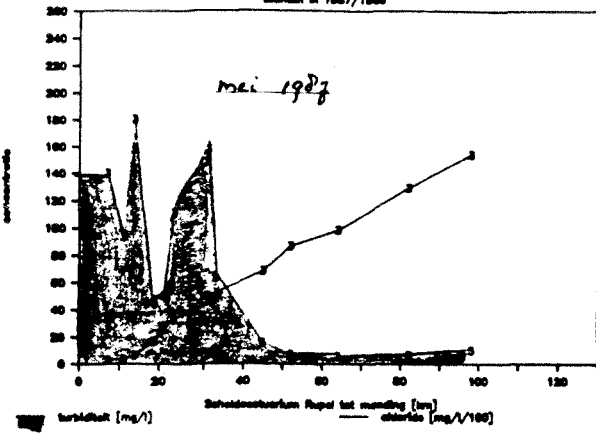
Direkt na uitvoering



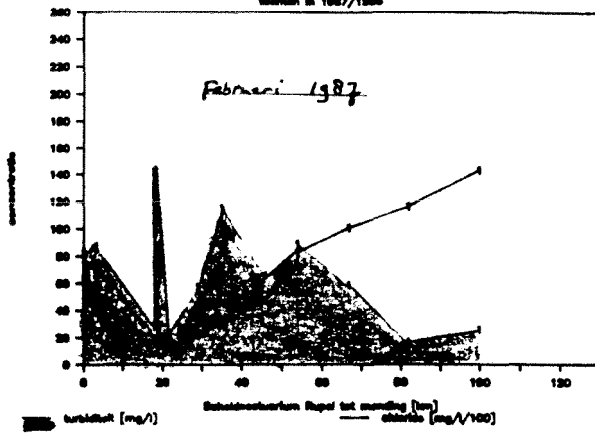
Vlissingen

Schelle

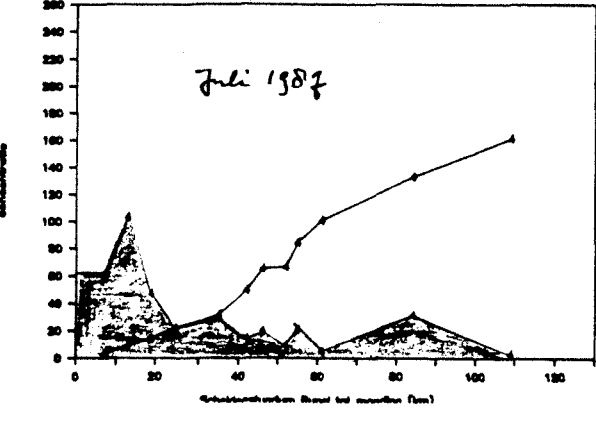
SAWES onderzoek troebelheidsmaximum



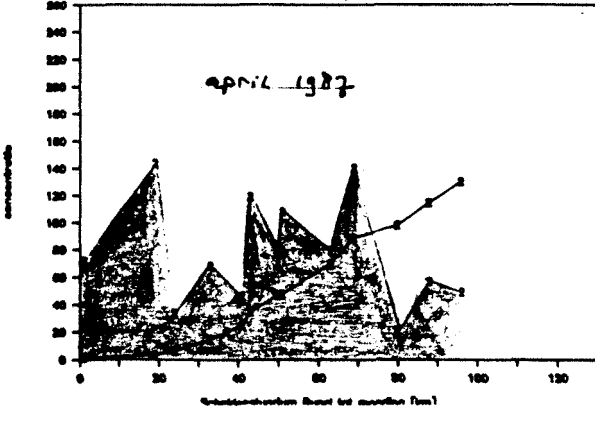
SAWES onderzoek troebelheidsmaximum



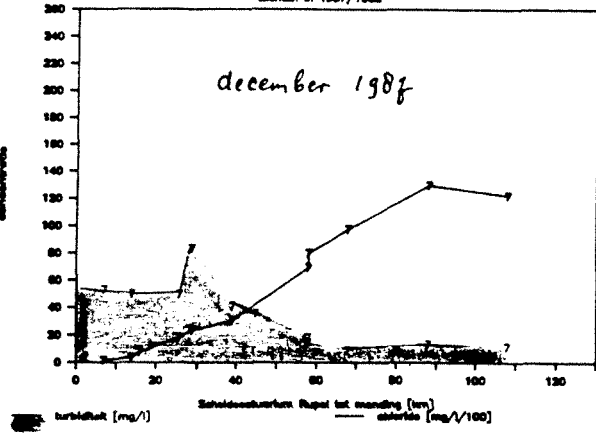
SAWES onderzoek troebelheidsmaximum



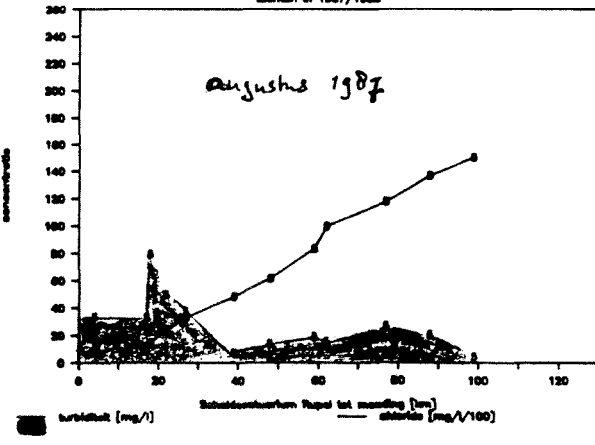
SAWES onderzoek troebelheidsmaximum



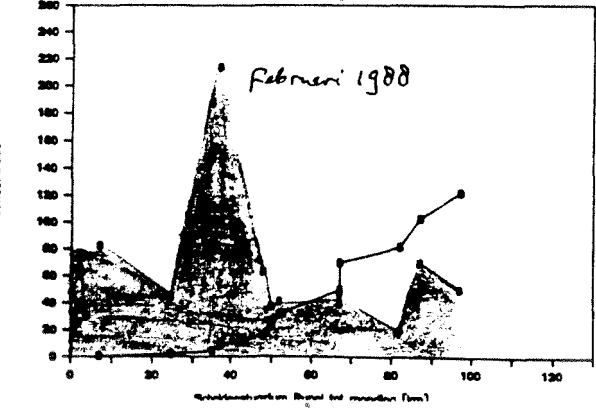
SAWES onderzoek troebelheidsmaximum



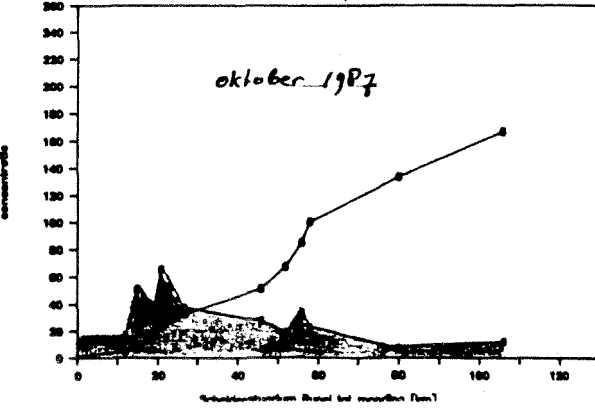
SAWES onderzoek troebelheidsmaximum



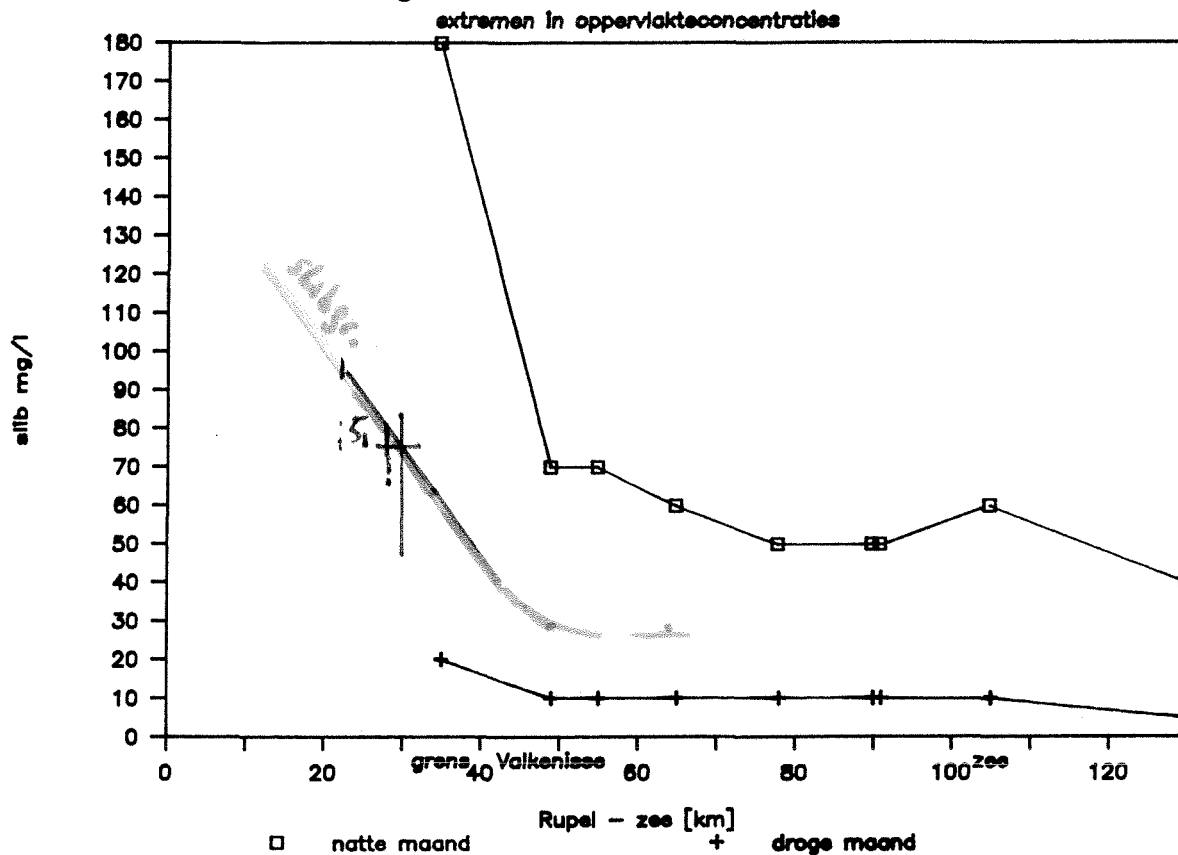
SAWES onderzoek troebelheidsmaximum



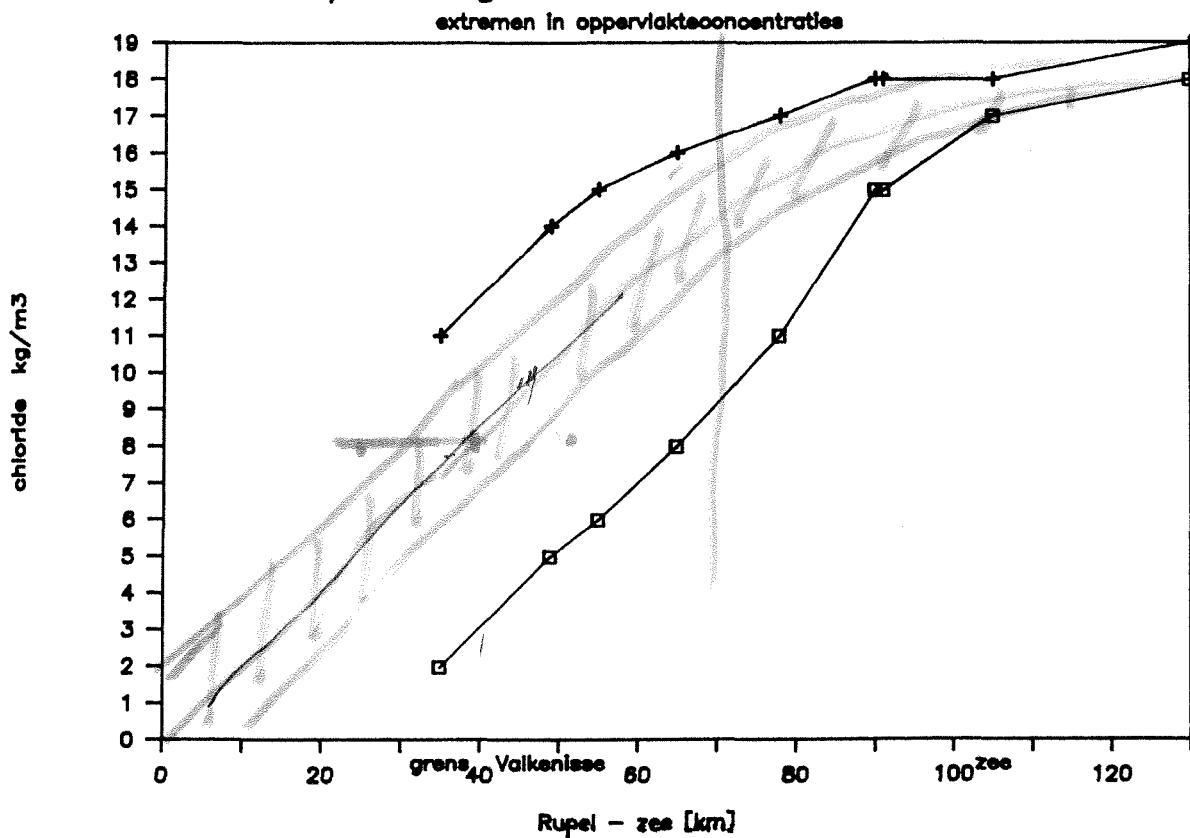
SAWES onderzoek troebelheidsmaximum



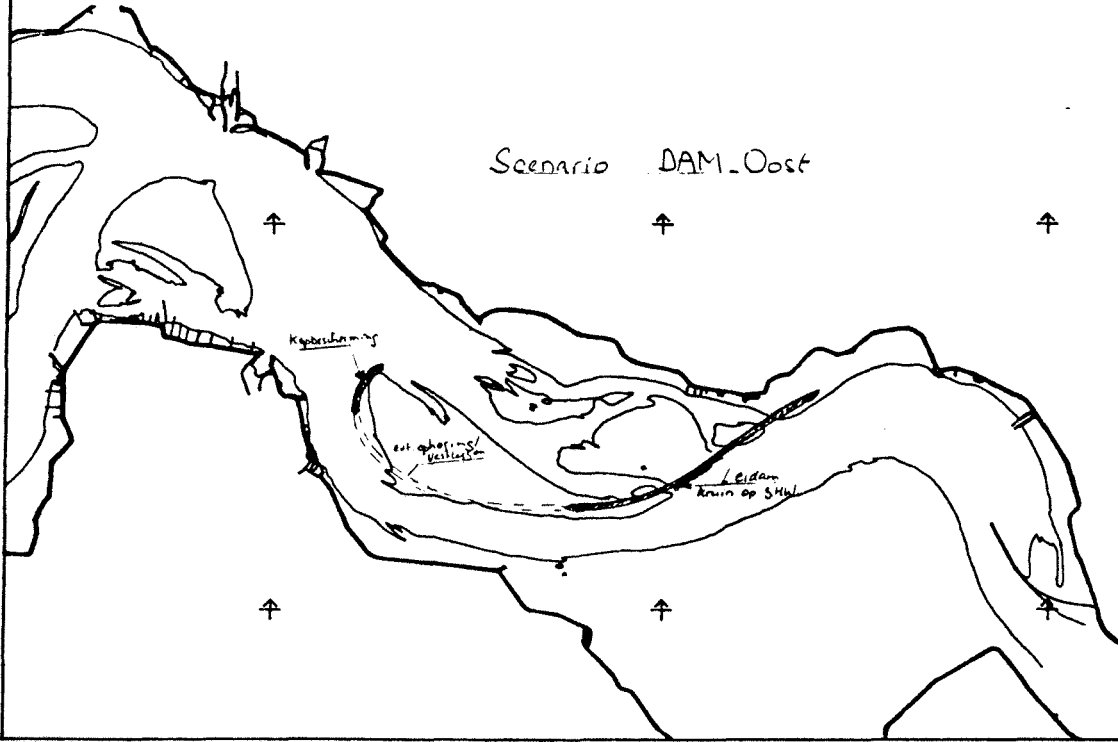
Slibgradient Scheldeestuarium



Zout/zoet gradient Scheldeestuarium



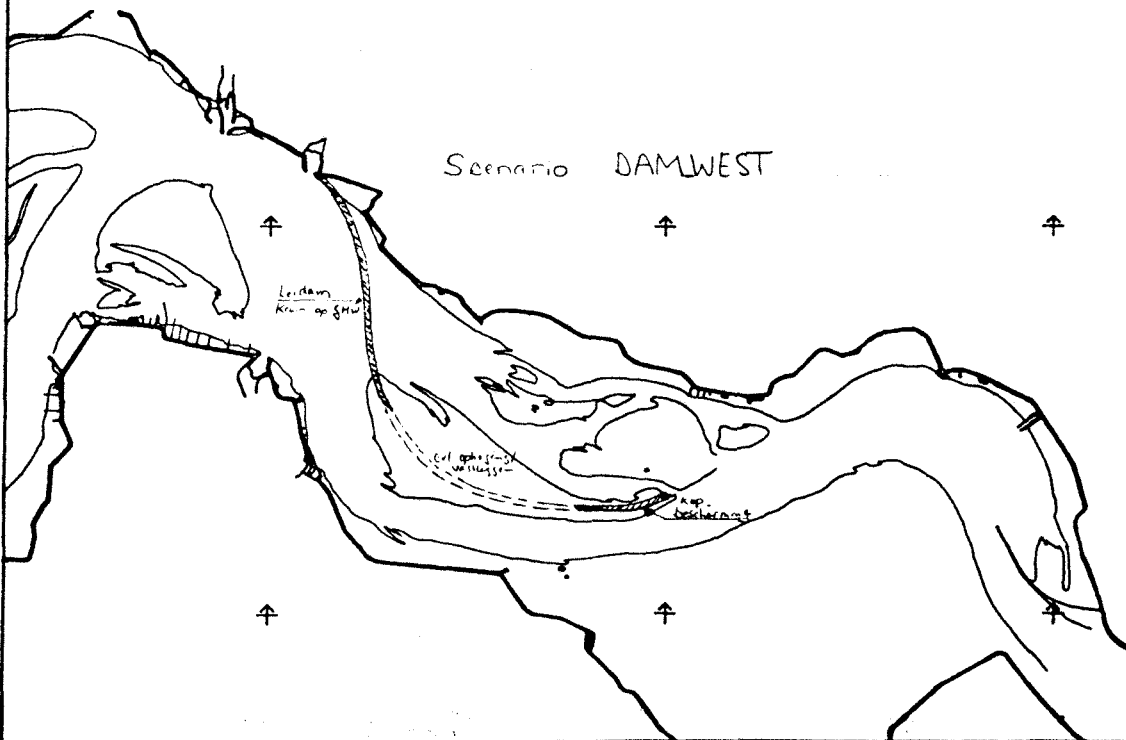
Scenario DAM-Oost



x = 85000.00 y = 372000.00 Arg y-aa = 100.00 Schaal = 1 : 75000

Plotdatum 18 oktober 1987 Tijd: 16:

Scenario DAMWEST

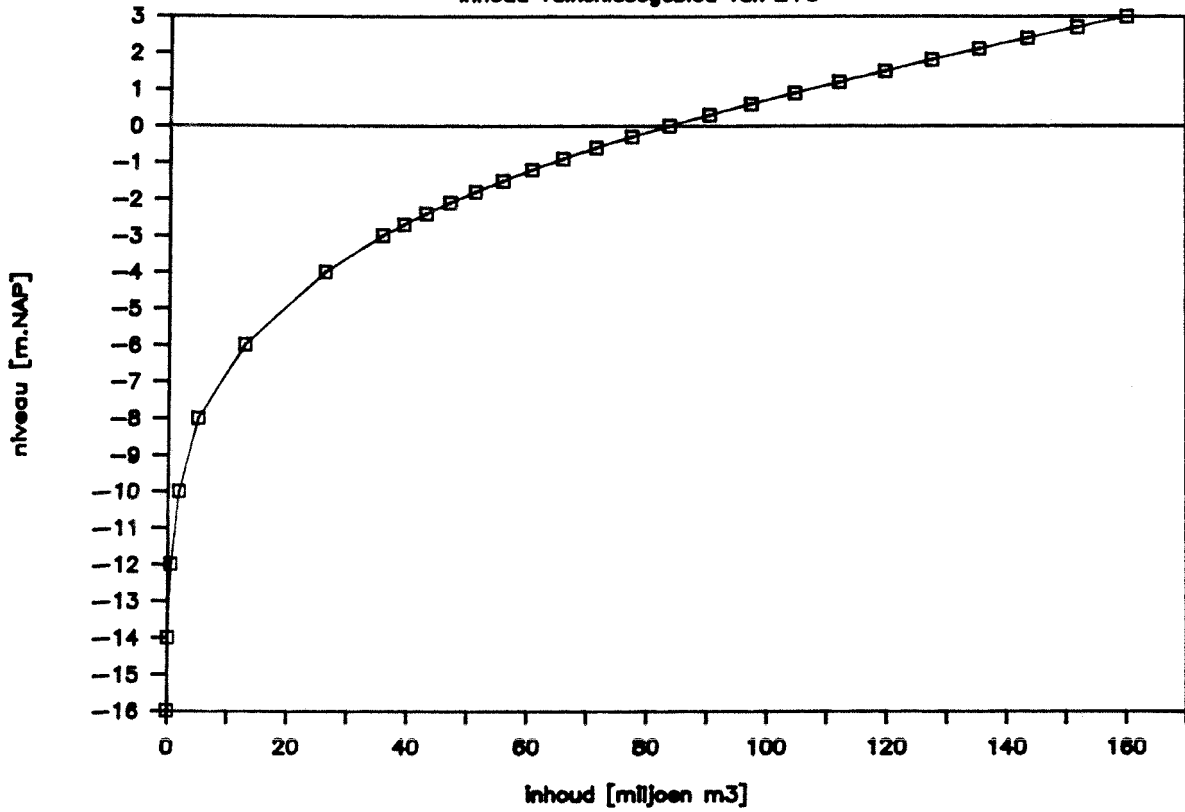


x = 85000.00 y = 372000.00 Arg y-aa = 100.00 Schaal = 1 : 75000

Plotdatum 18 oktober 1987 Tijd: 16:05

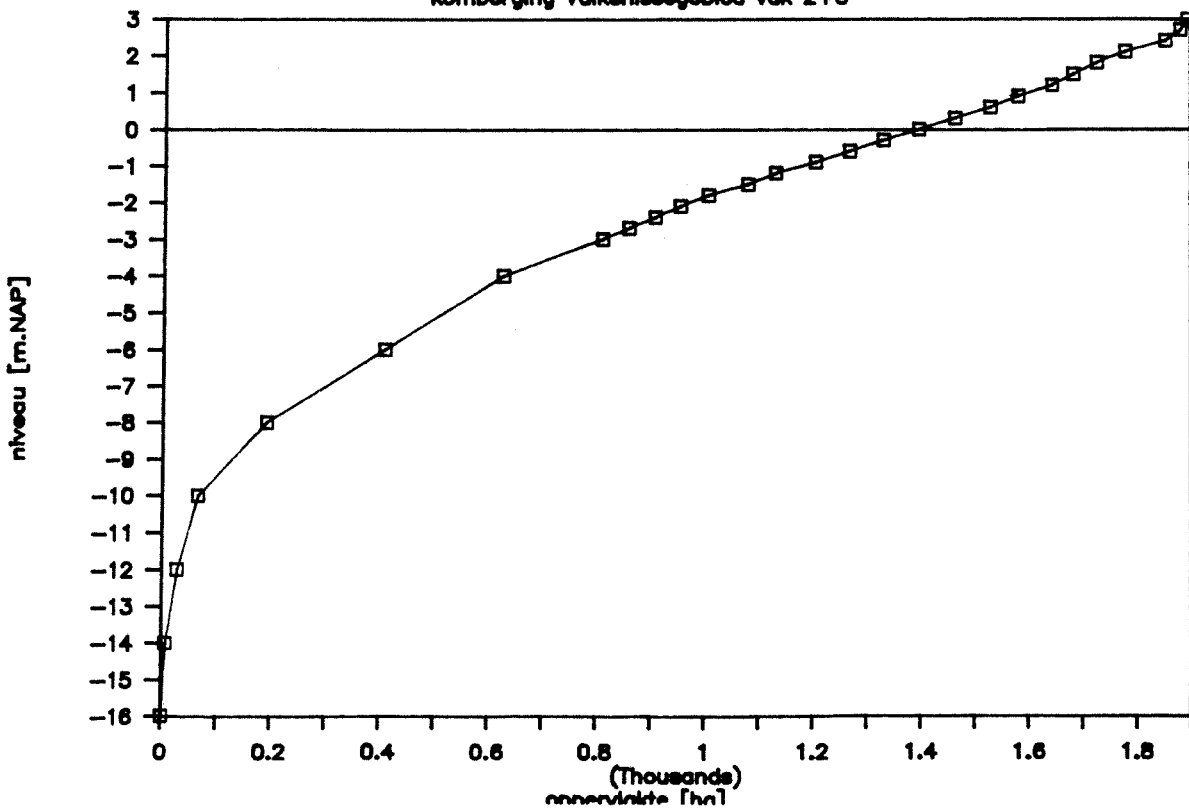
projekt OOSTWEST

Inhoud Valkenisegebied vak 2+3



projekt OOSTWEST

komberging Valkenisegebied vak 2+3



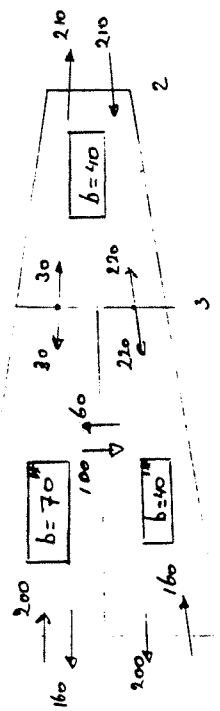
Huidige situatie

EA en VLOEDDEBIJTEN m³.10⁶

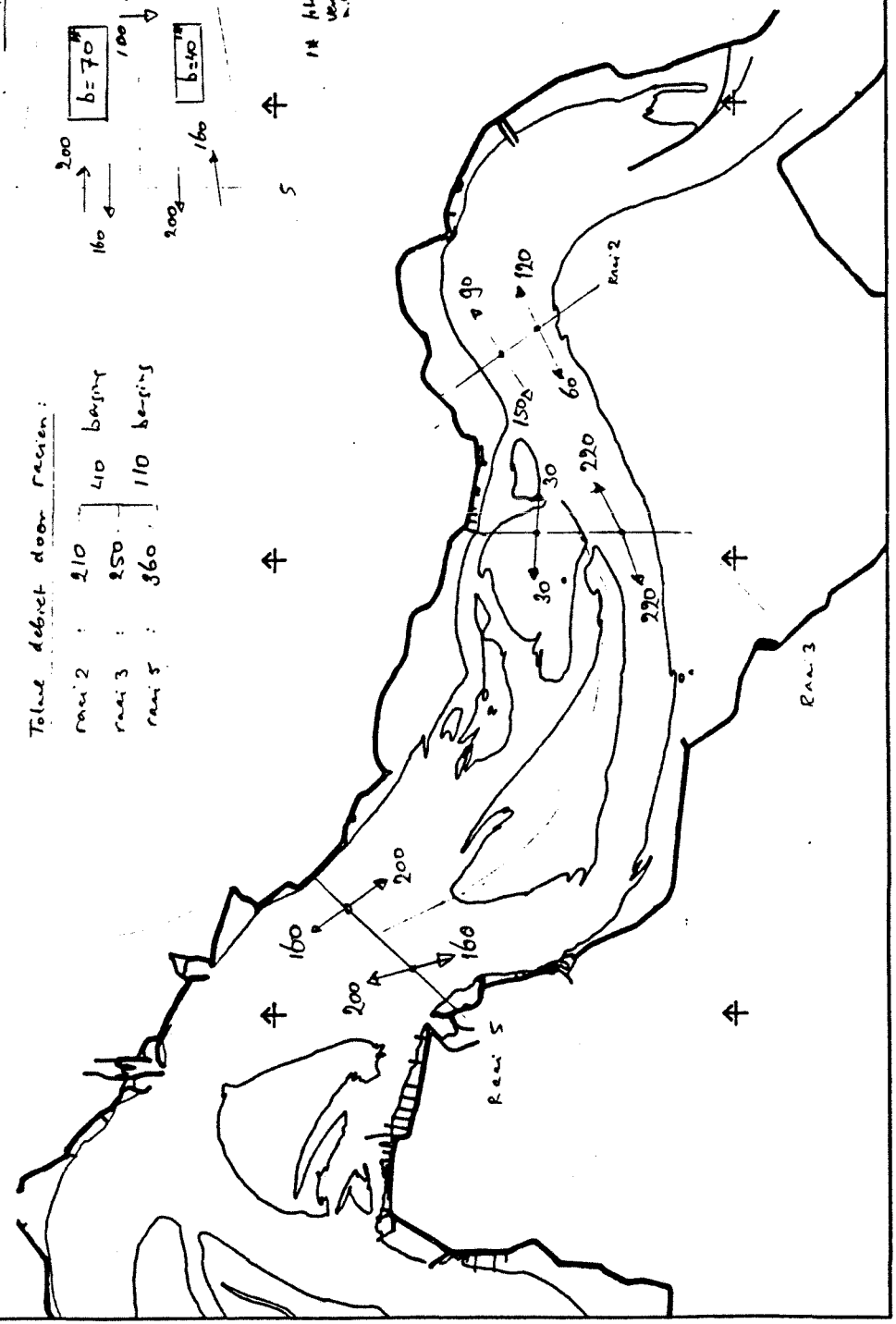
Totale debiet door raziën:

- razi 2 : 210
 - razi 3 : 250
 - razi 5 : 360
- 410 basins
110 be-rins

Cir-Bulake patroon:
Huidige situatie



1# Hule basins 110
Wedding is smacht
n.100 oppervlakte



↑ ↑ ↑ ↑ ↑

Scenario DAMOOST

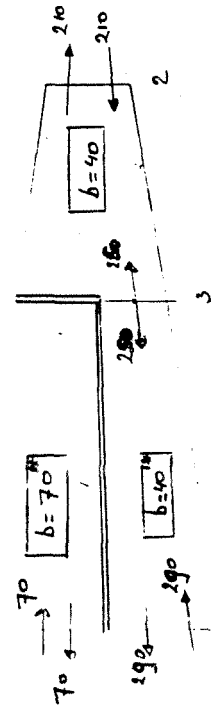
EB en VLOEDDEBITTEN m³/s

huidse situatie

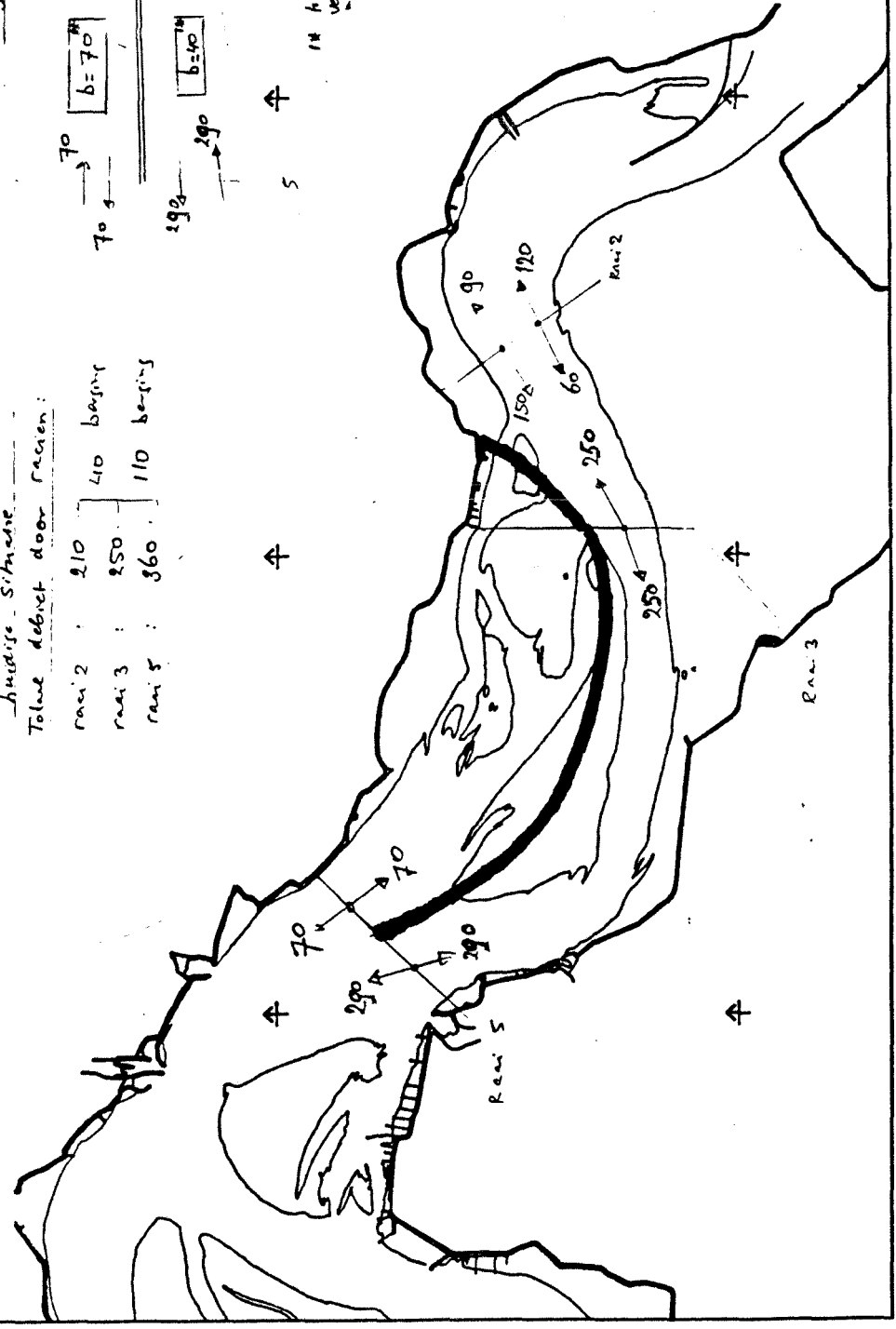
Totale debiet door ragen:

- rag 2 : 210
 - rag 3 : 250
 - rag 5 : 360
- 40 berging
110 berging

Circulaire patroon:
Scenario DAMOOST



14 Hule berging 110
Verhoging is geschikt
voor openstellen



Scenario - DAMWEST

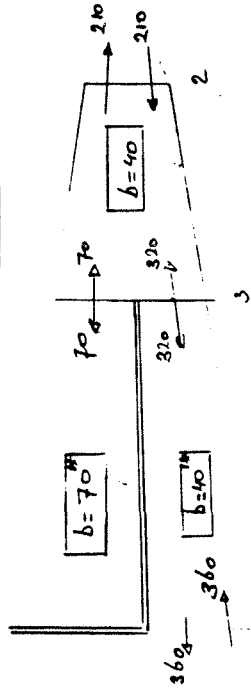
EB en - VLOEDDEBITTEN m³.10⁶

- huidige situatie
Totale debiet door ragen:

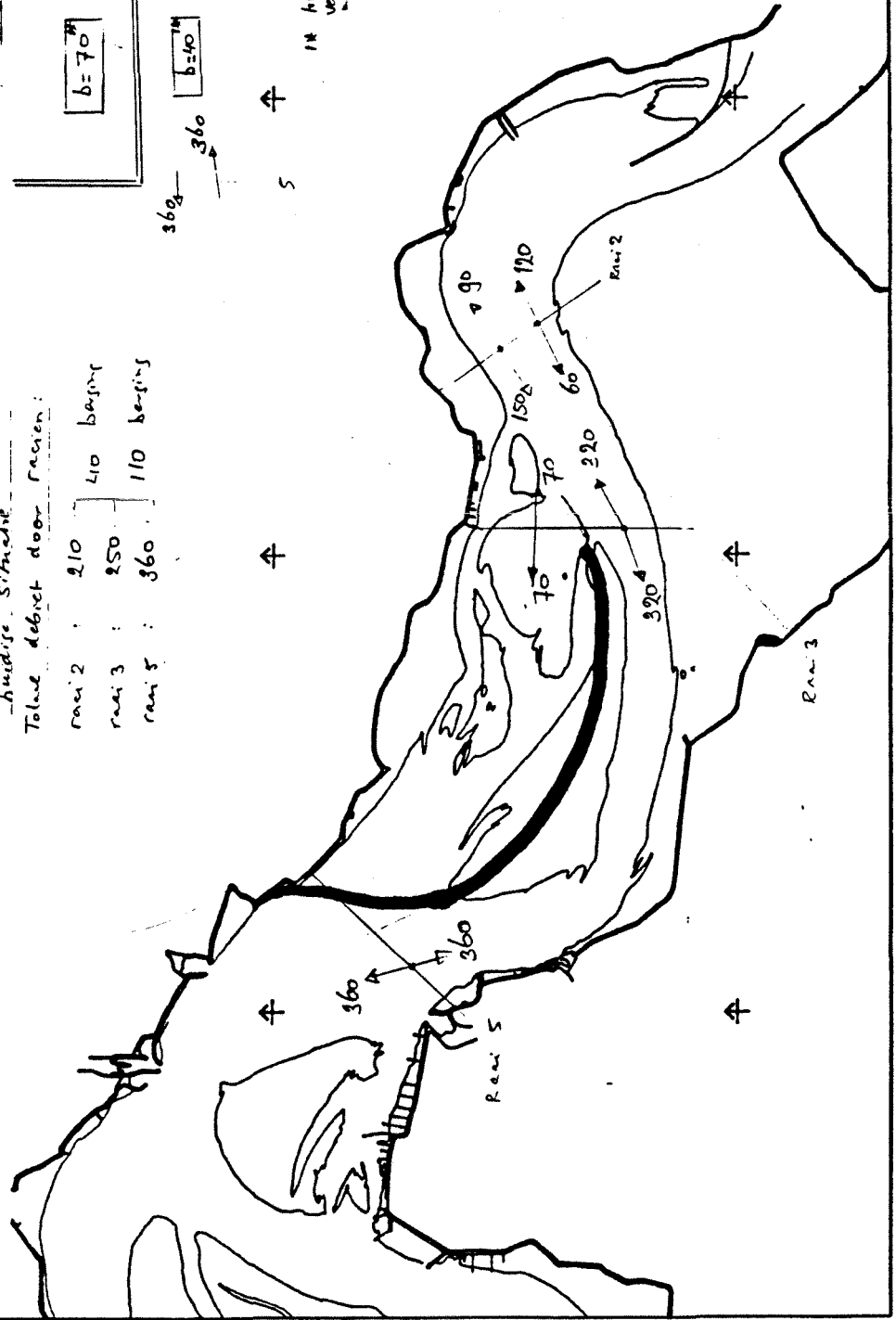
- raai 2 : 210
- raai 3 : 250
- raai 5 : 360

- 410 berging
- 110 berging

Cir. Buleke paatroon:
Scenario DAMWEST



14 Hule berging 110
verdeling is gemiddeld
w. 100 oppervlakte



↑

↑

↑

↑

↑

↑

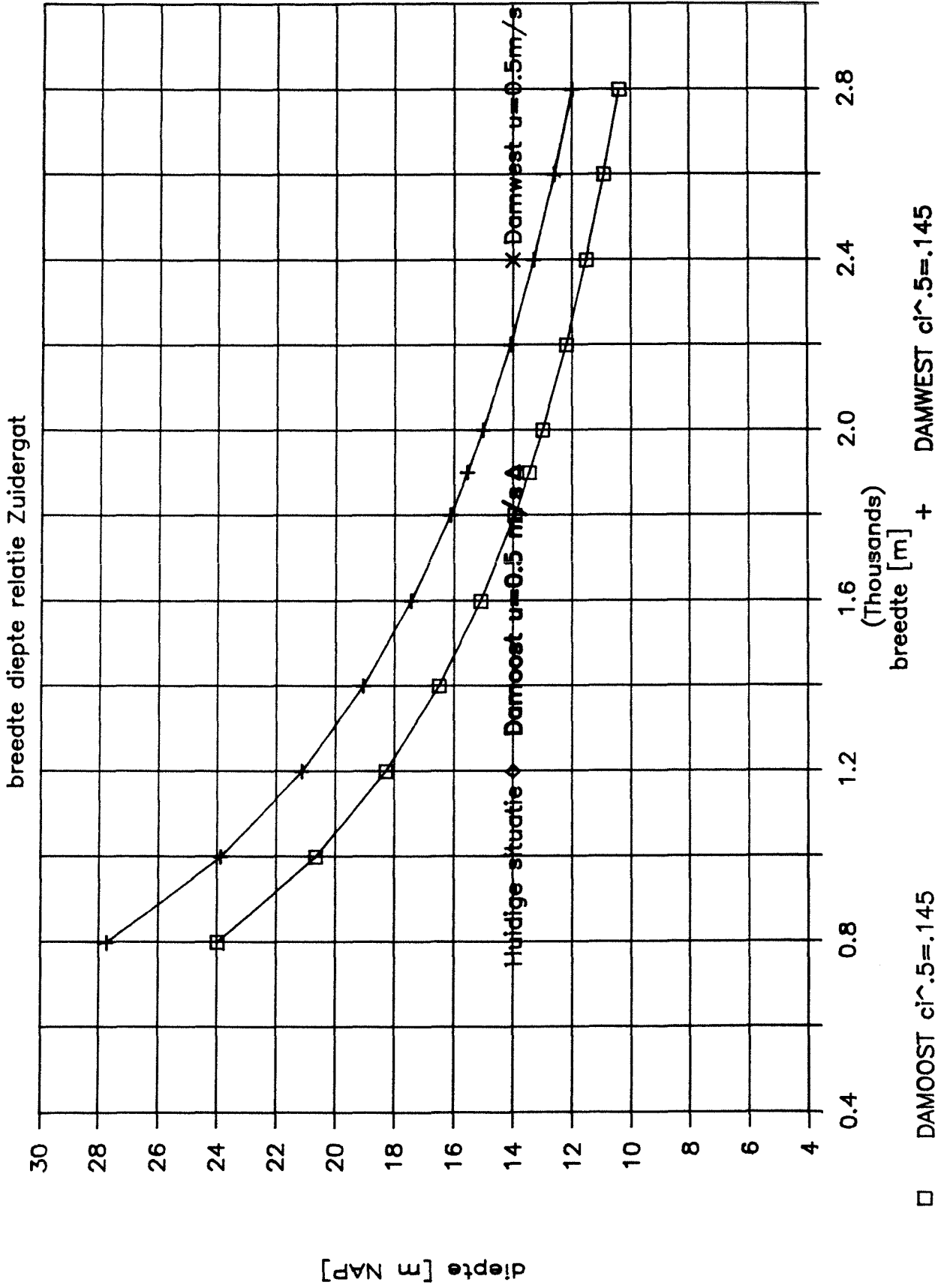
↑

↑

↑

↑

DGW projekt OOSTWEST 900505



Berekeningswijze Longitudinale dispersiecoëfficiënt
t.g.v. Shear Flow volgens Fischer (blz. 236)

$$\textcircled{a} \quad K = 0,1 \cdot \bar{u}'^2 \cdot T \cdot [(1/T') + (T')], \text{ waarin:}$$

$$\bar{u}'^2 \approx 0,2 \cdot \bar{u}^2$$

$$T = 44700 \text{ [S]} \text{ (Setypendec)}$$

$$\bar{u} = \text{gemiddelde stroom snelheid [m/s]}$$

$$K = \text{dispersie coëfficiënt voor Shear Flow [m^2/s]}$$

$$[] = \text{functie t.v.m. hydroscule van menging.}$$

$$\textcircled{b} \quad T' = \frac{T}{T_c}, \text{ waarin } T_c \approx \frac{W^2}{E_c}$$

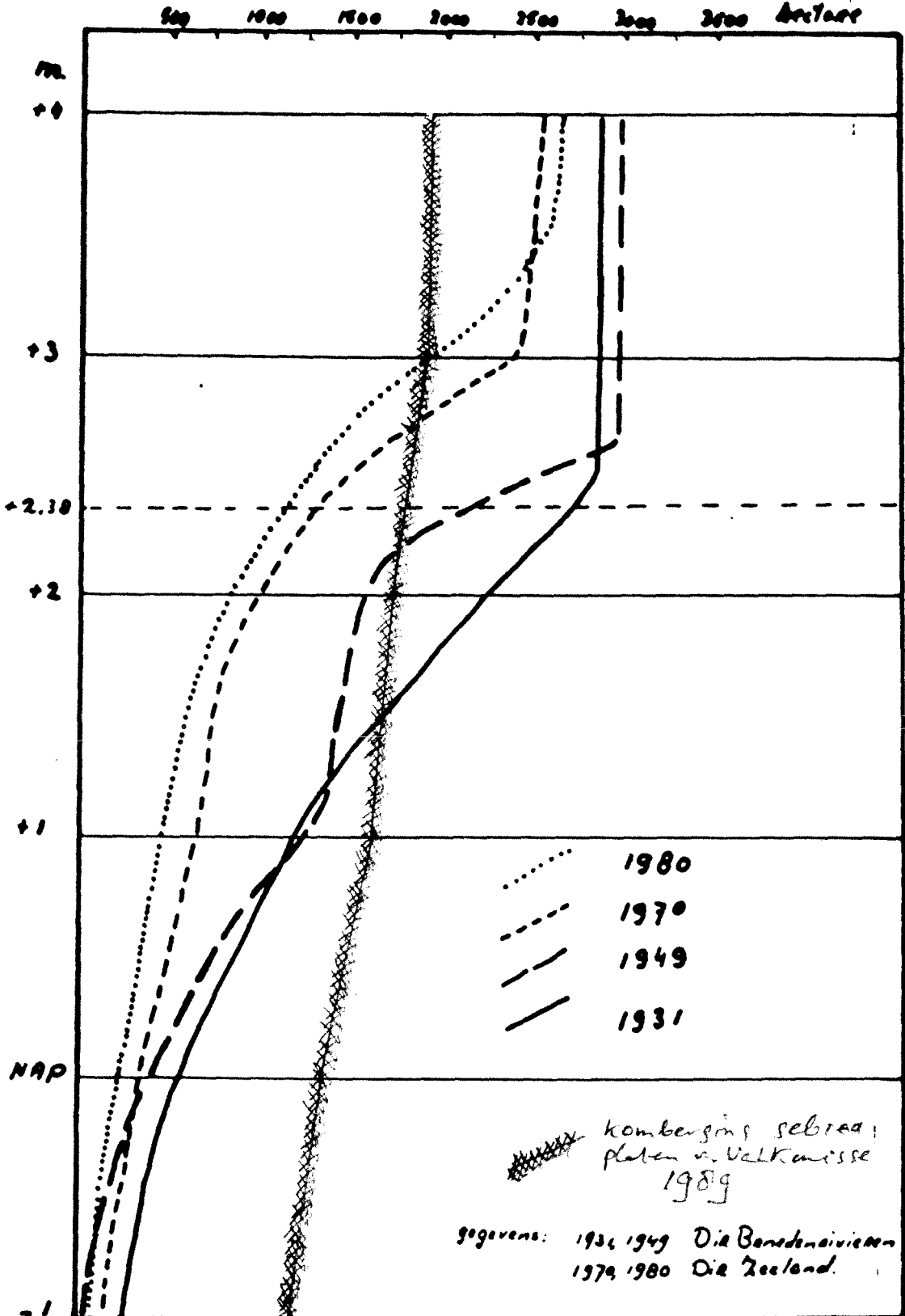
$$T_c = \text{hydroscule coëff van homogene menging [S]}$$

$$W = \text{breedte estuarium bij gem. getij [m]}$$

$$E_c \approx 0,4 \text{ à } 1,6 \cdot d \cdot u_*^2$$

$$d = \text{waterdiepte [m]}$$

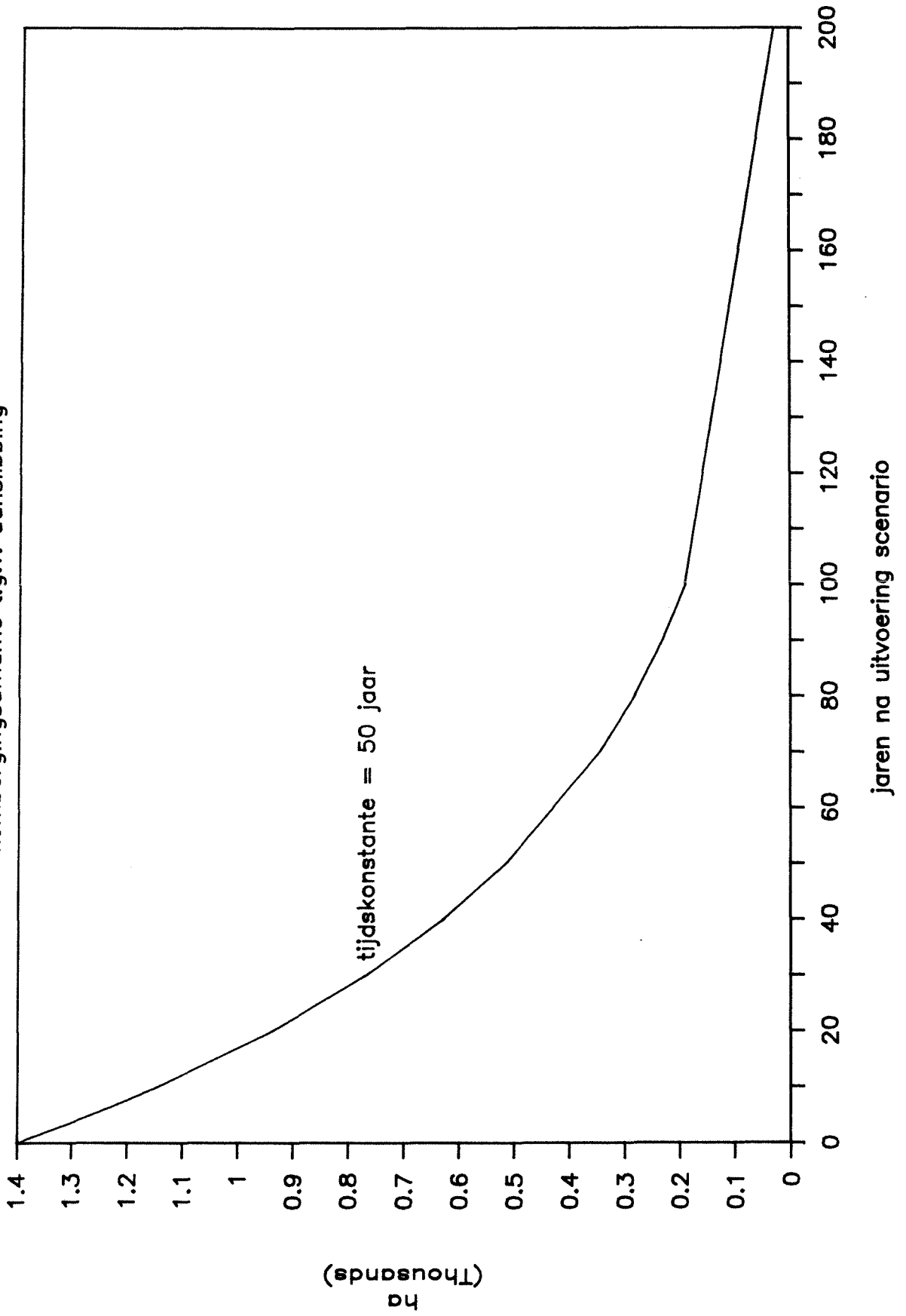
$$u_* \approx 0,1 \cdot \bar{u} \text{ [m/s]}$$



Kombergingsoppervlakken
Land v. Sasflings

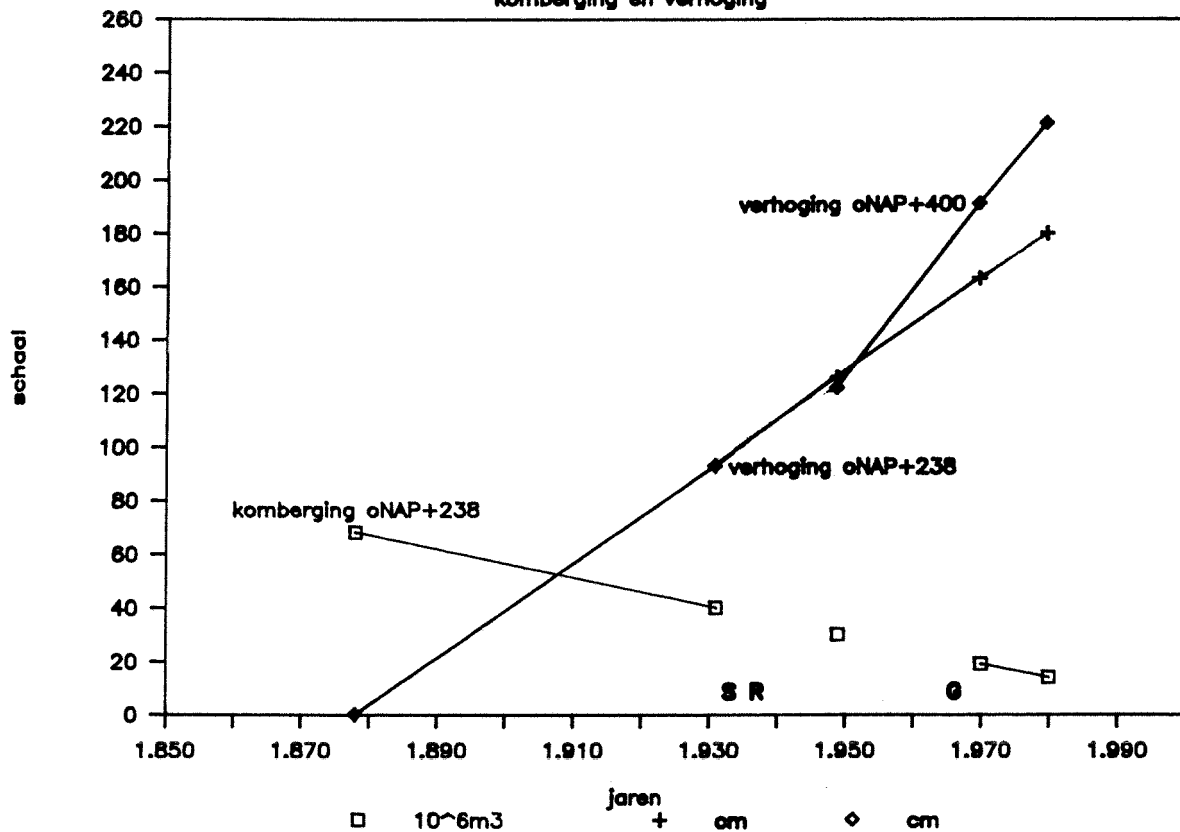
Gebied Platen van Valkenisse

kombergingsafname t.g.v. aanslibbing



ONTWIKKELING LAND VAN SAEFTINGE

koberging en verhoging



Bepaling van de tijdconstante τ voor het Land van Saeftinghe uit de figuur over de koberging en verhoging

formule $A_t = A_0 \cdot (1 - e^{-(t/\tau)})$[1], waarin

A_0 = Begin koberging voor $t=0$ in 10^{16} m^3
 A_t = Afname koberging voor $t=t$ in 10^{16} m^3
 t = tijd in jaren
 τ = tijdconstante in jaren

Stel Koberging = Oppervlakte * Getijamplitude,

Aangenomen wordt dat: $A_0 = 3000 \text{ ha.} \cdot (2.38+2.65) \text{ m.} = 150 \cdot 10^{16} \text{ m}^3$

Alternatief1 Stel t en τ zijn onbekenden

Stel dat voor A_x de situatie in 1870 geldt $= 150 - 70 = 80 \cdot 10^{16} \text{ m}^3$
 Dan geldt voor $A_{(x+110)}$ de situatie in 1980 $= 150 - 10 = 140 \cdot 10^{16} \text{ m}^3$

Toepassing hiervan in de formule [1] geeft:

$$80 = 150 \cdot (1 - e^{-(x/\tau)}) \quad - \quad x/\tau = 0.76$$

$$140 = 150 \cdot (1 - e^{-(x+110)/\tau}) \quad - \quad (x+110)/\tau = 2.66$$

Hieruit volgt $\tau = 60$ jaar en $x = 50$ jaar m.a.w. de koberging in 1820 bedroeg $150 \cdot 10^{16} \text{ m}^3$.

Alternatief2 Stel alleen τ is onbekend

Stel de oorspronkelijke koberging A_0 bedroeg t.o.v. heden $150 - 10 = 140 \cdot 10^{16} \text{ m}^3$
 In 110 jaar is de koberging afgenomen met ca $80 \cdot 10^{16} \text{ m}^3$.

Toepassing hiervan in de formule [1] geeft:

$$80 = 140 \cdot (1 - e^{-(110/\tau)})$$

Hieruit volgt $\tau = 130$ jaar.

Konklusie:

De tijdconstante van het Land van Saeftinghe bedraagt ca 60 tot 130 jaar.